

ISSN 1983-4497

*Anais do*

**9<sup>o</sup> cctec**

CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO VALE DO TAQUARI

&

**1<sup>o</sup> comungtec**  
congresso de ciência e tecnologia

**19 a 24 de outubro de 2015**

Realização:

**CETEC**  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
EXATAS E TECNOLÓGICAS



**UNIVATES**

EDITORA  
**UNIVATES**

\_\_\_\_\_(Orgs.)\_\_\_\_\_  
Mouriac Halen Diemer  
Daniel Neutzling Lehn  
Emanuele Amanda Gauer  
Fabiane Maria Datsch

**ANAIS DO IX CONGRESSO DE CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DO VALE DO TAQUARI E  
I CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
COMUNG**

1ª edição

 EDITORA  
**UNIVATES**

Lajeado, 2015

**Centro Universitário UNIVATES****Reitor:** Prof. Me. Ney José Lazzari**Vice-Reitor e Presidente da Fuvates:** Prof. Dr. Carlos Candido da Silva Cyrne**Pró-Reitora de Pesquisa, Extensão e Pós-Graduação:** Profa. Dra. Maria Madelena Dullius**Pró-Reitora de Ensino:** Profa. Ma. Luciana Carvalho Fernandes**Pró-Reitora de Desenvolvimento Institucional:** Profa. Dra. Júlia Elisabete Barden**Pró-Reitor Administrativo:** Prof. Me. Oto Roberto Moerschbaecher**Editora Univates****Coordenação e revisão final:** Ivete Maria Hammes**Editoração e capa:** Glauber Röhrig e Marlon Alceu Cristófoli**Conselho Editorial da Editora Univates****Titulares**

Fernanda Rocha da Trindade

Augusto Alves

João Miguel Back

Fernanda Cristina Wiebusch Sindelar

**Suplentes**

Fernanda Scherer Adami

Ieda Maria Giongo

Beatris Francisca Chemin

Ari Künzel

Avelino Tallini, 171 - Bairro Universitário - Lajeado - RS - Brasil

Fone: (51) 3714-7024 ou (51) 3714-7000, ramal 5215

E-mail: [editora@univates.br](mailto:editora@univates.br) / <http://www.univates.br/editora>

---

C749 Congresso de Ciência e Tecnologia do Vale do Taquari (9.: 2015 : Lajeado, RS)

Anais do IX Congresso de Ciência e Tecnologia do Vale do Taquari, 19 a 24 de outubro de 2014 Lajeado, RS / Orgs.: Mouriac Halen Diemer et al. - Lajeado, RS : Ed. da Univates, 2015.

557 p.

ISSN 1983-4497

1. Ciência e Tecnologia - 2. Congresso I. Anais I. Título

CDU:66/69:061.3

---

Catálogo na publicação – Biblioteca da Univates

**AS OPINIÕES E OS CONCEITOS EMITIDOS, BEM COMO A EXATIDÃO, ADEQUAÇÃO E PROCEDÊNCIA DAS CITAÇÕES E REFERÊNCIAS, SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES.**

# 9º Congresso de Ciência e Tecnologia do Vale do Taquari & 1º Congresso de Ciência e Tecnologia do COMUNG

## Organizadores

Mouriac Halen Diemer  
Daniel Neutzling Lehn  
Emanuele Amanda Gauer  
Fabiane Maria Datsch

## Comissão de Divulgação

Hélio Dornelles Etchepare  
Mouriac Halen Diemer

## Comissão de Integração

Manfred Costa  
Daniel Neutzling Lehn

## Comissão de organização do WET e WCT

Mouriac Halen Diemer  
Fabiane Maria Datsch

## Comissão organizadora da XI Semana das Engenharias e II Simpósio Agrarista da UBAU

Betina Hansen  
Manfred Costa  
Emanuele Amanda Gauer  
Rafael Rodrigo Eckhardt  
Rodrigo Wolf Porto  
Darcy Zibetti  
Ana Carolina Fett

## Comissão organizador da XV Semana Acadêmica do Curso de Ciências Exatas

Marli Teresinha Quartieri

## Comissão de organização do Technology Day

Carlos Henrique Lagemann  
João Rodrigo Guerreiro Mattos  
Maria Claudete Schorr Wildner  
Evandro Franzen  
Luís Antônio Schneiders  
Fabrício Pretto  
Daniel Neutzling Lehn

## Comissão organizadora da XII Semana Acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo

Jamile Maria da Silva Weizenmann  
Merlin Janina Diemer

## Comissão organizadora da IV Semana Acadêmica da Computação e Informática

Alexandre Stürmer Wolf  
Evandro Franzen  
Luís Antônio Schneiders  
Marcelo de Gomensoro Malheiros

## Comissão organizadora da VI Semana Acadêmica da Química e Alimentos

Daniel Neutzling Lehn  
Gustavo Reisdorfer  
Jane Herber



## Comissão Avaliadora do WET



Alexandre Stürmer Wolf	Univates
Álvaro Becker Da Rosa	UPF
Antônio Carlos Valdiero	Unijuí
Betina Hansen	Univates
Carlos Alexandre Santos	Pucrs
Cláucia Fernanda Volken De Souza	Univates
Claus Haetinger	Univates
Cristiane Antônia Hauschild	Univates
Daniel Neutzling Lehn	Univates
Débora Delai Vanin	Univates
Denise Peresin	UCS
Eduardo Miranda Ethur	Univates
Elis Marina Tonet	UCS
Emanuele Amanda Gauer	Univates
Eniz Conceição Oliveira	Univates
Evandro Franzen	Univates
Evanisa Fátima Reginato Quevedo Melo	UCS
Fabício Pretto	Univates
Guilherme Cortelini Da Rosa	Univates
Guilherme Garcia De Oliveira	Univates
Gustavo Reisdörfer	Univates
Henrique Worm	Univates
Ítalo Gabriel Neide	Univates
Jamile Maria Da Silva Weizenmann	Univates
Jane Herber	Univates
João Batista Gravina	Univates
João Rodrigo Guerreiro Mattos	Univates
José Miguel Pestana Assunção	Univates
Leonardo Zanetti Rocha	Univates
Leonel Pablo Tedesco	Unisc
Lucélia Hoehne	Univates
Luís Antônio Schneiders	Univates
Luís Eduardo Fontana	Univates
Manfred Costa	Univates
Manuela Gomes Cardoso	Univates
Márcia Jussara Hepp Rehfeldt	Univates
Marcos Alexandre Luciano	UCS
Maria Cristina De Almeida Silva	Univates
Maurício Hilgemann	Univates
Merlin Janina Diemer	Univates

Miriam Inês Marchi	Univates
Mouriac Halen Diemer	Univates
Rafael Mascolo	Univates
Rafael Rodrigo Eckhardt	Univates
Renata Maldonado Gheno	Univates
Rodrigo Wolff Porto	Univates
Ronaldo Hüsemann	Univates
Sofia Helena Zanella Carra	UCS
Sônia Elisa Marchi Gonzatti	Univates
Taison Bortolin	UCS
Tiago Cassol Severo	UCS
Tiago De Almeida	Univates
Tiago Panizzon	UCS
Vanessa Alves	UPF
Viviane Raquel Backendorf	Univates
William Jacobs	Univates
Willian Valmorbida	Univates



## APRESENTAÇÃO

O IX CCTEC – Congresso de Ciência e Tecnologia do Vale do Taquari e o I ComungTEC – Congresso de Ciência e Tecnologia do Comung são eventos acadêmico-científicos, com programação compartilhada, visa ao aperfeiçoamento e qualificação do corpo discente das Instituições de Ensino Superior que integram o COMUNG – Consórcios das Universidades Comunitárias Gaúchas, bem como dos docentes, pesquisadores e comunidade em geral, no âmbito da ciência e tecnologia, promovendo o conhecimento científico, fortalecendo as relações entre a academia (instituição, professores e estudantes) e a sociedade (empresas, associações, órgãos de classe, municípios) e oportunizando espaços de convivência, debates e permutas de experiências entre seus participantes.

Como Será? Como será o futuro? Como será a educação? Como serão os meios de transporte? Como serão as comunicações? Como será a nossa longevidade? Essas são questões postas em discussão, objetivando questionar o futuro das tecnologias e as tecnologias do futuro. Sabe-se que o futuro é incerto, resta-nos ponderar as incertezas, preparando-nos para lidar com elas.

A seguir, apresentam-se trabalhos resultantes de pesquisas de graduação, mestrado e doutorado, realizadas, especialmente - mas não exclusivamente, nas instituições de ensino superior que integram o Comung. Ora publicados, os trabalhos completos foram apresentados no X Workshop de Engenharia e Tecnologia e I Workshop de Ciência e Tecnologia, que integram a programação do congresso, aceitando trabalhos relacionados às áreas de ciências (Química, Física e Matemática), Engenharias, Computação, Arquitetura e outras, contemplando discussões acerca de aplicações da tecnologia, estudos de cases, estado da arte, desenvolvimento tecnológico e sua importância. Objetiva-se, enfim, promover a melhoria de qualidade de vida e estimular iniciativas empreendedoras.

Ademais, os resumos aqui publicados provêm de trabalhos de conclusão de cursos de graduação, e foram apresentados no IX Seminário de Andamento dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, evento que integra a programação do congresso.

Boa leitura!

*Os organizadores*

## SUMÁRIO

NO BRASIL: ESTUDAR DIREITO AGRÁRIO É PRECISO .....	16
<b><u>ARTIGOS COMPLETOS</u></b>	
AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS PELA LEI DOS CAMINHONEIROS NO DIMENSIONAMENTO E NA VIDA ÚTIL DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS .....	23
ASSESSMENT OF IMPACTS CAUSED BY LAW OF TRUCK IN DIMENSIONAMENTO AND LIFE OF FLEXIBLE FLOORS .....	34
AVALIAÇÃO DO ENVELHECIMENTO ACELERADO AO UV EM REVESTIMENTOS POLIMÉRICOS NANOESTRUTURADOS .....	35
ELABORAÇÃO DE RAPADURA COM ADIÇÃO DE SORO DE QUEIJO EM PÓ.....	44
MINERAÇÃO DE DADOS APLICADA AO RELACIONAMENTO COM CLIENTES EM EMPRESAS DO RAMO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO .....	49
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE IOGURTES E BEBIDAS LÁCTEAS .....	63
EFEITOS DE CULTURAS LÁCTICAS INICIADORAS NAS CARACTERÍSTICAS DE <i>CREAM CHEESE</i> COM RETENÇÃO DE SORO DE QUEIJO .....	71
AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE <i>CREAM CHEESES</i> COMERCIAIS.....	81
ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE IOGURTE SABOR “DETOX” .....	90
BIOACUMULAÇÃO DE SELÊNIO EM BACTÉRIAS ÁCIDO LÁCTICAS.....	98
AVALIAÇÃO DO IMPACTO GERADO E DE PROCESSOS UTILIZADOS NA RECUPERAÇÃO DE MINAS DE CARVÃO ABANDONADAS NO MUNICÍPIO DE LAURO MÜLLER/SC.....	105
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MODAIS FERROVIÁRIO E RODOVIÁRIO NO RIO GRANDE DO SUL.....	114
UTILIZAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO NA ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE ENCANTADO/RS.....	125
EFEITO DO SORO DE QUEIJO <i>IN NATURA</i> NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE DOCE DE LEITE PASTOSO .....	133
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE AMOSTRAS DE BEBIDA LÁCTEA SABOR CHOCOLATE.....	143
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO INSTALADO NA UNIVATES .....	149
CARACTERIZAÇÃO DA MACROTEXTURA E MICROTEXTURA EM REVESTIMENTOS DO TIPO: CAPE SEAL, CBUQ, MICRO E CONCRETO .....	157
CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE CROMATOGRAFIA A LÍQUIDO ACOPLADO À ESPECTROMETRIA DE MASSAS, COM IONIZAÇÃO POR <i>ELECTROSPRAY</i> (ESI) E ANALISADOR <i>ION TRAP</i> .....	167
MODELING GRAPHITE FILMS FOR APPLICATIONS IN DEVICES SENSORS .....	178
AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS HORTIFRUTIGRANJEIROS NA DIGESTÃO ANAERÓBIA VISANDO À GERAÇÃO DE BIOGÁS.....	182

ENCAPSULAMENTO DE ÓLEO DE CHIA UTILIZANDO SORO DE QUEIJO COMO MATERIAL DE PAREDE .....	190
SOBRE O ENSINO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA NOS CURSOS DE ARQUITETURA DO RIO GRANDE DO SUL .....	199
CIENTISTA APRENDIZ: A EXPERIÊNCIA DIDÁTICA ENTRE OS CURSOS DE ENGENHARIA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO FRANCISCANO E AS ESCOLAS DE ENSINO MÉDIO DA REGIÃO DE SANTA MARIA.....	210
RECONHECIMENTO DE ESPÉCIES DE INSETOS DA FAMÍLIA CICADELLIDAE ATRAVÉS DE ALGORITMO DE APRENDIZADO DE MÁQUINA E REPRESENTAÇÃO ESPARSA .....	215
CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DE FONTE HIDROTÉRMICA EM UM MUNICÍPIO DO RIO GRANDE DO SUL .....	220
ANÁLISE MECANÍSTICA-EMPÍRICA DE UM PAVIMENTO DIMENSIONADO PELO MÉTODO DO DNER	225
ESTUDO DE CASO: DIAGNÓSTICO DAS PROVÁVEIS CAUSAS DA RUPTURA DE UM TALUDE LOCALIZADO NA CIDADE DE RIO PARDO – RS.....	239
USO DE NANOBIOSSENSORES ENZIMÁTICOS NA ÁREA ALIMENTAR - REVISÃO .....	253
ESTABILIZAÇÃO QUÍMICA DE UM SOLO FORMADO NO VALE DO RIO PARDO ATRAVÉS DA INCORPORAÇÃO DE CAL E CIMENTO PARA VERIFICAÇÃO DO GANHO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES E TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL.....	261
DESENVOLVIMENTO DE UMA SOLUÇÃO PARA ISOLAMENTO ACÚSTICO EM MÁQUINAS E AMBIENTES.....	275
ESTUDO DE TECNOLOGIAS PARA ADUBAÇÃO A TAXA VARIÁVEL .....	290
PRODUÇÃO DE GELEIA DE CHUCHU ( <i>SECHIUM EDULE</i> ): PROCESSAMENTO, PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E AVALIAÇÃO SENSORIAL .....	300
A TRANSMISSÃO DE DADOS PELA REDE ELÉTRICA COMO ALTERNATIVA ÀS REDES DE PAR TRANÇADO .....	307
CONTROLE DE ESTABILIDADE DE UM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO DO TIPO QUADRIROTOR COM A UTILIZAÇÃO DE LÓGICA <i>FUZZY</i> .....	319
CONFECÇÃO DE UMA BANCADA EDUCACIONAL SOBRE GERADORES DE INDUÇÃO COMO PROJETO DE EXTENSÃO PARA CURSOS DE ENGENHARIA .....	329
AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA DE PLACAS CERÂMICAS APLICADAS COMO REVESTIMENTO DE FACHADA.....	336
CONCEPÇÃO E FABRICAÇÃO DE UM CONTROLADOR / INVERSOR APLICADO A SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÔNOMOS .....	348
MODELAGEM MATEMÁTICA E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UMA BANCADA EXPERIMENTAL COM ACIONAMENTO PNEUMÁTICO .....	357
ANÁLISE ESTRUTURAL DO CHASSI DE UM VEÍCULO BAIXO.....	371
DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA ENSINO DE ASTRONOMIA: ROTAÇÃO E TRANSLAÇÃO DO PLANETA TERRA.....	381
RASTREADOR SOLAR: UM PROTÓTIPO PARA PROMOVER MELHORIAS NA CAPTAÇÃO DA LUZ SOLAR.....	388
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE MISTURAS ASFÁLTICAS COM ADIÇÃO DE CINZA PESADA.....	394
INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE PARÂMETROS DO SOLO E DA ESTRUTURA NA DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA DE UMA FUNDAÇÃO SUPERFICIAL .....	410



ESTUDO DA FRAGILIDADE AO REVENIDO DO AÇO SAE 4340 .....	417
PROJETO DE EXTENSÃO “ARQUITETANDO”: ESTIMULANDO GRADUANDOS VOLUNTÁRIOS NAS AÇÕES EXTENSIONISTAS.....	425
<b>RESUMOS</b>	
AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DE LODO CONTAMINADO POR PROCESSOS DE BIORREMEDIAÇÃO E OXIDATIVO AVANÇADO FENTON.....	433
AVALIAÇÃO DA TRATABILIDADE DO EFLUENTE PROVENIENTE DA PRODUÇÃO DE TRIFLURALINA	434
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE BRIQUETES DE SERRAGEM DE MADEIRA.....	435
MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DAS ÁGUAS DO MUNICÍPIO DE ESTRELA/RS .....	436
ELABORAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA EMPRESA DE CALÇADOS .....	437
ANÁLISE DA DECOMPOSIÇÃO DE FRALDAS ATRAVÉS DA COMPOSTAGEM.....	438
AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (MATA DE ARAUCÁRIA) EXISTENTE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORQUETA .....	439
MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO DE VENÂNCIO AIRES/RS.....	440
POTENCIAL POZOLÂNICO DA CINZA VOLANTE COMO MATERIAL DE SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE CIMENTO.....	441
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE LAJES CONVENCIONAIS, LISAS E NERVURADAS.....	442
CONTRIBUIÇÕES PARA AUXILIAR NA ANCORAGEM DE ARMADURAS POSITIVAS EM APOIO EXTREMOS SIMPLES .....	443
ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DE DIFERENTES CLASSES DE CONCRETO PARA EDIFÍCIOS DE ALTURAS E FORMAS GEOMÉTRICAS VARIADAS.....	444
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO: MURO DE GRAVIDADE E MURO DE FLEXÃO .....	445
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONCRETO LEVE COM EPS EM PÉROLAS E EVA TRITURADO .....	446
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO NA CIDADE DE LAJEADO, RS.....	447
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE EDIFICAÇÕES COM ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL.....	448
CONTRIBUIÇÃO DE TABELAS DE LAJES MACIÇAS ARMADAS EM DUAS DIREÇÕES.....	449
ESTUDO SOBRE A DURABILIDADE DO PAVIMENTO DA RODOVIA BR 386/RS .....	450
ESTUDO SOBRE A COMPACTAÇÃO DE MISTURAS ASFÁLTICAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS....	451
COMPARATIVO DE VIABILIDADE ECONOMICA ENTRE PAVIMENTO FLEXÍVEL COM TSD E C.B.U.Q PARA A RODOVIA RS/441 .....	452
COMPARAÇÃO DE MISTURAS ASFÁLTICAS COM LIGANTE CONVENCIONAL CAP 50/70 E MODIFICADO POR TLA.....	453
PROPOSTA PARA UM MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS COM REVESTIMENTO PRIMÁRIO.....	454

ANÁLISE DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE EDIFICAÇÃO HABITACIONAL DE ÂMBITO SOCIAL CONFORME A NBR 15.575.....	455
AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA E ECONÔMICA QUANTO A MODELAGEM DE QUATRO TIPOS DE PAVIMENTOS PERMÉAVEIS .....	456
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA PCH SALTO FORQUETA NA ENCHENTE DE 04 E 05 DE JANEIRO DE 2010.....	457
SISTEMA CLIENTE SERVIDOR PARA EXIBIÇÃO DE MÍDIA INDOOR.....	458
AVALIAÇÃO E ANÁLISE DE CONSUMO DE ENERGIA MULTINÍVEL EM SISTEMAS DISTRIBUÍDOS.....	459
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM DATA CENTER: ESTUDO DE CASO UNIVATES.....	460
MINERAÇÃO DE DADOS NO VAREJO VOLTADA AO RELACIONAMENTO COM CLIENTE.....	461
MY DIAGRAMS: UMA PLATAFORMA COLABORATIVA EXTENSÍVEL PARA MODELAGEM DE SOFTWARE .....	462
AVALIAÇÃO DO SHELF-LIFE DE CARNE BOVINA RESFRIADA EMBALADA A VÁCUO E EM PVC.....	463
ESTABILIDADE DA EMBALAGEM PARA CONSERVAÇÃO DE SALSICHA COZIDA.....	464
PROJETO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA AUXILIAR A PARTIR DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA USO RESIDENCIAL .....	465
PROJETO DE AUTOMAÇÃO DE UMA PLANTA DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE .....	466
DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE DETECÇÃO DE FALHAS NA REGIÃO DA SOLDA EM EMBALAGENS METÁLICAS PELO MÉTODO DE CORRENTES PARASITAS .....	467
ANÁLISE E ESCOLHA DE UM SISTEMA DESTINADO PARA O PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS .....	468
MELHORIA DA GESTÃO DE ESTOQUES: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA GRÁFICA.....	469
APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO EM UMA INDÚSTRIA DE PÃES – ESTUDO DE CASO .....	470
USABILIDADE EM APLICAÇÕES WEB: REPENSANDO O SISTEMA DE BIBLIOTECA DA UNIVATES.....	471
SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE SERVIÇOS URBANOS.....	472
DESCOBERTA DO CONHECIMENTO NA ÁREA FINANCEIRA .....	473
JOGO DE TABULEIRO: UMA FERRAMENTA DE AUXÍLIO NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM DE ALGORITMOS.....	474
AVALIAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA DE MEDICAMENTOS NO MUNICÍPIO DE LAJEADO/RS.....	475
AVALIAÇÃO DA GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS E EMPREGO DO BIOFERTILIZANTE NA REMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBONETOS.....	476
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO ARROIO SARAQUÁ NO MUNICÍPIO DE SANTA CLARA DO SUL.....	477
MAPEAMENTO DAS ÁREAS E INFRAESTRUTURAS ATINGIDAS PELAS INUNDAÇÕES DO RIO TAQUARI NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE LAJEADO/RS.....	478
ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA A ESTRUTURAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS DE ASSISTÊNCIAS TÉCNICAS NA CIDADE DE LAJEADO - RS.....	479

MONITORAMENTO DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DO LAGO DO CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES LAJEADO/RS.....	481
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UMA <i>WETLAND</i> CONSTRUÍDA NA ETAPA DE POLIMENTO FINAL DE UMA ESTAÇÃO COMPACTA DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO.....	482
CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DE UMA OCORRÊNCIA HIDROTÉRMAL NO MUNICÍPIO DE IMIGRANTE, RS, COM VISTA AO SEU POTENCIAL DE USO E CONSUMO.....	483
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM PROTÓTIPO DE DESIDRATAÇÃO DE LODO CLASSE I UTILIZANDO ENERGIA FOTOTÉRMICA.....	484
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UM <i>WETLAND</i> NATURAL NO POLIMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS JA TRATADOS POR SISTEMA FOSSA E FILTRO.....	485
COMPARATIVO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE METANO UTILIZANDO GLICEROL E SACAROSE COMO SUBSTRATO ORGÂNICO, EM REATORES OPERADOS DE FORMA DESCONTÍNUA ALIMENTADA.....	486
PRODUÇÃO DE BIODIESEL VISANDO A REDUÇÃO DO GLICEROL.....	487
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO ARROIO DO CONDE E DO CANAL CELUPA ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA.....	488
AVALIAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO E DA EFICIÊNCIA DE UM ALAGADO CONSTRUÍDO COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO PARA EFLUENTE DOMÉSTICO.....	489
AVALIAÇÃO SAZONAL DO SISTEMA DE PÓS-TRATAMENTO COM <i>WETLAND</i> CONSTRUÍDO EM VINÍCOLA DA SERRA GAÚCHA.....	490
AVALIAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO COM SISTEMA FOSSA E FILTRO DE UM MUNICÍPIO DA SERRA GAÚCHA.....	491
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA ATRAVÉS DO USO DE AREJADOR <b>SPRAY</b> EM AMBIENTE UNIVERSITÁRIO.....	492
AVALIAÇÃO DA DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE VETERINÁRIOS EM INTEGRADORA DE SUÍNOS.....	493
APLICAÇÃO DE OZÔNIO NO POLIMENTO FINAL DE EFLUENTES SANITÁRIOS VISANDO REUSO.....	494
UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCO DE PROCESSO NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES QUE POSSAM GERAR DANOS A PESSOAS E AO MEIO AMBIENTE.....	495
ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA NA IMPLANTAÇÃO DE UM CENTRO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE LAJEADO – RS.....	496
DETERMINAÇÃO DOS LOCAIS MAIS INDICADOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO VALE DO TAQUARI - RS.....	497
ZONEAMENTO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS DE MASSA, ENXURRADAS E INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE MARQUES DE SOUZA – RS.....	498
USO DA TERRA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM PROPRIEDADES RURAIS PRODUTORAS DE LEITE NO VALE DO TAQUARI.....	499
ANÁLISE DA EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS FLORESTAS INDUSTRIAIS EXÓTICAS NO MUNICÍPIO DE SÉRIO, RS.....	500
PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DA NBR ISO 14001 EM UMA EMPRESA DE COSMÉTICOS LOCALIZADA NO RIO GRANDE DO SUL.....	501
ANÁLISE COMPARATIVA DE PAVIMENTOS COM REVESTIMENTO DO TIPO <i>CBUQ</i> E <i>CAPE SEAL</i> .....	502



ESTUDO DE REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM CONCRETO DE CONTRA PISO E CONCRETO PARA BLOCO DE CONCRETO INTER TRAVADO.....	503
VIABILIDADE ECONÔMICA DE EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO .....	504
ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EXECUTADA COM MÉTODO CONSTRUTIVO CONVENCIONAL E LIGHT STEEL FRAMING.....	505
ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS NA CIDADE DE LAJEADO/RS .....	506
ISOLAMENTO TÉRMICO EM FACHADAS PELO EXTERIOR: REDUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO DA EDIFICAÇÃO PARA FINS DE CONFORTO TÉRMICO .....	507
AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES DA ARGAMASSA ESTABILIZADA PARA REVESTIMENTO EXTERNO: APLICAÇÃO EM DIFERENTES SUBSTRATOS, DURANTE DIFERENTES PERÍODOS DE UTILIZAÇÃO .....	508
ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA EDIFICAÇÃO HISTÓRICA LOCALIZADA EM ILÓPOLIS/RS .....	509
CAPTAÇÃO DA ÁGUA DAS CHUVAS COM REUTILIZAÇÃO EM BACIAS SANITÁRIAS.....	510
PAPEL DO PLANO DIRETOR NA DISPOSIÇÃO DOS LOTEAMENTOS URBANOS: ESTUDO DE CASO EM UM MUNICÍPIO DO INTERIOR DO RIO GRANDE DO SUL.....	511
VIABILIDADE ECONÔMICA DE TÉCNICAS DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	512
PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: INVESTIGAÇÃO PATOLÓGICA EM EDIFICAÇÕES DO VALE DO TAQUARI/RS.....	513
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO MÉTODO BAILEY NO PROCEDIMENTO DE DOSAGEM E NO DESEMPENHO DE MISTURAS ASFÁLTICAS.....	514
ESTUDO SOBRE RECICLAGEM DE PAVIMENTOS COM ADIÇÃO DE LIGANTE ASFÁLTICO .....	515
PAVIMENTO COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO NA UNIVATES.....	516
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM DATA CENTERS COM ALTA DENSIDADE DE SERVIDORES E VIRTUALIZAÇÃO.....	517
FERRAMENTA DE COLETA E ANÁLISE DE ESTATÍSTICAS PARA SISTEMA GERENCIADOR DE BANCO DE DADOS POSTGRESQL .....	518
SISTEMA DE SEGURANÇA COM DETECÇÃO E ACOMPANHAMENTO DE MOVIMENTO AUTOMATIZADO .....	519
GERADOR AUTOMÁTICO DE EXERCÍCIOS PARA APOIO AO ENSINO DE PROGRAMAÇÃO.....	520
SISTEMA GERADOR DE ROTAS ATRAVÉS DE MAPAS DE CALOR.....	521
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE GERENCIAMENTO UNIFICADO DE AMEAÇAS (UNIFIED THREAT MANAGEMENT – UTM) EM EMPRESAS DE DIFERENTES PORTES ..	522
SISTEMA PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE EM EMBALAGENS METÁLICAS DE AEROSSÓIS .....	523
DESENVOLVIMENTO DE UMA FRESADORA CNC PARA USINAGEM EM 5 EIXOS .....	524
DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE ENROLADEIRA DE BOBINAS PARA ALTO FALANTES....	525
DESENVOLVIMENTO DE UMA PLANTA PILOTO AUTOMATIZADA PARA FABRICAÇÃO DE CERVEJAS ESPECIAIS .....	526
SISTEMA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO DE UMA CALDEIRA INDUSTRIAL A VAPOR DO TIPO MISTA .....	527

PROJETO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DE UMA MÁQUINA DE PASTEURIZAÇÃO .....	528
PROJETO DE UM DISPLAY HOLOGRÁFICO VOLUMÉTRICO ROTATIVO.....	529
DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA MODULAR FLEXÍVEL PARA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO PROTOCOLO ZIGBEE.....	530
SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE AMBIÊNCIA PARA AVIÁRIOS POR PRESSÃO NEGATIVA .....	531
SISTEMA AUTÔNOMO DE DESINFECÇÃO DE BACTÉRIAS COM USO DE LÂMPADAS ULTRAVIOLETAS ALIMENTADAS POR ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	532
MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA PREPARO DE CACHORRO-QUENTE .....	533
ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DE RODA DESSECANTE EM PROCESSO DE SECAGEM DE BALAS DRAGEADAS .....	534
PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO PARAFUSO DE RODA MANTENDO AS PROPRIEDADES DE MONTAGEM.....	535
AVALIAÇÃO DE EMISSÕES E DESEMPENHO DE BIOMETANO E GNV EM MOTORES CONVENCIONAIS .....	536
DIMENSIONAMENTO DE MANCAIS DE DESLIZAMENTO VISANDO A MINIMIZAÇÃO DE FALHAS EM UMA CAIXA SATÉLITE DE EIXO DIFERENCIAL DE UM TRATOR.....	537
DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO EM FARINHA DE CARNE E OSSOS POR ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO .....	538
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO CÁRNEO REESTRUTURADO COMO ALTERNATIVA DE REAPROVEITAMENTO DE APARAS CÁRNEAS .....	539
PROPOSTA DE MELHORIAS NA OPERAÇÃO DE MONTAGEM EM UMA EMPRESA DO SETOR METAL MECÂNICO .....	540
ESTUDO ERGONÔMICO DO VEÍCULO BAJA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES.....	541
REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS .....	542
MAPEAMENTO DOS CUSTOS E DAS RECEITAS DA PRODUÇÃO LEITEIRA EM UMA PROPRIEDADE RURAL DO VALE DO TAQUARI .....	543
ESTUDO DA FORMAÇÃO DE CUSTOS NUMA EMPRESA DE JOIAS DE PEQUENO PORTE DO VALE DO TAQUARI.....	544
APLICAÇÃO DE UM PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTO PARA ANÁLISE DOS FATORES QUE INFLUENCIAM NO PERCENTUAL DE UMIDADE DE PASTILHAS EM INDÚSTRIA DE ALIMENTOS.....	545
APLICAÇÃO DE PROJETO SEIS SIGMA PARA OTIMIZAÇÃO DE UM PROCESSO DE ENVASE DE REFRIGERANTE COM ÊNFASE NA UTILIZAÇÃO DE UM PROJETO FATORIAL 2 <sup>k</sup> .....	546
PROPOSTA PARA AÇÕES DE SUSTENTABILIDADE EM UM EMPRESA DE ALIMENTOS.....	547
DESENVOLVIMENTO DE GABINETE PARA GERADOR DE OZÔNIO PORTÁTIL .....	548
PROPOSTA DE MELHORIA DE EFICIÊNCIA EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO COM BASE NO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG) .....	549
PROPOSTA DE MELHORIA NA GESTÃO DE ESTOQUES EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA NO VALE DO TAQUARI.....	550
GESTÃO DO CONHECIMENTO NO SERVIÇO DE SAÚDE ATRAVÉS DE UM SISTEMA ESPECIALISTA: UM ESTUDO EXPERIMENTAL NA ESF MACEDO EM VENÂNCIO AIRES – RS.....	551

ATRIBUTOS QUE INFLUENCIAM O PROCESSO DE DECISÃO DE COMPRA DO SORVETE NOS SUPERMERCADOS DO VALE DO TAQUARI.....	552
PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE MAPEAMENTO DE PROCESSOS: UM ESTUDO DE CASO NA PERSPECTIVA DA ENGENHARIA DO CONHECIMENTO.....	553
RESUMO DO ESTUDO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO E NEGOCIO NO MUNDO DOS GAMES.	554
DESCOBERTA DE CONHECIMENTO NA ÁREA DA ONCOLOGIA.....	555
ANALISE DE SENTIMENTOS EM OPINIÕES RELACIONADOS A PRODUTOS DE LOJAS ELETRÔNICAS	556
MINERAÇÃO DE DADOS PARA DESCOBERTA DE CONHECIMENTO EM DADOS DE PROMOÇÃO A SAÚDE.....	557
WORKFLOW NO AUXÍLIO DO PROCESSO DE TRABALHO DE UMA EDITORA UNIVERSITÁRIA .....	558



## NO BRASIL: ESTUDAR DIREITO AGRÁRIO É PRECISO

Darcy Walmor Zibetti<sup>1</sup>

“ Os seres humanos estão no centro do desenvolvimento sustentável.  
Têm direito a uma vida saudável e produtiva, em harmonia com a natureza”  
(Princípio N.º 1, Declaração do Rio- ECO-Rio/92)

Prezados senhores. O general romano Pompeu dizia aos seus soldados marinheiros que “ navegar é preciso e viver não é preciso”. Dizia que era preciso sacrificar suas vidas, caso necessário, para a glória do Império Romano na manutenção e conquista de novos territórios.

Inspirado nesta expressão do general romano Pompeu, o Poeta português Fernando Pessoa compôs a famosa poesia : “ Navegar é preciso. Viver não é preciso.” O poeta justificava essa assertiva alegando que sua razão de viver era produzir poesias para o bem da pátria portuguesa e da humanidade. Na sua concepção as poesias valiam mais que a sua própria vida.

Já, Plutarco, pensador e poeta greco-romano dizia que “Não basta só existir. É preciso viver.”

Parafraseando o poeta português Fernando Pessoa e Plutarco, como agrarista, eu digo, estudar Direito Agrário é preciso e, viver é preciso.

2- O Direito Agrário tem como objeto a atividade agrária sujeita a risco e segue a teoria da agrariedade/ciclo biológico de Antonio Carrozza, mentor e primeiro presidente da UMAU. Tem, como finalidade precípua a produção de alimentos. A produção de alimentos com qualidade visa propiciar a vida. O viver segundo Plutarco. O direito à vida é superior a qualquer direito. O Direito Agrário e a segurança alimentar e nutricional são indissociáveis. Aliás, no Brasil, foi aprovada a Emenda Constitucional No. 64/2010 que considera o alimento um direito fundamental constitucional.

2.1- Em 9 de novembro de 2014, data do Cinquentenário da criação do Direito Agrário no Brasil ( EC No. 10, de 9/11/1964), a UBAU juntamente com a UMAU ( União Mundial dos Agraristas Universitários), lançaram uma Carta Aberta às Universidades Brasileiras, propondo a introdução da disciplina do Direito Agrário no currículo acadêmico.

2.2- Em 8/06/2015, em audiência especial, obtida via diplomática, junto à FAO, em Roma, foi entregue pela UBAU, uma Carta propondo a participação da FAO na promoção e desenvolvimento do Direito Agrário no Brasil e no mundo.

2.3- Cabe lembrar que alguns dirigentes da UBAU, entre os quais estava, o ora palestrante e mais os professores Albenir Querubini e Wellington Pacheco Barros, impulsionaram o I-UMA , Instituto de Educação do Agronegócio – UNIP ([www.i-uma.edu.br](http://www.i-uma.edu.br)), o qual acatou a sugestão, e está, hoje, promovendo a segunda edição do Curso de Pós Graduação ( latu sensu) de Direito Agrário e Direito Ambiental Aplicado ao Agronegócio Empresarial e Familiar. Aliás, a UBAU surgiu no seio deste Curso do I-UMA, hoje, seu sócio honorário.

2.4- O I Simpósio Agrarista, integrante do Congresso Amazônico de Desenvolvimento Sustentável, foi realizado na Universidade Federal de Cuiabá, Mato Grosso, em novembro de 2014, em comemoração do Cinquentenário da criação do Direito Agrário no Brasil e da edição do Estatuto da Terra- Lei 4.504/64.

1 Doutor em Ciências Jurídicas e Sociais-UMSA-AR; Prof.de Direito Agrário; Procurador Federal (INCRA-RS)-aposentado . Membro da ABLA, da UMAU e Presidente da União Brasileira dos Agraristas Universitários-UBAU.



Com este evento, a UBAU considerou o término do I Ciclo do Direito Agrário Brasileiro (até porque, a ABDA – Associação Brasileira de Direito Agrário cessou suas atividades) e lançou a ideia do II Ciclo voltado para os novos tempos da modernidade.

2.5- E, o III Simpósio Agrarista será realizado em 4 de dezembro de 2015, no Parlamento Gaúcho, em comemoração ao Dia Mundial do Solo, estabelecido pela ONU. Esta promoção é feita em parceria entre a UBAU e a Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo da Assembléia Legislativa/RS.

2.6- O Brasil, de dimensões continentais e de expressivo PIB agrário em contínua expansão, deve estudar Direito Agrário para conhecer melhor a riqueza da realidade agrária e para a formação de uma mentalidade e uma consciência agrarista, além de despertar o espírito de cidadania e amor ao Brasil. Inclusive, aprender a valorizar o prato de comida diário que simboliza o trabalho do “homem de chapéu grande” cantado por Teixeira (cantor e compositor gaúcho).

Nesse sentido, é preciso navegar como disse o poeta português, pelas almas, mentes e corações dos Reitores, Diretores, Coordenadores e Professores das Instituições de Ensino Superior promovendo sua sensibilização e convencimento para acatamento desta nobre idéia.

Muito a propósito, a UBAU está preparando um Curso on line para Formação de Professores de Direito Agrário para o ano de 2016. É a oportunidade de as Instituições Superiores de Ensino indicarem candidatos a realizarem o Curso.

Para imitar Plutarco não basta existir, é preciso viver, cabe dizer que não basta apenas o Direito Agrário existir na Constituição, art. 22 inciso I. É preciso que seja vivenciado no ambiente universitário, através de seu estudo acadêmico..

3-A partir do descobrimento ou achamento, como dizem os portugueses, o Brasil viveu um longo período sob o regime do sistema sesmarial associado à escravatura. A Carta de Sesmaria continha área superior a 10.000 ha e a adoção deste sistema sesmarial serviu de estratégia política da Coroa na ocupação, colonização e defesa territorial.

Todavia, em julho de 1822, esse sistema sesmarial ( doações ou concessões) foi extinto, passando então, a vigorar o Regime da Posse. Sabe-se, que, historicamente, todas as terras eram públicas e pertenciam à Coroa, ao Império e à Nação Brasileira. Só em 1850 foi editada a Lei de Terras de No. 601 que dispôs que a partir daquela data, as terras deveriam ser vendidas pelo Poder Imperial.

Cumprir observar que os primeiros imigrantes alemães aportaram ao Brasil, em 1824, durante o período em que vigorava o Regime da Posse. A Princesa Dona Leopoldina como austríaco-alemã, estimulou a vinda de alemães para ocupar e garantir o território brasileiro. Os pioneiros imigrantes alemães foram instalados na Real Feitoria da Linha Cânhamo, de São Leopoldo/RS que de lá se espalharam por todo o Estado do Rio Grande do Sul. Não seria uma tese acadêmica interessante pesquisar como feita a regularização dominial ?

Com a passagem das terras públicas – devolutas ( salvo uma pequena faixa de fronteira que permaneceu com a União Federal), repita-se, passaram para os Estados Federados pela primeira Constituição Republicana de 1891. Estando os Estados Federados despreparados para atuar, a problemática caótica da posse, prolongou-se ao longo do tempo, até a edição do Estatuto da Terra – Lei 4.504 de 30/11/1964. O Estatuto da Terra, praticamente, pôs um fim à confusão jurídica da posse no Brasil. Em seu artigo 10 estabeleceu que o Poder Público só poderia ser titular do domínio de áreas para fins de educação, pesquisa e fomento.

Tudo o mais deveria ser privatizado com sua transferência ao domínio privado.

4- O ex-IBRA criado pelo Estatuto da Terra, posteriormente transformado em INCRA, teve a ingente tarefa de regularização fundiária no País, diretamente ou por convênio com os Estados federados.

O Estatuto da Terra, também regulamentou o princípio da Função Social da Terra ( propriedade agrária). Este dispositivo com pequenas nuances foi elevado à majestade constitucional, passando a constar no Art. 186 da Constituição de 1988.

Para que a propriedade agrária possa ser considerada “ produtiva” ,em consequência, impassível de expropriação , deve preencher o requisito de produção e produtividade mínima ( prevista no art. 6º. da Lei 8629/93): do requisito da conservação dos recursos naturais e do meio ambiente e o requisito de atendimento social do produtor e trabalhador rural.

A pequena e média propriedade agrária não pode ser desapropriada, todavia deve respeitar a questão ambiental e social.

5- O período crucial da regularização fundiária da história brasileira praticamente passou pela conquista do título dominial.As questões constitucionais referentes aos indígenas e quilombolas, podem ser objeto de estudo pelas áreas das Ciências Sociais como Sociologia e Antropologia, eis que, sua solução depende de uma decisão político-administrativa do Governo Federal. E, as desapropriações a cargo INCRA são pontuais. Tudo o que o agrarista defende é a paz no campo.

Agora, a UBAU está lançando a ideia de construção do II Ciclo do Direito Agrário Brasileiro. A UBAU, visualiza um novo ciclo do Direito Agrário no Brasil com o surgimento da utilização das luzes da ciência, da tecnologia, da biotecnologia, bioagroecologia, biogenética e inovação tecnológica.

A Universidade de Harvard através de dois ilustres professores e pesquisadores produziu a chamada Teoria do Agronegócio aplicada com sucesso nos EEUU e está sendo implantada no Brasil.

De forma antecedente surgiu, através do Clube de Roma, a tese fatídica do “Limite do Crescimento” para o Planeta Terra.

Como contraponto, sob a liderança do engenheiro agrônomo Norman Ernest Borlaug ( Premio Nobel da Paz de 1970), foi lançada a chamada “ Revolução Verde” que com a utilização maciça e intensiva de maquinário, fertilizantes, agrotóxicos e biotecnologia, ambicionava superar a teoria do demógrafo britânico Thomas Malthus que pregava que a produção crescia em ordem aritmética e a população de forma geométrica.

6- A Teoria do Agronegócio concebida pelos professores e pesquisadores John A. Davis e Ray Golberg, da Universidade de Harvard, chegou ao Brasil para ficar e se expandir. Ressalte-se que esta teoria do agronegócio, pela sua abrangência, objetividade e pragmatismo se constitui num dos núcleos essenciais do programa de estudo do Direito Agrário brasileiro.

Esta teoria trata das questões antes da porteira, dentro da porteira e fora da porteira agrícola, contemplando todas as fases da cadeia produtiva e de comercialização interna e exportação. Esta teoria é aplicável tanto para o agronegócio empresarial quanto ao agronegócio familiar. Percebe-se que o agricultor “ coitadinho”que se restringia à agricultura de subsistência, está em estado de extinção.

Cumprir dizer que o Direito Agrário existe porque existe o produtor rural.

Torna-se evidente que o produtor agrário merece e deve ter assistência técnica como, também, de assistência jurídica. Ademais, justificando a necessidade de assistência técnica e jurídica, o produtor rural além de administrador do estabelecimento agrário, é o gestor da indústria doada pela natureza

composta pelos recursos naturais, solo, água, ar, flora e fauna e cada propriedade agrária se constitui num micro planeta com função econômica, social e ecológica. Eis que, a terra gera e o produtor rural cultiva a planta segundo ensina o professor Alfredo Massart, Presidente da UMAU.

Entre a assistência técnica, inclui-se o planejamento da propriedade agrária que é fundamental para promover a adequação de uso à aptidão e capacidade de uso do solo agrícola. E toda área agricultável deve ser explorada de forma técnica e sustentável. Aliás, para o Brasil não há limites para a produção agrária vegetal e animal. A própria ONU muito espera da produção brasileira para a demanda mundial e combate à fome e à subnutrição.

7- Cabe, aqui, destacar a importância do solo agrícola.

A ONU lançou a década de 2010 / 2020 para desencadear esforços para combater a desertificação dos solos, bem como combater a sua degradação e proteger as terras áridas para que possam contribuir para com o bem estar humano.

Por sua vez, a Assembléia Geral das Nações Unidas aprovou a Resolução No. 68/232 que estabelece o dia 5 de dezembro como “ O Dia Mundial do Solo” e o ano de 2015 como ano Internacional do Solo. Os solos são fundamentais para a sustentação da vida na Terra, pois constituem a base para o desenvolvimento agrícola, para as funções dos ecossistemas essenciais e segurança alimentar.

No ano Internacional do Solo, a ONU, através da FAO realizou a EXPO-Milão sobre alimentação ( 01/05 a 31/10/2015), sob o lema: Nutrire il Pianeta, Energia per La Vita. Desperta a atenção a frase latina estampada no Pavilhão da ONU, que é “ DIVINUS HALITUS TERRAE – O DIVINO SOPRO DA TERRA.” Ademais, a Carta de Milão que podia ser assinada pelos visitantes, via digital, representa uma aula de Direito Agrário e uma síntese do agrarismo, a qual, merece ser lida, estudada e discutida por todos os agentes que atuam junto ao setor primário da economia.

8- O Direito Agrário tem autonomia legislativa, científica, didática (em expansão) e judicial nos termos do artigo 126 da CF/88 com a redação dada pela EC 45/2004 que defere ao Poder Judiciário Estadual a competência e atribuição de criar Varas Agrárias ou de Direito Agrário. Os princípios e institutos de Direito Agrário estão contidos e são extraídos da legislação agrária pública e privada e, da doutrina agrarista. As fontes jurídicos-legais do País são ricas em seu conteúdo e dão a dimensão do que pode ser considerado o Direito Agrário brasileiro. Exemplifica-se, o Estatuto da Terra e suas leis decorrentes e derivadas; Lei da divisão e fracionamento do imóvel Rural; a Constituição de 1988 e suas leis regulamentares, derivadas e recepcionadas; a lei da Política Agrícola 8171/91, aplicável aos assentamentos agrários; Leis do cooperativismo e do associativismo agrário; lei dos contratos agrários de arrendamento e parceria; leis de crédito e títulos de crédito; leis de contrato de financiamento; crédito fundiário; Banco SICREDI; leis de comercialização; Cédula do Produto Rural; Letra de Crédito do Agronegócio; Venda Futura; lei do seguro agrícola entre outros diplomas legais como o Novo Código Florestal e a lei das águas.

Na verdade, o Direito Agrário, além das normas agrárias próprias, se não se apropria, utiliza-se de normas de outros ramos da ciência jurídica, como de Direito Internacional Público e Privado; Direito Constitucional; Direito Civil; Direito Comercial; Direito Processual Civil e Penal; Direito Administrativo; Direito Tributário; Direito Trabalhista; Direito Previdenciário e Securitário.

Com base neste contexto pode caber razão, caracterizar-se o Direito Agrário brasileiro como um sistema de Direito Especial com dimensão econômica, social e ecológica.



O Direito Agrário tem relações com as ciências agrárias, ecologia, meteorologia, economia, sociologia e história.

Adotando-se o critério da teoria Hegeliana (tese-antítese-síntese) para o estudo do Direito Agrário e associado à assimilação dos ensinamentos técnico-científico-culturais contidos nas ciências afins, faz emergir como resultante, o cabedal do saber e do conhecimento que forma o agrarismo ou a doutrina agrarista altaneira e transcendente porque universal.

9- Importante frisar que embora seja da competência exclusiva da União de legislar sobre Direito Agrário, a mesma Constituição Cidadã de 1988 previu, em seu artigo 23, inciso VIII, que é de competência comum da União, dos Estados, do Distrito federal e dos Municípios: fomentar a produção agropecuária e organizar o abastecimento alimentar.

O agrarista como cientista agrário é movido pela sua ínsita inquietude e torna-se um ator de transformação social e um agente de fomento na formulação de políticas agrárias público-privadas, sob o aspecto jurídico e econômico-financeiro..

Todavia, não pode ignorar os planos anuais de incentivo à agricultura empresarial e familiar; o programa de agricultura de baixo carbono: as políticas de sanidade vegetal e animal e agroindustrial; as políticas agroecológicas e produção orgânica; as políticas de alimentação escolar: as políticas de integração lavoura-pecuária-floresta: as políticas de preços mínimos pagos ao produtor agrário ( art. 84, parágrafos I e II, do Estatuto da Terra), entre outras. Aliás, a agroindústria com valor agregado representa o ícone do agronegócio. E, o ponto culminante do agronegócio é a conquista do selo de qualidade, a certificação de origem, a denominação de origem protegida e a indicação geográfica dentro das regras do Direito de Propriedade Intelectual.

A propósito, não seria uma ideia justa ,as lideranças agrárias regionais com apoio da UNIVATES pleitearem a conquista de indicação geográfica para o Vale do Taquari, como região produtora de aves, suínos e gado de leite e seus derivados, a exemplo do Vale dos Vinhedos? E propiciar valor agregado, credibilidade e confiança do mercado interno e externo.

10- A União Européia se consolidou graças à adoção da Política Agrícola Comum (PAC).

Cabe a pergunta: porque os entes federados da Nação Brasileira não propiciam uma política agrícola comum respeitando as diferentes regiões do País?

Torna-se, no mínimo, incompreensível, que existindo no Brasil 80% dos imóveis agrários enquadrados como pequenas e médias propriedades agrárias, o País tenha que importar produtos que compõem a cesta básica ou haja produção insuficiente para o abastecimento alimentar, inclusive com frutas, verduras e produtos olerícolas, recomendados pela área da saúde. É sabido, e a mídia informa que uma das causas da inflação brasileira está na questão da cesta básica prejudicando tanto o produtor, em especial o consumidor. Cabe a pergunta: Qual a solução do problema? E o cultivo hortícola em sistema de estufa ?... E a frigorificação das cebolas ? ...

11- A doutrina agrarista está em sintonia com as Conferências das Nações Unidas ( ONU e suas Instituições). A de Estocolmo de 1972 foi aperfeiçoada com a Eco-Rio-92, e, agora, recentemente, a ONU lançou 17 metas para os próximos anos em termos de incentivar o desenvolvimento sustentável, com destaque, para diminuir a emissão de gases de efeito estufa que provocam as mudanças climáticas e propondo, também, alterar o Tratado de Kyoto, no encontro de Paris a ser realizado no final de 2015. Sintoniza com “ a Verdade Inconveniente”, de AL Gore e , especialmente, com os ensinamentos contidos



na Laudato si ( Cuidado com a casa comum), Encíclica Papal recentemente lançada pelo Papa Francisco que é transcendente à grei religiosa que dirige, a qual representa um alerta para a solidariedade global, humana e ambiental.

Para o Direito Agrário o desenvolvimento sustentável representa uma nova ordem econômica que visa a melhoria de renda e vida para toda população rural, preservando o meio ambiente para presentes e futuras gerações.

Nesse sentido, para que seja considerado sustentável, o empreendimento do produtor rural, deve ser “ economicamente viável, ecologicamente correto, socialmente justo e culturalmente diverso”. Cabe lembrar sempre a preleção do mestre uruguaio Adolfo Gelsi Bidart (Direito Agrário e Meio Ambiente-1994) que dizia que “ o meio ambiente é a garantia da própria produção agrária”. A Ciência Técnica condena a monocultura e prega a diversificação de culturas, o seu rodízio, plantio direto para evitar erosão e o pousio. Merece ser incentivada a piscicultura em açudes, tanques e em sistema de cativeiro no Rio Taquari, eis que segue as normas agrárias. Aliás, o Direito Agrário é instrumento e não empecilho do desenvolvimento agrário.

12- Cumpre, finalmente, fazer referência por parte da UBAU de ter a honrosa oportunidade com este II Simpósio Agrarista, inserir-se no Programa “Repensando o Agro no Vale do Taquari”, lançado há mais tempo e coordenado pelo Conselho Universitário da UNIVATES, dentro do espírito de integração da Universidade com sua comunidade regional, transferindo as luzes da ciência, as luzes da sabedoria e transmissão do bem valioso que é o conhecimento.

Na programação de amanhã, dia 22 de outubro, entre outros temas importantes, será debatida a questão do meio ambiente e o aproveitamento econômico dos resíduos agroindustriais ( animais), de interesse não só desta Região mas, também do Estado e do País, em termos de produção de fertilizantes, biogás e energia, constituindo-se num desafio à teoria do químico francês Lavoisier de que “ na natureza, nada se cria, nada se perde , tudo se transforma.”

Cumpre frisar que este II Simpósio Agrarista integra a programação do IX CCTEC da UNIVATES e I COMUNG- Congresso do Consórcio das Universidades Comunitárias Gaúchas que são consideradas entidades públicas não estatais , com os benefícios decorrentes da lei própria.

Aproveita-se a ocasião para apresentar uma sugestão à UNIVATES: que crie e institua uma Escola Técnica Agropecuária agregada à UNIVATES, no sentido de proporcionar cursos técnicos aos filhos dos agricultores, preparando-os com capacitação técnica, administrativa e de gestão para assumirem a sucessão do agronegócio familiar.

Para encerrar esta modesta, porém, sincera exposição porque brotada no âmago do meu ser e, lembrando a ideia da necessidade do estudo do Direito Agrário, cabe, repetir a frase poética de Fernando Pessoa que diz : “Tudo vale a pena, quando a alma não é pequena”.

# ARTIGOS COMPLETOS



# AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS PELA LEI DOS CAMINHONEIROS NO DIMENSIONAMENTO E NA VIDA ÚTIL DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Pedro Augusto Bastiani Zuchetti<sup>1</sup>

Deangelis Eloi Radaelli Scavazza<sup>2</sup>

Jacson Samuel Pacheco<sup>3</sup>

**Resumo:** O presente artigo tem por objetivo, desenvolver uma avaliação do impacto gerado nas rodovias a partir das mudanças estipuladas pela Lei 13.103/15, aprovada no ano de 2015 que afere ao aumento do limite de cargas de tráfego para caminhões. Para tal foi elaborado um estudo de tráfego na BR 386, no trecho entre Carazinho e Porto Alegre, e dimensionando-se o pavimento considerando-se as duas situações, anterior e posterior a aprovação da Lei, demonstrando os impactos que esta medida poderá causar na malha rodoviária brasileira.

**Palavras-chave:** Excesso de carga. Pavimento. Lei 13.103/15.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta atualmente um panorama desfavorável em relação ao excesso de carga de veículos que trafegam em suas rodovias. Segundo o DNIT (2009), esta prática vem sendo utilizada com frequência, impulsionada pelas vantagens econômicas da relação frete/multa, pela falta de fiscalização do peso dos veículos de carga na maioria das rodovias, além do baixo risco de detecção da infração.

A malha rodoviária Brasileira, segundo a Confederação Nacional de Transporte CNT (2015), é atualmente constituída por aproximadamente 1.720.643,20 Km de extensão, sendo que destes, 210.618,80 Km estão pavimentados. Estudos publicados pela CNT (2014) apontam que o Brasil está entre os oito maiores países em dimensão territorial do mundo, levando em conta países desenvolvidos quanto em desenvolvimento, porém possui a menor densidade de malha rodoviária pavimentada, tendo 23,90 Km de rodovia para cada 1.000,00 Km<sup>2</sup> de área territorial, contra 438,10 dos EUA, 359,90 da China, 83,20 da Argentina, 54,30 da Rússia, 46 da Austrália e 41,60 do Canadá. Aliado a esta baixa densidade rodoviária comparada a outros países, o Brasil, também apresenta problemas relacionados a qualidade das vias pavimentadas, onde, entre 140 países analisados, encontra-se ranqueado na 122ª posição, última colocação entre os países da América do Sul segundo o índice de competitividade global do Fórum Econômico Mundial (2014). Esta avaliação, utilizou notas variando entre 1 para as piores rodovias do mundo até 7 para as melhores, o Brasil obteve a nota 2,8.

Em 2015, o Poder Executivo Federal aprovou o Projeto de Lei nº 13.103/15 ou “Lei dos Caminhoneiros”, que modifica as normas em vigor desde 2012, estipuladas pela Lei nº 12.619/12 “Lei do Descanso”. Esta nova lei, altera dentre outras questões, a tolerância na pesagem de veículos de transporte, passando a ser de 5% sobre o peso bruto total e 10% do limite de peso bruto por eixo transmitido ao pavimento.

1 Graduando em Engenharia Civil Bacharelado pelo Centro Universitário UNIVATES, de Lajeado/RS. pedroaugustozuchetti@gmail.com

2 Graduando em Engenharia Civil Bacharelado pelo Centro Universitário UNIVATES, de Lajeado/RS. deagelisersd@gmail.com

3 Graduando em Engenharia Civil Bacharelado pelo Centro Universitário UNIVATES, de Lajeado/RS. jacsonp@gmail.com

Esta alteração estipulada pela Lei nº 13.103/15 causará impacto negativo nas condições das rodovias brasileiras, tendo em vista que antes desta mudança na tolerância das cargas, as condições não eram favoráveis, conforme as pesquisas da CNT (2014), o que indica uma tendência de aumento da precariedade das rodovias se mantidas as práticas atuais de manutenção e dimensionamento dos pavimentos.

O presente artigo tem por objetivo avaliar o impacto no dimensionamento dos pavimentos, causado pelas determinações da Lei 13.103/15 que aumenta a tolerância do limite das cargas transportadas nas rodovias, comparando um pavimento dimensionado para as condições de tráfego anteriores e posteriores a mudança determinada pela nova Lei.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Para maior detalhamento e entendimento desta nova Lei dos Caminhoneiros, a conceituação sobre o que é pavimento flexível, sua funcionalidade, como deve ser dimensionado e suas patologias, neste capítulo serão abordados diversos conteúdos técnicos baseados em referências seguras.

### **2.1 Pavimentos flexíveis**

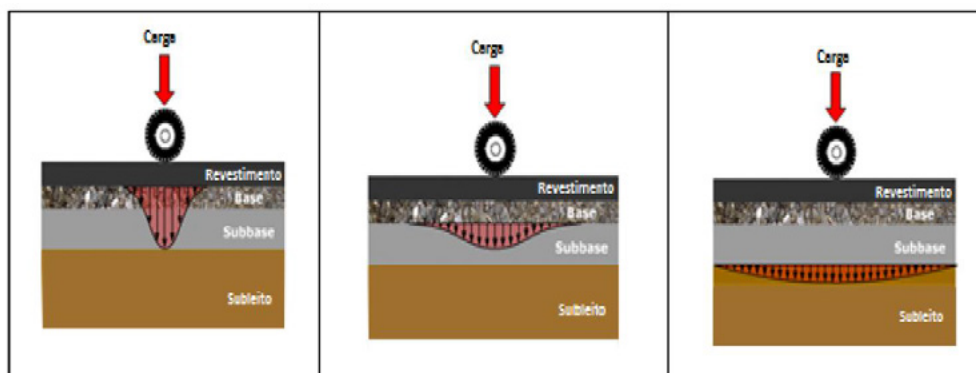
Os pavimentos flexíveis são compostos por uma ou mais camadas que ao serem submetidas aos esforços provenientes de um determinado carregamento, sofrem deformação elástica significativa, sua estrutura geralmente é constituída por um revestimento que pode ser betuminoso ou de calçamento em pedras irregulares ou blocos regulares, assentes sobre base e sub-base flexíveis estabilizadas granulometricamente, ou por meio de adição de aditivos como, cimento, cal e/ou betume, assentes sobre subleito ou reforço de subleito construído (DNIT, 2006).

### **2.2 Cargas de tráfego e sua transmissão ao pavimento**

A transmissão da carga ao pavimento flexível, de acordo com IME (apud Fontanele et al., 2011), acontece em três estágios. No primeiro estágio, exemplificado na Figura 1, a área de atuação da carga é menor e tende a gerar esforços de tração na camada inferior do revestimento, ocasionando trincas de acordo com a sollicitação. Como consequência às camadas inferiores, observa-se, em função do carregamento de compressão praticamente pontual, afundamentos de trilha de roda ou ondulações na superfície.

O carregamento no pavimento flexível, é absorvido inicialmente pelo revestimento, que transfere a carga para a base, que a distribui por uma área maior, chegando então ao subleito, onde todo carregamento é dissipado.

Figura 1 – Comportamento das camadas do pavimento flexível



Fonte: - WAPA Asphalt Pavement Guide (2004).

### 2.3 Fator de equivalência de carga

Em dezembro de 1960, após 25 meses de estudos desenvolvidos na pista experimental da AASHTO, foi definido um eixo padrão para o dimensionamento de pavimentos flexíveis e rígidos, sendo este um eixo simples com rodado duplo (ESRD) com carga de 18.000 lbf (8,2tf) com pressão de inflação de pneus de 80 psi (5,6 kg/cm<sup>2</sup>). A previsão de tráfego para um pavimento é definido em função de uma estimativa de passagens do eixo padrão. A quantidade estimada é denominada de número N. A partir da definição do eixo padrão pode-se então avaliar a dimensão dos danos causados pelo excesso de carga dos veículos.

Como os pavimentos sofrem deflexões diferenciadas, são utilizados fatores de equivalência de cargas (FEC) para simplificar a diversidade de carga por eixo. De acordo com o DNIT (2006), no manual de estudos de tráfego, diferentemente do método utilizado pela American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), o USACE avaliou os efeitos do carregamento na deformação permanente: o afundamento nas trilhas de rodas.

Na Tabela 1 visualizam-se as equações dos fatores de equivalência de carga adotadas pelo USACE.

Tabela 1 – Equações de fatores de equivalência de cargas do USACE

Tipo de Eixo	Faixa de Carga	FEC (P em Tf)
Dianteiro simples	0 - 8	$FEC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
Traseiro simples	> 8	$FEC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem-duplo	0 - 11	$FEC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
Tandem-duplo	> 11	$FEC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem-triplo	0 - 18	$FEC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
Tandem-triplo	> 18	$FEC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

Fonte: DNIT (2006).

### 2.4 Cargas máximas legais no Brasil

Segundo o CONTRAN (1998), um veículo comercial deve respeitar os limites estabelecidos tanto por eixo quanto por peso total bruto combinado. De acordo com a Resolução 012/98 do CONTRAN, os



limites máximos de peso bruto transmitido por eixo de veículo, nas superfícies das vias públicas, são os seguintes:

- Eixo simples de roda simples (ESRS): 6 t;
- Conjunto de eixos direcionais (CED): 12 t;
- Eixo simples de roda dupla (ESRD): 10 t;
- Eixo tandem duplo (ETD): 17 t;
- Eixo tandem triplo (ETT): 25,5 t.

Após as mudanças estipuladas pela Lei nº 13.103/15, que prevê uma tolerância de 5% sobre o peso bruto total e 10% sobre os limites de peso bruto por eixo de veículos à superfície das vias, alterando os limites para os seguintes valores listados abaixo:

- Eixo simples de roda simples (ESRS): 6,6 t
- Eixo simples de roda dupla (ESRD): 11 t;
- Conjunto de eixos direcionais (CED): 13,2 t;
- Eixo tandem duplo (ETD): 18,7 t;
- Eixo tandem triplo (ETT): 28,05 t.

### 3 METODOLOGIA

Para a elaboração do presente trabalho foi calculado o dimensionamento de um pavimento utilizando o Método Empírico do DNIT (2006), por ser o mais utilizado e o método vigente para dimensionamento de pavimentos flexíveis no país. O dimensionamento foi elaborado simulando duas situações, uma anterior e outra posterior à Lei 13.103/15.

O dimensionamento do pavimento do presente trabalho, foi elaborado buscando atender às solicitações de tráfego da Rodovia BR-386, trecho de Carazinho à Porto Alegre/RS.

#### 3.1 Estudo de tráfego

De acordo com o DNIT (2006), o volume de tráfego é o principal parâmetro no estudo, por definição, é o número de veículos que passa por uma determinada seção de uma estrada, num determinado intervalo de tempo. Dependendo do objetivo do estudo, os volumes podem ser referidos a um ou dois sentidos do movimento. O volume mais utilizado é o Volume Médio Diário (VMD), que é a quantidade média de veículos que passa numa seção da estrada, durante um dia. Muitas vezes o seu cálculo é efetuado levando-se em consideração o Volume Anual e dividindo-o pelo número de dias do ano (365). Ele é utilizado para avaliar a distribuição do tráfego, medir a demanda atual de uma estrada, programação de melhorias dentre outros motivos. É muito empregada, na linguagem corrente, a expressão equivalente Tráfego Médio Diário, para o presente estudo foi utilizado o método de contagem manual.

#### 3.2 Dimensionamento de pavimentos flexíveis

Ainda segundo o DNIT (2006), dimensionar um pavimento significa determinar as espessuras das camadas que o constituem de forma que estas camadas (reforço do subleito, sub-base, base e

revestimento) resistam e transmitam ao subleito as pressões impostas pelo tráfego, sem levar o pavimento à ruptura ou a deformações e a desgastes excessivos.

Os métodos empíricos de dimensionamento têm como base o método CBR que se utiliza do ensaio de penetração CBR relacionando a capacidade de suporte do subleito e a intensidade do tráfego com a espessura mínima necessária ao pavimento

O processo do DNIT roteiriza o dimensionamento de pavimentos flexíveis em função dos seguintes fatores:

- capacidade do subleito (CBR) e índice de grupo (IG);
- número equivalente de operações do eixo padrão (N);
- espessura total do pavimento durante um período de projeto.

Com base na espessura total determinam-se as espessuras das camadas constituintes, multiplicando-se as espessuras obtidas para o material padrão (base granular) pelos coeficientes estruturais parciais correspondentes a cada tipo de material.

### 3.3 Capacidade de suporte do subleito

Para a avaliação da capacidade de suporte do subleito e dos materiais que irão compor as camadas do pavimento é utilizado o ensaio CBR em amostras deformadas ou moldadas em laboratório, nas condições de serviço e submersas por quatro dias (DNIT, 2006).

Ainda segundo o DNIT, a fim de uma maior segurança a norma recomenda utilizar o Índice de Suporte (IS), que é um CBR corrigido em função do Índice de Grupo (IG), conforme expressão a seguir:

$$IS = \frac{IS_{CBR} + IS_{IG}}{2}$$

Onde:

$IS_{CBR}$  = índice de suporte numericamente igual ao Índice de Suporte Califórnia (CBR obtido em ensaio e dado em %).

$IS_{IG}$  = índice de suporte derivado do índice de grupo, correspondendo praticamente a uma inversão de escala, fazendo com que solos de boa qualidade tenham os maiores valores de  $IS_{IG}$ .

O método impõe a condição de que o Índice de Suporte máximo seja igual ao valor do CBR, isto significa que quando o IS for maior que o CBR, o valor adotado para o IS será o do próprio CBR.

### 3.4 Espessura das camadas e coeficientes de equivalência estrutural

Os valores dos coeficientes de equivalência estrutural dependem do tipo de material construtivo utilizado no pavimento. Cada camada possui um coeficiente de equivalência estrutural (k), que relaciona a espessura que a camada deve possuir de material padrão (base granular), com a espessura equivalente do material que realmente irá compor a camada (DNIT, 2006).

Os coeficientes de equivalência estrutural para sub-base granular e reforço do subleito podem ser calculados em função da relação entre o CBR dessas camadas e o CBR do subleito:

$$K_{Ref} \text{ ou } K_S = \left( CBR_{1/3} \times CBR_2 \right)^{1/3} \quad \text{Onde:}$$

$K_{REF}$  = coeficiente de equivalência estrutural do reforço do subleito;

$K_S$  = coeficiente de equivalência estrutural da sub-base;

$CBR_1$  = CBR do reforço ou da sub-base;

$CBR_2$  = CBR do subleito.

De acordo com o DNIT, o coeficiente de equivalência estrutural da sub-base granular ou do reforço do subleito deverá ser 1,0 toda vez que o CBR desses materiais for igual ou superior a três vezes o CBR do subleito.

Com o número de solicitações N, o CBR das camadas, e os coeficientes de equivalência estrutural (k), mediante a análise do ábaco de dimensionamento forma-se o sistema de inequações para a obtenção das espessuras das camadas.

### 3.5 Espessuras mínima de revestimentos

As espessuras mínimas para os revestimentos são determinadas a partir de no número N e do tipo de material do revestimento, tendo como finalidade proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego e preservar o revestimento de uma ruptura (DNIT, 2006).

Tabela 2 – Espessuras mínimas de revestimento betuminoso em função de N.

N	Espessura mínima de revestimento betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: DNIT (2006).

Uma vez determinadas as espessuras  $H_m$ ,  $H_n$ ,  $H_{20}$ , pelo gráfico anterior, e R pela Tabela 4 de espessura mínima de revestimento betuminoso, as espessuras da base (B), sub-base ( $h_{20}$ ) e reforço do subleito ( $h_n$ ) são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações conforme especificado pelo (DNIT, 2006):

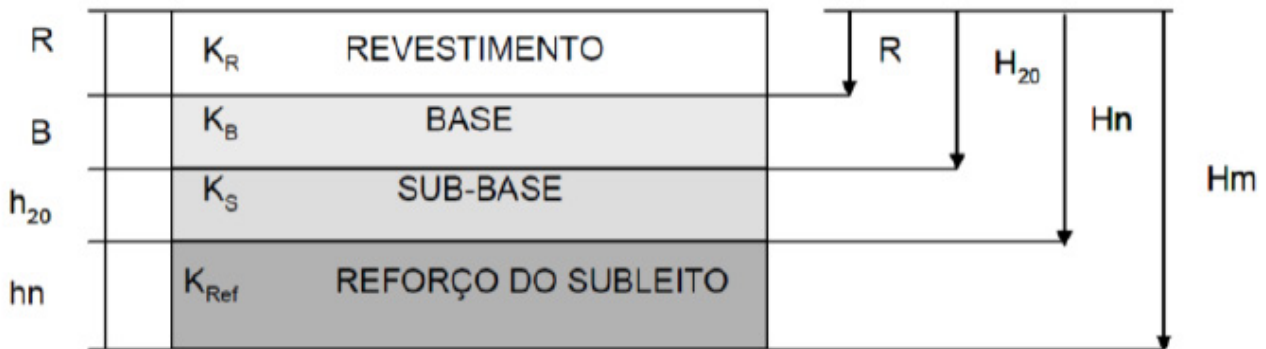
$$K_R \cdot R + K_B \cdot B \geq H_{20}$$

$$K_R \cdot R + K_B \cdot B + K_S \cdot h_{20} \geq H_n$$

$$K_R \cdot R + K_B \cdot B + K_S \cdot h_{20} + K_{ref} \cdot h_n \geq H_m$$



Figura 2 – Ilustração do dimensionamento das camadas do pavimento



Fonte: DNIT, 2006

Onde:

$K_R$ : coeficiente de equivalência estrutural do revestimento R: espessura do revestimento;

$K_B$ : coeficiente de equivalência estrutural da base B: espessura da base;

$h_{20}$ : espessura de pavimento sobre a sub-base;

$K_S$ : coeficiente de equivalência estrutural da sub-base  $h_{20}$ : espessura da sub-base;

$h_n$ : espessura do pavimento sobre a camada com IS = n;

$K_{REF}$ : coeficiente de equivalência estrutural do reforço de subleito  $h_n$ : espessura do Reforço do subleito e  $H_m$ : espessura total do pavimento necessária para proteger um material com CBR ou IS iguais a m.

#### 4 RESULTADOS

Após o dimensionamento dos pavimentos de acordo com a metodologia citada, e com auxílio de planilhas eletrônicas, obtiveram-se os resultados das espessuras das camadas do pavimento para cada cenário, anterior e posterior a Lei nº 13.105/15, como pode ser observado a seguir.

$$V_m = \frac{V_1[2 + (P - 1) \cdot t/100]}{2}$$

Onde:

$V_m$  = Volume médio diário de tráfego no ano médio do período P para um sentido;

$V_1$  = VDM no sentido mais solicitado no primeiro ano de projeto para um sentido;

t = Taxa de crescimento anual (%).

Com os dados obtidos anteriormente através da contagem obtida no trecho em estudo,  $V_1$ (VDM) igual a 1.092, período de tempo (P) de 10 anos, taxa de crescimento anual (t) de 4% obteve-se um valor de volume médio de tráfego diário ( $V_m$ ) de 1.093,97. A partir deste valor é possível calcular o volume total com crescimento linear ( $Vt$ ) e com crescimento geométrico, através das seguintes fórmulas:

$$Vt = 365 \cdot P \cdot Vm$$

$$Vt = \frac{365 \cdot V_1 [(1 + t/100)^P - 1]}{t/100}$$

Onde:

365 = Número de dias em um ano;

P = Período de tempo de vida útil estimado para o pavimento;

Vm = Volume médio diário de tráfego no ano médio do período P para um sentido;

t = Taxa de crescimento de tráfego anual.

Após a aplicação das fórmulas, obteve-se o valor de 3.992.974,44 para volume de tráfego com crescimento linear e 3.982.042,42 para volume de tráfego com crescimento geométrico.

Tabela 03 – Fator de equivalência de carga por eixo

TOTAIS POR EIXO			
Eixo simples rodado simples	ESRS	6 ton	1.092,00
Eixo duplo rodado duplo	EDRD	10 ton	495,00
Eixo tandem duplo	ETD	17 ton	673,00
Conjunto de eixos direcionais	CED	12 ton	-
Eixo tandem triplo	ETT	26 ton	278,00
<b>TOTAL</b>			<b>2.538,00</b>

Fonte: Autor (2015).

Efetua-se então o cálculo do fator de eixo (FE), que é a razão do número total de eixos e o número total de veículos, obtendo-se o valor de 2,32418.

$$FE = \frac{N^{\circ} \text{ Total de eixos}}{N^{\circ} \text{ Total de veículos}}$$

Tabela 5 – FC em condições normais

#### FC EM CONDIÇÕES NORMAIS

EIXO SIMPLES RODADO SIMPLES (ESRS)									
Peso (ton)	DADOS PARA CÁLCULO DO FC				QTD. CONS. (%)	TOTAL	% i	FE.Ci	% i.FE.Ci
0 - 2	2,07820	0,000100	4,0175	2,00	40,00%	436,80	17,210%	0,00337	0,00058
2 - 4	2,07820	0,000100	4,0175	4,00	20,00%	218,40	8,605%	0,05451	0,00469
4 - 6	2,07820	0,000100	4,0175	6,00	40,00%	436,80	17,210%	0,27791	0,04783

100%

EIXO SIMPLES RODADO DUPLO (ESRD)									
Peso (ton)	DADOS PARA CÁLCULO DO FC				QTD. CONS. (%)	TOTAL	% i	FE.Ci	% i.FE.Ci
0 - 2	2,07820	0,000100	4,0175	2,00	10,00%	49,50	1,950%	0,00337	0,00007
2 - 4	2,07820	0,000100	4,0175	4,00	20,00%	99,00	3,901%	0,05451	0,00213
4 - 6	2,07820	0,000100	4,0175	6,00	30,00%	148,50	5,851%	0,27791	0,01626
6 - 8	1,83200	0,000001	6,2542	8,00	20,00%	99,00	3,901%	0,81476	0,03178
8 - 10	1,83200	0,000001	6,2542	10,00	20,00%	99,00	3,901%	3,28947	0,12831

100%



EIXO TANDEM DUPLO (ETD)									
Peso (ton)	DADOS PARA CÁLCULO DO FC				QTD. CONS. (%)	TOTAL	% i	FE.Ci	% i.FE.Ci
0 - 2	1,59200	0,000100	3,4720	2,00	11,11%	74,78	2,946%	0,00177	0,00005
2 - 4	1,59200	0,000100	3,4720	4,00	11,11%	74,78	2,946%	0,01960	0,00058
4 - 6	1,59200	0,000100	3,4720	6,00	11,11%	74,78	2,946%	0,08011	0,00236
6 - 8	1,59200	0,000100	3,4720	8,00	11,11%	74,78	2,946%	0,21751	0,00641
8 - 10	1,59200	0,000100	3,4720	10,00	11,11%	74,78	2,946%	0,47200	0,01391
10 - 12	1,52800	0,000001	5,4840	12,00	11,11%	74,78	2,946%	1,26577	0,03729
12 - 14	1,52800	0,000001	5,4840	14,00	11,11%	74,78	2,946%	2,94774	0,08685
14 - 16	1,52800	0,000001	5,4840	16,00	11,11%	74,78	2,946%	6,13080	0,18063
16 - 17	1,52800	0,000001	5,4840	17,00	11,11%	74,78	2,946%	8,54880	0,25188
100,00%									

CONJUNTO DE EIXOS DIRECIONAIS (CED)									
Peso (ton)	DADOS PARA CÁLCULO DO FC				QTD. CONS. (%)	TOTAL	% i	FE.Ci	% i.FE.Ci
0 - 2	2,07820	0,000100	4,0175	2,00	16,67%	-	0,000%	0,00	-
2 - 4	2,07820	0,000100	4,0175	4,00	16,67%	-	0,000%	0,05	-
4 - 6	2,07820	0,000100	4,0175	6,00	16,67%	-	0,000%	0,28	-
6 - 8	1,83200	0,000001	6,2542	8,00	16,67%	-	0,000%	0,81	-
8 - 10	1,83200	0,000001	6,2542	10,00	16,67%	-	0,000%	3,29	-
10 - 12	1,83200	0,000001	6,2542	12,00	16,67%	-	0,000%	10,29	-
100,00%									

EIXO TANDEM TRIPLO (ETT)									
Peso (ton)	DADOS PARA CÁLCULO DO FC				QTD. CONS. (%)	TOTAL	% i	FE.Ci	% i.FE.Ci
0 - 2	8,03590	0,0000100	3,3549	2,00	7,69%	21,38	0,843%	0,00082	0,00001
2 - 4	8,03590	0,0000100	3,3549	4,00	7,69%	21,38	0,843%	0,00841	0,00007
4 - 6	8,03590	0,0000100	3,3549	6,00	7,69%	21,38	0,843%	0,03278	0,00028
6 - 8	8,03590	0,0000100	3,3549	8,00	7,69%	21,38	0,843%	0,08606	0,00073
8 - 10	8,03590	0,0000100	3,3549	10,00	7,69%	21,38	0,843%	0,18194	0,00153
10 - 12	8,03590	0,0000100	3,3549	12,00	7,69%	21,38	0,843%	0,33541	0,00283
12 - 14	8,03590	0,0000100	3,3549	14,00	7,69%	21,38	0,843%	0,56257	0,00474
14 - 16	8,03590	0,0000100	3,3549	16,00	7,69%	21,38	0,843%	0,88051	0,00742
16 - 18	8,03590	0,0000100	3,3549	18,00	7,69%	21,38	0,843%	1,30722	0,01101
18 - 20	1,32290	0,0000001	5,5789	20,00	7,69%	21,38	0,843%	2,39797	0,02020
20 - 22	1,32290	0,0000001	5,5789	22,00	7,69%	21,38	0,843%	4,08102	0,03439
22 - 24	1,32290	0,0000001	5,5789	24,00	7,69%	21,38	0,843%	6,63113	0,05587
24 - 26	1,32290	0,0000001	5,5789	26,00	7,69%	21,38	0,843%	10,36387	0,08732
100%									

TOTAL: 1,03800

$$FC = \sum \frac{\%i.FE.Ci}{100} FC = 1,03800$$

Fonte: Autor (2015).



Tabela 6 – FC para cargas acrescidas em 10%

## FC P/ CARGAS ACRECIDAS EM 10%

EIXO SIMPLES RODADO SIMPLES (ESRS)									
Peso (ton)	DADOS PARA CÁLCULO DO FC				QTD. CONS. (%)	TOTAL	% i	FE.Ci	% i.FE.Ci
0 - 2	2,07820	0,000100	4,0175	2,20	40,00%	436,80	17,210%	0,00494	0,00085
2 - 4	2,07820	0,000100	4,0175	4,40	20,00%	218,40	8,605%	0,07994	0,00688
4 - 6	2,07820	0,000100	4,0175	6,60	40,00%	436,80	17,210%	0,40757	0,07014

100%

EIXO SIMPLES RODADO DUPLO (ESRD)									
Peso (ton)	DADOS PARA CÁLCULO DO FC				QTD. CONS. (%)	TOTAL	% i	FE.Ci	% i.FE.Ci
0 - 2	2,07820	0,000100	4,0175	2,20	10,00%	49,50	1,950%	0,00494	0,00010
2 - 4	2,07820	0,000100	4,0175	4,40	20,00%	99,00	3,901%	0,07994	0,00312
4 - 6	2,07820	0,000100	4,0175	6,60	30,00%	148,50	5,851%	0,40757	0,02385
6 - 8	1,83200	0,000001	6,2542	8,80	20,00%	99,00	3,901%	1,47880	0,05768
8 - 10	1,83200	0,000001	6,2542	11,00	20,00%	99,00	3,901%	5,97040	0,23289

100%

EIXO TANDEM DUPLO (ETD)									
Peso (ton)	DADOS PARA CÁLCULO DO FC				QTD. CONS. (%)	TOTAL	% i	FE.Ci	% i.FE.Ci
0 - 2	1,59200	0,000100	3,4720	2,20	11,11%	74,78	2,946%	0,00246	0,00007
2 - 4	1,59200	0,000100	3,4720	4,40	11,11%	74,78	2,946%	0,02729	0,00080
4 - 6	1,59200	0,000100	3,4720	6,60	11,11%	74,78	2,946%	0,11153	0,00329
6 - 8	1,59200	0,000100	3,4720	8,80	11,11%	74,78	2,946%	0,30282	0,00892
8 - 10	1,59200	0,000100	3,4720	11,00	11,11%	74,78	2,946%	0,65714	0,01936
10 - 12	1,52800	0,000001	5,4840	13,20	11,11%	74,78	2,946%	2,13477	0,06290
12 - 14	1,52800	0,000001	5,4840	15,40	11,11%	74,78	2,946%	4,97149	0,14648
14 - 16	1,52800	0,000001	5,4840	17,60	11,11%	74,78	2,946%	10,33986	0,30465
16 - 17	1,52800	0,000001	5,4840	18,70	11,11%	74,78	2,946%	14,41792	0,42480

100,00%

CONJUNTO DE EIXOS DIRECIONAIS (CED)									
Peso (ton)	DADOS PARA CÁLCULO DO FC				QTD. CONS. (%)	TOTAL	% i	FE.Ci	% i.FE.Ci
0 - 2	2,07820	0,000100	4,0175	2,20	16,67%	-	0,000%	0,00	-
2 - 4	2,07820	0,000100	4,0175	4,40	16,67%	-	0,000%	0,08	-
4 - 6	2,07820	0,000100	4,0175	6,60	16,67%	-	0,000%	0,41	-
6 - 8	1,83200	0,000001	6,2542	8,80	16,67%	-	0,000%	1,48	-
8 - 10	1,83200	0,000001	6,2542	11,00	16,67%	-	0,000%	5,97	-
10 - 12	1,83200	0,000001	6,2542	13,20	16,67%	-	0,000%	18,67	-

100,00%

EIXO TANDEM TRIPLO (ETT)									
Peso (ton)	DADOS PARA CÁLCULO DO FC				QTD. CONS. (%)	TOTAL	% i	FE.Ci	% i.FE.Ci
0 - 2	8,03590	0,0000100	3,3549	2,20	7,69%	21,38	0,843%	0,00113	0,00001
2 - 4	8,03590	0,0000100	3,3549	4,40	7,69%	21,38	0,843%	0,01158	0,00010
4 - 6	8,03590	0,0000100	3,3549	6,60	7,69%	21,38	0,843%	0,04514	0,00038
6 - 8	8,03590	0,0000100	3,3549	8,80	7,69%	21,38	0,843%	0,11849	0,00100
8 - 10	8,03590	0,0000100	3,3549	11,00	7,69%	21,38	0,843%	0,25050	0,00211
10 - 12	8,03590	0,0000100	3,3549	13,20	7,69%	21,38	0,843%	0,46179	0,00389
12 - 14	8,03590	0,0000100	3,3549	15,40	7,69%	21,38	0,843%	0,77455	0,00653
14 - 16	8,03590	0,0000100	3,3549	17,60	7,69%	21,38	0,843%	1,21229	0,01021
16 - 18	8,03590	0,0000100	3,3549	19,80	7,69%	21,38	0,843%	1,79977	0,01516
18 - 20	1,32290	0,0000001	5,5789	22,00	7,69%	21,38	0,843%	4,08102	0,03439
20 - 22	1,32290	0,0000001	5,5789	24,20	7,69%	21,38	0,843%	6,94536	0,05852
22 - 24	1,32290	0,0000001	5,5789	26,40	7,69%	21,38	0,843%	11,28530	0,09509
24 - 26	1,32290	0,0000001	5,5789	28,60	7,69%	21,38	0,843%	17,63792	0,14861

100%

TOTAL: 1,74277

$$FC = \sum \frac{\%i.FE.Ci}{100} FC = 1,74277$$

Fonte: Autor (2015).

Tabela 7 - Cálculo do Número "N"

$$N = Vt \cdot FE \cdot FC \cdot FR$$

Descrição	Antes da Lei	Depois da Lei
<b>Vt adotado:</b>	<b>Geométrico</b>	<b>Geométrico</b>
<b>Vt =</b>	<b>3.982.042,421</b>	<b>3.982.042,421</b>
<b>FE =</b>	<b>2,32417582</b>	<b>2,32417582</b>
<b>FC =</b>	<b>1,03800279</b>	<b>1,74277093</b>
<b>FR =</b>	<b>1,00000000</b>	<b>1,00000000</b>
<b>NÚMERO N =</b>	<b>9.606.681,31</b>	<b>16.129.287,01</b>

\*Para o Brasil adota-se Fator Climático FR = 1 (Sempre)

Fonte: Autor (2015).

Tabela 04 – Comparativo entre os resultados do dimensionamento dos pavimentos antes e depois da aprovação da Lei.

<b>ESTRUTURA DO PAVIMENTO</b>					
Camada	Espessuras das camadas (cm)			Variação	Variação (%)
	Antes da lei	Depois da lei	Variação		
CBUQ	7,5	10	2,50	33,33%	
Base Brita Graduada	30	26	4,00	-13,33%	
Brita Anti-Extrusiva	3	3	-	0,00%	

Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

## 5 CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos pode-se observar que o aumento na tolerância das cargas de tráfego estipuladas pela Lei 13.103/15, que é de 10% sobre o peso bruto para cada eixo reflete diretamente no dimensionamento do pavimento. Isto indica que a medida estipulada pela lei, trará danos às rodovias do país, uma vez que as rodovias já implantadas e em funcionamento não receberão este acréscimo em suas estruturas de pavimento para suportarem as novas solicitações de tráfego, considerando que o acréscimo em espessura de mistura asfáltica seria na faixa de 30%.

O presente estudo demonstrou o impacto gerado pelo aumento da tolerância das cargas de tráfego nas rodovias brasileiras, evidenciando que decisões deste tipo podem causar grandes impactos econômicos, afetando a qualidade da malha rodoviária brasileira, lembrando que a maioria das vias

possuem drenagens subterrâneas que podem vir a romper, isto gerará elevados custos de manutenção, e certamente, este custo será pago por nós cidadãos com o aumento de impostos.

O prazo de validade de uma rodovia depende do seu projeto, e como evidenciamos neste estudo, os projetos hoje estão defasados, pavimentos que antes poderiam durar de 8 a 10 anos, agora terão sua vida útil reduzida até pela metade.

Importante salientar a questão da segurança, pois com mais carga as manobras ficam mais difíceis, afeta também a frenagem, colocando em risco não só o motorista, mas os demais veículos que circulam na via. Como afirmam as pesquisas da CNT, tudo indica, que a situação das rodovias brasileiras tende a piorar, e muito, nos próximos anos.

## ASSESSMENT OF IMPACTS CAUSED BY LAW OF TRUCK IN DIMENSIONAMENTO AND LIFE OF FLEXIBLE FLOORS

**Abstract:** This paper aims to develop an assessment of the impact generated on highways from the changes stipulated by Law 13,10 /15 , approved in 2015 which measures the increase in the limit of traffic loads to trucks. This is why we developed a traffic study in BR 386, the stretch between Carazinho and Porto Alegre, and sizing up the pavement considering both situations, before and after the approval of the Law, demonstrating the impact that this measure could have on the Brazilian highways and roads.

**Keywords:** Overloading. Floor. Law 13.103/15.

### REFERÊNCIAS

AASHTO (1997). T-19 ± Unit Weight and Voids in Aggregate. American Association of State Highways Transportation Officials.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAYS TRANSPORTATION OFFICIALS. AASHTO T-19/T 19M-93, Unit Weight and Voids in Aggregate. Washington: AASHTO, 1997.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/index.aspx>>. Acesso em: 30 maio. 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de pavimentação. 3ª ed. IPR. Rio de Janeiro: DNIT, 2006a.



# AVALIAÇÃO DO ENVELHECIMENTO ACELERADO AO UV EM REVESTIMENTOS POLIMÉRICOS NANOESTRUTURADOS

Oscar de A. Neuwald<sup>1</sup>, Cleide Borsoi<sup>2</sup>, Lisete C. Scienza<sup>3</sup>, Ademir J. Zattera<sup>1</sup>, Carlos A. Ferreira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias (PGEPROTEC), Universidade de Caxias do Sul, RS, Brasil - (oaneuwald@ucs.br; ajzatter@ucs.br)

<sup>2</sup> Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, 95900-000, Lajeado, RS, Brasil - (cleide.borsoi@univates.br)

<sup>3</sup> Departamento de Materiais, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, BP 15010, 91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil - (lisete.scienza@ufrgs.br)

<sup>4</sup> LAPOL/PPGEM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, BP 15010, 91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil - (ferreira.carlos@ufrgs.br)

**Resumo:** Os revestimentos poliméricos têm como uma de suas principais funções a proteção contra corrosão, as quais podem ser melhoradas com a utilização de polímeros condutores, pré-tratamentos ao substrato metálico e a incorporação de silanos na resina epóxi, melhorando principalmente a aderência dos revestimentos poliméricos. Nanowhiskers de celulose (CNW) provenientes das fibras de celulose podem ser obtidos através de processos químicos ou mecânicos apresentando inúmeras aplicações. Com isso, o presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito do envelhecimento acelerado em câmara de UV de revestimentos poliméricos, modificado com APS, aplicados em aço carbono com pré-tratamento de zircônia e com incorporação da carga CNW funcionalizada ou não com polianilina (PAni SE). As amostras foram expostas durante 500 horas à radiação ultravioleta, após avaliados a resistência ao impacto, aderência, alterações de brilho e cor.

**Abstract:** Polymeric coatings have as one of their main functions to protect against corrosion, which can be improved with the use of conductive polymers, pre-treatment the metal substrate and incorporation of silanes in the epoxy resin mainly improving adherence of the polymeric coatings. Cellulose Nanowhiskers (CNW) from the cellulose fibers can be obtained by chemical or mechanical processes featuring numerous applications. Thus, the present study aims to evaluate the effect of accelerated aging in UV chamber polymeric coatings, modified with APS applied in carbon steel with pretreatment of zirconia and incorporation of CNW load functionalized or not with polyaniline (PAni SE). The samples were exposed for 500h to ultraviolet radiation, assessed after impact resistance, adhesion, brightness and color change.

## 1. Introdução

Os revestimentos poliméricos possuem grande utilização industrial tendo uma de suas principais funções a proteção contra corrosão. A corrosão é um problema que gera um desgaste progressivo nos substratos metálicos devido à degradação ao ambiente. A melhor forma de se proteger os materiais dos problemas corrosivos é aplicando um revestimento polimérico sobre o material. A resina epóxi apresenta diversas propriedades como aderência, resistência mecânica e a corrosão, porém apresenta baixa resistência às intempéries do meio ambiente. A fraca resistência à ação dos raios solares ocorre devido à estrutura química da resina epóxi gerando um amarelecimento no revestimento [Fazenda 2009; Fragata et al. 2010].

Pré-tratamentos com materiais nanocerâmicos podem melhorar a adesão dos revestimentos poliméricos com o substrato metálico, além de uma melhora na proteção à corrosão. Nanocerâmicos

à base de zircônia (Zr) possuem resistência mecânica, à temperatura e uma boa estabilidade química, sendo muito utilizados como barreira contra a corrosão. O uso da camada de conversão de Zr modifica a morfologia do substrato metálico proporcionando melhoras na aderência do revestimento polimérico e atuando como uma barreira ao ataque dos íons agressivos ao substrato metálico [Pareja et al. 2006; Saji and Thomas 2007; Golru et al. 2015].

Os silanos são compostos químicos que possuem reatividade orgânica e inorgânica na molécula com base em silício, servindo de agente de acoplamento para os revestimentos, estabelecendo uma interação entre o substrato metálico e o revestimento polimérico. Devido à propriedade de barreira, os silanos geram uma maior proteção do substrato metálico à corrosão, além de melhorar a resistência térmica. O 3-aminopropitrietoxisilano (APS) apresenta um grupo amina em sua estrutura, melhorando a interação deste silano com o revestimento polimérico a base de epóxi [Xie et al. 2010; Doidjoa et al. 2013; Ghosha et al. 2015].

Com a incorporação de micro ou nanopartículas à resina epóxi, pode-se obter um material com elevada rigidez e resistência à fadiga, o que pode ser desejável para diversas aplicações [Tang and Weder 2010]. As fibras de celulose podem ser obtidas de diferentes fontes vegetais renováveis como madeira, folhas de curauá, algodão, sisal e de diversos subprodutos da agricultura como bagaço de cana-de-açúcar, palha de milho, resíduo da indústria do fumo e da indústria moveleira, entre outras fontes [Mo et al. 2009]. Para se produzir nanofibras de celulose com processo comercialmente competitivo é necessário obter matérias-primas de baixo custo e um processo de obtenção eficiente. Em estudo realizado por Jonoobi et al. (2012) nanofibras de celulose foram obtidas a partir do processamento mecânico, sendo considerado um processo econômico, eficiente e viável, capaz de agregar valor para resíduos de celulose, minimizando o impacto ocasionado pela sua disposição final. As nano/microfibras de celulose apresentam um grande potencial de aplicações pois apresentam uma razão de aspecto alta, elevada cristalinidade e boas propriedades mecânicas [Jonoobi et al. 2012; Casado et al. 2014].

A polianilina (PAni) pura apresenta pobres propriedades mecânicas, mas com a incorporação de micro ou nanopartículas, é possível melhorar tais propriedades, tornando-se uma alternativa na obtenção de partículas condutoras com propriedades mecânicas superiores [Casado et al. 2014]. Diversos estudos estão sendo realizados na obtenção de compósitos celulose/PAni, nos quais materiais à base de celulose (derivados de diversas fontes) são incorporados à PAni [Zheng et al. 2012; Luong et al. 2013]. Os compósitos celulose/PAni combinam as propriedades mecânicas satisfatórias da celulose (na forma de micro ou nanopartículas) e a condutividade da PAni, tendo aplicação em revestimentos anticorrosivos, adesivos condutores, materiais de blindagem anti-estáticas e eletromagnéticas e sensores biodegradáveis inteligentes [Liu et al. 2014]. Loung e colaboradores (2013) obtiveram compósitos de nanofibras de celulose modificadas com 5 a 80% de PAni para obtenção de papel condutor com elevada condutividade elétrica e propriedades mecânicas, podendo ser aplicados em eletrodos flexíveis, sensores e em outros dispositivos.

Os raios solares possuem uma ampla faixa de ondas, onde existem outras radiações além da ultravioleta, porém a radiação ultravioleta é a que mais interfere na degradação dos revestimentos poliméricos. Um dos fatores que podem ser observados é a mudança da cor do revestimento polimérico pela exposição solar, podendo ser analisada pelo sistema internacional CIELAB composto de três coordenadas ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ). A coordenada  $L^*$  varia de 0 até 100 unidades sendo o valor máximo representando a cor branca e o mínimo a cor preta. A coordenada  $a^*$  indica no positivo a coloração



vermelha e os valores negativos a coloração verde, já o indicador  $b^*$  mostra se positivo a cor amarela e quando for negativo a cor azul. Através desses indicadores de cor pode se obter a variação de cor do revestimento polimérico, valores acima de 0,3 na variação de cor já podem ser observados pelo olho humano [Nassau 2001; Fazenda 2009; Fragata et al. 2010].

Assim, o objetivo do presente estudo consistiu em modificar uma resina epóxi com APS e avaliar a incorporação de CNW, funcionalizada ou não com PANi SE. Os revestimentos obtidos foram aplicados sobre uma camada de conversão de Zr no aço carbono e avaliados as propriedades de impacto, aderência, análise de brilho e cor após a exposição a degradação acelerada em câmara de UV.

## 2. Experimental

### 2.1 Materiais

A MCC foi fornecida pela Sigma-Aldrich e a CNW foi obtida a partir da MCC através de um processo mecânico de moagem de alta fricção. A resina epóxi monocomponente foi fornecida pela Huntsman (Araldite GZ 488N40-1). Para modificação da CNW com polianilina foi utilizada anilina (Sigma-Aldrich) com pureza de 99%, persulfato de amônio (AP) (Vetec) com pureza de 98% e ácido clorídrico (F. Maia Indústria e Comércio Ltda) (36,5%). Os revestimentos foram aplicados em chapas de aço carbono com a seguinte composição: C = 0,062%; Si = <0,0100%; Mn = 0,333%; P = 0,002%; e S = 0,006% e Fe 99,587%. A camada de conversão de nanocerâmica foi obtida utilizando hexafluorzircônia (Nanotex ZR 16) fornecido pela empresa Klintex Insumos Industriais Ltda. O silano utilizado foi o aminopropiltrióxido (APS) (Sigma-Aldrich).

### 2.2 Métodos

#### 2.2.1 Obtenção da CNW

O mecanismo de moagem em moedor ultrafino consiste em quebrar as ligações de hidrogênio e a estrutura da parede celular por meio de forças de cisalhamento. Uma suspensão contendo 4,5 % MCC em água destilada foi moída em um moedor ultrafino, também chamado de *supermasscolloider* (MKCA6-2, Masuko Sanguo, Japão), sendo realizados 150 passes com uma rotação de 2500 rpm e distância entre os discos ajustada para zero. Em seguida a água foi removida por meio da liofilização (marca Liotop, modelo L101) no qual a solução foi congelada a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  e liofilizada a temperatura de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 5 dias com pressão inicial de 500  $\mu\text{Hg}$  e pressão final entre 100 e 50  $\mu\text{Hg}$ . Os CNW secos foram moídos em moedor de bancada (Cadence, MDR301) e classificados em peneira de 400 mesh para remoção de possíveis aglomerados.

#### 2.2.2 Funcionalização da CNW com PANi SE

A funcionalização da CNW com PANi SE (sal de esmeraldina - PANi na forma condutora) foi obtida utilizando 3 g de anilina misturada em 100 mL da solução de 1 mol/L de HCl. Nesta solução foi adicionada 3 g de CNW sob agitação magnética em temperatura de  $5 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 30 min. A polimerização foi iniciada com a adição de uma solução de persulfato de amônio pré-resfriada (4,5 g de persulfato de amônio dissolvidos em 45 mL da solução de 1 mol/L HCl) a qual permaneceu em banho de gelo e sob agitação por mais 1 h e sob agitação a temperatura ambiente por 18 h. Foi obtido um precipitado verde escuro, filtrado e lavado com álcool e água destilada até o líquido de lavagem ficar transparente.

A amostra foi seca em estufa por 24 h a 70 °C, moída em moedor de bancada (Cadence, MDR301) e armazenada em dessecador até a utilização.

### 2.2.3 Pré-tratamento do substrato e aplicação do revestimento

A amostras CNW ou CNW PANi SE foram previamente secas a 80 °C por 12 h, foram adicionadas à resina epóxi com APS em agitador mecânico com velocidade de 2500 rpm por 10 min. Painéis de aço carbono, previamente limpos com solvente orgânico, foram lixados com lixas de diferentes granulometrias e submetidas ao desengraxe alcalino. A camada de conversão foi obtida no substrato metálico com a imersão em uma solução de 2,7% de ácido hexafluorozircônio por 40 s a 25± 5 °C e secos em estufa por 10 min a 110 °C.

Os revestimentos poliméricos foram aplicados por arraste e foram secos em estufa por 2 h a 140 °C. A espessura média final dos revestimentos foi de 95,8 ± 7,2 µm. A nomenclatura dos revestimentos poliméricos obtidos está descrita na Tabela 1.

Tabela 1: Identificação dos Revestimentos poliméricos utilizados

Identificação	Amostra
RE-Zr/APS	Resina Epóxi +3% APS
RE-Zr/APS/CNW	Resina Epóxi +3% APS +3% CNW
RE-Zr/APS/CNW PANi SE	Resina Epóxi +3% APS +3% CNW funcionalizada com PANi SE

Fonte: Dos autores

### 2.2.4 Envelhecimento acelerado por Ultravioleta

Os revestimentos poliméricos foram avaliados ao envelhecimento acelerado em câmara de UV do fabricante ComExim Matérias Primas Indústria e Comércio Ltda, modelo UV COM - 1999. O envelhecimento acelerado por UV foi realizado conforme a norma ASTM G154-03 (2003), utilizando radiação UVB-313 com ciclos de exposição de 4 h ao UV a 60 °C ± 3 °C e 4 h de condensação a 50 °C ± 3 °C, com tempo máximo de exposição de 500h. A utilização das lâmpadas de UVB 313 inclui uma região de 280 a 315 nm sendo responsável por causar danos consideráveis aos polímeros.

### 2.2.5 Caracterização

#### 2.2.5.1 Teste de Aderência

O ensaio de aderência foi realizado conforme a norma ASTM D3359:09 utilizando o método B, o qual consiste em realizar 6 cortes horizontais e 6 cortes verticais no revestimento, formando ângulo de 90º entre eles, com comprimento de 20 mm e espaçamento de 2 mm. Após traçados os cortes uma fita filamentosa foi firmemente aplicada sobre a referida área é deixada em repouso por aproximadamente 90 segundos, sendo removida em um único movimento a um ângulo de 180º. Depois de removida a fita, comparou-se a área removida com os padrões da norma.

### 2.2.5.2 Resistência ao Impacto

O ensaio de resistência ao impacto dos revestimentos foi realizado conforme a norma ASTM D2794:10 utilizando o equipamento Impact Tester da BYK Gardner, com uma força de impacto 1 kg.50 cm.

### 2.2.5.3 Análise de Brilho

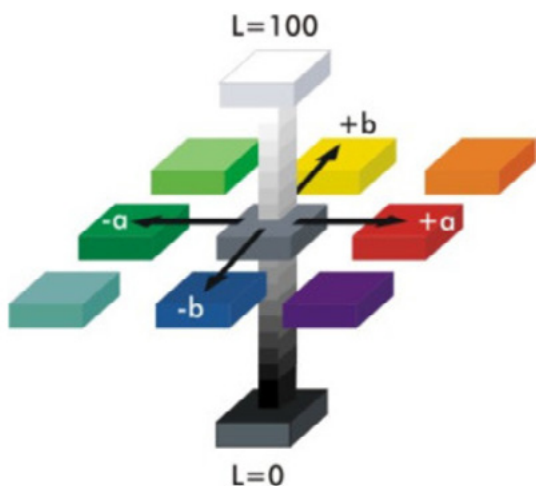
A análise de brilho foi realizada de acordo com a norma ASTM D 523, utilizando um medidor de brilho MultiGloss 268 Plus da marca Konica Minolta com um refletor de ângulo 60° realizou-se a avaliação aos revestimentos afim de identificar se ocorre alguma variação no brilho após o envelhecimento acelerado.

### 2.2.5.4 Análise de Cor

A análise da cor foi realizada a partir do sistema internacional CIELAB, apresentado na figura 1, onde a cor pode ser descrita através de coordenadas. Utilizando o equipamento OnColor da marca Konica Minolta, pode se verificar a cor do revestimento e após a exposição ao envelhecimento acelerado se ocorreu alguma alteração. A estabilidade da cor após o ensaio de envelhecimento acelerado pode ser calculada utilizando a seguinte equação:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L * 2 + \Delta a * 2 + \Delta b * 2)} \quad \text{Eq. (1)}$$

Figura 1: Sistema CIELAB



## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Teste de Aderência

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos pelo ensaio de aderência dos revestimentos poliméricos após 0, 250 e 500 h de exposição ao UV de acordo com a classificação descrita na norma ASTM D3359:09. Não foram observadas alterações nos revestimentos poliméricos após a exposição a degradação acelerada em câmara de UV. A incorporação das cargas CNW e CNW/PAni SE não apresentaram influência na aderência dos revestimentos poliméricos, antes e após exposição de 500h ao envelhecimento acelerado. Uma das principais funções de um revestimento polimérico é atuar

como barreira e evitar a propagação da corrosão quando iniciada de forma isolada com a penetração do agente agressivo [Pour-Ali et al. 2014]. A melhora da proteção à corrosão leva em consideração as propriedades de adesão do revestimento polimérico com o substrato metálico, sendo que as ligações entre o oxigênio do  $ZrO_2$  (camada de conversão), presente no substrato metálico e o grupo alcóxi do silano utilizado como modificador de epóxi, melhoram as propriedades de aderência dos revestimentos poliméricos.

Tabela 2: Resultados do teste de aderência para os revestimentos poliméricos

Amostra	0h	250h	500h
RE-Zr/APS	5B	5B	5B
RE-Zr/APS/CNW	5B	5B	5B
RE-Zr/APS/CNW PAni SE	5B	5B	5B

Onde: 5B, 0% da área removida e 0B, mais de 65% da área removida.

Fonte: Dos autores.

### 3.2 Resistência ao Impacto

A Figura 2 apresenta os resultados obtidos pelo ensaio de resistência ao impacto dos revestimentos poliméricos em antes e após 500 h de exposição ao UV. Constatou-se que a exposição ao envelhecimento acelerado não provoca perdas com relação as propriedades mecânicas de impacto pois, não foram observados descolamento dos revestimentos apenas formação de pequenas fissuras. Ji e colaboradores (2007) observaram que a modificação química da resina epóxi com silanos melhoram a resistência contra a penetração da água devido a melhora na aderência do revestimento polimérico ao substrato metálico. Assim, podemos observar que a melhora na aderência diminui a formação de fissuras e descolamentos no revestimento polimérico e como consequência a proteção a corrosão.

Figura 2 - Análise visual dos revestimentos submetidas ao ensaio de resistência ao impacto ante e após 500 h de exposição em câmara de UV



Fonte: Dos autores.

### 3.3 Análise de Brilho

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos pela análise de brilho dos revestimentos poliméricos em 0, 250 e 500 h de exposição ao UV. Observou-se que os revestimentos poliméricos com CNW ou CNW/PAni SE apresentaram valores de brilho inferiores ao revestimento RE-Zr/APS pois, a incorporação de uma carga altera a rugosidade superficial dos revestimentos ocasionando diminuição do brilho.



Após a exposição de 500 h o revestimento RE-Zr/APS apresentou diminuição do brilho em 21,5%. Os revestimentos RE-Zr/APS/CNW e RE-Zr/APS/CNW PANi SE apresentaram diminuição de 13,5% e 10% no brilho após 500 h de exposição, respectivamente. Com isso, observa-se que o processo de degradação dos grupos de epóxi é mais intenso no revestimento sem cargas, estando mais expostos a degradação ao UV.

Tabela 3 - Resultados das medidas de brilho dos revestimentos poliméricos.

Tempo de exposição	0h	250h	500h
RE-Zr/APS	111,44	92,14	87,74
RE-Zr/APS/CNW	47,35	41,38	40,94
RE-Zr/APS/CNW PANi SE	51,59	49,30	46,50

Fonte: Dos autores.

### 3.4 Análise de Cor

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos pela análise de cor dos revestimentos poliméricos em 0 e 500 h de exposição ao UV. Com relação a coordenada L\* podemos observar que os revestimentos com PANi apresentaram tonalidades mais escuras e de acordo com a coordenada a\*, a presença da coloração verde antes e após a exposição ao UV para todos os revestimentos. A coordenada b\* para os revestimentos RE-Zr/APS e RE-Zr/APS/CNW apresentou a presença da tonalidade amarela na formação da cor, já o RE-Zr/APS/CNW PANi SE apresentou coloração azul devido a presença da PANi na forma de base esmeraldina. A PANi apresenta quatro estados de oxidação: leucoesmeraldina (amarela), sal de esmeraldina (verde), base esmeraldina (azul) e pernigranilina (púrpura), sendo estas transições evidenciadas pela mudança de cor. A polianilina na forma de sal de esmeraldina (PANi ES) reage com o íon OH<sup>-</sup> passando para a forma base de esmeraldina (PANi EB) limitando o aumento do pH da interface polímero/metal estabilizando as reações de descolamento catódico e diminuindo a propagação da corrosão comparada com os revestimentos poliméricos convencionais [Spinks et al. 2002].

Após 500h de exposição a radiação ultra violeta pode ser observado a alteração dos indicadores de cor para cada um dos revestimentos poliméricos, utilizando-se a Eq. 1 pode se ver através do  $\Delta E$  uma maior variação na tonalidade da cor dos revestimento RE-Zr/APS e do RE-Zr/APS/CNW em relação ao revestimento RE-Zr/APS/CNW PANi SE. Fragata e colaboradores (2010) e Ghasemi-Kahrizsangi e colaboradores (2015) observaram que revestimentos a base de epóxi apresentam alterações na cor quando submetidos ao envelhecimento acelerado, corroborando com os resultados analisados para os revestimentos apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultado da análise de cor dos revestimentos poliméricos

Amostra	L*		a*		b*		$\Delta E$
	0h	500h	0h	500h	0h	500h	
RE-Zr/APS	56,64	54,58	-1,3	0,11	16,69	23,87	7,6
RE-Zr/APS/CNW	57,86	54,48	-0,85	0,99	17,98	25,77	8,68
RE-Zr/APS/CNW PANi SE	29,05	26,51	-0,39	-0,36	-0,43	1,31	3,46

Fonte: Dos autores.

#### 4. Conclusões

Não foram constatadas perdas na aderência e descolamentos após a exposição dos revestimentos à degradação acelerada ao UV. A exposição de 500 h ao envelhecimento acelerado em câmara de UV não provoca perdas na propriedade de impacto. O efeito do envelhecimento acelerado no revestimento de base epóxi apresentou baixa resistência a intempéries desta resina que reduziu o brilho da amostra, ocorrendo também uma variação na cor, sendo que todos os revestimentos apresentaram alterações de brilho e cor. Uma avaliação mais severa poderia ser realizada com tempos de exposição maiores, porém, 500 h é um período considerado com um bom indicativo para avaliação de revestimentos poliméricos.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e a FAPERGS pelo apoio financeiro.

#### Referências

- Casado, U.M., Aranguren, M.I., Marcovich, N.E. (2014) "Preparation and characterization of conductive nanostructured particles based on polyaniline and cellulose nanofibers." *Ultrasonics Sonochemistry*, 21, 1641–1648.
- Doidjoa, M.R.T., Belec, L., Aragona, E., Joliff, Y., Lanarde, L., Meyer, M., Bonnaudet, M., Perrina, F.X. (2013) "Influence of silane-based treatment on adherence and wet durability of fusion bonded epoxy/steel joints." *Progress in Organic Coatings* 76, 1765–1772.
- Fazenda, J.M.R., *Tintas: ciência e tecnologia*. Blucher, 2009.
- Fragata, F., Amorim, C.C., Ordine, A. P. (2010) "Desempenho de tintas de acabamento frente às radiações ultravioleta, UVA e UVB, e condensação de umidade." *Corrosão e Proteção de Materiais*. 29, 91-98.
- Ghasemi-Kahrizsangi, A., Neshati, J., Shariatpanahi, H., Akbarinezha, E. (2015) "Improving the UV degradation resistance of epoxy coatings using modified carbon black nanoparticles." *Progress in Organic Coatings*, 85, 199–207.
- Ghosh, A K., Bertels, E., Goderis, B., Smet, M., Van Hemelrijck, D., Van Melea, B. (2015) "Optimisation of wet chemical silane deposition to improve the interfacial strength of stainless steel/epoxy." *Applied Surface Science*, 324, 134–142.
- Golru, S. S., Attar, M.M., Ramezanzadeh, B. (2015) "Morphological analysis and corrosion performance of zirconium based conversion coating on the aluminum alloy 1050." *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 24, 233–244.
- Ji, W-G., Hu, J-M., Liu, L., Zhang, J-Q., Cao, C-N. (2007) "Improving the corrosion performance of epoxy coatings by chemical modification with silane monomers." *Surface & Coatings Technology*, 201, 4789–4795.
- Jonoobi, M., Mathew, A.P., Oksman, K. (2012) "Producing low-cost cellulose nanofiber from sludge as new source of raw materials." *Industrial Crops and Products*, 40, 232– 238.
- Liu, D.Y., Sui, G.X., Bhattacharyya, D. (2014) "Synthesis and characterisation of nanocellulose-based polyaniline conducting films." *Composites Science and Technology*, 99, 31–36.
- Luong, N.D., Korhonen, J.T., Soininen, A.J., Ruokolainen, J., Johansson, L.-S., Seppälä, J. (2013) "Processable polyaniline suspensions through in situ polymerization onto nanocellulose." *European Polymer Journal*, 49, 335–344.

Mo, Z.-L., Zhao, Z.-L., Chen, H., Niu, G.-P., Shi, H.-F. (2009) "Heterogeneous preparation of cellulose-polyaniline conductive composites with cellulose activated by acids and its electrical properties." *Carbohydrate Polymers*, 75, 660–664.

Nassau, K. *The physics and chemistry of color: the fifteen causes of color*. US: Wiley-Interscience, 2001.

Pareja, R.R, Ibáñez, R.L., Martín, F, Ramos-Barrado, J.R., Leinen, D. (2006) "Corrosion behaviour of zirconia barrier coatings on galvanized steel. *Surface & Coatings Technology*, 200, 6606–6610.

Pour-Ali, S., Dehghanian, C., Kosari, A. (2014) "In situ synthesis of polyaniline–camphorsulfonate particles in an epoxy matrix for corrosion protection of mild steel in NaCl solution." *Corrosion Science*, 85, 204–214.

Saji, V.S., Thomas, J. (2007) "Nanomaterials for corrosion control". *Corrosion Science.*, 92, 51-55.

Spinks, G.M., Dominis, A.J., Wallace, G.G., Tallman, D.E. (2002) "Electroactive conducting polymers for corrosion control. Part 2: ferrus metals." *Journal of Solid State Electrochemistry*, 6, 85-100.

Tang, L., Weder, C. (2010) "Cellulose Whisker/Epoxy Resin Nanocomposites." *ACS Applied Materials and Interfaces*, 2, 1073-1080.

Xie, Y., Hill, C.A.S., Xiao, Z., Militz, H., Mai, C. (2010) "Silane coupling agents used for natural fiber/polymer composites: A review." *Composites: Part A*, 41, 806-819.

Zheng, Y., Wang, W., Huang, D., Wang, A. (2012) "Kapok fiber oriented-polyaniline nanofibers for efficient Cr (VI) removal." *Chemical Engineering Journal*, 191, 154– 161.

# ELABORAÇÃO DE RAPADURA COM ADIÇÃO DE SORO DE QUEIJO EM PÓ

Adriano Gennari<sup>1</sup>, Adriano Cenci<sup>1</sup>, Rafael Magri Conti<sup>1</sup>, Claucia Fernanda Volken de Souza<sup>1</sup>

1Centro Universitário UNIVATES - Rua Avelino Tallini, 171 - CEP: 95900-000 – Bairro Universitário - Lajeado - RS - Brasil

{adriano.gennari, mano.cenci, dola\_via}@hotmail.com, claucia@univates.br

**Abstract:** The cheese whey has great importance in the food industry, given its nutritional composition and the volume produced. The brown sugar is a food easy storage and transport and rich in carbohydrates, minerals, proteins and vitamins. The objective of this study was to develop and evaluate the physicochemical and sensory characteristics of different formulations of brown sugar added cheese whey. Formulations were prepared with cheese whey concentrations at 0, 10, 20 and 30% (m/m). The results indicated that the brown sugar formulation with 10% (m/m) of cheese whey showed better acceptance in sensory evaluation compared to the others.

**Resumo:** O soro de queijo possui grande importância na indústria alimentícia, tendo em vista sua composição nutricional e o volume produzido. A rapadura é um alimento de fácil armazenamento e transporte e rico em carboidratos, sais minerais, proteínas e vitaminas. O objetivo deste trabalho foi elaborar e avaliar as características físico-químicas e sensoriais de diferentes formulações de rapadura com adição de soro de queijo. As formulações foram elaboradas com concentrações de 0, 10, 20 e 30% (m/m) de soro. Os resultados obtidos indicaram que a formulação de rapadura com 10% (m/m) de soro de queijo apresentou melhor aceitação na avaliação sensorial comparada com as demais.

## 1. Introdução

O soro de queijo é um subproduto de grande importância na indústria alimentícia, tendo em vista sua composição nutricional e o volume produzido [Almeida et al. 2001]. O soro de queijo contém mais da metade dos sólidos presentes no leite integral original, incluindo a maioria da lactose, minerais, riboflavina, ácido pantotênico, ácido nicotínico, e 20% das proteínas do leite. Essas proteínas são de qualidade excepcional, pois não são deficientes em nenhum aminoácido, e seu conteúdo de lisina e triptofano converte-as em complemento ideal da dieta de qualquer organismo em crescimento [Ordóñez 2007].

As aplicações do soro são inúmeras: 50% em alimentação animal, 12% em laticínios, 10% em gelados, biscoitos e aditivos para panificação e 8% em margarinas. Mas, ainda assim, em função dos seus elevados teores de sais e lactose, somente cerca de 50% do soro mundialmente produzido é utilizado em outros produtos [Frazão 2001]. O soro concentrado ou seco pode ser usado como aditivo em vários gêneros alimentícios destinados ao consumo humano [Carvalho 2005].

O soro de queijo é considerado um poluente, devido à sua elevada carga orgânica e grande volume gerado, devendo ser tratado de forma adequada, antes do descarte em corpos hídricos. O soro possui uma demanda química de oxigênio (DQO) de 50 a 80 g.L<sup>-1</sup> e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) de 30 a 60 g.L<sup>-1</sup>, sendo a lactose responsável por aproximadamente 90% da carga orgânica do soro [Ghaly e Kamal 2004; Florentino et al. 2004].

A rapadura é um alimento rico em calorias. Também é descrita como um produto boa aceitabilidade, sendo reconhecida como alimento importante ao desenvolvimento humano por conter carboidratos, sais



minerais, proteínas e vitaminas [Centec 2004]. A rapadura é rica em sais minerais como potássio, cálcio, e ferro, além de ter características de um produto natural e orgânico [Chaves 2008]. Os indicadores de qualidade físico-química da rapadura de acordo com a legislação são um mínimo de glicídios totais de 80% (m/m) e um máximo de 6% (m/m) de matéria mineral. As rapaduras são alimentos não perecíveis e de fácil armazenamento a temperatura ambiente, não necessitando de refrigeração. Além disso, possuem um prazo de validade longo, determinado de acordo com a sua fabricação [Lifschitz 1997].

Com base nisto, o objetivo deste trabalho foi elaborar diferentes formulações de rapadura com a adição de soro de queijo visando o reaproveitamento desse subproduto da indústria de laticínios.

## 2. Material e Métodos

Foram elaboradas 4 formulações (A, B, C e D) de rapadura com diferentes concentrações de soro de queijo (Tabela 1).

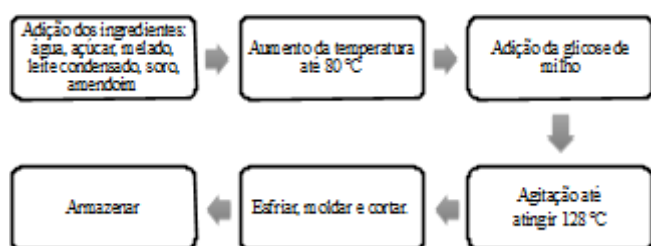
Tabela 1: Formulações elaboradas da rapadura com soro de queijo.

Ingrediente/Formulação	A	B	C	D
Amendoim (%)	43,50	39,15	34,80	30,45
Açúcar (%)	31,00	27,90	24,80	21,70
Melado (%)	9,30	8,37	7,44	6,51
Glicose de milho (%)	7,80	7,02	6,24	5,46
Leite condensado (%)	2,80	2,52	2,24	1,96
Água (%)	5,60	5,04	4,48	3,92
Soro de queijo (%)	0,00	10,00	20,00	30,00

Fonte: Dos autores.

As principais etapas do processo de elaboração das rapaduras estão ilustradas

Figura 1 - Etapas do processo de produção das rapaduras



Fonte: Dos autores.

As determinações dos teores de umidade, resíduo mineral, lipídeos e proteína foram realizadas segundo Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz [Instituto Adolfo Lutz 2008]. O teor de carboidratos totais foi determinado pelo cálculo da diferença de 100 gramas de amostra e a soma total dos valores encontrados de proteínas, lipídios, cinzas e umidade [Cecchi 2003]. A atividade de água foi determinada no equipamento AquaLab Lite, e o valor calórico da amostra foi calculado pela soma do percentual de proteína bruta e carboidrato, multiplicado pelo fator 4 (kcal.g<sup>-1</sup>), somando o teor de lipídios totais, multiplicando pelo fator 9 (kcal.g<sup>-1</sup>) [Maihara et al. 2006]. Todas as análises foram realizadas em duplicata, no 1º e no 30º dia após a elaboração das rapaduras.

Na análise sensorial as amostras foram codificadas com números aleatórios de três dígitos e apresentadas aos provadores de forma aleatorizada. As amostras foram caracterizadas quanto ao seu sabor, odor, textura, impressão global. A análise sensorial foi realizada por 67 provadores não treinados. Os provadores também foram questionados quanto à intenção de compra para cada amostra, variando de 1 “certamente não compraria” a 5 “certamente compraria”. Para determinar o índice de aceitabilidade (IA) das amostras de rapadura foi adotada a expressão  $IA = (Nota\ média \times 100) / \text{Maior}$ , conforme Peuckert et al. (2010).

### 3. Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta os resultados físico-químicos das formulações de rapaduras no 1º e no 30º dia após a produção.

Tabela 2. Resultados físico-químicos das formulações de rapadura.

Análise / Formulação	1º dia				30º dia			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Atividade de Água (Aw)	0,593	0,596	0,545	0,554	0,570	0,576	0,540	0,556
Carboidratos (%)	63,24	64,65	70,59	69,78	66,05	63,54	67,34	68,97
Cinzas (%)	1,17	1,49	2,00	2,43	1,52	1,96	2,71	2,92
Lipídeos (%)	16,08	12,41	7,34	6,10	15,32	15,79	10,17	6,20
Proteína (%)	14,14	14,32	12,99	13,60	13,40	13,97	13,54	14,50
Umidade (%)	5,36	7,13	7,09	8,08	3,71	4,73	6,23	7,40
Valor Calórico (kcal/100 g)	454	428	400	388	456	452	415	390

Fonte: Dos autores.

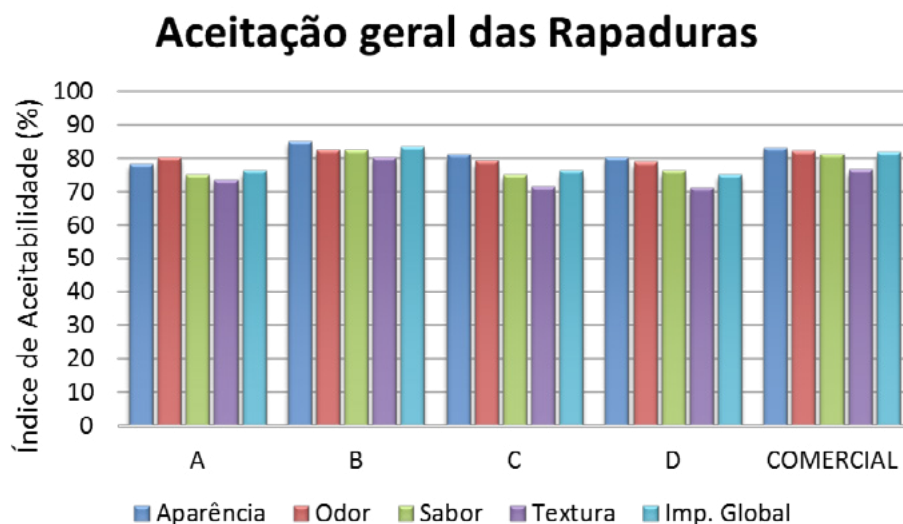
Em relação à atividade de água, as formulações apresentaram valores entre 0,540 a 0,596. A maioria dos microrganismos cresce em meios onde a atividade de água é superior a 0,900 [Neto et al. 2005] contribuindo para a degradação do produto ou mesmo produzindo toxinas prejudiciais à saúde pública. Portanto, as rapaduras desenvolvidas apresentaram baixa perecibilidade.

Almeida et al. (2001) observaram que à medida que aumentou a proporção de soro em relação ao leite na produção de bebida láctea, o teor de gordura diminuiu. Isto pode ser explicado tendo em vista que o teor de gordura do leite foi cinco vezes superior ao teor encontrado no soro (3,00% vs 0,60%). Nas rapaduras produzidas, o mesmo comportamento foi observado, sendo que na formulação sem soro de queijo os teores encontrados de gordura foram de 16,08% enquanto nas formulações com adição de soro de queijo esses teores foram sendo reduzidos à medida que se aumentou a quantidade adicionada. Os teores de proteína não apresentaram grande variação, demonstrando que a adição de soro de queijo possibilita produzir com quantidade de gordura menor, mas mantendo o teor de proteína.

Os teores de cinzas variaram de 1,17 a 2,43%, sendo que o soro de queijo contribuiu para esse aumento. Os teores encontrados ficaram de acordo com a legislação, que estabelece um máximo de 6% de resíduo mineral. Através do valor calórico, verificou-se o elevado potencial energético das rapaduras produzidas, os quais se apresentaram próximos a 400 kcal numa porção de 100 g de produto.

Após armazenamento por 30 dias, verificou-se a redução da umidade em todas as formulações testadas. Os demais teores não apresentaram grande variação após 30 dias de armazenamento.

Figura 2 - Resultados do índice de aceitabilidade das amostras de rapadura



Fonte: Dos autores.

Os resultados do índice de aceitabilidade global das Formulações A, B, C, e D apresentaram valores superiores a 70% (Figura 2), indicando potencial de comercialização. De acordo com Teixeira et al. (1987) para que um produto seja considerado aceito por suas propriedades sensoriais é importante que obtenha um índice de aceitabilidade de no mínimo 70%.

Madrona et al. (2009) verificaram que o soro de queijo *in natura* ou em pó pode ser utilizado no processamento de doce de leite pastoso sem causar alterações na qualidade físico-química e sensorial do produto final. No presente trabalho, verificou-se que a adição do soro de queijo teve maior influência na textura das rapaduras.

Observa-se na Figura 3 que a amostra comercial teve a categoria certamente compraria definida por 41% dos provadores, a maior intenção de compra entre as amostras avaliadas. Verifica-se também que, com exceção da amostra C, para as demais, a soma da categoria certamente compraria e possivelmente compraria somaram mais de 50% dos provadores.

#### 4. Conclusão

A partir dos resultados obtidos nas análises físico-químicas e sensoriais, verifica-se que a formulação de rapadura com 10% de soro de queijo apresentou melhor aceitação sensorial comparada com as demais. É necessário ajustar a formulação das rapaduras de forma a aumentar seus teores de glicídios, tornando-as de acordo com a legislação. O desenvolvimento de uma rapadura com a utilização de soro de queijo permite agregar novas alternativas para a utilização desse subproduto.

#### 5. Referências

Almeida, K.E.; Bonassi, I.A. e Roça, R.O. (2001) Características físicas e químicas de bebidas lácteas fermentadas e preparadas com soro de queijo minas frescal. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.21, p.187-192.

Carvalho, M. P. (2005) Soro de leite uma oportunidade desperdiçada. In: A Cadeia produtiva do leite em 40 capítulos. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite.

Cecchi, H. M. (2003) Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. Editora da UNICAMP: 2ª Ed. rev.- Campinas, SP, editora da UNICAMP, 207p.

Centec. (2004) Instituto Centro De Ensino Tecnológico. Produtor de rapadura. 2. ed. rev. Fortaleza.

Chaves, J. B. P. (2008) Como produzir rapadura, melado e açúcar mascavo. CORPOICA/CIMPA, p. 1-19.

Florentino, E. R.; Macedo, G. R. D.; Santos, E. S. D.; Pereira, F. M. D. S.; Santos, F. D. N., e Silva, S. D. F. (2004) Caracterização do soro de queijo visando processo de aproveitamento. Higiene alimentar, v. 19, n. 130, p. 30-32.

Frazão, N. (2001) Estudo do mercado de soro lácteo em Portugal. Anil.

Ghaly, A.E. e Kamal, M.A. (2004) Submerged yeast fermentation of acid cheese whey for protein production and pollution potential reduction. *Water Res.*, v.38, p.631-644.

Instituto Adolfo Lutz. (2008) Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª edição. 1ª edição digital. São Paulo.

Lifschitz, J. (1997) Alimentação e cultura: em torno ao natural. *Physis*, v. 7, n. 2, p. 69-83.

Madrona, G. S.; Zotarelli, M. F.; Bergamasco, R., e Branco, I. G. (2009). Estudo do efeito da adição de soro de queijo na qualidade sensorial do doce de leite pastoso. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(4), 826-33.

Maihara V.A.; Silva M.G.; Baldini V.L.S.; Miguel A.M.R. e Fávoro D.I.T. (2006) Avaliação nutricional de dietas de trabalhadores em relação a proteínas, lipídeos, carboidratos, fibras alimentares e vitaminas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 26 (3):672-7.

Neto, C. J. F.; Figueiredo, R. M. F. e Queiroz, A. J. M. (2005) Avaliação sensorial e da atividade de água em farinhas de mandioca temperadas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 4, p. 795-802.

Ordóñez, P. J. A. (2007) *Tecnologia de alimentos*. V.2 São Paulo: Artmed.

Peuckert, Y. P.; Viera, V. B.; Hecktheuer, L. H. R.; Marques, C. T. e Rosa, C. S. (2010) Caracterização e aceitabilidade de barras de cereais adicionadas de proteína texturizada de soja e Camu-Camu (*Myrciaria dúlbia*). *Revista Alimentos & Nutrição*, Araraquara, v. 21, n. 1, p. 147-152.

Teixeira, E.; Meinert, E. M. e Barbetta, P. A. (1987) *Análise sensorial de alimentos*. Florianópolis: Editora UFSC, 180 p.



# MINERAÇÃO DE DADOS APLICADA AO RELACIONAMENTO COM CLIENTES EM EMPRESAS DO RAMO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Marcos Eduardo Heinen, Evandro Franzen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – UNIVATES – Lajeado – RS – Brasil*

*marcoseheinen@gmail.com, efranzen@univates.br*

**Abstract:** The volume of data stored by the current management systems has gradually increased. Obtaining information through traditional media does not show a clear new trends or patterns of behavior that consumers are showing. The datamining process appears as an ally to get valuable information in large amounts of data. This paper describes the fundamentals of the process of “knowledge discovery in databases” and the main techniques of datamining. It evaluated the structure of the database a management system of two companies producing building materials and used the WEKA and Microsoft Analsys Services tools for applying algorithms to selected data. It was possible to compare the two tools, identify which company had the highest gain in the process, points that could be improved in the management system and maintenance of the stored data.

**Resumo:** O volume de dados armazenado pelos sistemas de gestão atuais tem aumentado gradativamente. A obtenção de informação por meios tradicionais não mostra de forma clara novas tendências ou padrões de comportamento que os consumidores vêm apresentando. O processo de mineração de dados aparece como aliado para obter informações valiosas em grandes quantidades de dados. Este trabalho descreve os fundamentos do processo de “descoberta de conhecimento em base de dados” e as principais técnicas da mineração de dados. É avaliada a estrutura do banco de dados de um sistema gerencial de duas empresas do ramo de materiais de construção e são utilizadas as ferramentas WEKA e Microsoft Analsys Services para a aplicação de algoritmos nos dados selecionados. Foi possível comparar as duas ferramentas, identificar qual empresa teve maior ganho no processo, pontos que podem ser melhorados no sistema de gestão e na manutenção dos dados armazenados por este.

## 1. Introdução

Atualmente a maioria dos estabelecimentos ou entidades mantém alguma relação com seus clientes, podendo ser em virtude de uma aquisição ou prestação de serviço, onde esta grava algum registro desta interação, seja em um simples caderno, em documentos, planilhas ou sistemas de gestão específicos.

Obter conhecimento sobre clientes, em relação às suas características pode ser importante para que a organização seja capaz de traçar estratégias, desenvolver campanhas ou mesmo aperfeiçoar e adaptar os seus produtos. Considerando esta necessidade, utilizar mineração em dados relacionados à CRM (Costumer Relationship Management), é uma alternativa importante para auxiliar gestores no relacionamento da sua equipe com clientes.

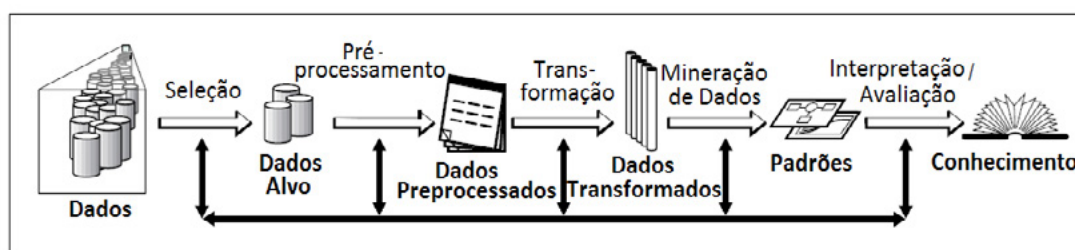
Para melhorar os resultados das estatísticas tradicionais, surge um novo aliado: o processo de “descoberta de conhecimento em base dados”. Este tem como etapa principal a mineração de dados, que faz uso de algoritmos e técnicas para descobrir novos padrões e gerar maior conhecimento útil, sobre os dados armazenados.

## 2. Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados

O processo de “descoberta do conhecimento em base de dados” ou KDD (Knowledge Discovery in Databases), tem como finalidade a descoberta de padrões a partir de um conjunto de dados transformados (COELHO, 2005). Para Carvalho (2001), através do KDD em um estabelecimento, é possível descobrir informações pertinentes de clientes que possuam cadastro como hábitos de consumo e até organização de prateleiras das mercadorias do estabelecimento aumentando a venda de produtos relacionados ou itens em promoção. O KDD “consiste em um processo não trivial de identificação de padrões válidos, novos, potencialmente úteis e compreensíveis, em conjunto de dados” (FAYYAD, 1996).

Segundo Carvalho (2001), o KDD é composto por quatro etapas: pré-processamento (seleção dos dados), transformação (tratamento dos dados), mineração de dados (processamento por algoritmos especialistas), pós-processamento (avaliação dos resultados). Já Magalhães e Spínola (2014) separam o pré-processamento e seleção como tarefas distintas.

Figura 1 As fases do KDD



Fonte: Dos autores.

Conforme Berry (2004) o primeiro passo é identificar o problema de negócio. Os objetivos devem ser bem específicos e não muito amplos para que o processo de mineração tenha sucesso. O segundo, é selecionar os dados, que exige amplo conhecimento sobre sua organização. Após ter as duas etapas iniciais definidas, é possível criar um modelo inicial de mineração. As próximas etapas visam a resolver problemas nos dados como campos incompletos ou nulos, informações não padronizadas. Então o modelo precisa ser redefinido e avaliado. Enfim, os últimos passos são de avaliação do modelo e os resultados que o mesmo gerou. Se não satisfatório, deve-se redefinir o modelo.

### 2.1. Seleção

A etapa de seleção é a análise dos dados, das fontes de informação e qual a relevância destes para a tomada de decisão. A escolha ou geração incorreta prejudica o resultado final (MAGALHAES E SPINOLA, 2014). Cunico (2005) destaca que neste momento é feita a seleção e segmentação dos dados conforme objetivos definidos e de acordo com o resultado esperado.

### 2.2. Pré-processamento e Transformação

Magalhães e Spínola (2014) afirmam o pré-processamento é composto por atividades como tratamento dos dados, verificação semântica, enriquecimento, unificação e discretização. Neste momento que os valores incoerentes ou nulos devem ser tratados e removidos as informações desnecessárias (CUNICO, 2005). Em qualquer volume de dados é comum termos falhas de digitação, registros incompletos ou dados faltantes por naquele momento não ser avaliado. Assim para aplicar o

*datamining* é necessário ter todos os campos preenchidos, não admitindo campos nulos (CARVALHO, 2001).

Para Gonçalves (2014), as ferramentas atuais de mineração de dados utilizam determinados arquivos de entrada, com formatos CSV ou ARFF. A preparação destes arquivos, com relação à organização dos dados, faz parte da fase denominada transformação.

### 2.3. Mineração de Dados

Conforme Magalhães e Spínola (2014), a mineração de dados é o item principal do KDD, é quando são aplicados os algoritmos ou técnicas de mineração. O minerador deve ter conhecimento sobre a lógica do negócio e estrutura do banco de dados do sistema que será selecionado para executar as tarefas, a fim de ter condições para avaliar e descartar resultados inválidos (BERRY 2004).

### 2.4. Pós Processamento

Segundo Cunico (2005), a interpretação e avaliação dos resultados é a última etapa. Caso for identificada alguma divergência, pode se retornar às etapas anteriores para revisar os dados e então, aplicar novamente os processos. As novas relações e descobertas através da análise de dados devem ser trabalhadas para que retornem informação pertinente à empresa e para que possam fazer parte dos demais processos como controle de estoque, propagandas e relacionamento com o cliente (CARVALHO, 2001).

## 3. Técnicas de Mineração de Dados

Magalhães e Spínola (2014) afirmam que as técnicas são relacionadas a cada algoritmo especialista e não existe um método universal a ser seguido. O minerador deve identificar conforme a sua experiência qual o algoritmo a ser utilizado conforme o resultado esperado. Carvalho (2001) indica cinco técnicas que contemplam as demais: afinidade, agrupamento, classificação, estimativa e previsão.

## 4. Algoritmos

O uso de técnicas de mineração é suportado por algoritmos especialistas para realizar cada tarefa (MAGALHÃES e SPÍNOLA, 2014).

### 4.1. Associação

Segundo Gonçalves (2014) as regras de associação são importantes na tomada de decisão nas empresas. Ao reconhecer o padrão de compras dos consumidores, o gerente do estabelecimento pode maximizar as vendas e lucro de determinados produtos, em relação aos seus concorrentes. Para Berry (2014), as regras de associação foram originadas pelos pontos de vendas e identificam os produtos comprados em conjunto. São regras fáceis de entender, porém o resultado precisa bem ser avaliado.

No geral, algoritmos deste tipo enquadram-se num processo chamado de *market basket analysis* (análise de cesta de compras), que tem como objetivo listar combinações de itens que aparecem com frequência acima do padrão, no ponto de vista estatístico (GONÇALVES, 2014).

## 4.2. Classificação

Para Gonçalves (2013) a classificação é uma das tarefas mais úteis no processo de mineração de dados. Com ela é possível, por exemplo, classificar o sexo de uma pessoa de acordo com sua foto, detectar fraudes em transações financeiras, filtrar mensagem de spams, aprovar crédito de um cliente, atribuir de categorias para textos.

## 5. Ferramentas de Mineração de Dados

Segundo Gonçalves (2013), o crescente emprego de mineração de dados motivou o desenvolvimento de diversas ferramentas de mineração de dados, tanto de código livre, assim como comerciais.

### 5.1. Weka

O sistema que ganhou destaque nos últimos anos dentre os demais que surgiram para mineração de dados, se chama WEKA. Caracteriza-se por um software livre de código aberto, desenvolvido em Java pela “The University of Waikato” de Nova Zelândia. É utilizada para fins de pesquisa e didática, tornando-se assim a mais popular no meio acadêmico. O WEKA possui uma interface gráfica, para pequenas bases de dados possibilitando a execução de pré-processamento de dados. Além disto, é disponibilizada uma API com suas classes para que possam ser utilizadas dentro de programas Java, criando possibilidade de resolver problemas práticos (GONÇALVES, 2013).

### 5.2. Microsoft Analysis Services

O Analysis Services é um serviço disponível em determinadas versões do Microsoft SQL Server, e oferece algoritmos para as mais populares técnicas de mineração, e que podem ser personalizados e programáveis conforme API's disponíveis. Dentre os tipos de algoritmos fornecidos pela ferramenta estão os de classificação, associação, regressão, segmentação e análise de sequência (Microsoft, 2015). Para trabalhar os dados em nível de usuário final, existe uma extensão do SQL Server Data Mining para SQL Server 2005, compatível com Excel 2007 e 2010. A tabela 1 faz um comparativo entre as características de cada ferramenta utilizada:

Tabela 1 - Comparação entre as ferramentas

<b>WEKA</b>	<b>Analisy Services</b>
Variedade de algoritmos	Facilidade de uso dos algoritmos
Código aberto e uso em ambiente acadêmico	Serviço disponível a partir da versão Standart
Modelo de arquivos para processamento de dados	Processa dados em planilha Conexão nativa para SQL
Poder de classificação	Resultados gráficos

Fonte: Dos autores.

## 6. Aplicação das técnicas de mineração de dados

Foram selecionados dois estabelecimentos do ramo de materiais de construção, denominados empresa A e B, que utilizam o mesmo sistema ERP, de forma que as análises não tivessem divergência



de informações ou resultados em algoritmos. São apresentadas as três seleções de registros, etapas de enriquecimento e transformação. Os resultados estão organizados por empresa, seguido da execução e resultados de cada algoritmo.

### 6.1. Seleção dos dados

Para a aplicação dos algoritmos de mineração foram criadas três principais consultas utilizando a linguagem de consulta estruturada ou SQL (Structured Query Language), para bancos de dados relacionais, criadas diretamente na ferramenta Microsoft SQL Server Management Studio 2005, detalhadas em seguida:

**Clientes e produtos adquiridos:** esta primeira seleção de conjunto de dados pertinentes à mineração leva em conta o relacionamento entre produtos que o cliente adquire em cada compra. São envolvidas as tabelas de documentos fiscais, itens destas vendas, produtos, grupos de produtos e condições de faturamento.

**Características das Vendas:** visa a conhecer grupos de clientes conforme características de suas compras. São retornados campos: dia da semana, hora, valor gasto, número de pagamentos, prazo para primeira parcela, a compra de um determinado item, descrição da forma de pagamento, estado civil, idade, renda e sexo.

**Avaliação de Clientes:** a tabela de origem base é o cadastro de clientes ativos. Para cada registro de cliente é avaliado o número de compras em um ano, o valor total, o número de títulos pagos com atraso, número de títulos em aberto, somatório do valor em aberto, estado civil, idade, renda e sexo.

Cada uma das consultas precisou passar pelas etapas de enriquecimento, normalização, identificação de discrepâncias e transformação, principalmente para criar o arquivo específico ARFF do WEKA.

### 6.2. Transformação, enriquecimento e discrepâncias

**Transformação:** para os atributos sexo apenas foi utilizada a primeira posição do campo retornado. Por exemplo “M” para masculino e “F” para feminino. O mesmo foi feito para o campo estado civil e número de pagamentos. Este último tem um caso especial tratado pelo ERP: quando o cliente utiliza mais de um meio de pagamento, retornando o termo “Múltiplas formas de pagamento”.

**Enriquecimento:** no caso do atributo sexo, muitos registros estavam em brancos, o que precisou ser tratado, colocando a letra “D” de “desconhecido” no lugar. Estado Civil: como a letra D já estava presente para os divorciados, então foi colocada letra “N” de não informado no lugar dos dados em branco. Foram identificados 42 registros de vendas sem bairro, 21 sem cidades e dois registros sem hora. Todos estes casos tiveram que ter seu conteúdo preenchido manualmente.

**Discrepâncias:** situação identificada foi o número de bairros repetidos na empresa, com erros de digitação. Assim foi necessário ajustar o cadastro manualmente. Do total de 169 bairros os registros com nomes distintos, caíram para 86 válidos.

### 6.3. Mineração dos dados

Após o processo de definição dos dados a serem avaliados e preparação das informações para a mineração propriamente dita, foram aplicados os algoritmos nos arquivos gerados, para cada caso. Todas as técnicas foram executadas tanto no WEKA quanto no SQL Server.

Clientes e produtos adquiridos: serviu como base para a geração dos dados com aplicação de algoritmos de associação. As regras geradas visam a responder o questionamento de qual produto adicional oferecer ao cliente, aumentando assim o valor médio de cada venda. A sugestão também evita o retorno esporádico ao estabelecimento por esquecimento de um item complementar, otimizando até mesmo o setor de entregas.

Características das Vendas: utilizada para identificar grupos de clientes com características em comum, em algoritmos de clusterização. Este conhecimento permite direcionar e qualificar o atendimento ao cliente, além da utilização correta de recursos, como o número de vendedores ou caixas em um determinado horário.

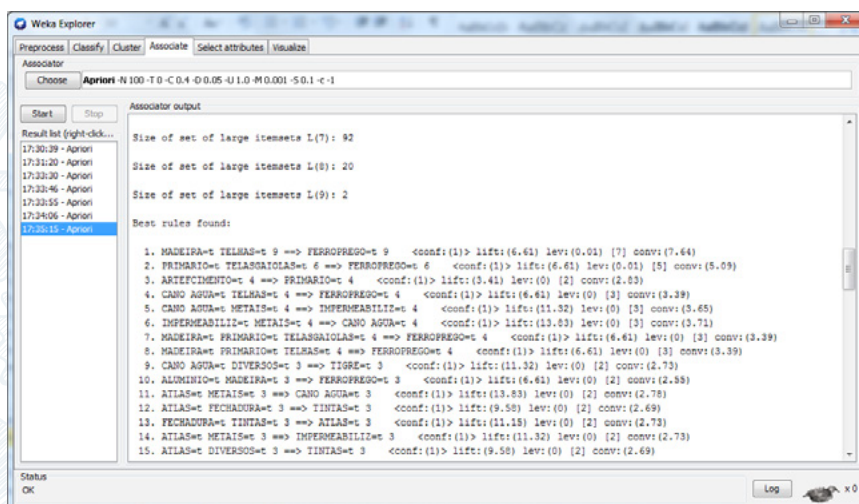
Avaliação de Clientes: base de dados para criar uma classificação de clientes utilizando aprendizagem supervisionada. Ou seja, foi criado um modelo para treinar o algoritmo. O objetivo é classificar cada cadastro em ouro, prata, bronze e chumbo, na ordem de maior para menor valor agregado.

#### 6.3.1. Associação Empresa A

Para utilizar a ferramenta WEKA foi necessário criar um arquivo ARFF conforme estrutura requerida pela ferramenta. Para o caso de 4731 produtos da empresa A, ficaria inviável gerar um arquivo com tantos atributos, onde cada venda deve corresponder a uma linha. Então foi gerado um arquivo retornando os grupos dos produtos, que são 36, para identificar quais as sessões da loja que aparecem em conjunto nas compras. O campo de descrição dos grupos já está previsto na seleção inicial dos dados.

Utilizando o algoritmo de associação “Apriori”, a ferramenta WEKA retorna as melhores regras encontradas (figura 2) pela métrica de confiança. Sendo o primeiro relacionamento do grupo “ferroprego” com madeira e telhas, seguido do grupo “primário” e “telasgaiolas”.

Figura 2 - Regras de Associação WEKA Empresa A



Fonte: Dos autores.

Utilizando o serviço do SQL Server, segundo as regras geradas (figura 3), em cem por cento dos casos os clientes que levam produtos do grupo telha, também levam pisos e material primário. Na segunda regra a telha é substituída por madeiras beneficiadas. Nas demais regras são associados os fios, as aberturas de madeira e materiais hidráulicos.

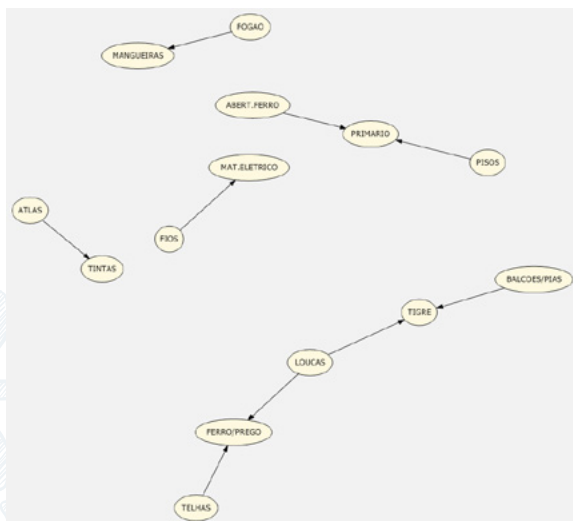
Figura 3 - Regras de Associação SQL Empresa A

	Probability	Importance	Rule
5	100 %	0,46	TELHAS = Existing, PISOS = Existing -> PRIMARIO = Existing
6	94 %	0,44	BENEF.MADEIRA = Existing, PISOS = Existing -> PRIMARIO = Existing
7	93 %	0,43	FIOS = Existing, PISOS = Existing -> PRIMARIO = Existing
8	92 %	0,45	PISOS = Existing, MADEIRA = Existing -> PRIMARIO = Existing
9	92 %	0,43	ABERT.MADEIRA = Existing, PISOS = Existing -> PRIMARIO = Existing
10	89 %	0,43	PISOS = Existing, TIGRE = Existing -> PRIMARIO = Existing
11	86 %	0,42	PISOS = Existing, FERRO/PREGO = Existing -> PRIMARIO = Existing
12	86 %	0,42	PISOS = Existing, TINTAS = Existing -> PRIMARIO = Existing
13	85 %	0,97	TELAS/GAIOLAS = Existing, TELHAS = Existing -> MADEIRA = Existing
14	83 %	1,04	LOUCAS = Existing, CANO AGUA = Existing -> TIGRE = Existing
15	83 %	0,80	FIOS = Existing, TELHAS = Existing -> MAT.ELETRICO = Existing
16	83 %	0,80	CALHA PVC = Existing, FIOS = Existing -> MAT.ELETRICO = Existing
17	83 %	0,38	CALHA PVC = Existing, TELHAS = Existing -> PRIMARIO = Existing
18	83 %	0,39	CANO ESGOTO = Existing, TINTAS = Existing -> PRIMARIO = Existing
19	83 %	0,40	CALHA PVC = Existing, PISOS = Existing -> PRIMARIO = Existing
20	83 %	0,40	PISOS = Existing, MAT.ELETRICO = Existing -> PRIMARIO = Existing
21	83 %	0,81	FIOS = Existing, CANO AGUA = Existing -> MAT.ELETRICO = Existing
22	81 %	0,80	FIOS = Existing, TIGRE = Existing -> MAT.ELETRICO = Existing
23	81 %	1,04	METAIS = Existing, CANO ESGOTO = Existing -> CANO AGUA = Existing
24	78 %	0,79	FIOS = Existing, IMPERMEABILIZANTE = Existing -> MAT.ELETRICO = Existing
25	78 %	1,04	METAIS = Existing, IMPERMEABILIZANTE = Existing -> CANO AGUA = Existing
26	77 %	0,80	FIOS = Existing, FERRO/PREGO = Existing -> MAT.ELETRICO = Existing
27	77 %	0,36	CANO ESGOTO = Existing, PISOS = Existing -> PRIMARIO = Existing
28	77 %	0,78	ABERT.MADEIRA = Existing, ATLAS = Existing -> TINTAS = Existing
29	77 %	0,35	ABERT.FERRO = Existing, IMPERMEABILIZANTE = Existing -> PRIMARIO = Existing
30	77 %	0,78	LAMPADAS = Existing, FIOS = Existing -> MAT.ELETRICO = Existing
31	77 %	0,35	TELAS/GAIOLAS = Existing, TELHAS = Existing -> PRIMARIO = Existing

Fonte: Dos autores.

Aliada à geração de regras, a ferramenta de mineração de dados mostra também uma rede de dependência dos atributos, levando em consideração a importância das regras de associação (figura 4):

Figura 4 - Rede de Associação Analysis Services Empresa A



Fonte: Dos autores.

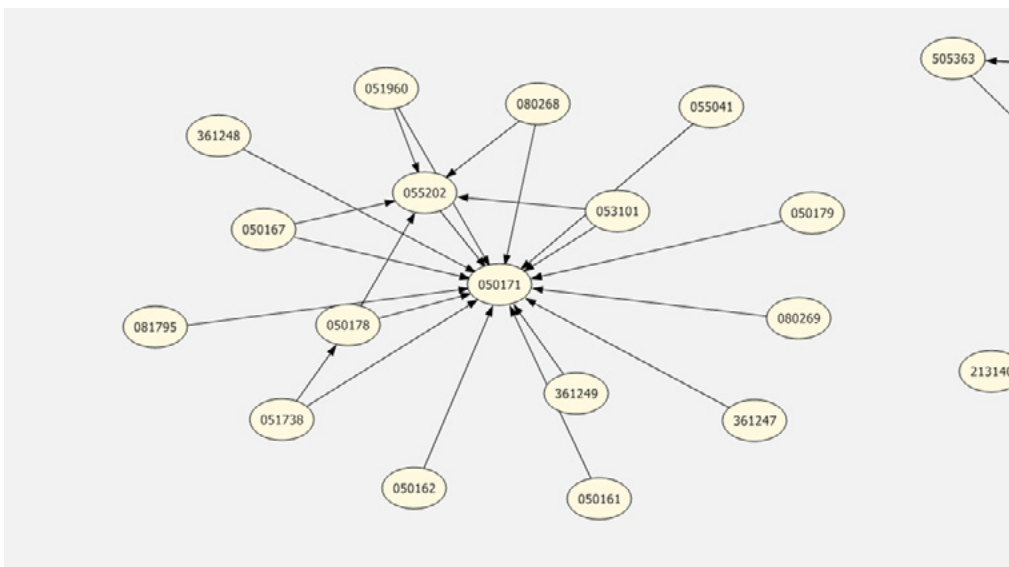
A exibição da rede permite uma análise visual de como poderiam estar dispostos os setores de produtos nesta loja: telhas devem estar próximas de ferros/pregos; balcões/pias próximas a tigre; e entre estes itens o grupo de louças. Em outra ponta da loja podemos colocar mangueiras junto com



itens do grupo fogão, atlas com tintas, fios com material elétrico, e pisos acompanhados de material primário e abertura de ferro. O objetivo é maximizar a venda de produtos relacionados, pois o cliente ao passar por um produto que não estava na lista por ter esquecido de relacionar, por exemplo, pode acabar levando um item a mais para casa.

O SQL Server permite executar regras de associação pelo código do produto. As regras geradas pelos algoritmos de associação apresentam o produto 050171, que é “CIMENTO 50 Kg”, em praticamente todas onde a probabilidade de acontecer é cem por cento. Junto com este item aparece o 110314 - “TELHA 5mm 244 X 110” e 050178 - “tijolo 6 furos”. Na seqüência temos o 055202 - “AREIA MEDIA” e 321061 - “JOELHO 25X90”. É possível identificar (figura 5) através da rede de relacionamento o destaque para item 050171, cimento.

Figura 5 - Rede de Associação por código do produto na Empresa A



Fonte: Dos autores.

### 6.3.2. Agrupamento Empresa A

O algoritmo utilizado na ferramenta WEKA foi o “SimpleKMeans”, que solicita o número de *clusters*, definidos para cinco em cada teste.

Com a geração dos clusters (figura 6) é possível observar destaque para o cluster zero a atributo meio de pagamento. É único cluster com maioria em crediário e um prazo de pagamento de 30 dias, e apresenta valor médio de compra maior que 288 reais. Este é o maior ticket médio de compra. Este é o cliente praticamente fidelizado, que deve ser tratado com atenção para que seja mantido. Uma política de marketing e fidelização pode ser aplicada nos clientes dos demais *clusters*.



Figura 6 - Clusters gerados pelo WEKA na Empresa A

Clusterer output						
placed with mean/mode						
Final cluster centroids:						
Attribute	Full Data (9074)	Cluster# 0 (1613)	1 (1112)	2 (2853)	3 (769)	4 (2727)
bairro	PORTOALEGRE	RESTINGA	PORTOALEGRE	PORTOALEGRE	RESTINGA	PORTOALEGRE
cidade	PORTOALEGRE	PORTOALEGRE	PORTOALEGRE	PORTOALEGRE	PORTOALEGRE	PORTOALEGRE
condpagto	AVISTA	CREDIARIO	CARTAODEBITO	AVISTADEVCLIENTE (MERCADORIA)		AVISTA
diasemana	7	4	7	3	6	6
hora	12.5388	12.0254	12.4838	10.6141	12.801	14.8045
local	DINHEIRO	CREDIARIO	MASTERCARDEBITO	DINHEIRO	DINHEIRO	DINHEIRO
prazo	0	30	0	0	0	0
sexo	D	D	D	D	D	D
compracimento	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO	NAO
valor	134.7548	288.7316	150.2662	91.5103	179.1769	70.0693

Fonte: Dos autores.

Avaliando os resultados da ferramenta do SQL pode-se identificar (figuras 7 e 8) o cluster cinco com destaque dentre os demais. Isto graças aos atributos de forma e prazo de pagamento, identificando o grupo de clientes que compra a prazo. O valor médio de cada compra é o segundo mais alto, ficando em 227 reais, mas podendo ter uma alta variação de 684 reais. E este cliente praticamente não compra cimento, ou seja, não seria afetado com a falta do produto.

Figura 7 - Clusters gerados pelo Analysis Services

4	Variables	States	Population (All)	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
5	Size		9075	3023	1938	1538	1359	1217
6	bairro	PORTOALEGRE	5066	93 %	53 %	72 %	14 %	0 %
7	bairro	RESTINGA	2038	3 %	24 %	14 %	48 %	46 %
8	bairro	LAGEADO	483	1 %	6 %	4 %	10 %	11 %
9	bairro	SAOCAETANO	153	0 %	3 %	1 %	3 %	2 %
10	bairro	HIPICA	146	0 %	2 %	1 %	3 %	4 %
11	bairro	CHACARA	135	0 %	1 %	1 %	1 %	8 %
12	bairro	BELEMNOVO	118	0 %	1 %	1 %	0 %	7 %
13	bairro	BELEMVELHO	118	0 %	2 %	1 %	3 %	2 %
14	bairro	...	...	...	...	...	...	...
15	cidade	PORTOALEGRE	8984	100 %	99 %	100 %	99 %	97 %
16	cidade	CANOAS	31	0 %	0 %	0 %	0 %	2 %
17	cidade	VIAMAO	25	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %
18	cidade	CANDIDOGODOY	12	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %
19	cidade	RESTINGASECA	7	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
20	cidade	SÃO LUDGERO	6	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
21	cidade	CASCAVEL	4	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
22	cidade	PORTOALEGRE	2	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
23	cidade	...	...	...	...	...	...	...
24	compracimento	NAO	7808	98 %	86 %	89 %	63 %	82 %
25	compracimento	SIM	1267	2 %	14 %	11 %	37 %	18 %
26	condpagto	AVISTA	4825	98 %	85 %	0 %	18 %	0 %
27	condpagto	CREDIARIO	1204	0 %	0 %	0 %	0 %	99 %
28	condpagto	CARTAODEBITO	1117	0 %	0 %	63 %	11 %	0 %
29	condpagto	CARTAO PRAZO	581	0 %	0 %	36 %	2 %	0 %
30	condpagto	DEVCLIENTE (MERCADORIA)	384	2 %	15 %	0 %	2 %	0 %
31	condpagto	COBRARNAENTREGA	326	0 %	0 %	0 %	24 %	0 %
32	condpagto	2XCARTAO	188	0 %	0 %	0 %	14 %	0 %
33	condpagto	6XCARTAO	122	0 %	0 %	0 %	9 %	0 %
34	condpagto	...	...	...	...	...	...	...

Fonte: Dos autores.

Figura 8 - Demais clusters gerados pelo Analysis Services

	A	B	C	D	E	F	G	H
35	diasemana	7	1678	19%	19%	22%	19%	12%
36	diasemana	5	1519	18%	15%	15%	16%	18%
37	diasemana	3	1507	16%	16%	16%	18%	19%
38	diasemana	2	1482	16%	17%	16%	17%	16%
39	diasemana	4	1451	15%	16%	14%	16%	20%
40	diasemana	6	1438	16%	18%	16%	14%	15%
41	hora	Mean	12,54	12,88	12,41	12,56	12,48	12
42	hora	Deviation	3,2	3,2	3,18	3,21	3,17	3,18
43	local	DINHEIRO	5465	100%	98%	0%	40%	0%
44	local	CREDIARIO	1201	0%	0%	0%	0%	99%
45	local	MASTERCARDDEBITO	358	0%	0%	20%	4%	0%
46	local	BANRICOMPTRASDEBITO	347	0%	0%	20%	3%	0%
47	local	VISADEBITO	346	0%	0%	20%	3%	0%
48	local	MASTERCARDCREDITO	206	0%	0%	13%	1%	0%
49	local	MASTERCARDPARCELADO	194	0%	0%	0%	14%	0%
50	local	VISAPARCELADO	194	0%	0%	0%	14%	0%
51	local	...	...	...	...	...	...	...
52	prazo	0	7023	100%	100%	100%	38%	1%
53	prazo	30	1205	0%	0%	0%	0%	99%
54	prazo	1	326	0%	0%	0%	24%	0%
55	prazo	60	188	0%	0%	0%	14%	0%
56	prazo	180	122	0%	0%	0%	9%	0%
57	prazo	90	113	0%	0%	0%	8%	0%
58	prazo	120	70	0%	0%	0%	5%	0%
59	prazo	150	25	0%	0%	0%	2%	0%
60	prazo	...	...	...	...	...	...	...
61	sexo	M	8589	100%	93%	96%	89%	91%
62	sexo	F	374	0%	6%	3%	8%	8%
63	sexo	missing	112	0%	2%	1%	3%	1%
64	Valor Mercadoria	Mean	135,26	14,85	76,32	68,1	425,99	277,31
65	Valor Mercadoria	Deviation	335,22	10,06	59,06	56,15	420,17	684,76

Fonte: Dos autores.

### 6.3.3. Classificação Empresa A

Para a execução de algoritmos de classificação supervisionada com a ferramenta WEKA, foi necessário criar dois arquivos: um para treinamento e outro a relação de registros a serem classificados. O arquivo gerado para treinamento tem os mesmos atributos que o arquivo a ser classificado, porém, neste caso a classe é preenchida manualmente por um usuário. Desta forma quanto melhor distribuído for o arquivo de treinamento, melhor será o resultado.

O resultado gerado é um arquivo, também no formato ARFF, porém são adicionados dois novos atributos: prediction margin e predicted class. Ou seja, o valor previsto para o atributo "class" propriamente dito e a margem de acerto (figura 9).

Figura 9 - Classificação gerada pelo WEKA

```

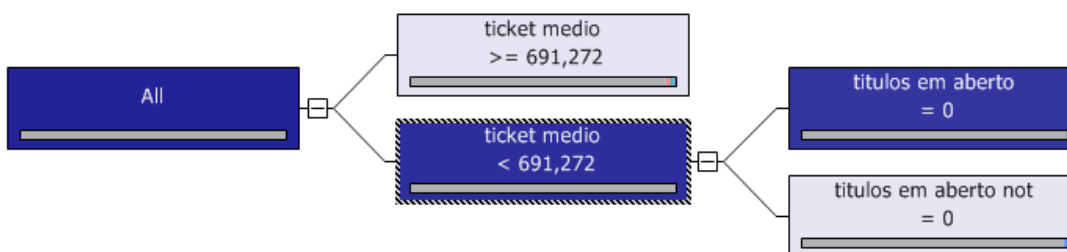
clientes treino.aff | clientes dados.aff | classificado.aff
1 @relation treino_clientes_predicted
2
3 @attribute tiketmedio numeric
4 @attribute nropagosatraso numeric
5 @attribute nrotitaberto numeric
6 @attribute nrotitpagos numeric
7 @attribute comprasxsaldo numeric
8 @attribute 'prediction margin' numeric
9 @attribute 'predicted classificacao' {ouro,prata,bronze,chumbo}
10 @attribute classificacao {ouro,prata,bronze,chumbo}
11
12 @data
13 89,0,0,1,0,-1,bronze,?
14 104,0,0,1,0,-1,bronze,?
15 56,0,0,1,0,-1,bronze,?
16 150,0,0,1,0,-1,prata,?
17 311,0,0,1,0,-1,prata,?
18 57,0,0,1,0,-1,bronze,?
19 266,0,0,6,0,-1,prata,?
20 89,0,0,1,0,-1,bronze,?
21 283,0,0,1,0,-1,prata,?
22 22,0,0,1,0,-1,bronze,?

```

Fonte: Dos autores.

A ferramenta Analysis Services, diferente do WEKA, não classifica automaticamente a coluna informada, apenas apresenta a árvore de decisão (figura 10). Esta árvore ficou simplificada, apresentando o ticket médio de 691,272 como um divisor de classificação seguido de número de títulos em aberto. O registro não é classificado automaticamente como no caso do WEKA.

Figura 10 - Árvore de Classificação gerada pelo Analysis Services



Fonte: Dos autores.

### 6.3.4. Associação Empresa B

Utilizando o algoritmo Apriori, com métrica de confiança, o WEKA retornou como regra principal produtos dos grupos de “abrasivos e polimento”, relacionados com “iluminação” e “ferramentas”.

Segundo o serviço do SQL, há maior probabilidade de ocorrer vendas de “abrasivos e polimentos” com “metais sanitários” e “instalação água/gás”. Seguido por “bazar” com itens de “fixação” e “ferragens”. Ambas as regras com probabilidade superior a 80%. Já a rede de relacionamentos, que leva em consideração a importância das regras, destaca outros grupos de materiais: sessões de fixação e ferragens devem ficar próximas, assim como eletrônicos, som e imagem com instalação elétrica.

Conforme regras de relacionamento de produto, o item 000342 - ARRUELA ALUMINIO aparece relacionado com a 000352 - BUCHA DE ALUMINIO no primeiro terceiro caso. A segunda regra destaca os itens 001512 - TUBO PVC TIGRE 25 MM X 6 com 001416 - JOELHO PVC 90 25. A rede de



relacionamentos mostrou uma boa distribuição nos itens, o oposto ao caso da empresa A. Assim não foi possível identificar um produto como o mais importante.

### 6.3.5. Agrupamento Empresa B

O resultado do WEKA mostra que o cliente que compra à vista, paga em dinheiro, vem geralmente em terças (diasemana = 3) e sextas (diasemana = 6), e com um valor médio de compra entre 33 e 35 reais. Nos demais dias o pagamento é preferencialmente a prazo em 30 dias, e os valores ficam na casa dos 110 reais.

Foi possível identificar que praticamente todos os clientes são do bairro Centro, da cidade da empresa B, e em sua maioria, homens. Oitenta e dois por cento dos pagamentos são à vista e em dinheiro, fato que podemos observar pelos atributos local, “condpagto” e prazo. O valor médio das vendas é separado em duas faixas principais: a primeira que fica de 57 reais até 223,4 e a outra, deste último valor até 797,2. As duas juntas são responsáveis por 50% das vendas.

### 6.3.6. Classificação Empresa B

Ao aplicar a seleção de registros para a classificação de clientes na empresa B, constatou-se uma situação já percebida nos agrupamentos: a empresa não costuma fazer o pedido nominal. As vendas para consumidores ou empresas cadastradas, em números de transações correspondem a 1,7 por cento do total de 97353 vendas no período avaliado. Já falando em valores, o percentual de participação de clientes cadastrados sobe para aproximadamente 5 por cento do total.

Conclui-se então que este estabelecimento tem um comportamento próximo à de um mercado, onde o cliente não é identificado. E, para este caso, a execução da classificação não gerou resultados significativos.

## 7. Conclusão

As técnicas de mineração de dados, se corretamente aplicadas, realçam padrões contidos nos dados armazenados. Porém é necessário ter um amplo conhecimento da estrutura do banco de dados e de como as informações são gravadas pelo sistema ERP. A seleção dos dados é tão fundamental quanto a transformação e enriquecimento destes. O ciclo do processo de mineração de dados precisa ser executado inúmeras vezes para refinar o resultado apresentado pelos algoritmos.

Em relação à estrutura do sistema ERP analisada, apresentaria ganho a criação um cadastro de “Produtos Sugeridos”, alimentados conforme regras de associação, relacionados à tabela atual de “Produtos”. Esta teria a função de apresentar ao vendedor quais produtos poderiam ser sugeridos dependendo do item que o cliente está levando no momento do pedido de venda, visando aumentar o valor de compra. O ERP também poderia ter a opção de criar obrigatoriedade de preenchimento em alguns campos, como sexo e idade, visando melhoria na qualidade do cadastro.

Quanto às ferramentas utilizadas, pode-se afirmar que o WEKA tem vantagem no número de algoritmos implementados em sua biblioteca e o fato de ser gratuito. Ao comparar com a ferramenta da Microsoft, estes algoritmos são mais restritos e a opção do Analisys Services só é disponibilizada à partir da versão Standard. Porém a geração dos arquivos no formato ARFF para o WEKA é um tanto trabalhosa e qualquer caractere que não estiver correto já impossibilita o uso do mesmo com a ferramenta. Já o



Analysis Services apresenta vantagem em relação à facilidade de conexão e manipulação dos dados, quando usado com o Excel.

Na ferramenta da Microsoft, a facilidade de importar os dados para a planilha em Excel, agiliza o trabalho de preparação para processamento dos arquivos. A forma gráfica com que os resultados são apresentados, em especial a rede de relacionamentos, facilita muito o entendimento e obtenção de resultados das análises.

Quanto aos estabelecimentos, foi possível identificar uma vantagem em relação às descobertas relacionadas a comportamento de clientes para a empresa A: geralmente o pedido é feito no nome do cliente cadastrado. Ainda sim este cadastro poderia passar por uma atualização, para aperfeiçoar os resultados e aumentar o poder de descoberta na mineração de dados.

É perceptível também, a confiança que a empresa A tem em seu cliente, pois um bom número de suas vendas utiliza a condição “cobrar a entrega” e os clientes com maior ticket médio de venda, compram no crediário. Já a empresa B, utiliza com frequência o recurso do “consumidor final”, que é um cadastro genérico e não permite conhecer melhor o cliente. Este comportamento é parecido com o de supermercados, onde o volume de vendas é maior e o marketing está direcionado aos produtos ou à cesta de compras.

Ainda sim na empresa B, o número de vendas e aquisições de produtos é maior. Isso não significa um maior valor de compra, mas mais interações entre clientes, vendedores e caixa. Ações pontuais como cadastrar estes clientes corretamente elevaria muito o potencial de descoberta com datamining e o marketing poderia ser mais efetivo. Só a informação correta do bairro e cidade do cliente em clusterização, já apresentaria um ganho elevado.

A mineração de dados apresentou resultados positivos em relação aos clientes, identificando os itens mais procurados, padrões de formas de pagamento, bairros e cidades. Também ficou explícita que a empresa A estava mais preparada para utilizar conceitos de CRM e que o cadastro de clientes deve ser mais explorado pela empresa B.

## Referências

Berry, Michel J. A. (2014) “Data mining techniques: for marketing, sales and customer relationship management”, Wiley Publish Inc., Indianapolis.

Carvalho, Luís A. V. de. (2001) “Datamining: a Mineração de Dados no Marketing, Medicina, Economia, Engenharia e Administração”, Érica 2ª Ed., São Paulo.

Coelho, P. (2005) “Um Sistema para Indução de Modelos de Predição Baseados em Árvores”, Tese de Doutorado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Cunico, Luiz H. B. (2005) “Técnicas de Datamining Aplicadas na Predição de Satisfação de Funcionários de uma Rede de Lojas do Comércio Varejista”, Tese de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

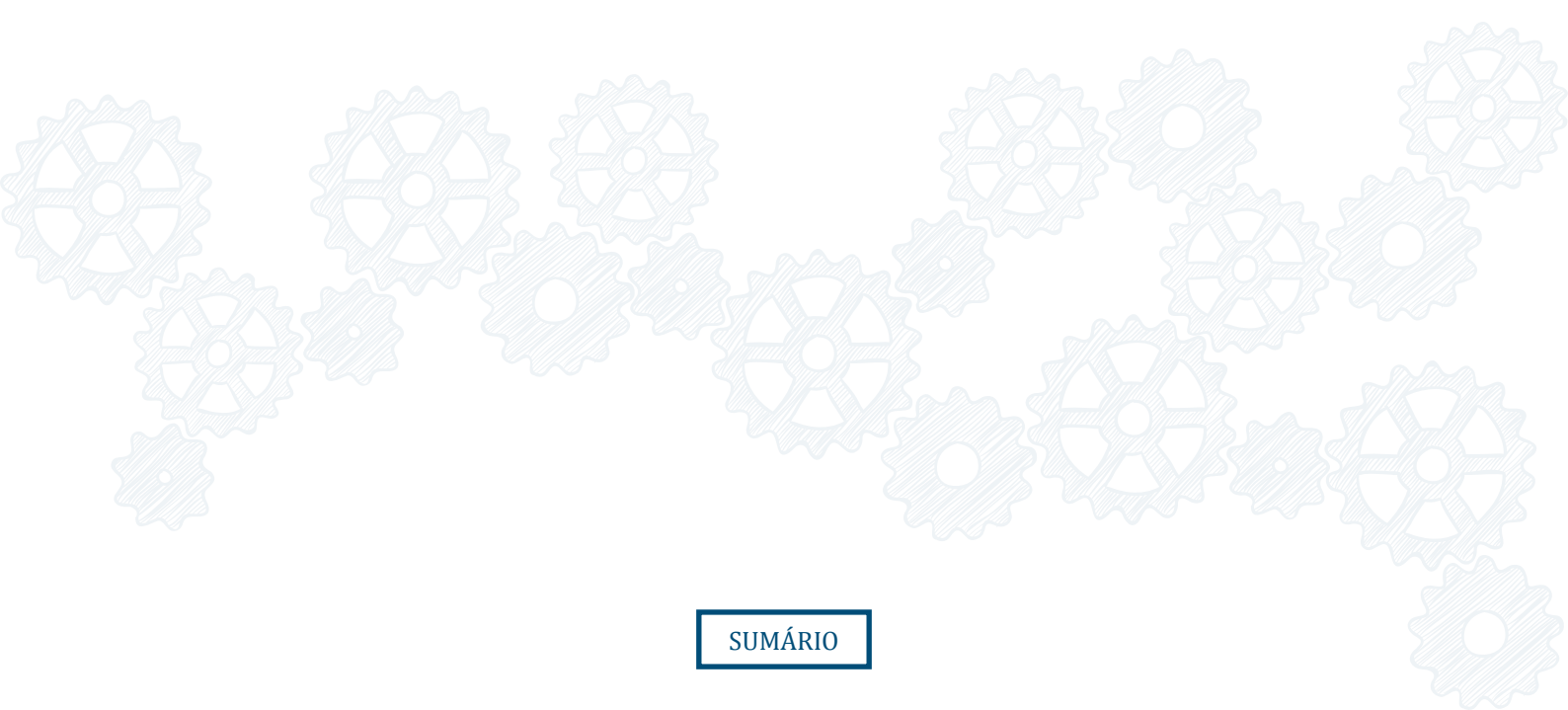
Fayyad, U. M; Piatetsky-Shapiro, G; Smyth, P; Thurusamy, R. (1996) “Advances in Knowledge Discovery & Data Mining”, MA: AAAI/MIT, Cambridge.

Gonçalves, E. C. (2015) “Mineração de Regras de Associação com a Ferramenta de Data Mining Weka”, <http://www.devmedia.com.br/mineracao-de-regras-de-associacao-com-a-ferramenta-de-data-mining-weka/20478>, Outubro.

Magalhães, P.; Spínola, R. O. (2014) "SQL Magazine – Mineração de Dados: Tarefas e Técnicas". Devmedia 123ª Ed, Rio de Janeiro.

Microsoft. (2015) "Analysis Services", <https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/bb522607.aspx>, Abril.

Microsoft. (2015) "Microsoft SQL Server", <https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/bb545450.aspx>, Abril.



## ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE IOGURTES E BEBIDAS LÁCTEAS

Bruna Lenhardt Machado, Charles Espich, Crístopher Eduardo Göhl, Robson Cavalheiro, Cláucia Fernanda Volken de Souza

*Curso de Química Industrial - Centro Universitário UNIVATES – Lajeado – RS – Brasil*

**Abstract:** The yogurt is obtained from the milk fermentation and dairy beverage is a product resulting from the mixture of milk and whey may be fermented or not. The objective of this study was to analyze and evaluate the physico-chemical characteristics of three different brands of yogurt and dairy beverage produced in Taquari Valley - RS, comparing them with the values reported on the labels. Only one of the brands in its two segments, yoghurt and dairy beverage, obtained results in accordance with their labels. With the results obtained in the analysis was not possible to assess which of the segments, yoghurt or dairy beverage, has a higher nutritional value.

**Resumo:** O iogurte é obtido a partir da fermentação do leite e a bebida láctea é um produto resultante da mistura de leite e soro de queijo podendo ser fermentado ou não. O objetivo deste trabalho foi analisar e avaliar as características físico-químicas de três marcas diferentes de iogurtes e bebidas lácteas produzidas no Vale do Taquari - RS, comparando-as com os valores informados nos rótulos. Somente uma marca em seus dois segmentos, de iogurte e de bebida láctea, obteve resultados em conformidade com seus rótulos. A partir dos resultados obtidos nas análises realizadas não foi possível avaliar qual dos segmentos, iogurte ou bebida láctea, possui um maior valor nutricional.

### Introdução

O Brasil é um grande produtor de leite, sendo este um dos principais agronegócios com destaque no cenário econômico nacional. Em quase todos os municípios brasileiros a pecuária leiteira está presente, em 2010, apenas 67 dos 5.564 municípios existentes no país não produziram leite [Embrapa 2010]. No primeiro trimestre de 2014 a aquisição de leite no Brasil pelas indústrias processadoras foi de 5.148 toneladas de leite cru, sendo o Rio Grande do Sul responsável por aproximadamente 14% [IBGE 2014]. No Vale do Taquari, região central do Rio Grande do Sul a produção de leite em 2008 foi de aproximadamente 500 mil litros de leite por dia, correspondendo a 7% da produção total de leite no estado [Univates 2014].

De acordo com dados da Tetra Pak, em 2012 foram consumidos 1.745 bilhões de litros de bebidas no mundo. Desse total, 17,6% [307,1 bilhões de litros] foram lácteos [Embrapa, 2014]. Segundo estudo sobre o consumo de líquidos realizado pela *Growth from Knowledge* (Gfk), cerca de 50% dos brasileiros tem como hábito ingerir bebidas a base de lácteos [Gfk 2014]. Estes números devem aumentar, de acordo com a *Tetra Pak Dairy Index* o consumo global de produtos lácteos está em ascensão, até o ano de 2024 deverá aumentar em cerca de 36% [Tetra Pak 2015].

Segundo a legislação, iogurte é um leite fermentado, adicionado ou não de outras substâncias alimentícias, obtido por coagulação e diminuição do pH de leite fluido, ou de leite reconstituído, adicionado ou não de outros produtos lácteos, por fermentação láctica mediante ação de cultivos de microrganismos específicos, que devem ser viáveis, ativos e abundantes no produto final durante seu prazo de validade. A fermentação se realiza com cultivos protossimbióticos de *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. De forma complementar, outras bactérias ácido-lácticas podem ser empregadas, contribuindo para a determinação das características

do produto final. Os iogurtes podem ser classificados quanto ao seu teor de gordura em, com creme, integrais, parcialmente desnatados e desnatados [Brasil 2007].

O iogurte é um produto recomendado para consumo humano principalmente em função de suas características nutricionais. O valor nutricional do iogurte depende de sua composição, sendo fundamental a utilização de matérias primas e ingredientes de boa qualidade, pois estes determinam os conteúdos de vitaminas, proteínas, gordura e minerais [Schmidt et al. 2012]. Durante o processo fermentativo os nutrientes contidos no leite se tornam mais disponíveis para absorção, além de favorecer o aumento de vitaminas do complexo B, a assimilação do cálcio e a hidrólise parcial das proteínas, das gorduras e da lactose, favorecendo assim a digestibilidade [Oliveira 2006].

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebidas Lácteas [Brasil, 2005a] define que bebida láctea é o produto lácteo resultante da mistura do leite e soro de queijo adicionado ou não de produto(s) ou substância(s) alimentícia(s), gordura vegetal, leite(s) fermentado(s), fermentos lácteos selecionados e outros produtos lácteos. Neste produto a base láctea deve estar presente em pelo menos 51% (m/m) do total de ingredientes do produto. Dependendo do tratamento térmico, fermentação e adição de outras substâncias alimentícias, as bebidas lácteas podem ser classificadas, respectivamente, como: pasteurizadas, esterilizadas ou UHT, fermentadas ou não fermentadas, com ou sem adição de outras substâncias alimentícias [Brasil 2005a].

A principal diferença entre o iogurte e a bebida láctea é a porção de ingredientes não lácteos, no iogurte o máximo permitido é de 30% (m/m), e nas bebidas lácteas são permitidos até 49% (m/m). Na bebida láctea a adição de soro de queijo é obrigatória, e nos iogurtes o soro é um ingrediente opcional. Os iogurtes são produtos obtidos a partir da fermentação, e as bebidas lácteas não precisam ser necessariamente produtos fermentados [Brasil 2005a; Brasil 2007].

O soro de queijo é gerado em grande quantidade durante a produção de queijos. De forma geral, para a produção de 1 kg de queijo são gerados 9 L de soro [Guimarães et al. 2010]. Este soro possui uma carga poluidora alta, com uma demanda bioquímica de oxigênio (DBO) entre 27 a 60 g de O<sub>2</sub>/L e uma demanda química de oxigênio (DQO) de 50 a 102 g de O<sub>2</sub>/L, portanto representa um problema ambiental significativo se não tratado corretamente [Prazeres et al. 2012]. Por outro lado, o soro de queijo é considerado um ingrediente de valor nutricional, pois ele contém diversos nutrientes do leite, como proteínas, lipídios, lactose, vitaminas e sais minerais. Sendo assim, a incorporação de soro de queijo na fabricação de bebidas lácteas tornou-se uma alternativa eficiente sob os aspectos econômicos, ambientais e nutricionais [Guimarães et al. 2010].

A rotulagem de alimentos é de extrema importância, pois ela permite que os consumidores tenham acesso às informações sobre as características básicas dos alimentos, como, composição, valor nutricional, prazo de validade, origem e forma de conservação [Anvisa 2012]. A Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003 [Brasil 2003], dispõe sobre a obrigatoriedade de declarar as informações quantitativas de valor energético, carboidratos, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, fibra alimentar e sódio, nessa respectiva ordem, sendo admitida uma tolerância de variação de até 20% em relação aos valores de nutrientes declarados no rótulo.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar e avaliar as características físico-químicas de iogurtes e bebidas lácteas produzidas no Vale do Taquari - RS, comparando-as com os valores informados nos rótulos dos produtos.



## Material e Métodos

Foram adquiridas em supermercados do Vale do Taquari – RS, três diferentes marcas de bebidas lácteas e de iogurtes, todas de sabor morango e produzidas em indústrias da Região. Para cada marca foram analisados os dois segmentos de produto, e de cada produto três lotes diferentes, totalizando dezoito amostras.

As análises físico-químicas foram realizadas segundo Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz [Instituto Adolfo Lutz 2008]: teor de gordura pelo método do butirômetro de Gerber; quantificação das proteínas por meio da determinação do teor de nitrogênio total pelo método de Macro-Kjeldahl; determinação da acidez por titulação de neutralização e determinação de cálcio e sódio pelo método de leitura em fotômetro de chama (Digimed DM-61, São Paulo, SP), com pré-calcinação e digestão da amostra com ácido nítrico. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

## Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão representados os resultados físico-químicos das amostras de iogurtes, e na Tabela 2 apresentam-se os resultados físico-químicos das amostras de bebidas lácteas.

Para os teores de acidez nos iogurtes, observa-se que houve uma variação entre as amostras, sendo a marca A com menor acidez e a marca B com maior acidez. Conforme legislação vigente o valor de acidez para iogurtes desnatados, parcialmente desnatados, integrais ou com creme pode variar de 0,6 – 1,5% em ácido láctico, portanto todas as marcas de iogurte encontram-se dentro dos padrões permitidos pela legislação vigente [Brasil 2007]. Para as amostras de bebida láctea, a marca com maior valor de acidez foi a C e com a menor acidez foi a A. Não existem valores padrões de acidez para bebidas lácteas na legislação brasileira vigente. Os valores obtidos ficaram próximos aos verificados por Marques (2012), em seu trabalho de desenvolvimento de bebida láctea fermentada à base de soro lácteo, os resultados para a acidez de suas amostras foram entre 0,5 e 0,6% em ácido láctico. A acidez pode interferir na apresentação visual do produto final, pois durante sua conservação em baixas temperaturas podem ocorrer possíveis separações de fases, acidificação, além de interferências sensoriais no produto. Uma acidez muito elevada pode determinar a não aceitação do produto, a acidez mais baixa como encontrada nas amostras de iogurte e bebidas lácteas do presente trabalho, pode favorecer a aceitabilidade do produto final [Marques 2012].

Na análise de gordura dos iogurtes, o menor valor obtido foi de 1,80% m/m (marca C) e o maior valor foi de 2,47% m/m (marca B), sendo este valor muito semelhante ao obtido para a marca A (2,33% m/m). Conforme legislação vigente o teor de gordura para iogurtes desnatados, parcialmente desnatados, integrais ou com creme pode variar de 0,5 a 5,9% m/m. Todas as marcas analisadas encontram-se dentro do permitido pela legislação, uma vez que os valores ficaram entre 1,80 a 2,47% m/m. Estes iogurtes podem ser enquadrados como iogurtes parcialmente desnatados, que devem conter de 0,6 a 2,9% m/m de gordura [Brasil 2007]. Em relação aos resultados de gordura das bebidas lácteas, verificaram-se valores semelhantes para as amostras A e B. O menor teor de gordura foi na amostra C. Os resultados de gordura estão em desacordo aos padrões exigidos pela legislação vigente, na qual o teor mínimo para bebidas lácteas é de 2% m/m de gordura [Brasil 2005a].

Nas amostras de iogurte foram observados teores de proteína de 5,23; 6,00 e 9,07% m/m, para as marcas A, C e B, respectivamente. Conforme a legislação brasileira vigente, todas as marcas estão em conformidade, uma vez que esta estabelece o teor mínimo de proteínas de 2,9% m/m para iogurtes

[Brasil 2007]. Para as amostras de bebidas lácteas foram obtidos valores de proteína de 3,93; 4,23 e 6,97% m/m para as marcas C, A e B, respectivamente. Conforme a legislação vigente o teor mínimo de proteína para bebidas lácteas deve ser de 1% m/m, sendo assim todas as marcas estão em conformidade [Brasil 2005a]. As proteínas presentes nos iogurtes e nas bebidas lácteas são em sua maioria de origem láctea, elas possuem uma importante propriedade funcional, pois contêm todos os aminoácidos essenciais [Marques 2012].

Na análise de cálcio o maior valor obtido para as amostras de iogurtes foi de 98,33 mg/200 g, marca C, e o menor valor foi de 88,33 mg/200 g, marca B. Nas amostras de bebidas lácteas o maior valor foi da marca B e o menor valor foi da marca A. Não existem valores de teor de cálcio nas legislações sobre iogurte e bebidas lácteas. Estudos demonstram que o consumo de cálcio pode reduzir riscos de doenças como a osteoporose, obesidade, hipertensão arterial e câncer de cólon. O cálcio é um nutriente essencial para as funções biológicas como a coagulação sanguínea, a contração muscular, a transmissão do impulso nervoso ou sináptico e o suporte estrutural do esqueleto [Pereira et al. 2009].

Tabela 1 - Resultados físico-químicos das amostras de iogurtes

Análise/Marca	Lote	A	B	C
Acidez (% em ácido láctico)	1	0,88	0,98	0,91
	2	0,82	0,87	0,94
	3	0,75	0,92	0,83
	Média	0,82 ± 0,07	0,92 ± 0,06	0,89 ± 0,06
Gordura (% m/m)	1	2,40	2,50	1,50
	2	2,10	2,30	2,10
	3	2,50	2,60	1,80
	Média	2,33 ± 0,21	2,47 ± 0,15	1,8 ± 0,30
Proteína (% m/m)	1	5,80	9,50	5,70
	2	4,70	8,60	5,90
	3	5,20	9,10	6,40
	Média	5,23 ± 0,55	9,07 ± 0,45	6,00 ± 0,36
Cálcio (mg/200 g de amostra)	1	89,00	90,00	99,00
	2	91,00	87,00	100,00
	3	93,00	88,00	96,00
	Média	91,00 ± 2,00	88,33 ± 1,53	98,33 ± 2,08
Sódio (mg/200 g de amostra)	1	97,90	100,10	97,80
	2	103,10	107,40	89,90
	3	100,40	111,30	105,70
	Média	100,47 ± 2,60	106,27 ± 5,69	97,80 ± 7,9

Fonte: Dos autores.

Na análise de sódio das amostras de iogurte foram obtidos valores de 100,47 a 106,27 mg/200 g. Nas amostras de bebidas lácteas os valores variaram entre 72,70 a 104,70 mg/200 g. Também não existem valores de teor de sódio nas legislações de iogurtes e bebidas lácteas. Em um estudo feito pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) foi determinado o teor de sódio de alimentos processados, oito amostras de bebidas lácteas foram analisadas, obteve-se uma média de 93 mg de

sódio/100 mL, sendo este valor mais elevado que o verificado nas amostras analisadas no presente trabalho [Anvisa 2012], provavelmente essa diferença se deve a variação do teor de sódio do soro de queijo empregado na elaboração das bebidas lácteas. O consumo excessivo de sódio é um dos principais fatores da hipertensão arterial, acidente vascular cerebral, hipertrofia ventricular esquerda e doenças renais, por isso alimentos com menores quantidades de sódio são de extrema importância para a saúde humana [Sarno 2013].

Tabela 2 - Resultados físico-químicos das amostras de bebidas lácteas.

<b>Análise/Marca</b>	<b>Lote</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Acidez (% em ácido láctico)	1	0,58	0,55	0,85
	2	0,52	0,58	0,62
	3	0,56	0,54	0,77
	Média	0,55 ± 0,03	0,56 ± 0,02	0,75 ± 0,12
Gordura (% m/m)	1	1,90	2,00	1,10
	2	1,90	1,90	1,15
	3	2,00	2,00	1,30
	Média	1,93 ± 0,06	1,97 ± 0,06	1,18 ± 0,10
Proteína (%m/m)	1	3,90	7,10	3,80
	2	4,50	7,00	4,20
	3	4,30	6,80	3,80
	Média	4,23 ± 0,31	6,97 ± 0,15	3,93 ± 0,23
Cálcio (mg/200 g de amostra)	1	59,00	92,00	81,00
	2	62,00	96,00	88,00
	3	51,00	87,00	81,00
	Média	57,33 ± 5,69	91,67 ± 4,51	83,33 ± 4,04
Sódio (mg/200 g de amostra)	1	70,10	106,40	92,60
	2	68,30	99,80	97,70
	3	79,70	107,90	95,60
	Média	72,70 ± 6,13	104,70 ± 4,31	95,30 ± 2,56

Fonte: Dos autores.

Na Figura 1 encontra-se a comparação dos valores obtidos nas análises com os valores emitidos nos rótulos dos respectivos iogurtes.

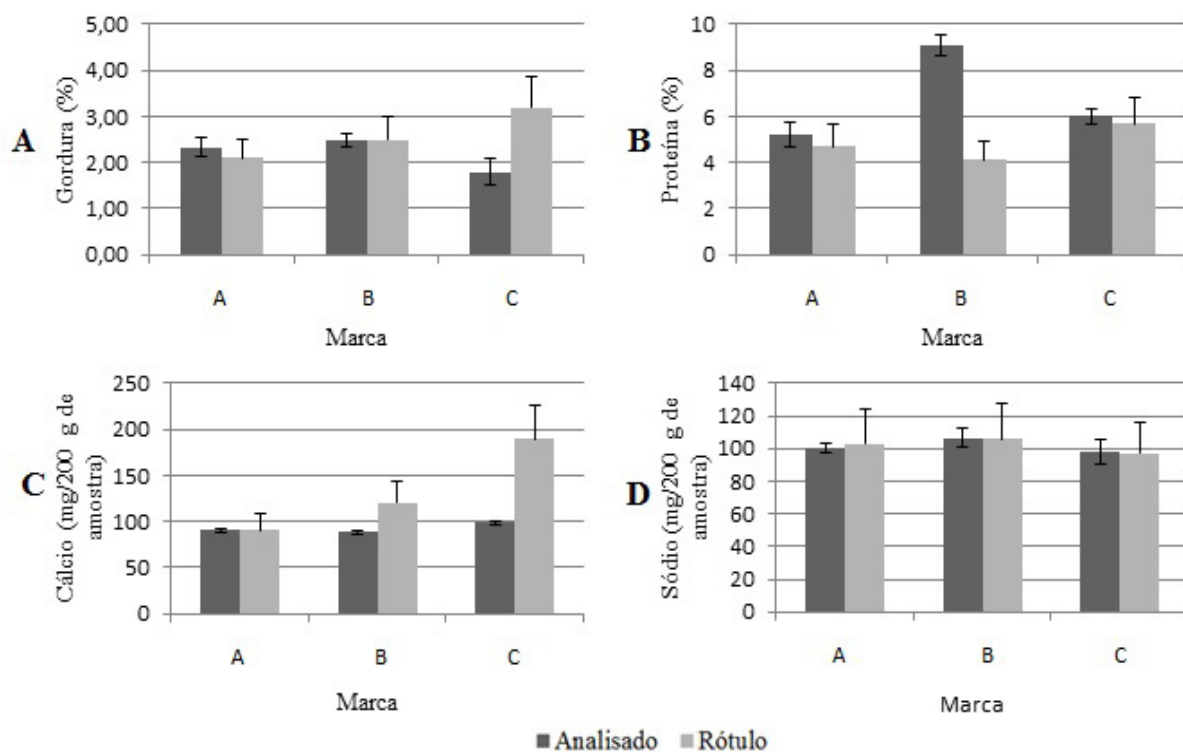
Para o parâmetro de teor de gordura dos iogurtes, as marcas A e B possuem os resultados das análises em concordância com seus respectivos rótulos, e para a marca C o valor obtido encontra-se abaixo do informado. Para as proteínas as marcas A e C estão em conformidade com seus rótulos, já a marca B possui uma quantidade maior de proteína do que a emitida. Para o cálcio somente a marca A está em conformidade com o rótulo, as marcas B e C possuem menos cálcio do que o informado. Para o parâmetro de teor de sódio, todas as marcas possuem o valor dentro da faixa informada no rótulo. Somente a marca A possui o rótulo em conformidade com as quantidades reais presentes no produto.

Na Figura 2 encontra-se a comparação dos valores obtidos nas análises com os valores emitidos nos rótulos das respectivas bebidas lácteas.

Na análise de gordura somente a marca A de bebida láctea apresentou o valor dentro da faixa informada no rótulo, as marcas B e C apresentaram teores de gordura abaixo do informado. Para as

proteínas as marcas A e C estão em conformidade com seus respectivos rótulos, já a marca B possui uma maior quantidade de proteína do que a informada. Na análise de cálcio as marcas A e B ficaram em conformidade com seus rótulos, e a marca C apresentou um teor de cálcio abaixo do informado. Todas as marcas de bebida láctea possuem o valor de sódio dentro da faixa informada nos seus respectivos rótulos. Assim como nas amostras de iogurte, a marca A de bebida láctea foi a única que obteve seus valores reais em conformidade com os informados no rótulo.

Figura 1 - Comparação dos resultados obtidos nas análises com os informados nos rótulos dos iogurtes. (A) Gordura - % m/m, (B) Proteína - % m/m, (C) Cálcio - mg/200 g e (D) Sódio - mg/200 g



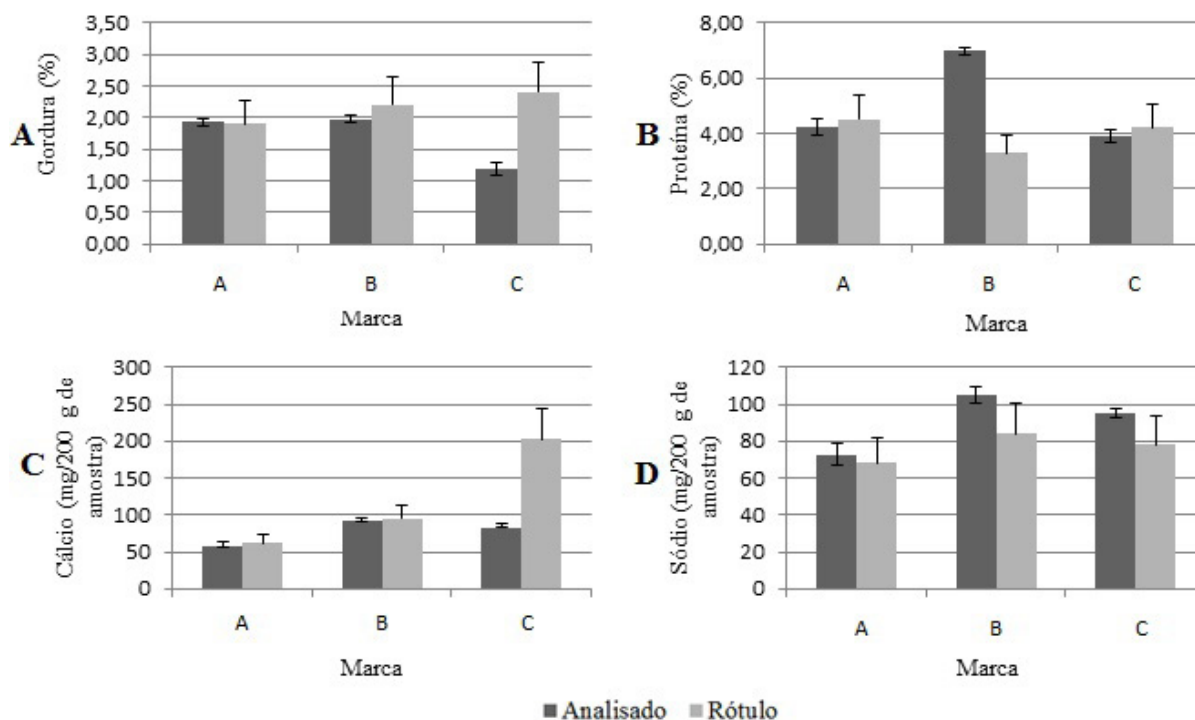
Fonte: Dos autores.

Nas análises de gordura, os iogurtes obtiveram um valor médio de 2,2% m/m, e as bebidas lácteas de 1,69% m/m, do ponto de vista nutricional a ingestão de bebida láctea neste caso seria mais indicada. Já para o teor de proteínas a ingestão do iogurte seria mais indicada, pois este apresentou um valor médio de 6,77% m/m, superior ao obtido para as amostras de bebidas lácteas (5,04% m/m). A ingestão do iogurte também seria recomendada devido ao seu teor de cálcio, em média 92,55 mg/200 g, sendo este valor maior do que o encontrado nas bebidas lácteas (77,44 mg/200 g). A quantidade média de sódio foi menor nas bebidas lácteas (90,9 mg/200g) em comparação com os iogurtes (101,51 mg/200 g), sendo assim, a ingestão de bebida láctea é mais recomendável. Considerando os valores obtidos no presente trabalho nas análises de gordura, proteína, cálcio e sódio para as amostras de iogurte e de bebida láctea, não é possível afirmar qual desses produtos lácteos apresenta um valor nutricional mais elevado.

Figura 2 - Comparação dos resultados obtidos nas análises com os informados nos rótulos das bebidas



lácteas. (A) Gordura – % m/m, (B) Proteína – % m/m, (C) Cálcio – mg/200 g e (D) Sódio – mg/200 g



Fonte: Dos autores.

## Conclusão

A marca A em seus dois segmentos, iogurte e bebida láctea, foi a única que apresentou os valores de gordura, proteína, cálcio e sódio dentro da faixa indicada em seus respectivos rótulos. Já as marcas B e C dos iogurtes e das bebidas lácteas não se apresentaram em conformidade com seus rótulos em todos os parâmetros analisados. Sendo assim estas amostras não apresentam índices de qualidade satisfatórios, indicando falhas no controle de qualidade dos laticínios e dos órgãos fiscalizadores, bem como desvios de processo, não garantindo que o produto final esteja de acordo com o proposto no rótulo. A partir dos resultados obtidos não foi possível avaliar qual dos segmentos, iogurte ou bebida láctea, possui um maior valor nutricional.

## Referências

Anvisa – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2012) Teor de sódio dos alimentos processados. Informe Técnico nº 50.

Brasil – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2003) Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 de dez, Seção 1, P. 11.

Brasil – Ministério da Agricultura e do Abastecimento. (2005a) Instrução Normativa nº 16 de 23 de agosto de 2005. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade de bebida láctea. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 de ago, Seção 1, P. 7.

Brasil – Ministério da Agricultura e do Abastecimento. (2005b) Instrução Normativa nº 22, de 24 de novembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para a rotulagem de produto de origem animal embalado. Diário Oficial da república Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 de nov, Seção 1, P. 15.

Brasil – Ministério da Agricultura e do Abastecimento. (2007) Instrução Normativa nº 46 de 23 de outubro de 2007. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade de leites fermentados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 de out, Seção 1, P. 4.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2010) O mercado lácteo brasileiro no contexto mundial. Circular Técnica Embrapa Gado e Leite, 104(1): 1-12.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2014) Panorama do leite. Disponível em: <[http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/975777/1/2\\_01305PanoramaLeite01.pdf](http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/975777/1/2_01305PanoramaLeite01.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2015.

Gfk – Growth from Knowledge. (2014) Liquimetric. Disponível em: <[www.gfkcr.com.br](http://www.gfkcr.com.br)>. Acesso em: 20 jul. 2015.

Guimarães, P. M. R.; Teixeira, J. A.; Domingues, L. (2010) Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorisation of cheese whey. *Biotechnology Advances*, 28(1): 375-384.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2014) Estatística da Produção Pecuária. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos\\_201401\\_publ\\_completa.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201401_publ_completa.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2015.

Instituto Adolfo Lutz. (2008) Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. São Paulo: 1º edição digital.

Marques, A. P. (2012) Desenvolvimento de bebida láctea fermentada à base de soro lácteo e café solúvel com atividade probiótica. Lavras: UFLA, 2012. 111p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras.

Oliveira, V. M. (2006) Formulação de bebida láctea fermentada com diferentes concentrações de soro de queijo, enriquecida com ferro: caracterização físico-química, análises bacteriológicas e sensoriais. Niterói: UFF, 2006. 78p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária) – Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense.

Pereira, G. A. P.; Genaro, P. S.; Pinheiro, M. M.; Szejnfeld, V. L.; Martini, L. A. (2009) Artigo de revisão: cálcio dietético – estratégias para otimizar o consumo. *Revista Brasileira de Reumatologia*, 49(2): 164-180.

Prazeres, A. R.; Carvalho, F.; Rivas, J. (2012) Cheese whey management: A review. *Journal of Environmental Management*, 110(1): 48-68.

Sarno, F.; Claro, R. M.; Levy, R. B.; Bandoni, D. H.; Monteiro, C. A. Estimativa de consumo de sódio pela população brasileira, 2008-2009. *Revista Saúde Pública*, 47(3): 571-578, 2013.

Schimidt, C. A. P.; Pereira, C.; Anjos, G.; Lucas, S. D. M. Formulação e avaliação sensorial hedônica de iogurte com polpa de acerola. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, 1(5): 10-14, 2012.

Tetra Pak. Um ato de equilíbrio global: Dairy Supply Demand. Disponível em : <[www.tetrapak.com/br/MediaBank/Dairy\\_Index\\_2014.pdf](http://www.tetrapak.com/br/MediaBank/Dairy_Index_2014.pdf)>. Acesso em: 19 jun. 2015.

Univates. Banco de Dados Regional (BDR): Perfil socioeconômico do Vale do Taquari. Disponível em: <[http://www.univates.br/files/files/univates/bdr/Perfil\\_VT\\_Setembro\\_2011.pdf](http://www.univates.br/files/files/univates/bdr/Perfil_VT_Setembro_2011.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2015.

# EFEITOS DE CULTURAS LÁCTICAS INICIADORAS NAS CARACTERÍSTICAS DE *CREAM CHEESE* COM RETENÇÃO DE SORO DE QUEIJO

Michele Fangmeier, Grasciele Tamara Kemerich, Camila Dall' Oglia, Paula Regina Mallmann, Cláucia Fernanda Volken de Souza

*Curso de Graduação em Química Industrial – Centro Universitário UNIVATES – Lajeado – RS – Brasil*

**Abstract:** The cream cheese is considered a type creamy cheese with a pleasant flavor, smooth and slightly acidic. The use of whey is a way to avoid the generation of this by-product, and add nutritional value to the product and reduce the cost. The aim of this study was to develop and evaluate the physicochemical and sensory characteristics of cream cheese formulations prepared with retaining generated whey in the coagulation stage of milk proteins and with different types and concentrations of starter lactic cultures. The cream cheese showed good acceptability index in sensory evaluation, indicating potential marketing for developed formulations.

**Resumo:** O cream cheese é considerado um queijo tipo cremoso, com um sabor agradável, suave e levemente ácido. A utilização do soro de queijo é uma forma de evitar a geração deste subproduto, além de agregar valor nutricional ao produto e diminuir o custo. O objetivo desse trabalho foi desenvolver e avaliar as características físico-químicas e sensoriais de formulações de cream cheese elaboradas com retenção de soro de queijo gerado na etapa de coagulação das proteínas do leite e com diferentes tipos e concentrações de culturas lácticas iniciadoras. Os cream cheese apresentaram bom índice de aceitabilidade na avaliação sensorial, indicando potencial de comercialização para as formulações desenvolvidas.

## 1. Introdução

O *cream cheese* é um queijo branco fresco e suave, com alto teor de creme de leite, consistência pastosa e cremosa, massa formada pela nata do leite coalhada sob a ação do calor, se espalha facilmente, sabor suave e ao mesmo tempo levemente acidificado [Furtado et al. 1994]. O *cream cheese* tem obtido espaço crescente no mercado queijeiro brasileiro, tendo um incremento de 28% na produção, entre 2000 e 2004 [Brasil 2004]. No Brasil, o consumo de queijos cremosos de 2001 a 2005 aumentou de 7 para 17%, o que evidencia o interesse do consumidor por este tipo de produto [Bourroul 2006].

Quanto ao processo de produção de *cream cheese*, Alves (2009) adaptou o procedimento descrito por Furtado et al. (1994), no qual o leite foi padronizado a 8% de gordura com creme de leite a 50% de gordura, sendo acrescentados 2% de cultura láctica (mistura de *Lactococcus lactis subsp. lactis* e *Lactococcus lactis subsp. cremoris*) e 0,25% de coalho líquido comercial. A fermentação ocorreu a 25 °C por 18 horas, após o coalho foi cortado para liberação do soro. A coalhada foi lavada e colocada em formas para dessorar, sendo mantida sob refrigeração de 4 °C por 15 horas. Após 20 horas, foram misturados os demais ingredientes: 1% de sal de cozinha, 0,2% ervas finas, 0,1% de sorbato de potássio, 0,005% de nisina, inulina e as culturas lácticas foram adicionadas em diferentes proporções. Já Sá et al. (2008) prepararam a coalhada a partir de leite pasteurizado tipo C, a 42 °C com 0,2% de fermento liofilizado, sendo também realizada a dessoragem e fermentação à temperatura ambiente, após coagulação.

O soro de queijo é um subproduto da fabricação de queijos, que conforme De Wit (2001) possui cor amarelada devido à presença de riboflavina (vitamina B2). Este subproduto representa 85 à 90%



do volume de leite utilizado na fabricação de queijos e retém em torno de 55% dos nutrientes do leite [Condack 1993]. Para produção de 1 kg de queijo tradicional utiliza-se 10 kg de leite, sendo assim obtidos 9 kg de soro de queijo [Tejayadi et al. 1995]. Os seus valores de Demanda Bíoquímica e Química de Oxigênio variam de 27 à 60 kg/m<sup>3</sup> e 50 à 102 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. O potencial de poluição do soro de queijo é maior do que o de um esgoto [Torres 1988], e além dos fatores vinculados a carga de matéria orgânica presente neste subproduto, estão também a presença de sais minerais (0,46 à 10%), como NaCl, KCl, sais de cálcio e fosfatos [Dragone et al. 2009; Venetsaneas et al. 2009]. Também representa riscos de eutrofização atribuídos à presença de nitrogênio (0,2 à 1,76 kg/m<sup>3</sup>) e fósforo (0,124 à 0,54 kg/m<sup>3</sup>) [Apples et al. 2008]. Por outro lado, o soro de queijo possui muitos nutrientes, como lactose (4,5-5% m/v), proteínas solúveis (0,6-0,8% m/v), lípidios (0,4-0,5% m/v) e sais minerais (8-10% de extrato seco), assim como ácido láctico (0,05% m/v) e ácido cítrico, compostos de nitrogênio não-proteico (ureia e ácido úrico) e vitaminas do grupo B [Siso 1996].

As bactérias lácticas são responsáveis pela fermentação láctica [Fordén 2000]. As mais utilizadas e estudadas para fins probióticos são as dos gêneros *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*, as quais atuam sobre substratos que possuem glicídios, como o leite e o soro de queijo, que contêm lactose [Evangelista 2008]. As condições ótimas para multiplicação do gênero *Lactobacillus* são temperaturas de 35-40 °C e valores de pH de 5,5-6,0, e como nutrientes elas utilizam carboidratos, proteínas e respectivos produtos de degradação, vitaminas do complexo B, derivados dos ácidos nucleicos e minerais [Nogueira et al. 2011]. Conforme Watanabe *et al.* (2003), as bifidobactérias vivem bem em meio ácido e produzem tampão acetato que diante de um pH entre 4,6 e 5,8, tem grande poder bacteriostático sobre a *Escherichia coli* e a *Shigella*. Buriti *et al.* (2008) empregaram *Lactobacillus paracasei* e inulina na elaboração de queijo fresco cremoso e não observaram alteração no perfil global de textura desses queijos ao longo do armazenamento, quando comparado ao controle. Alguns autores relatam que a adição destes micro-organismos pode melhorar o sabor, por promover uma acidificação reduzida do produto [Fernandes et al. 2008; Sanz et al. 2003].

Alves *et al.* (2008) avaliaram as características sensoriais de formulações de *cream cheese* contendo diferentes concentrações de inulina como prebiótico, e *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium animalis* como probióticos, e atribuíram a melhora da textura dos *cream cheeses* à adição de *Lactobacillus acidophilus*. Já Aragon-Alegro *et al.* (2007) relatam que a adição do micro-organismo probiótico *Lactobacillus paracasei subsp. paracasei* e inulina, não interferiram na preferência sensorial de mousse de chocolate simbiótico. Assim também, Buriti *et al.* (2008) compararam a preferência entre queijo fresco cremoso probiótico (*Lactobacillus paracasei*), simbiótico (*Lactobacillus paracasei* e inulina) e controle, e observaram que estas adições pouco contribuíram para a escolha dos provadores. Gardiner *et al.* (1998) e Stanton *et al.* (1998) também observaram que o flavor e textura de queijos *Cheddar* contendo culturas de *Lactobacillus* foram semelhantes ao controle.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes culturas lácticas em diferentes concentrações nas características físico-químicas e sensoriais de *cream cheese* elaborados com retenção do soro gerado na etapa de coagulação das proteínas do leite.



## 2. Material e Métodos

### 2.1 Material

O processo de desenvolvimento do *cream cheese* com diferentes concentrações e culturas de micro-organismos foi realizado no Laboratório de Lácteos, Cárneos e Farináceos do Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, RS.

Para elaboração das diferentes formulações foram utilizados: fermento lácteo LYOFAS<sup>T</sup> SAB 440 A (Sacco®, Sindali, Porto Alegre, RS), que contém culturas *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*; fermento lácteo LYOFAS<sup>T</sup> MOS 062 E (Sacco®, Sindali, Porto Alegre, RS) composto pelas culturas *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* e *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*; e fermento lácteo BIO RICH (BioRich®, Chr. Hansen, Dinamarca) a partir das culturas *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* e *Streptococcus thermophilus*.

Também foram utilizados: leite integral (3,0% de gordura) [Santa Rita, Estrela, RS], creme de leite (49,0% de gordura) [Santa Rita, Estrela, RS], leite em pó desnatado [Languiru, Teutônia, RS], cloreto de cálcio [Nuclear, Diadema, SP], inulina [Metachem, Higienópolis, SP], coalho líquido comercial (Ha-La®, Chr. Hansen, Valinhos, SP), sorbato de potássio [VETEC, Rio de Janeiro, RJ], goma xantana [DELAWARE, Porto Alegre, RS], goma guar [Salsul®, Rio Grande, RS] e cloreto de sódio [Salsul®, Rio Grande, RS].

### 2.2 Elaboração do Cream Cheese

Foram elaboradas seis formulações diferentes de *cream cheese* (01A, 01B, 02A, 02B, 03A, 03B), com diferentes culturas lácticas e em diferentes concentrações, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Identificação das formulações de cream cheese com diferentes tipos e concentrações de culturas lácticas

Formulação	Culturas Lácticas		
	Micro-organismos	Concentrações	
		A (% m/m)	B (% m/m)
01	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> e <i>Bifidobacterium animalis</i> ssp. <i>lactis</i> (LYOFAS <sup>T</sup> SAB 440 A)	0,003	0,006
02	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> e <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> (LYOFAS <sup>T</sup> MOS 062 E)	0,003	0,006
03	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Bifidobacterium lactis</i> e <i>Streptococcus thermophilus</i> (BIO RICH)	0,02	0,04

Todas as seis formulações foram preparadas no mesmo dia, sendo elaborados três lotes de cada formulação, totalizando assim 18 amostras. As formulações de cream cheese foram preparadas a partir de 1000 g de leite integral, 8,0% (m/m) de creme de leite e 32,0% (m/m) de leite em pó desnatado. A mistura foi submetida ao aquecimento até atingir a temperatura de 40 °C. Após adicionou-se a cultura de micro-organismos para cada formulação, conforme apresentado na Tabela 1. Adicionou-se também 0,025% (m/m) de cloreto de cálcio e 4,0% (m/m) de inulina. Após homogeneização manual por 5

minutos, a mistura foi colocada em câmara de fermentação [KLIMAPÃO, Venâncio Aires, RS] a 42 °C, sendo adicionado então 0,15% (m/m) de coalho líquido comercial.

A mistura foi mantida em câmara de fermentação por 42 °C, por 4 horas e adicionou-se 0,10% (m/m) de sorbato de potássio, 0,70% (m/m) de goma xantana, 0,7% (m/m) de goma guar e 1,0% (m/m) de cloreto de sódio. Homogeneizou-se em liquidificador [Britânia Diamante] em velocidade alta, por aproximadamente 1 minuto. O produto foi acondicionado em embalagens plásticas, coberto com papel alumínio e armazenado em refrigerador a 5 °C.

## 2.2 Análises físico-químicas

As formulações de *cream cheese* foram analisadas por meio das metodologias oficiais da Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006 [Brasil 2006]: pH por método potenciométrico empregando medidor de pH de bancada [Digimed DM-22, São Paulo, SP] previamente calibrado; teor de lipídios pelo método Schmid-Bondzynski-Ratzlaff; teor de proteínas por meio da determinação do teor de nitrogênio total pelo método de Macro-Kjeldahl; acidez titulável de queijo e atividade de água [AquaLab Lite, Decagon, São José dos Campos, SP].

As análises do teor de umidade foram realizadas em estufa [QUIMIS, Diadema, SP] e do teor de resíduo mineral fixo (cinzas) por incineração em mufla (Marconi MA 385/2, Piracicaba, SP) a 550 °C, sendo realizadas segundo Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz [Instituto Adolfo Lutz 2008].

A análise de cor foi realizada em equipamento Colorímetro (Konica Minolta, CM-5), através dos parâmetros triestímulos de cor Hunter para "L" variam de 0: preto a 100: branco, sendo a variação "+a": vermelho ao "-a": verde, "+b": amarelo ao "-b": azul. Este sistema é baseado em três elementos: a luminosidade ou claridade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade [Hirschler 2002]. Além das formulações desenvolvidas, também foram analisadas amostras comerciais para avaliação da cor. Todas as análises foram realizadas em triplicata, para cada lote produzido.

## 2.3 Análise sensorial

As análises sensoriais foram realizadas com uma equipe formada por 60 provadores, sendo estes não treinados, mediante convite informal. A análise foi realizada com amostras em porções padronizadas (aproximadamente 3 g) e codificadas com três dígitos aleatórios. Junto com as amostras foi servida água à temperatura ambiente para limpeza do palato e a ficha do teste, onde foram avaliados os atributos de aparência, odor, sabor, textura e impressão global do produto através de uma escala estruturada de nove pontos, variando de 1 "desgostei muitíssimo" a 9 "gostei muitíssimo" [Silva 1997].

O índice de aceitabilidade (IA) foi calculado através da expressão matemática:  $IA (\%) = A \times 100 / B$ , onde A é a nota média obtida para o produto e B é a nota máxima dada ao produto. Os provadores também foram questionados quanto à intenção de compra para cada amostra, variando de 1 "certamente não compraria" a 5 "certamente compraria" [Dutcosky 1996; Silva 1996; Silva 1997].

## 2.4 Análise estatística

Os resultados das análises físico-químicas e sensoriais dos *cream cheeses* foram avaliados pela Análise de Variância (ANOVA). As médias foram comparadas entre si pelo Teste de Tukey, sendo o nível de significância utilizado de 5%.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Características físico-químicas

No Brasil não existem padrões de identidade e qualidade estabelecidos, específicos para *cream cheese*. Perante a legislação americana, o *cream cheese* deve conter no mínimo 33% de gordura e no máximo 55% de umidade, porém existem muitas variedades com diferentes teores de matéria-seca e gordura [Furtado et al. 1994]. Já no Canadá a exigência é de no mínimo 30% de gordura, e na França no mínimo 75% de gordura [Sanchez et al. 1995].

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das análises físico-químicas das formulações de *cream cheese*.

Tabela 2 - Resultados físico-químicos médios das amostras de cream cheese com diferentes tipos e concentrações de culturas lácticas

Variáveis	Formulações					
	01 A	01 B	02 A	02 B	03 A	03 B
Umidade (g/100 g)	67,68 ± 0,44ab	69,01 ± 0,27a	66,68 ± 0,42b	69,15 ± 0,21a	66,94 ± 1,65b	67,69 ± 1,10ab
Cinzas (g/100 g)	1,85 ± 0,00b	1,83 ± 0,02b	1,69 ± 0,14c	1,83 ± 0,02b	2,00 ± 0,03 <sup>a</sup>	1,92 ± 0,01ab
Proteína (g/100 g)	5,92 ± 0,20c	6,45 ± 0,04b	6,64 ± 0,06ab	6,01 ± 0,36c	6,82 ± 0,20 <sup>a</sup>	6,97 ± 0,05a
Lipídeos (g/100 g)	10,12 ± 0,03c	9,26 ± 0,05e	10,91 ± 0,08b	9,58 ± 0,07d	9,27 ± 0,05e	11,63 ± 0,12a
Acidez titulável (g de ácido láctico/100 g)	0,23 ± 0,00e	0,22 ± 0,00f	0,25 ± 0,00d	0,27 ± 0,00c	0,32 ± 0,00a	0,32 ± 0,00b
Atividade de água	0,895 ± 0,00d	0,898 ± 0,00c	0,905 ± 0,00b	0,909 ± 0,00a	0,910 ± 0,00a	0,911 ± 0,00a
Extrato seco total (g/100 g)	33,32 ± 1,32 <sup>a</sup>	30,99 ± 0,27b	33,32 ± 0,42 <sup>a</sup>	30,85 ± 0,21b	33,06 ± 1,65ab	32,31 ± 1,10ab
Carboidratos (g/100 g)	14,42 ± 0,53 <sup>a</sup>	13,45 ± 0,26a	14,08 ± 0,35 <sup>a</sup>	13,43 ± 0,55a	14,97 ± 1,85a	11,79 ± 0,97b
Valor calórico (kcal/100 g)	172,48 ± 1,89b	162,98 ± 0,93c	181,11 ± 0,98 <sup>a</sup>	163,98 ± 0,57c	170,60 ± 6,39b	179,71 ± 4,84a
Cor L	88,52	89,20	89,10	89,16	88,71	88,89
Cor a	-0,17	-0,13	-0,31	-0,49	-0,48	-0,56
Cor b	18,64	18,16	17,58	16,86	16,85	16,60

Os resultados expressos foram obtidos através dos resultados das médias de três lotes analisados em triplicata ± desvio padrão.

<sup>abc</sup> Médias com letras diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa entre si ( $p \leq 0,05$ ), conforme resultado do teste de Tukey.



Conforme a Tabela 2, o teor de umidade variou de 66,68 a 69,01% (m/m), não havendo variação significativa entre as formulações 01B e 02B, assim como 02A e 03A. Souza *et al.* (2013) desenvolveram uma sobremesa láctea com soro de queijo e gomas, e obtiveram teores de umidade entre 66,78 a 74,78% (m/m).

Para cinzas, a variação foi significativa entre as amostras, de 1,69 a 2,00% (m/m), valores semelhantes aos relatados por Sainani *et al.* (2004), na sua pesquisa sobre caracterização de partículas de *cream cheese*.

O teor proteico apresentou variação significativa entre as formulações, variando de 5,92 a 6,97% (m/m). Observaram-se teores mais elevados de proteínas nas formulações 03A e 03B, que não variaram significativamente entre si. Segundo Bergamini *et al.* (2005), as bactérias ácido-lácticas e os *Lactobacillus* possuem um complexo sistema de proteinases e peptidases que liberam aminoácidos livres, aminas e peptídeos, provavelmente tal característica pode ter influenciado nas variações de teor proteico entre as formulações de *cream cheese*. Alves (2009) encontrou teores proteicos entre 4,32 a 8,47% para *cream cheeses* comerciais. Alves *et al.* (2008) encontraram teores de proteína entre 7,05 a 7,81% (m/m) para *cream cheeses* potencialmente simbióticos. Essas variações são consequência das concentrações de leite e derivados utilizadas para o desenvolvimento das formulações de *cream cheese* [Mattana 2008].

O teor de lipídeos variou de 9,26 a 11,63% (m/m), variando significativamente entre si, enquanto a composição média de gordura relatada por Furtado e Lourenço (1994) para este produto é de 27 a 29%. Sá *et al.* (2008) encontraram em suas amostras o teor médio de lipídeos de 13%, estando próximos aos resultados obtidos no presente trabalho, conforme Tabela 2. A retenção do soro de queijo pode ter influenciado no baixo teor de lipídeos encontrados, visto que Cunha *et al.* (2009) observaram a diminuição do teor de lipídeos à medida que foram empregadas maiores proporções de soro.

O teor de acidez em ácido láctico variou entre 0,22 a 0,32% (m/m), apresentando variação significativa entre todas as amostras. As amostras 03A e 03B produzidas com as culturas *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium lactis* apresentaram acidez mais elevada. Macedo *et al.* (2008) desenvolveram uma pesquisa sobre o crescimento e viabilidade de *Bifidobacterium spp.* e *Lactobacillus spp.* em leite, e observaram que a maior produção de acidez ocorreu com *Lactobacillus acidophilus* que, com 46 dias de estocagem, atingiu 1,64% de acidez e pH 3,53. Concluíram com a sua pesquisa que a constante produção de ácidos, ou seja, a pós-acidificação, foi principalmente observada para as linhagens de lactobacilos, enquanto que as linhagens de bifidobactérias apresentaram menor capacidade de pós-acidificação.

As formulações apresentaram valores entre 0,895 a 0,911 para atividade de água, apresentando diferença significativa entre algumas formulações. Conforme Ferreira Neto *et al.* (2005), a maioria dos micro-organismos cresce em meios com atividade de água superior a 0,9. Portanto, o *cream cheese* é considerado um produto bastante perecível. Faz-se necessário a utilização de conservantes neste produto, sendo que nas formulações optou-se pela adição de sorbato de potássio.

Os valores de carboidratos variaram entre 11,79 a 14,97% (m/m), sendo que apenas o teor da amostra 03B diferiu significativamente das demais. No trabalho de Cunha *et al.* (2009) os valores de carboidrato diminuíram nas bebidas lácteas, conforme aumentava a concentração de soro de queijo. Neste trabalho, utilizou-se a inulina que é um prebiótico, ou seja, um carboidrato não-digerível que é assimilado pelas bactérias benéficas do cólon que são capazes de fermentar, o que pode ter contribuído para estes teores de carboidratos [Cummingns *et al.* 2002].



A cor é o primeiro critério utilizado na aceitação ou rejeição do produto pelo consumidor, por isso, na indústria de alimentos a cor é um atributo importante [Batista 1994]. Se a cor for atraente, dificilmente o alimento não será ingerido ou, pelo menos, provado [Silva et al. 2000]. Nas formulações, o parâmetro L variou de 88,52 a 89,20, estando assim mais próxima do branco, sendo que para os *cream cheese* comerciais os valores encontrados variaram de 90,31 a 92,43. O parâmetro a variou de -0,13 a -0,56. Já o valor b variou de 16,60 a 18,64, tendendo para o amarelo, estando muito próximo aos comerciais, entre 18,47 e 14,56.

### 3.2 Características sensoriais

Os resultados da análise sensorial são apresentados na Tabela 3. A análise foi realizada com 60 provadores não treinados, sendo destes 55% mulheres e 45% homens, onde 85% tinham 35 anos ou menos e os outros 15% possuíam 36 anos ou mais.

Tabela 3 - Resultados da avaliação sensorial das amostras de *cream cheese* com diferentes tipos e concentrações de culturas lácticas

Atributo	Formulações					
	01 A	01 B	02 A	02 B	03 A	03 B
Aparência	6,62± 1,51b	7,28± 1,04a	6,90± 1,42ab	6,75± 1,30ab	6,77± 1,47ab	7,25± 1,35a
Odor	6,70± 1,65a	6,72± 1,43a	6,60± 1,69 <sup>a</sup>	6,53± 1,79a	6,58± 1,49a	7,00± 1,47a
Sabor	6,08± 1,74a	6,80± 1,56ab	6,60± 1,64ab	6,43± 1,84ab	6,27± 1,74b	7,17± 1,44a
Textura	6,80± 1,46b	7,23± 1,13ab	7,10± 1,37ab	6,83± 1,58b	6,65± 1,57b	7,45± 1,37a
Impressão Global	6,63± 1,66b	7,12± 1,18ab	6,88± 1,40ab	6,85± 1,32ab	6,65± 1,49b	7,37± 1,22a

Resultados expressos pela média das notas + desvio padrão.

ab: Resultados na mesma linha com diferentes expoentes diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ), conforme o Teste de Tukey.

Embora tenham sido utilizadas diferentes tipos e concentrações de culturas lácticas na preparação das formulações de *cream cheese*, não foram detectadas diferenças estatísticas pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para a maioria dos parâmetros avaliados. Alves (2008) também teve resultados muito próximos, e relacionou a falta de distinção entre os tratamentos, à falta do hábito de consumo de *cream cheese*. Buriti *et al.* (2008) ao comparar a preferência entre queijo fresco cremoso probiótico (*Lactobacillus paracasei*), simbiótico (*Lactobacillus paracasei* e inulina) e controle, observaram que este atributo pouco contribuiu para a escolha dos provadores.

A maior média para todos os atributos foi obtida pela amostra 03B, contendo a cultura *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium lactis*. Para as amostras 01 e 03 as maiores notas para todos os atributos foram atribuídas à formulação B, ou seja, com maior quantidade de cultura de micro-organismos, e estas formulações não apresentaram diferença significativa entre si para todos os atributos sensoriais.

Já para amostra 02, as maiores notas foram atribuídas para formulação A, com menor quantidade de cultura de micro-organismos. Estes resultados contradizem os fornecedores que indicam as culturas utilizadas nas formulações 01 e 03, para aplicação em leites fermentados e iogurtes de sabor suave e de consistência e viscosidade baixa. Já a cultura utilizada na formulação 02, é indicada para aplicação em queijos frescos e moles, semiduros de textura fechada e de sabor suave.

O parâmetro odor não apresentou diferença significativa entre as amostras. Os *Lactobacillus* spp. são considerados micro-organismos proteolíticos, que favorecem as características sensoriais, em especial o odor [Ong et al. 2007].

O melhor índice médio de aceitabilidade para impressão global foi de 81,85% para amostra 03B, seguido de 79,07% para amostra 01B. O menor índice de aceitabilidade para impressão global foi atribuído para amostra 01A, com 73,70%. Segundo Baúl *et al.* (2010), para que um produto seja aceito comercialmente, deve apresentar índice de aceitação superior a 70%. Logo, todas as formulações apresentaram mais de 74% de aceitabilidade.

Em relação à intenção de compra, as amostras com maior frequência de intenção de compra positiva foram 01B (89%) e 03B (87%), (“certamente compraria”, “possivelmente compraria” e “talvez compraria/ talvez não compraria”), porém 39% dos entrevistados “certamente comprariam” a amostra 03B, já para amostra 01B, 30% dos entrevistados “certamente comprariam” o produto.

#### 4. Conclusão

Esta pesquisa demonstrou a possibilidade de elaboração de *cream cheese* com diferentes culturas lácticas e em diferentes concentrações, obtendo assim um produto com teor de lipídeos e acidez reduzidos. O produto teve bom índice de aceitabilidade sensorial, destacando-se as amostras 01B (79,07%) e 03B (81,85%). Em relação à intenção de compra, as amostras com maior frequência de intenção de compra positiva também foram 01B (89%) e 03B (87%). A elaboração de *cream cheese* com retenção de soro de queijo também é uma proposta atrativa e viável para comercialização, possibilitando uma alternativa para as indústrias de laticínios, sob o ponto de vista tecnológico e ambiental.

#### 5. Referências

Alves, L. L. (2009) Desenvolvimento de *Cream Cheese* simbiótico: caracterização e perfil lipídico com ênfase em ácido linoleico conjugado. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS.

Alves, L. L., Mattanna, P., Becker, L. V.; Richards, N. S. P. S., Andrade, D. F. (2008) Avaliação sensorial de *cream cheeses* potencialmente simbióticos utilizando a metodologia de superfície de resposta. Rev. Alim. Nutr., Araraquara, v.19, n.4, p. 409-416.

Apples, L., Baeyens, J., Degrève, J., Dewil, R. (2008) Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. Prog. Energy Combust. Sci. v.34,n.6, p.755-781.

Aragon-Alegro, L. C. et al. (2007) Potentially probiotic and symbiotic chocolate mousse. LWT- Food Sci. Technol., v.40, n.4, p.669-675.

Batista, C. L. L. C. (1994) Produção e avaliação da estabilidade de corante hidrossolúvel de urucum. 1. ed. UFLA. p.71. Brasil.

Bergamini, C. V. et al. (2005) Probiotic bacteria as adjunct starters: influence of the addition methodology on their survival in a semi-hard Argentinean cheese. Food Res. Int., v. 38, n. 5, p. 597-604.

Bourroul, G. (2006) O potencial da cadeia láctea brasileira. *Revista Leite e Derivados*, p. 36-66.

Brasil. (2004) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Gado de Leite. Produção brasileira de queijo 1991/1995/2000/2004. Tabela 04.24. Disponível em: <http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/industria/tabela0424.ph>. Acesso em: 8 ago. 2015.

Brasil. (2006) Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006. Oficializa Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para controle de leite e produtos Lácteos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília.

Buriti, F. C. A., Komatsu, T. R.; Saad, S. M. I. (2008) Inovação, persistência e criatividade superando barreiras no desenvolvimento de alimentos probióticos. *Rev. Bras. Cienc. Farm.*, v.44, n.3, p. 329-347. São Paulo. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-93322008000300003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-93322008000300003)>. (Acessado em: 24 jun. 2014).

Condack, J. (1993) Ultrafiltração do soro de queijo: parâmetros operacionais e utilização do concentrado protéico na fabricação de requeijão cremoso. Tese de mestrado - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa - MG.

Cummings, J. H., Macfarlane, G. T. (2002) Gastrointestinal effects of prebiotics. *Br. J. Nutr.*, Wallingford, v.87, suppl. 2, p.145-151.

Cunha, T. M. et al. (2009) A influência do uso de soro de queijo e bactérias probióticas nas propriedades de bebidas lácteas fermentadas. *Braz. J. Food Technol.*, v.12, n.1, p. 23-33.

De Wit, J. N. (2001) *Lecturer's Handbook on Whey and Whey Products*. European Whey Products Association, Brussels: Belgium. 1 ed. p. 91.

Dragone, G. et al. (2009) Characterisation of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. *Braz. J. Food Technol.*, VII BMCFB, p. 121-124.

Dutcosky, S. D. (1996) *Análise sensorial de alimentos*. Curitiba: Ed. DA Champagnat, p. 123.

Evangelista, J. (2008) *Tecnologia de alimentos*. São Paulo: Editora Atheneu.

Fernandes, C. E. et al. (2008) Probióticos: aspectos fisiológicos, terapêuticos e tecnológicos. *Hig. Alim.*, v.22, n.163, p.16-21.

Ferreira Neto, C. J. et al. (2005) Avaliação sensorial e da atividade de água em farinha de mandioca temperada. *Revista Ciênc. Agrotec, Lavras*, v.29, n.4, p. 795-802.

Furtado, M. M., Lourenço, N. J. P. M. (1994) *Tecnologia de queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos*. São Paulo: Dipemar, p.30-32.

Gardiner, G. et al. (1998) Development of a probiotic Cheddar cheese containing human-derived *Lactobacillus paracasei* strains. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.64, p. 2192-2199.

Hirschler, R. (2002) *Colorimetria Aplicada na Indústria Têxtil – Apostila*. Rio de Janeiro: FaSeC – Faculdade SENAI/CETIQT.

Instituto Adolfo Lutz. (2008) *Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. 4.ed. São Paulo.

Macedo, L. N. et al. (2008) Efeito prebiótico do mel sobre o crescimento e viabilidade de *Bifidobacterium spp.* e *Lactobacillus spp.* em leite. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n.4, p. 935-942.

Mattanna, P. et al. (2008) Avaliação sensorial de cream cheeses potencialmente simbióticos utilizando a metodologia de superfície de resposta. *Alimentos e Nutrição, Araraquara*, v.19, n.4, p. 409-416.

Nogueira, J. C. R., Gonçalves, M. C. R. (2011) Probióticos – Revisão da Literatura. Revista Brasileira de Ciências da Saúde. v. 15, n. 4, p. 487-492.

Ong, L. et al. (2007) Chemical analysis and sensory evaluation of Cheddar cheese produced with *Lactobacillus acidophilus*, *Lb. casei*, *Lb. paracasei* or *Bifidobacterium sp.* Int. Dairy J., v.17, n.8, p.937-345.

Sá, E. M. F. et al. (2008) Perfil reológico de queijo cremoso elaborado com soro de leite: influência de diferentes combinações de polissacarídeos. Revista Instituto Cândido Tostes, n. 363, v.63, p. 3-11.

Sainani, M. R. et al. (2004) Characterization of particles in cream cheese. J. Dairy Sci., v.87, n.9, p. 2854-2863.

Sanchez, C. et al. (1995) Effects of processing on rheology and structure of double cream cheese. Food Research International, v.28, n.6, p.547-552.

Sanz, Y. et al. (2003) Probióticos: criterios de calidad y orientaciones para el consumo. Acta Pediatr. Esp., v.61, n.9, p.476-482.

Silva, J. H. V. et al. (2000) Efeito do extrato de urucum na pigmentação da gema dos ovos. Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, p.1435-1439.

Silva, M. A. A. P. (1997) Métodos de avaliação sensorial de alimentos. Apostila: Escola de Extensão da UNICAMP. p.71.

Silva, R. F. (1996) Use of inulin as a natural texture modifier. Cereal Foods World. St. Paul. v.41, n.10, p.792-795.

Siso, M. I. G. (1996) The biotechnological utilization of cheese whey: a review. BioresTechnol. v.57, n.1, p.1-11.

Stanton, C. et al. (1998) Probiotic cheese. Int. Dairy J., v.8, n.5-6, p.491-496.

Souza, J. et al. (2013) Desenvolvimento, parâmetros físico-químicos e avaliação sensorial de sobremesas lácteas elaboradas com soro de queijo e gomas. Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, v. 68, n. 393, p. 16-25.

Tejayadi, S., Cheryan, M. (1995) Original paper: lactic acid from cheese whey permeate. Productivity and economics of a continuous membrane bioreactor. Appl. Microbiol. Biotechnol. v.43, n.2, p.242-248.

Torres, C. C. (1988) Bebidas à base de soro de queijo: caracterização físico-química, microbiológica e sensorial. Tese mestrado - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. p.87-97.

Venetsaneas, N. et al. (2009) Using cheese whey for hydrogen and methane generation in a two-stage continuous process with alternative pH controlling approaches. Bioresour. Technol. v. 100, n. 15, p. 3713-3717.

Watanabe, S. et al. (2003) Differences in fecal microflora between patients with atopic dermatitis and healthy control subjects. J Allergy ClinImmunol. v.11, n.3, p.587-91.



## AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE *CREAM CHEESES* COMERCIAIS

Grasciele Tamara Kemerich<sup>1</sup>, Michele Fangmeier<sup>1</sup>, Claucia Fernanda Volken de Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Curso de Graduação em Química Industrial – Centro Universitário UNIVATES – Lajeado – RS – Brasil

*grascytmara@yahoo.com.br; michi\_fangmeier@yahoo.com.br; claucia@univates.br*

**Abstract:** Cream cheese is a fresh unripened cheese, slightly acidic and brittle consistency. The objective of this study was to evaluate the physical-chemical parameters of cream cheese samples commercialized in the region of Taquari Valley, RS. They were collected in local markets two lots of four different samples, differing from each other in relation to hydrocolloids. All analyzed parameters showed similar results to product labels. The results on the physicochemical analysis allowed to assess the quality control to keep the characteristics of the product produced in all lots.

**Resumo:** Cream cheese é um queijo fresco não curado, levemente ácido e de consistência frágil. O objetivo desse trabalho foi avaliar os parâmetros físico-químicos de amostras de cream cheese comercializadas na Região do Vale do Taquari, RS. Foram coletados em mercados locais dois lotes de quatro amostras diferentes, diferindo entre si em relação aos hidrocolóides. Todos os parâmetros analisados apresentaram resultados semelhantes aos rótulos dos produtos. Os resultados obtidos nas análises físico-químicas permitiram avaliar o controle de qualidade visando manter as características do produto em todos os lotes produzidos.

### 1. Introdução

O queijo é elaborado por meio da coagulação das proteínas do leite pela acidificação com cultura bacteriana e/ou ação de enzimas proteolíticas. Há variações no processo de fabricação do produto, tais como o emprego de diferentes tipos de leite, técnicas de processamento, e períodos de maturação. Do ponto de vista tecnológico o queijo é um concentrado proteico-gorduroso, com o aprisionamento da gordura e os sais em suspensão. É constituído de proteínas, lipídios, carboidratos, sais minerais, cálcio, fósforo e vitaminas, sendo um dos alimentos mais nutritivos [Perry 2004].

O *cream cheese* é um queijo fresco não curado, fabricado pela coagulação do leite, creme de leite ou soro de queijo, utilizando um coagulante. No processo de fabricação do *cream cheese* a mistura do creme é padronizada em 8 a 14% de gordura. O leite é pasteurizado e em seguida a mistura é homogeneizada, sendo incubada com uma cultura *starter*, devendo atingir um pH entre 4,5 a 4,8. Após é realizada a retirada do soro, gerando a coalhada. Essa etapa é importante para a qualidade do produto, pois influencia no teor de umidade do *cream cheese*. O cloreto de sódio e estabilizante são adicionados à massa [Phandungath 2005]. Heller et al. (2003) descreveram que o *cream cheese* é obtido a partir da homogeneização de uma base de queijo fresco com outros ingredientes, incluindo gomas e hidrocolóides, sal e outros temperos.

O produto apresenta as seguintes características: creme branco, levemente ácido e consistência frágil, podendo ser consumido logo após a produção [Collins e Senge 2004]. O interesse do consumidor brasileiro por esse tipo de produto teve um aumento de 10% entre os anos de 2001 a 2005 [Bourroul 2006]. Conforme Franco et al. (2005) e Prudêncio et al. (2006), as características funcionais, sensoriais e nutricionais apresentadas pelos queijos cremosos levam este produto a ser cada vez mais consumido.

Kosikowski e Mistry (1997) classificaram o *cream cheese* como uma variedade de coagulado ácido que tem uma incomum microestrutura devido ao seu método de fabricação peculiar. Este queijo de pasta mole estruturalmente diferente de outros queijos, com maior proporção de gordura e teor de umidade, e com a falta de matriz protéica compacta, possui glóbulos de gordura aglomerados e intercalados dentro das proteínas do leite [Kalab 1993; Laverse et al. 2011]. Roland et al. (1999) definiram a consistência do *cream cheese* como viscoelástica. Sainani et al. (2004) afirmam que o *cream cheese* deve possuir uma superfície lisa, pois uma textura granulada é considerada defeito. A firmeza e a espalhabilidade são atributos funcionais importantes para este produto, pois estão diretamente relacionadas com a aceitação do consumidor [Fox et al. 2000].

Santini et al. (2012) desenvolveram e caracterizaram um *cream cheese* com sabor de tomate seco com adição de micro-organismos probióticos. Foram elaborados um *cream cheese* probiótico adicionado de 2% do micro-organismo *Lactobacillus paracasei* e outro *cream cheese* controle sem a adição de micro-organismos probióticos. Foram utilizados para desenvolvimento dos produtos: leite desnatado aquecido a 37 °C, 0,25% (m/v) de cloreto de cálcio, 1% de fermento (*Lactococcus lactis subsp. lactis* e *L. lactis subsp. cremoris*), sendo que neste momento foi adicionada a cultura probiótica de *L. paracasei*. Procederam então a homogeneização e adição de 0,05% (m/v) de coalho comercial. Após a formação da coalhada, entre o pH 5,6-5,8, ocorreu o corte e o soro foi separado. Em seguida a coalhada foi homogeneizada com 29,6% de creme de leite pasteurizado (20% de gordura), 0,5% goma xantana, 18,4% de fatias de tomate seco e 1,5% de cloreto de sódio. Após, o produto foi embalado e refrigerado. Os teores de proteínas, gorduras, carboidratos, cinzas e umidade foram semelhantes ( $p > 0,05$ ) para os queijos controle e com cultura probiótica.

Monteiro et al. (2009) desenvolveram formulações de *cream cheese* com o objetivo de avaliar a sua microestrutura. Inicialmente 100 litros de creme de leite (13,5% de gordura) homogeneizados a 50 °C foram submetidos a tratamento térmico a 75 °C durante 30 minutos. Após foi resfriado e mantido durante 8 horas a 3 °C. Novamente foi aquecido, porém a 30 °C, inoculado com 10% (v/v) de cultura láctica e incubado a 30 °C até pH 4,80, o que levou cerca de 4 horas. Posteriormente, o creme coagulado foi dividido e aquecido a 54 °C, com agitação suave. A mistura ainda quente foi transferida para sacos de pano para dessoragem por aproximadamente 12 horas a 5 °C. Após, a coalhada drenada foi aquecida a 50 °C, misturada com cloreto de sódio (NaCl) (1,0% m/m), sorbato de potássio ( $C_6H_7KO_2$ ) (0,1% m/m) e goma (0,35% m/m), e então, aquecida novamente a 75 °C por 30 minutos, homogeneizada, embalada e armazenada a 5 °C.

Outras pesquisas sobre a elaboração e caracterização de *cream cheese* foram realizadas por Alves et al. (2013) e Buriti et al. (2007), nas quais desenvolveram *cream cheese* utilizando probióticos e prebióticos, que foram armazenados durante 45 e 21 dias, respectivamente. Buriti et al. (2008) desenvolveram queijo fresco cremoso adicionando culturas probióticas com e sem adição de inulina, avaliando sua textura e características sensoriais. Alves et al. (2011) verificaram a produção de ácido linoléico conjugado em *cream cheeses* adicionando diferentes concentrações de probióticos e inulina como prebiótico. Janhojet al. (2009) estudaram o desenvolvimento de *cream cheese* com diferentes teores de gordura, pH e sal, verificando a sua cremosidade e características sensoriais. Miri e Najafi (2011) verificaram a influência de enzimas modificadas e o teor de gordura nas propriedades sensoriais e de textura de *cream cheese*. Sá et al. (2008) estudaram a influência de polissacarídeos em queijos cremosos elaborados com soro de queijo, sendo a coalhada elaborada com leite pasteurizado com

dessoragem. Westermann et al. (2009) estudaram a influência da luz nos radicais livres de *cream cheese*, e para isso utilizaram amostras da marca Arla Foods (Viby J, Dinamarca) com 26 e 17% de gorduras, e 7,5 e 11% de proteínas, respectivamente.

Conforme o Codex Stan 275-1973, o *cream cheese* contém mais de 60% de matéria seca de lípidos e cerca de 65 a 80% de umidade. A legislação americana preconiza o teor mínimo de 33% de gordura e no máximo 55% de umidade [Furtado e Lourenço 1994]. Já no Canadá os padrões estabelecem 30% de gordura, enquanto que na França é comum encontrar *cream cheese* com no mínimo 75% de gordura [Sanchez et al. 1995]. No Brasil, ainda não existe uma legislação que determine os padrões de identidade e qualidade específicos para *cream cheese*, sendo adotados os padrões do Codex.

A qualidade é um fator necessário a ser alcançado em todos os processos das organizações, sendo responsável pelo aperfeiçoamento contínuo, além de assegurar a condição para se manter no mercado. A qualidade de um produto na qual seu ramo se destina, pode ser garantida por muitos métodos, resumindo-se na aplicação de tecnologias seguras às matérias-primas de boa qualidade. O monitoramento das características de produtos e processos pode ser implementado por meio de muitas ferramentas analíticas, entre as quais os métodos físico-químicos destacam-se como rápidos e objetivos [Bertolino 2010].

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar as características físico-químicas de *cream cheeses* comerciais adquiridos nos mercados locais da cidade de Lajeado/RS, e comparar com os valores descritos nos rótulos dos produtos.

## 2. Material e Métodos

As amostras comerciais de *cream cheese* foram selecionadas representando as marcas mais comercializadas nos mercados locais, sendo três marcas escolhidas de *cream cheese*, sendo uma marca o produto do tipo tradicional e também do tipo *light*, totalizando quatro produtos diferentes, e dois lotes de cada amostra, foram adquiridas nos mercados locais da cidade de Lajeado, Rio Grande do Sul. As amostras do tipo tradicional foram identificadas pelas letras A, B, e C. A amostra de *cream cheese* do tipo *light* foi identificada pela letra D.

As análises físico-químicas foram realizadas em duplicata, conforme as metodologias descritas na Instrução Normativa Nº 68 [BRASIL 2006] e na AOAC [AOAC 2005]: gorduras pelo método de Roes-Gottlieb; cinzas pelo método de incineração em mufla a 550 °C; proteínas por meio da determinação do teor de nitrogênio total pelo Método de micro Kjeldahl e conversão em proteína bruta pelo fator 6,38; acidez (expressa em % de ácido lático) pelo método de titulação ácido-base; pH pelo método potenciométrico utilizando o pHmetro digital (Digimed DM-22); umidade por secagem em estufa a 102 °C e atividade de água por meio do equipamento Aqualab da marca Decagon. O teor de carboidratos foi determinado pelo cálculo da diferença entre 100 gramas de amostra e a somatória total dos valores encontrados para umidade, gorduras, proteínas e cinzas. O valor energético em 100 g de *cream cheese* foi calculado pela soma dos resultados da multiplicação das porcentagens de proteínas, carboidratos e gorduras pelos seus respectivos fatores de conversão (4, 4 e 9 kcal/g), conforme Resolução nº 360, de 23 de dezembro de 2003 da Agência Nacional da Vigilância Sanitária [Brasil 2003]. A cor foi avaliada através do instrumento de medição de cor Spectrophotometer CM-5 da Konica Minolta, que possui o sistema de iluminação por reflectância, com comprimento de onda de 360 a 740 nm, e com flash de xenônio.



### 3. Resultados e Discussão

Os *cream cheeses* comerciais diferiram entre si em relação aos ingredientes apresentados no rótulo. Considerando a adição de hidrocolóides, a amostra A utilizou goma jataí, a amostra B as gomas jataí e carragena, a amostra C as gomas guar e alfarroba e a amostra D as gomas carragena, alfarroba e guar e carboximetilcelulose. Os hidrocolóides ou gomas são aditivos alimentares utilizados em produtos como espessantes, estabilizantes, incorporadores, conferindo viscosidade, elasticidade e a textura adequada ao produto. Podem ser utilizadas como substituintes de gordura, contribuindo para o sabor, aparência e aroma [Maruyama 2006].

A Tabela 1 apresenta os valores de alguns parâmetros de composição centesimal declarados nos rótulos das quatro amostras de *cream cheese* adquiridas no comércio da Região do Vale do Taquari, RS.

Tabela 1 - Composição centesimal declarada nos rótulos das quatro amostras comerciais de *cream cheese*

Parâmetros (%)	A	B	C	D
Carboidratos	4,67	3,66	2,33	3,33
Proteína	6,00	5,33	5,33	7,33
Gordura	25,67	27,00	23,67	18,33

Fonte: Dos autores.

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises físico-químicas realizadas nas quatro amostras de *cream cheese* adquiridas no comércio da Região do Vale do Taquari, RS.

Todos os parâmetros analisados dos dois lotes de cada amostra de *cream cheese* apresentaram resultados semelhantes, indicando um adequado controle de qualidade do processo das indústrias, o que possibilita a elaboração de produtos de características constantes.

Os teores de umidade das amostras de *cream cheese* variaram entre 61,27 a 68,58%. O elevado teor de umidade é uma característica dos queijos cremosos. A umidade de um produto influencia na atividade de água e nas ações metabólicas dos micro-organismos ao longo de seu armazenamento. Alves et al. (2008) encontraram resultados similares para *cream cheeses* simbióticos, entre 60,54±0,29% a 66,56±0,21%. Monteiro et al. (2009) obtiveram teores mais baixos de umidade, aproximadamente 51%, em seu trabalho que visou caracterizar a microestrutura de *cream cheese*. Conforme Phadungath (2005), a etapa de drenagem para remoção do soro no processo de fabricação do queijo cremoso permite que o produto atinja o padrão de umidade desejado. O uso da centrífuga possibilita que o soro seja separado da coalhada quente sob condições assépticas.

Para amostras de *cream cheese* com teor de gordura entre 20,0 a 33,0% o percentual máximo de umidade deve ser de 65,0%. Assim, as amostras A e B estão de acordo com a especificação do teor de umidade, porém a amostra C obteve um teor superior, de 66,90 e 66,94% para os dois lotes analisados. Para amostras de *cream cheese* com teor de gordura entre 16,5 a 20,0% o teor máximo de umidade deve ser de 70,0%. Assim, a amostra D (tipo *light*) está de acordo com esse parâmetro [USDA 1994].

Tabela 2 - Resultados das análises físico-químicas das quatro amostras comerciais de *cream cheese*

Parâmetros	<i>Cream cheeses</i> comerciais							
	A (lote 1)	A (lote 2)	B (lote 1)	B (lote 2)	C (lote 1)	C (lote 2)	D (lote 1)	D (lote 2)



Umidade (%)	62,01	61,95	61,27	61,36	66,94	66,90	68,52	68,58
Gordura (%)	26,20	26,23	27,93	27,85	24,84	24,75	17,94	17,90
Cinzas (%)	1,44	1,43	1,56	1,56	1,34	1,32	1,53	1,52
Proteína (%)	5,50	5,45	5,34	5,38	4,86	4,88	7,48	7,51
Acidez (% ácido láctico)	0,56	0,56	0,56	0,57	0,60	0,59	0,58	0,57
pH	5,20	5,21	5,16	5,16	4,84	4,87	4,80	4,82
Atividade de água	0,914	0,915	0,920	0,922	0,938	0,935	0,935	0,932
Carboidratos (%)	4,85	4,94	3,90	3,85	2,02	2,15	4,53	4,49
Valor energético (Kcal)	277,20	277,63	288,33	287,57	251,08	250,87	209,50	209,10

Fonte: Dos autores.

Os teores de gordura variaram entre as amostras A, B e C de 24,75 a 27,93% e para a amostra D foi de 17,90 e 17,94% para cada um dos lotes analisados. Alves et al. (2013) encontraram teores de gordura variando de 21,01 a 26,69%. Reis et al. (2012) avaliaram as características antioxidantes e antifúngicas de *cream cheese* incorporado com o cogumelo *Agaricus bohusii* e encontraram teor de 23,5% de gordura, e observaram que os ácidos graxos poli-insaturados predominavam em relação aos saturados e monoinsaturados. Os resultados do teor de gordura das amostras comercializadas na Região do Vale do Taquari, RS estão de acordo com as referências informadas e com os valores estabelecidos por *United States Department of Agriculture (USDA)* [USDA 1994]. As amostras A, B, C e D apresentavam no rótulo (Tabela 1) valores de gordura de 25,67; 27,00; 23,67 e 18,33%, respectivamente, sendo esses teores semelhantes aos determinados experimentalmente nas amostras de *cream cheeses*.

Em relação aos teores de cinzas das amostras de *cream cheese* foram verificados valores entre 1,32 a 1,56%. Monteiro et al. (2009) avaliaram o efeito do pH na microestrutura de *cream cheeses* e caracterizaram os produtos, encontrando valor de 1,59% para o teor de cinzas. Alves et al. (2008) determinaram uma variação de 1,45 a 1,64% para o teor de cinzas, sendo esses teores semelhantes aos encontrados no presente trabalho para as amostras de *cream cheese* comercializadas na Região do Vale do Taquari, RS. Zulkurnain et al. (2008) desenvolveram *cream cheese* a base de soja, sendo que para as amostras com pectina e maltodextrina encontraram 5,85 e 5,43% de cinzas, respectivamente, e para amostra comercial encontraram 1,55%.

Para os teores de proteínas das amostras de *cream cheese* foram obtidos valores entre 4,86 a 7,51%. Alves et al. (2008) obtiveram valores entre 7,05 a 7,81% e Monteiro et al. (2009) encontraram 7,85% de proteínas. Com base nos resultados de gorduras e proteínas apresentados na Tabela 2 é possível correlacionar que há uma relação inversa entre os teores desses componentes nas amostras de *cream cheese*. A amostra D com baixo teor de gordura (17,90%) apresentou o teor mais elevado de proteína (7,51%), enquanto que as demais amostras apresentaram gordura superior a 24,75% e proteína inferior a 5,50%. Conforme apresentado na Tabela 1, constam nos rótulos das amostras A e C valores de 6,00% e 5,33% de proteínas, respectivamente, portanto os valores encontrados nas amostras

analisadas no presente trabalho foram um pouco inferiores. No rótulo da amostra B consta o teor de proteínas de 5,33%, valor semelhante aos verificados nos dois lotes analisados. A amostra D, com valor informado no rótulo de 7,33% para proteínas, apresentou valores um pouco superiores, conforme apresentado na Tabela 2.

Os teores de acidez das amostras de *cream cheese* comercializadas na região do Vale do Taquari, RS variaram entre 0,56 a 0,60% de ácido láctico. Esses valores são inferiores aos obtidos por Buriti (2005), que encontrou resultados de acidez no primeiro dia de armazenamento entre 0,80 a 0,91% para os *cream cheese* elaborados. Provavelmente essa diferença está relacionada ao processo de fermentação, tais como tipo e quantidade de cultura iniciadora empregada e tempo de fermentação.

Quanto aos valores obtidos para os pHs dos *cream cheese* comercializados na região do Vale do Taquari, RS, as amostras A e B apresentaram valores acima do pH indicado por Phadungath (2005). Já as amostras C e D apresentaram valores próximos ao descrito pelo autor. Uma das principais características do *cream cheese* é o sabor levemente ácido, que é atingido com um pH de 4,5 a 4,8. A acidificação ocorre através da fermentação da lactose pelas bactérias lácticas da cultura iniciadora que produzem ácido láctico, e em pH maior que 4,7 a textura do produto é macia e o *cream cheese* não apresenta o sabor ácido adequado. Nos produtos elaborados por Janhoj (2009), os pHs ficaram entre 4,4 e 5,0. Buriti et al. (2007) obtiveram resultados de pH em seus *cream cheeses* entre 4,85 a 5,05. Alves et al. (2013) elaboraram *cream cheese* com pHs de 4,6, e após dessoragem o produto foi armazenado durante 45 dias, período no qual o pH atingiu valores entre 4,46 a 4,63.

A atividade de água de todas as amostras, conforme apresentado na Tabela 2, foi superior a 0,9, o que evidencia que é um produto altamente perecível, conforme já apresentado por Buriti et al. (2007), que encontraram valores de atividade de água entre 0,979 e 0,980 no primeiro dia, e após 21 dias de armazenamento entre 0,976 e 0,978 para os *cream cheeses* elaborados.

Em relação aos teores de carboidratos apresentados nos rótulos das amostras A (4,67%), B (3,66%) e D (3,33%), os resultados determinados no presente trabalho (Tabela 2) foram superiores. Já para a amostra C, o valor que consta no rótulo do produto, 2,33%, é superior aos determinados no presente trabalho para os dois lotes analisados.

Os parâmetros de cor das amostras A e B dos *cream cheese* comercializados na região do Vale do Taquari, RS são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores médios dos parâmetros de cor para as amostras de *cream cheeses* comerciais adquiridas no comércio da Região do Vale do Taquari, RS

Amostra	L	a	b
A	90,31	-0,98	18,47
B	92,43	-0,57	14,56
C	91,14	-0,65	17,68
D	92,01	-0,55	15,54

Fonte: Dos autores.

Os parâmetros de cor na escala Hunter são: L, a e b, sendo que a cor L varia de 0 (preto) a 100 (branco), o parâmetro a varia do vermelho (+a) ao verde (-a) e o parâmetro de cor b varia do amarelo (+b) para azul (-b) [Hirschler 2002]. A cor de um alimento é um parâmetro importante, pois se a cor não for atraente dificilmente o produto será consumido [Silva et al. 2000]. Conforme apresentado na Tabela

3 os parâmetros de cor das amostras de *cream cheese* analisadas foram semelhantes. Os resultados do parâmetro *b* indicam que as amostras apresentam coloração amarelada amena, com predomínio da cor branca, conforme indica o parâmetro *L*. Pimentel (2009) também não encontrou diferenças nos resultados de cor dos iogurtes elaborados com inulina e probióticos. Phadungath (2005) descreve em seu trabalho que o *cream cheese* deve apresentar uma cor entre branco e creme claro. Variação verificada nas amostras comercializadas na Região do Vale do Taquari, RS analisadas no presente trabalho.

#### 4. Conclusão

Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que a maior parte dos parâmetros físico-químicos avaliados nas amostras de *cream cheese* comercializadas na Região do Vale do Taquari, RS estão de acordo com os parâmetros descritos nas referências e apresentados nos rótulos dos produtos. Os resultados obtidos para os teores de proteínas, carboidratos e gorduras variaram não mais que 2% em relação aos valores descritos nos rótulos dos produtos. Os valores de pHs das amostras A e B foram superiores ao esperado e informado nas referências sobre *cream cheese*.

#### 5. Referências:

- Alves, L. L., Mattanna, P., Becker, L. V.; Richards, N. S. P. S. & Andrade, D. F. (2008) Avaliação sensorial de *cream cheeses* potencialmente simbióticos utilizando a metodologia de superfície de resposta. Rev. Alim. Nutr., Araraquara, v.19, n.4, p. 409-416.
- Alves, L. L., Richards, N. S. P. S., Mariutti, L. R. B., Nogueira, G. C. & Bragagnolo, N. (2011) Inulin and probiotic concentration effects on fatty and linoleic conjugated acids in cream cheeses. European Food Research and Technology, v.233, n.4, p. 667-675.
- Alves, L. L. et al. (2013) Cream cheese as a symbiotic food carrier using *Bifidobacterium animalis* Bb-12 and *Lactobacillus acidophilus* La-5 and inulin. International Journal of Dairy Technology, v. 66, n.1, p. 63-69, 2013.
- AOAC. (2005) Official Methods of Analysis of the Association of AOAC International. Horwitz, W. (Ed.). 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC.
- Bertolino, M. T. (2010) Gerenciamento da qualidade na indústria alimentícia. Porto Alegre: Artmed.
- Bourroul, G. (2006) O potencial da cadeia láctea brasileira. Revista Leite e Derivados, p. 36-66.
- Brasil. (2003) Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. Resolução RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003. Brasília: Ministério da Saúde.
- Brasil. (2006) Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006. Oficializa Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para controle de leite e produtos Lácteos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília.
- Buriti, F. C. A. (2005) Desenvolvimento de queijo fresco cremoso simbiótico. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo: SP, 86p.
- Buriti, F. C. A., Cardarelli, H. R., Filisetti, T. M. C. C. & Saad, S. M. I. (2007) Synbiotic potential of fresh cream cheese supplemented with inulin and *Lactobacillus paracasei* in co-culture with *Streptococcus thermophilus*. Food Chemistry, v. 104, n. 4, p. 1605-1610.



- Buriti, F. C. A., Cardarelli, H. R. & Saad, S. M. I. (2008) Textura instrumental e avaliação sensorial de queijo fresco cremoso simbiótico: implicações da adição de *Lactobacillus paracasei* e inulina. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, v. 44, n. 1, p. 75-84.
- Collins, D. S. & Senge, B. (2004) Acid- and Acid/Rennet-curd Cheeses. Part A: Quark, Cream Cheese and Related Varieties. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Elsevier Academic Press. v. 3, n. 2, p. 301-328.
- CODEX STAN 275-1973. CODEX ALIMENTARIUS. Enmienda 2008, Norma Codex para el Queso Crema. Itália.
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M. & Mcsweeney, P. L. H. (2000) Cheese as a food ingredient. In: Fundamentals of cheese science. Gaithersburg, Md.: Aspen Publishers Inc., p. 452-460.
- Franco, J., Zimmermann, J. V., Possik, P., Taha, P., Teixeira E. & Bordignon-Luiz, M. T. (2005) Características físico-químicas e sensoriais de requeijão culinário adicionado de goma xantana com aplicação em produtos prontos para o consumo. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v. 342, p. 60, p. 13-19.
- Furtado, M. M. & Lourenço, N. J. P. M. (1994) Tecnologia de queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos. São Paulo: Dipemar.
- Heller, K. J., Bockelmann, W., Schrezenmeir, J. & Devrese, M. (2003) Cheese and its potential as a probiotic food. In E. R. Farnworth (Ed.), Handbook of fermented functional foods, Boca Raton: CRC, p. 203-210.
- Hirschler, R. (2002) Colorimetria Aplicada na Indústria Têxtil. Rio de Janeiro: FaSeC – Faculdade SENAI/CETIQT.
- Janhoj, T., Frost, M. B., Prinz, J. & Ipsen, R. (2009) Sensory and instrumental characterization of low-fat and non-fat *cream cheese*. International Journal of Food Properties, v. 12, n. 1, p. 211-227.
- Kosikowshi, F. V. & Mistry, V. V. (1997) Analysis. In: Cheese and fermented milk foods. Westport, Conn.: FV Kosikowski, LLC, p. 212-214.
- Kalab, M. Practical aspects of electron microscopy in dairy research. Food Struct. 2: 95-114, 1993.
- Laverse, J., Mastromatteo, M., Frisullo, P. & Del Nobile, M. A. (2011) X-ray microtomography to study the microstructure of cream cheese-type products. Journal of Dairy Science. v. 94, p. 43-50.
- Maruyama, L. Y., Cardarelli, H. R., Buriti, F. C.A. & Saad, S. M. I. (2006) Textura Instrumental de queijo petit-suisse potencialmente probiótico: Influência de diferentes combinações de gomas. Revista Ciência e Tecnologia Alimentos, v. 26, n. 2, p. 386-393.
- Miri, M. A. & Najafi, M. B. H. (2011) The effect of adding enzyme-modified cheese on sensory and texture properties of low- and high-fat *cream cheese*. International Journal of Dairy Technology, v. 64, n. 1, p. 92-98.
- Monteiro, R. R., Tavares, D. Q., Kindstedt, P. S. & Gigante, M. L. (2009) Effect of pH on Microstructure and Characteristics of Cream Cheese. Journal of Food Science, v. 74, n. 2, p. 112-117.
- Perry, K. S. P. (2004) Queijos: Aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. Química Nova, v. 27, n. 2, p. 293-300.
- Phadungath, C. (2005) Cream cheese products: a review. Songklanakarin Journal of Science and Technology, v. 27, n. 1, p. 191-199.



- Pimentel, T. C. (2009) Iogurte probiótico com inulina como substituto de gordura. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Faculdade de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 179 p.
- Prudêncio, I. D. (2006) Propriedades físicas de queijo Petit Suisse elaborado com retentado de soro de queijo e estabilidade de antocianinas e betalaínas adicionadas. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 87p.
- Reis, F. S., Stojkovic, D., Sokovic, M., Glamoclija, J., Ciric, A., Barros, L. & Ferreira, I. C. F. R. (2012) Chemical characterization of *Agaricus bohusii*, antioxidant potential and antifungal preserving properties when incorporated in cream cheese. *Food Research International*, v. 48, p. 620–626.
- Roland, A. M., Phillips, L. G. & Boor, K. J. (1999) Effects of fat replacers on the sensory properties, color, melting, and hardness of ice cream. *Journal of Dairy Science*, v. 82, p. 2094–2100.
- Sá, E. M. F. et al. (2008) Perfil reológico de queijo cremoso elaborado com soro de leite: influência de diferentes combinações de polissacarídeos. *Revista Instituto Cândido Tostes*, v. 63, n. 363, p. 3-11.
- Sainani, M. R. et al. (2004) Characterization of particles in cream cheese. *J. Dairy Sci.*, v. 87, n. 9, p. 2854-2863.
- Sanchez, C. et al. (1995) Effects of processing on rheology and structure of double cream cheese. *Food Research International*, v. 28, n. 6, p. 547-552.
- Santini, M. S. S., Koga, E. C., Aragnon, D.C., Santana, E. H. W., Costa, M. R. & Costa, G. N. (2012) Dried Tomato-Flavored Probiotic Cream Cheese with *Lactobacillus paracasei*. *Journal of Food Science*, v. 77, n. 11, p. 604-608.
- Silva, J. H. V. et al. (2000) Efeito do extrato de urucum na pigmentação da gema dos ovos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, p. 1435-1439.
- USDA. (1994) Specifications for cream cheese, cream cheese with other foods, and related products. Dairy Division. Agricultural Marketing Service. United States Department of Agriculture.
- Westermann, S., Brüggemann, D. A., Olsen, K. & Skibsted, L. H. (2009) Light-induced formation of free radicals in cream cheese. *Food Chemistry*, v. 1169, n. 4, p. 974-981.
- Zulkurnain, M., Goh, M., Karim, A. A. & Liong, M. (2008) Development of a Sy-based Cream Cheese. *Journal of Texture Studies*, v. 39, n. 6, p. 635-654.

# ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE IOGURTE SABOR “DETOX”

Julie Facchini, Marina Kich, Cláucia Fernanda Volken de Souza

*Curso de Química Industrial - Centro Universitário UNIVATES – Lajeado – RS – Brasil*

**Abstract:** The yogurt is a product of milk fermentation. To adding flavor to yogurt can be used various food substances, such as fruit juices. A fruits and vegetables juice that is emerging in the market is known as “detox”, which is responsible for the increased calorie expenditure. The objective of this study was to develop and evaluate the physicochemical and sensory characteristics of different formulations of “detox” flavor yogurt. The results indicate that, in relation to physicochemical parameters, with the exception of protein, the others are in accordance with the law. In addition, two formulations showed acceptability indices in the sensory evaluation, above 70%, thus indicating marketing potential.

**Resumo:** O iogurte é um produto resultante da fermentação do leite. Para a saborização do iogurte podem ser utilizadas diversas substâncias alimentícias, tais como sucos de frutas. Um suco de frutas e legumes que está surgindo no mercado é o conhecido como “detox”, responsável pelo aumento do gasto calórico. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar as características físico-químicas e sensoriais de diferentes formulações de iogurte sabor “detox”. Os resultados obtidos indicam que, em relação aos parâmetros físico-químicos, com exceção da proteína, os demais estão de acordo com a legislação. Além disso, duas formulações apresentaram índices de aceitabilidade acima de 70%, indicando potencial de comercialização.

## 1. Introdução

O leite é considerado uma das fontes mais adequadas de cálcio e é importante principalmente durante a fase de crescimento. Vários são os componentes do leite, sendo que a água está presente em maior quantidade. Os demais são, principalmente, gordura, proteínas e carboidratos. Existem também pequenas quantidades de substâncias minerais, substâncias hidrossolúveis transferidas diretamente do plasma sanguíneo e traços de enzimas. O valor nutritivo do leite e derivados fermentados para a alimentação humana deve-se não somente ao importante papel que desempenham como fontes de certos nutrientes essenciais, mas também a distribuição equilibrada e a fácil metabolização com que esses elementos composicionais se encontram no leite [Chapaval 2000].

Dentre todos os leites fermentados, o iogurte é o mais conhecido e difundido no mundo. Este derivado lácteo fermentado confere diversos efeitos benéficos para a saúde, tais como: estimulação do sistema imune, atividade antitumoral, atividade antimutagênica, redução da diarreia, redução do colesterol sérico e efeitos na candidíase [Oliveira 2009]. Os iogurtes podem ser adicionados de microrganismos probióticos viáveis, bem definidos e em quantidade suficiente para alterar a microbiota intestinal, exercendo assim, diversos efeitos benéficos ao organismo humano [Nobrega 2014].

Para que um microrganismo seja classificado como probiótico deve apresentar as seguintes características: propriedades não patogênicas; adesão aos tecidos epiteliais; capacidade de persistir no ambiente gastrointestinal; capacidade de influenciar atividades metabólicas; capacidade de modular o sistema imunológico e outras atividades funcionais; origem humana; resistência aos processos tecnológicos e estabilidade na presença de ácido e bile [Costa e Rosa 2010]. Esses microrganismos auxiliam na prevenção e no tratamento de algumas doenças crônicas, tais como câncer de cólon, alergias,

infecções do trato urinário, cáries, infecções respiratórias, hipertensão arterial e obesidade [Nobrega 2014].

Para a fabricação de iogurte utilizam-se fermentos comerciais, entre os quais se destaca o Bio Rich®, que é um fermento láctico probiótico que contém *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* e *Streptococcus thermophilus*. Estes microrganismos vivos quando ingeridos em determinado número, promovem alterações benéficas no hospedeiro. As bactérias probióticas presentes neste produto são especialmente resistentes ao meio intestinal [BioRich 2015].

Muitos alimentos apresentam em sua composição substâncias que auxiliam a promoção da saúde. Doença cardiovascular, cânceres, arteriosclerose, enfermidades hepáticas e acidente vascular cerebral podem ser diminuídos através de bons hábitos alimentares [Moraes e Colla 2006]. Para uma dieta preventiva de doenças degenerativas a ingestão de frutas e verduras é muito importante. Muitos compostos encontrados nestes alimentos são responsáveis por efeitos benéficos nos seres humanos [Angelis 2001]. Visando este novo conceito, recentemente surgiu no mercado o termo “detox”, que se trata de um batido de verduras cruas e frutas com efeito depurativo. As verduras de folhas verdes contêm aminoácidos de alta qualidade e são fáceis de assimilar [Rica Saúde 2015].

O objetivo desse trabalho foi desenvolver e avaliar as características físico-químicas e sensoriais de formulações de iogurtes com fermento láctico comercial e com iogurte natural, saborizados com o suco “detox”.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Elaboração dos iogurtes “detox”

Foram preparadas quatro formulações de iogurte “detox” (A, B, C e D), de dois diferentes sabores e com dois fermentos lácticos diferentes. As quantidades de cada ingrediente são descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade dos ingredientes das formulações de iogurte “detox”

Ingrediente	Formulação			
	A	B	C	D
Leite pasteurizado (mL)	1000	1000	1000	1000
Leite em pó (g)	25	25	25	25
Adoçante (gotas)	20	20	20	20
Linhaça (g)	10	10	10	10
Água de coco (mL)	100	100	100	100
Iogurte Natural (g)	100	100	---	---
Bio Rich® (mg)	---	---	400	400
Gengibre	Raspas	raspas	raspas	raspas
Limão (mL)	70	---	---	70
Couve (folhas)	3	---	---	3
Morango (g)	---	200	200	---

Fonte: Dos autores.

Para a preparação do iogurte foram seguidas as etapas apresentadas na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma de fabricação das formulações de iogurte “detox”



Fonte: Dos autores.

Os iogurtes foram produzidos no Laboratório de Cárneos e Lácteos (Centro Universitário UNIVATES – Lajeado/RS). Para cada formulação foi utilizado 1 L de leite pasteurizado tipo B integral (Languiru). O leite foi aquecido em fogão a gás (Mônaco Plus) e a temperatura monitorada com auxílio de termômetro digital (CE AF1007), sendo mantida em 85 °C por 20 minutos. Após deixou-se esfriar em temperatura ambiente até que atingisse 40 °C. Em duas formulações foram adicionadas 100 g de iogurte natural (Nestlé), e para as outras duas 400 mg do fermento comercial (Bio Rich®). Em cada formulação ainda foram adicionadas 25 g de leite em pó (Conaprole). Após os iogurtes foram colocados em câmara de fermentação láctica (Klimapão, Venâncio Aires, RS) monitorando o pH (Digimed DM-22) até que chegasse próximo a pH = 4. Para a saborização foi elaborada uma formulação com o iogurte natural e uma formulação com o fermento comercial Bio Rich® com 200 g de morango, 10 g de linhaça (Valore), algumas raspas de gengibre (Degasperi) e 100 mL de água de coco (Sococo), previamente homogeneizados em liquidificador (Britânia Diamante). Para as outras duas formulações, uma com o iogurte natural e uma com o fermento comercial, foram utilizadas 3 folhas de couve, 10 g de linhaça, 70 mL de suco de limão (Tahyti), algumas raspas de gengibre e 100 mL de água de coco, também homogeneizados em liquidificador (Britânia Diamante). Todos os iogurtes foram adoçados com 20 gotas de adoçante (Adocyl). Após a saborização, os iogurtes foram mantidos sob refrigeração a 4 °C.

## 2.2. Determinações físico-químicas

As formulações de iogurte foram analisadas por meio das metodologias oficiais da Instrução Normativa nº 68: pH por método potenciométrico empregando medidor de pH de bancada (Digimed DM-22) previamente calibrado; teor de lipídios pelo método Roesse-Gottlieb; teor de proteínas por meio da determinação do teor de nitrogênio total pelo método de Macro-Kjeldahl.

As determinações do teor de umidade em estufa a vácuo (Quimis) e do teor de resíduo mineral fixo (cinzas) por incineração em mufla (Marconi MA 385/2) a 550 °C foram realizadas segundo Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz [Instituto Adolfo Lutz 2008]. O teor de carboidratos totais foi determinado pelo cálculo da diferença de 100 gramas de amostra descontando a soma total dos valores encontrados de proteínas, lipídios, cinzas e umidade. A atividade de água foi determinada no equipamento AquaLab Lite (Decagon).

Todas as análises foram realizadas em triplicata.

## 2.3. Análise sensorial

As amostras foram codificadas com números de 3 dígitos e servidas aos provadores junto com a ficha do teste contendo uma escala numérica de 1 a 9, sendo o 1 “desgostei muitíssimo” e 9 “gostei



multíssimo”, avaliando os aspectos: aparência, sabor, odor e textura. A análise sensorial, através do teste de aceitação [Faria e Yotsuyanagi 2002], foi realizada por 50 provadores, entre eles alunos, professores e funcionários de Centro Universitário UNIVATES, e pessoas não vinculadas à instituição. Outro aspecto que foi avaliado foi a intenção de compra dos produtos, variando de 1 “certamente não compraria” a 5 “certamente compraria”. Para determinar o índice de aceitabilidade (IA) das amostras de iogurte “detox” foi adotada a expressão  $IA (\%) = A \times 100/B$ , em que, A = nota média obtida para o produto e B = nota máxima dada ao produto.

### 3. Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta os resultados físico-químicos das formulações de iogurte “detox”.

Tabela 2 - Resultados físico-químicos das formulações de iogurte “detox”

Análises	Formulação			
	A	B	C	D
Atividade de água	0,938±0,001	0,940±0,003	0,933±0,005	0,936±0,003
pH iogurte antes adição do suco	4,25	4,35	4,32	4,31
pH iogurte após adição do suco	4,16	4,19	4,24	4,12
Acidez (g ácido láctico/100 g)	1,31±0,03	1,01±0,03	1,18±0,01	1,35±0,02
Umidade (%)	83,14±0,02	85,21±0,02	83,35±0,01	82,94±0,02
Gordura (%)	4,13±0,17	3,50±0,15	2,71±0,10	4,16±0,06
Proteína (%)	2,25±0,04	2,00±0,01	2,03±0,03	2,17±0,01
Cinzas (%)	0,86±0,01	0,86±0,02	0,88±0,01	0,85±0,01
Carboidratos (%)	9,61±0,17	8,44±0,12	11,03±0,09	9,87±0,04
Valor Calórico (Kcal/100 g)	85,08±0,88	72,82±0,90	76,63±0,45	85,65±0,32

Fonte: Dos autores.

Os valores de acidez das formulações do iogurte “detox” variaram de 1,01 a 1,34 g de ácido láctico/100 g. Conforme a Instrução Normativa N° 46, de 24 de outubro de 2007, os valores de acidez do iogurte devem ficar entre 0,6 a 1,5 g de ácido láctico/100 g, sendo assim, este parâmetro se encontra de acordo com a legislação.

As formulações A e D apresentaram acidez mais elevada. Segundo a Instrução Normativa N° 01, de 7 de janeiro de 2000, o valor de acidez para o suco de limão pode chegar a 5 g de ácido cítrico/100 g, sendo assim essa acidez elevada do suco de limão pode explicar a maior acidez das amostras A e D, que continham esta fruta na sua composição.

Os valores de pH das formulações do iogurte “detox” são semelhantes aos encontrados em estudo com iogurtes comerciais, realizado por Moreira et al. (2010), que foram 3,76 a 4,39. No estudo realizado por Braga et al. (2012), onde utilizou-se frutas na composição, os valores encontrados foram de 3,97 e 4,00, valores também muito próximos dos encontrados nas formulações do iogurte “detox”.

Segundo a Resolução Nº 5, de 13 de novembro de 2000, o iogurte é considerado desnatado quando possui um teor de lipídios de até 0,5%, parcialmente desnatado de 0,6 a 2,9% e integral de 3,0 a 5,9%. Portanto os iogurtes B e C se enquadram em parcialmente desnatado e os iogurtes A e D em integral. Comparando estes resultados com o trabalho realizado por Mendonça (2002), no qual os valores de lipídios estavam entre 2,80 e 3,78, pode-se verificar que os resultados de lipídios dos iogurtes “detox” apresentam uma variação semelhante. Os iogurtes B e C, que continham o morango na sua composição, apresentaram valores de lipídios inferiores ao A e D, que continham couve e limão na sua formulação. De acordo com a Taco (2011), o teor de lipídios do morango é 0,3%, enquanto que da couve é 0,6% e do limão é 0,1%.

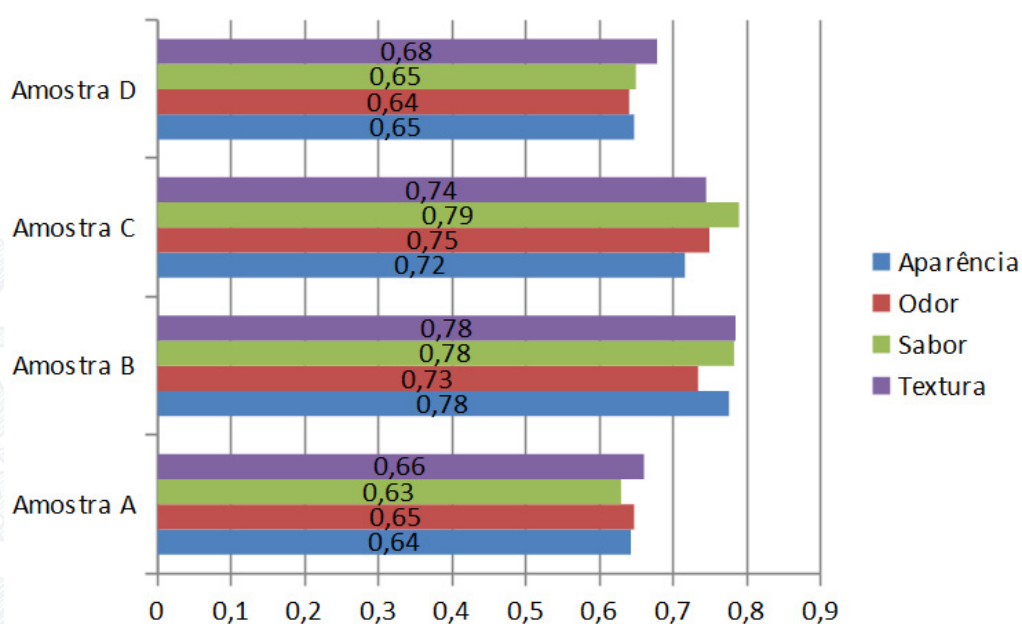
Os teores de cinzas dos iogurtes “detox” variaram de 0,85 a 0,88%, valores semelhantes ao encontrado no leite por Tronco (2008), que foi de 0,8%. Também semelhantes ao valor determinado por Braga et al. (2012), que foi de 0,88% para o iogurte com polpa de fruta.

Para a umidade os valores obtidos nas formulações dos iogurtes “detox” foram de 82,94% a 85,21%, valores semelhantes aos verificados por Costa et al. (2012) em formulações de iogurte sabor Jucaí, que foram de 81,7% a 82,5%.

Os teores de proteínas dos iogurtes estão em desacordo com a Instrução Normativa Nº 46, de 24 de outubro de 2007, que estabelece o mínimo de 2,9%. Os teores de proteína do morango e do limão, segundo Taco (2011), são de 0,9%. Como se utilizou uma concentração elevada destes ingredientes, isso pode ter influenciado no teor de proteínas das formulações.

Em relação à atividade de água, as formulações do iogurte apresentaram valores entre 0,933 e 0,940. A maioria dos microrganismos, principalmente os patógenos, cresce em meios onde a atividade de água é superior a 0,900, contribuindo para a degradação do produto e conseqüentemente diminuindo o seu tempo de prateleira [Neto et al. 2005]. Sendo assim, podemos constatar que os iogurtes produzidos são de fácil contaminação microbiológica, devido à presença de frutas e verduras. Portanto, para que possam ser comercializados seria necessário adicionar as suas formulações algum conservante.

Figura 2 - Índice de aceitabilidade das amostras de iogurte “detox”



Fonte: Dos autores.

Das quatro formulações desenvolvidas, as formulações B e C apresentaram os maiores índices de aceitabilidade. Esse resultado provavelmente ocorreu devido às formulações B e C terem morangos na sua composição e as formulações A e D possuem couve e limão que promovem um gosto levemente amargo.

A textura obteve a melhor aceitabilidade entre os quesitos avaliados, sendo que os valores variaram de 66 a 74%. Isso, provavelmente, ocorreu, pois a textura dos iogurtes fabricados ficou semelhante à de iogurtes comerciais.

Ao contrário, o odor dos iogurtes “detox” foi o atributo com as médias mais baixas, como indica a Figura 2, estando entre 64 e 75%. Possivelmente essa baixa aceitação em relação ao odor deve estar associada a não adição de aromatizantes nas formulações.

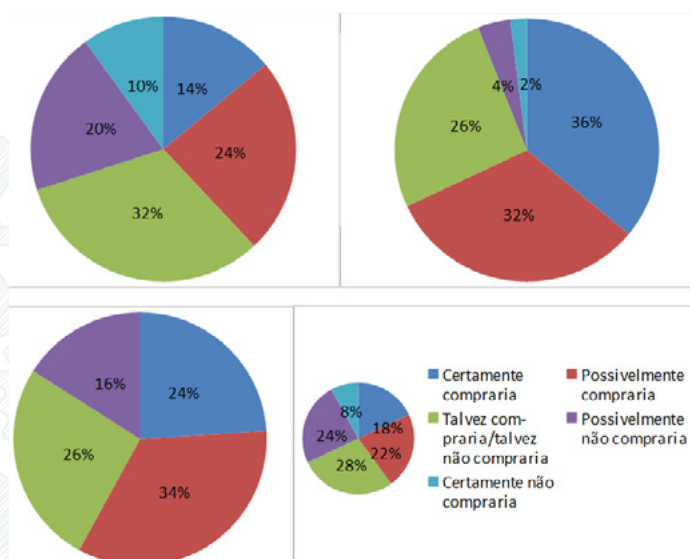
O atributo sabor das amostras B e C apresentaram valores, respectivamente, de 78 e 79%. Já as amostras A e D tiveram uma baixa aceitação para este atributo, apresentando valores de 63 e 65%, respectivamente. Provavelmente isso ocorreu devido aos ingredientes adicionados nesta formulação, a couve e o limão, que causam um sabor levemente amargo.

A aparência obteve valores entre 64 e 78%. Sendo que as formulações B e C apresentaram valores superiores, isso provavelmente é devido a estes iogurtes possuírem uma cor rósea semelhante aos iogurtes comerciais e as formulações A e D apresentarem uma cor esverdeada característica da couve.

Os resultados do índice de aceitabilidade em todos os atributos avaliados das formulações B e C apresentaram valores superiores a 70%, indicando potencial de comercialização. Segundo Teixeira et al. (1987) para que o produto seja considerado aceito por suas propriedades sensoriais é importante que obtenha um índice de aceitabilidade de no mínimo 70%. Ainda podemos observar que a amostra que obteve o melhor desempenho em todos os atributos foi a amostra B.

No estudo realizado por Schimidt et al. (2012), no qual foi utilizada a polpa de acerola em diferentes concentrações, a aceitação obtida ficou entre 80 e 96%. No estudo realizado por Beninca et al. (2014) foi empregada polpa concentrada e pasteurizada de physalis, obtendo-se aceitação de 93,3 e 97,1%. No estudo realizado por Braga (2012), no qual se utilizou somente a polpa de fruta, sem adição de saborizantes e aromatizantes, os resultados ficaram entre 79,78 e 88,83%.

Figura 3 - Resultados de intenção de compra dos iogurtes “detox”



Fonte: Dos autores.

Conforme Figura 3, as formulações B e C apresentaram os maiores valores de intenção de compra positiva, confirmando a preferência por estas amostras. Sendo a B a mais aceita entre todas as formulações.

#### 4. Conclusões

Com o presente estudo pode-se concluir que os iogurtes fabricados atenderam aos padrões da legislação, com exceção da análise de proteína. Os iogurtes saborizados com o suco “detox” contendo couve e limão não obtiveram boa aceitabilidade entre os provadores e os iogurtes fabricados com morango apresentaram aceitabilidade superior a 70%, apresentando, assim, um potencial de comercialização. Neste estudo optou-se por um produto mais natural e por isso não foram adicionados aromatizantes e saborizantes, porém seria necessária uma pesquisa mais ampla para verificar a possibilidade de adição desses ingredientes sem perder as características originais do produto. Atualmente no mercado já existem iogurtes de morango, porém o mesmo não ocorre com os sabores de couve e limão. Dessa forma, podemos concluir que os provadores e consumidores estão mais acostumados com o sabor morango e, provavelmente, por isso que as formulações B e D obtiveram um maior índice de aceitabilidade na análise sensorial.

#### 5. Referências

Angelis, R. C. (2001). Novos conceitos em nutrição – Reflexões a respeito do elo dieta e saúde. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ag/v38n4/14265.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2015.

Beninca, C. et al. (2014). Análise sensorial e caracterização físico-química de Iogurte Prebiótico com polpa de *Physalis sp.* Disponível em: <<http://eventoscientificos.ifsc.edu.br/index.php/sepei/sepei2014/paper/view/1036/691>>. Acesso em: 11 jul. 2015.

Biorich. Disponível: <[www.biorich.com.br](http://www.biorich.com.br)>. Acesso em: 21 jun. 2015.

Braga, A. C. C., Neto, E. F. A. e Vilhena, M. J. V. (2012) Elaboração e caracterização de iogurtes adicionados de polpa e de xarope de mangostão. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.14, n.1, p.77-84.

Chapaval, L. e Piekarski, P. R. B. (2000) Leite de Qualidade, Manejo Reprodutivo, Nutricional e Sanitário.

Costa, G. N. S. et al. (2012) Desenvolvimento de um iogurte sabor juçará - Avaliação físico química e sensorial. Revista Eletrônica TECCEN. Disponível em: <<http://www.uss.br/pages/revistas/revistateccen/V5N22012/pdf/003-desenvolvimiogurte.pdf>> Acesso em: 01 jul. 2015.

Costa, N. M. B. e Rosa, C. O. B. (2010) Alimentos Funcionais - Componentes Bioativos e efeitos fisiológicos. Rio de Janeiro: Rubio.

Faria, E. V. e Yotsuyanagi, K. (2002) Técnicas de Análise Sensorial. Núcleo de Análises Físicas, Sensoriais e estatísticas do Instituto de Tecnologia de Alimentos. São Paulo.

Instituto Adolfo Lutz (2008) Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo.

Instrução Normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/servicos-e-sistemas/sistemas/Sislegis>. Acesso em: 04 jun. 2015.



Instrução Normativa nº 46, de 24 de outubro de 2007. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/servicos-e-sistemas/sistemas/Sislegis>. Acesso em: 04 jun. 2015.

Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006. Oficializa Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para controle de leite e produtos Lácteos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília.

Mendonça, E. (2002) Estudo do comportamento reológico de iogurtes comerciais. Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/83941?show=full>> Acesso em: 20 jun. 2015.

Moraes, F. P. e Colla, L. M. (2006) Alimentos Funcionais e Nutraceuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. Revista Eletrônica de Farmácia, v. 3, p. 109-122.

Moreira, S. R. et al. (2010) Análise microbiológica e química de iogurtes comercializados em lavras – MG. Universidade Federal de Lavras – UFLA. Disponível em: < [http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/veiculos\\_de\\_comunicacao/CTA/VOL19N1/CTA19N1\\_23.PDF](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/veiculos_de_comunicacao/CTA/VOL19N1/CTA19N1_23.PDF)>. Acesso em: 29 jun. 2015.

Neto, C. J. F., Figueirêdo, R. M. F. e Queiroz, A. J. M. (2005) Avaliação sensorial e da atividade de água em farinhas de mandioca temperadas. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 29, n. 4, p. 795-802.

Nobrega, F. J. (2014) O que você quer saber sobre nutrição – perguntas e respostas comentadas. 2. ed. Barueri: Karen Gutz Inglês.

Oliveira, M. N. (2009) Tecnologia de produtos lácteos funcionais. São Paulo: Atheneu.

Resolução nº 5, de 13 de novembro de 2000. Disponível em: <[http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/leite\\_pi\\_q\\_leite\\_fermentado.htm](http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/leite_pi_q_leite_fermentado.htm)>. Acesso em: 23 jun. 15

Rica Saúde. Disponível em: <<http://ricasaude.com>>. Acesso em: 22 jun. 2015.

Schimidt, C. et al. (2012) Formulação e avaliação sensorial hedônica de iogurte com polpa de acerola. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/867/1/Rev.%20Cient.%20Inov.%20e%20Tecnol\\_Schmidt%2c%20Carla%20Adriana%20Pizarro\\_2012.PDF](http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/867/1/Rev.%20Cient.%20Inov.%20e%20Tecnol_Schmidt%2c%20Carla%20Adriana%20Pizarro_2012.PDF)>. Acesso em: 08 jul. 2015.

Taco - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2011) Disponível em: <[http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco\\_4\\_edicao\\_ampliada\\_e\\_revisada](http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada)>. Acesso em: 30 jun. 2015.

Teixeira, E., Meinert, E. M. e Barbeta, P. A. (1987) Análise sensorial de alimentos. Florianópolis: Editora UFSC, 180 p.

Tronco, V. M. (2008) Manual para inspeção da qualidade do leite.

## BIOACUMULAÇÃO DE SELÊNIO EM BACTÉRIAS ÁCIDO LÁCTICAS

Cristina Arend Wolf<sup>1</sup>, Lucélia Hoehne<sup>1</sup>, Taciélen Altmayer<sup>1</sup>, Débora Tairini Brietzke<sup>1</sup>, Maira Cristina Martini<sup>1</sup>, Jordana Finatto<sup>1</sup>, Tamara Engelmann Gonçalves<sup>1</sup>, Cláucia Fernanda Volken de Souza<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Centro Universitário UNIVATES. Rua Avelino Tallini, 171 – Bairro Universitário – Lajeado – RS – Brasil

*cristinaw26@hotmail.com, luceliah@univates.br, taci.altmayer@gmail.com, dbrietzke@universo.univates.br, mmartini@universo.univates.br, jordanafinatto@universo.univates.br, tamyengelmann@gmail.com, claucia@univates.br*

**Abstract:** Selenium (Se) is an important trace element for life and there are few foods rich in this nutrient. Thus, it is interesting to evaluate a means of bioaccumulation in microorganisms. Thus, the aim of this study was to evaluate the best bioaccumulation condition in lactic acid bacteria, for four strains of *Lactobacillus plantarum*, multiplied in culture medium supplemented with different concentrations (mg / L) of: control; 2.5; 5; 10 and 15. We evaluated the bioaccumulation over time (6 in 6 h) and after it was determined by optical emission spectrometry with inductively coupled plasma. Bacteria showed bioaccumulation and BAL 7 showed the best result.

**Resumo:** O selênio (Se) é um elemento traço importante para a vida e existem poucos alimentos ricos com esse nutriente. Dessa forma, torna-se interessante avaliar um meio de bioacumulação de Se em micro-organismos. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a melhor condição de bioacumulação de Se em Bactérias Ácido Lácticas, para quatro isolados de *Lactobacillus plantarum*, multiplicadas em meio de cultura enriquecido com diferentes concentrações (mg/L) de Se: controle; 2,5; 5; 10 e 15. Avaliou-se a bioacumulação ao longo do tempo (6 em 6 h) e após determinou-se Se por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado. As bactérias apresentaram bioacumulação e a BAL 7 apresentou o melhor resultado.

### 1. Introdução

O selênio (Se) é um micronutriente essencial à saúde humana (MONTEIRO et al., 2007; RAYMAN, 2000). Além de proteger contra o câncer e reduzir o risco de acidente vascular cerebral, o Se quando administrado em conjunto com a vitamina E, na sua forma inorgânica, pode exercer atividade antioxidante, e na sua forma orgânica, pode apresentar benefícios antiinflamatórios (COZZOLINO, 1997; COMINETTI et al., 2011; RAYMAN, 2000; KAUR e BANSAL, 2006; VIERO et al., 2012).

Bactérias Ácido Lácticas (BAL) produzem biomassa capaz de bioacumular metais como Se e Cu, e elas podem ser utilizadas na produção de alimentos para humanos, assim como no preparo de ração animal (FEORD, 2002; PONCE et al., 2002; VILLAFANE, 2009). As BAL apresentam benefícios à saúde de quem as consome, tendo como principal função impedir o desenvolvimento de bactérias indesejáveis nos alimentos, devido à produção de ácido láctico (BROMBERG et al., 2006; FEORD, 2002). As BAL também são responsáveis por aumentar a biodisponibilidade de nutrientes nos alimentos e proporcionar segurança alimentar (FRANZ e HOLZAPFEL, 2004; GÁLVEZ et al., 2007).

A bactéria, ao absorver Se, é incorporada como cisteína e metionina, gerando SeCys e SeMet (ROTHER, 2012). Selenoproteínas remetem propriedade antioxidante à célula. Grande parte das BAL consegue transformar Se inorgânico a Se elementar e/ou orgânico, acumulando-o em sua biomassa, como forma de desintoxicação contra o excesso deste elemento (CALOMME et al., 1995).

*Lactobacillus plantarum* é uma BAL que pode ser encontrada em vários ambientes (ZAGO et al., 2011), é um microrganismo que pode ser utilizado de forma segura em produtos alimentícios (SAVIJOKI et al., 2006). Além disso, pode ser utilizada como um adequado hospedeiro para produção de proteínas recombinantes (DIEP et al., 2009). Essa BAL pode ser comercializada como uma cepa probiótica (VRIES et al., 2006), e é capaz de bioacumular selênio em sua biomassa (ANDREONI et al., 2000).

Kitamura (2013) encontrou que a *Saccharomyces boulardii* bioacumulou cerca de 60% de Se em sua biomassa, enquanto que Pieniz et al., (2011) observaram uma capacidade maior que 80% de *E. faecium* bioacumular selênio. A partir disso, evidencia-se o grande aporte que a bioacumulação de selênio na biomassa bacteriana oferece à alimentação.

A técnica de espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), acoplamento do gerador de hidretos (HG), possibilita que a maioria dos elementos chegue ao detector (DEPOI e POZEBON, 2012). Técnicas de espectrometria atômica, em geral, são muito aplicadas em processos industriais que envolvem atividade bacteriana (ARAÚZ et al., 2008).

Desta forma, explica-se a importância do presente trabalho, que teve como objetivo avaliar a bioacumulação de selênio em quatro BAL, *Lactobacillus plantarum*, e comparar as melhores condições entre as bactérias analisadas. Pretende-se com isso colaborar com posteriores estudos que busquem a suplementação de selênio a partir de BAL enriquecidas com este micronutriente.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Preparo das amostras

Neste trabalho, foram analisadas quatro BAL, *Lactobacillus plantarum* identificados anteriormente. Duas isoladas de leite: BAL 4 e BAL 7, e duas isoladas de queijo: BAL 82 e BAL 99. Transferiu-se 400 µL das bactérias para erlenmeyers contendo meio de cultura caldo Ágar MRS, que foram colocados em estufa por 48 horas a 32 °C. Padronizou-se a densidade óptica dos inóculos, (DO<sub>600</sub>=1), em espectrofotômetro Thermo Scientific Genesys, modelo 105 UV-VIS. Alíquotas de 5 mL foram adicionadas a 100 mL de caldo Ágar MRS com cinco concentrações de Se: concentração controle; 2,5; 5; 10 e 15 mg/L, preparadas a partir de Selenito de sódio Synth. A concentração controle foi denominada como a concentração 1, a de 2,5 mg/L como a concentração 2, de 5 mg/L como a 3, de 10 mg/L como a 4, e de 15 mg/L como a concentração 5. Após verificar o pH das amostras, foram colocadas em uma câmara incubadora com agitação orbital (shaker) Markoni, modelo MA 830, à 200 rpm, 32 °C, por 6 horas. Essa metodologia foi adaptada de Pieniz et al. (2011).

A partir do primeiro tempo (6 horas) até o oitavo (48 horas de multiplicação), realizou-se coleta das amostras incubadas, intervalo de 6 horas. Separou-se o meio líquido da biomassa em centrífuga Hettich Lab Technology, modelo Universal 320 R, com rotação de 10000 x g e temperatura de 4 °C por 10 minutos. A determinação da massa foi realizada em base úmida. Utilizou-se o bloco digestor Markoni modelo Dry Block MA 4004 para decompor o meio líquido e a biomassa junto a HNO<sub>3</sub> e HClO<sub>4</sub>, ambos marca Merck. O conteúdo foi filtrado e em seguida pré-reduzido junto a HCl Merck em banho-maria Fisatom, modelo 550, à 80 °C por 15 minutos. Os testes foram encaminhados em duplicata e o resultado a média das duas determinações.

A curva analítica foi preparada a partir de uma solução de selênio 1000 mg/L, nas concentrações: 0, 5, 10, 20, 50 e 100 µg/L, seguindo a mesma pré-redução das amostras. A metodologia adotada neste trabalho é uma adaptação do método descrito por Pieniz et al. (2011).

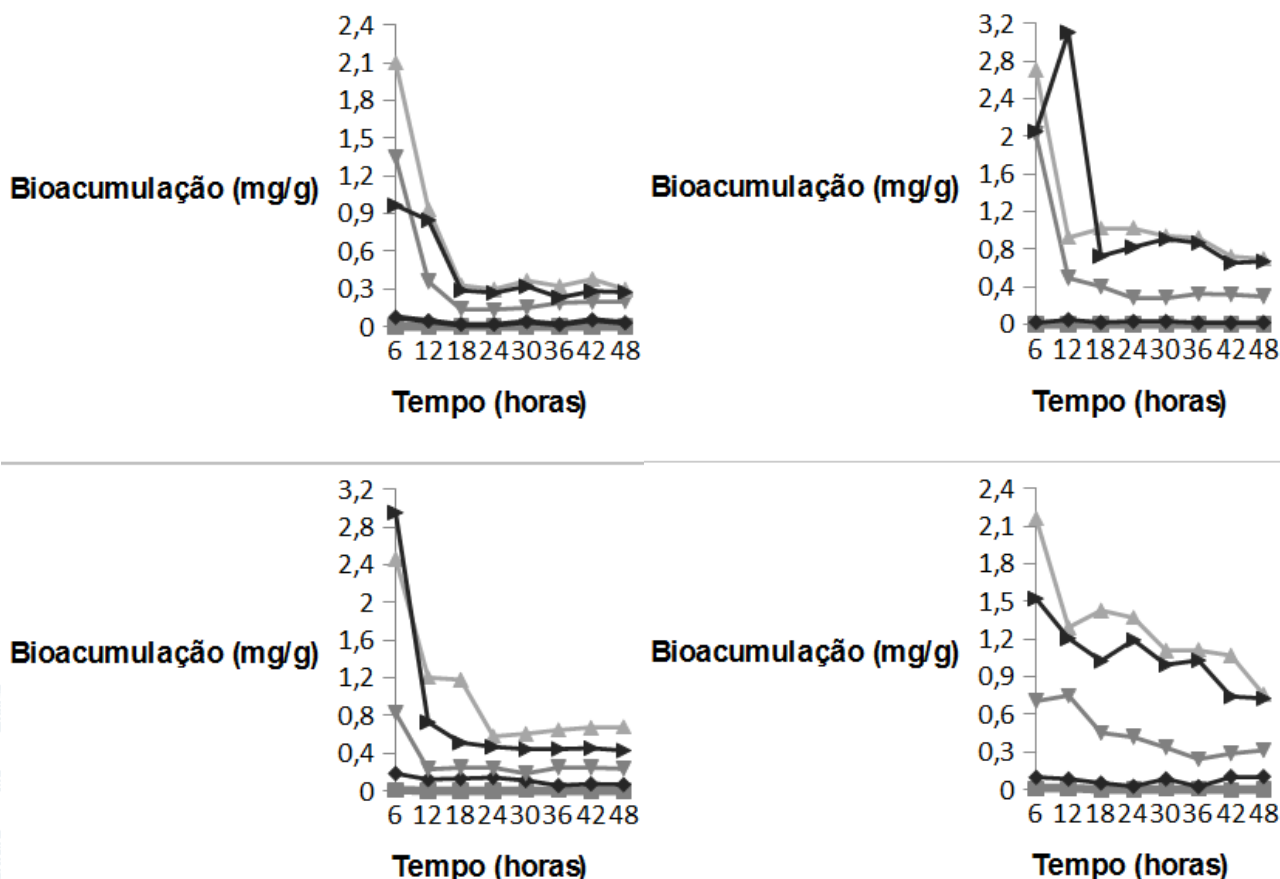
## 2.2 Determinação de Selênio

Para a determinação de Se utilizou-se o equipamento ICP OES da marca Perkin Elmer, modelo Optima 8000, com HG, nas condições: potência de rádio frequência: 1300 W, comprimento de onda: 196,026 nm, vazão do gás argônio como auxiliar: 0,2 L/min, como nebulizador: 0,55 L/min e plasma: 8 L/min. As leituras foram realizadas em vista axial do plasma, na concentração µg/L.

## 3. Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta os resultados de bioacumulação obtidos pela biomassa das bactérias ácido lácticas, expresso em mg Se/g da biomassa úmida.

Figura 1. Resultados da bioacumulação de Se pelas BAL. (a) BAL 4, (b) BAL 7, (c) BAL 82 e (d) BAL 99 nas 5 concentrações de Se: ( ) Concentração 1, (- - -) Concentração 2, ( ) Concentração 3, ( ) Concentração 4 e ( ) Concentração 5.



Fonte: Dos autores.

As BAL analisadas apresentaram bioacumulação promissora de Se. Uma pequena variação no que diz respeito às condições de melhor bioacúmulo de cada BAL em relação ao tempo e à concentração



observada. Os ensaios relacionando bioacumulação de selênio do meio líquido e da biomassa mostraram resultados expressivos apenas para biomassa das BAL.

Evidenciou-se melhores resultados de bioacúmulo de selênio em todas as BAL estudadas nas concentrações 4 e 5, as duas mais elevadas das cinco concentrações testadas. Pieniz et al. (2011) observaram similaridades, ou seja, maior bioacumulação de Se na biomassa de *Enterococcus faecalis* e *Enterococcus faecium* quando multiplicados nas concentrações mais altas de selênio.

Na Figura 1 (a) observa-se que a BAL 4 apresentou maior bioacumulação de selênio após 6 horas de crescimento na concentração 5, com resultado de 2,10 mg Se/g da biomassa. Conforme Andreoni et al. (2000), *Lactabacillus rhamnosus* bioacumulou 0,284 mg Se/g de biomassa, quando em concentração de Se 2 mg/L. Resultado muito próximo ao obtido pela BAL 4, considerando as concentrações de selênio às quais os microrganismos foram submetidos durante o crescimento.

Conforme a Figura 1 (b), a BAL 7 obteve melhor bioacumulação de Se após 12 horas de crescimento na concentração 4, com uma bioacumulação de 3,11 mg/g da biomassa. Este resultado é o maior encontrado no trabalho, o que indica que a BAL 7 foi a bactéria com melhor bioacumulação de Se. O conteúdo de Se na biomassa de *E. faecalis* e *E. faecium* foi de 0,4759 e 0,4599 mg/g, respectivamente, quando multiplicados em meio enriquecido com 15 mg/L de selênio no trabalho de Pieniz et al. (2011). Resultados estes, cerca de dez vezes menor à capacidade de bioacumulação da BAL 7, considerando as concentrações de crescimento. O Se bioacumulado pela levedura *S. cerevisiae*, cultivada em meio contendo 12 mg/L de Se, foi de 0,384 mg Se/g em um trabalho de Stabnikova (2008). Este resultado é aproximadamente dez vezes menor ao obtido pela BAL 7, o que comprova a bioacumulação significativa obtida neste estudo.

A BAL 82 (Figura 1 (c)) apresentou melhor bioacumulação de Se após 6 horas, na concentração 5, com resultado de 2,16 mg Se/g da biomassa. Comparando com outros trabalhos, Araúz et al. (2008) observaram resultados de bioacumulação de 0,405 mg Se/g da biomassa seca da BAL *L. casei rhamnosus*, em concentração de Se aumentada de 1,5 para 2,5 mg/L. Considerando as concentrações de Se nas quais as BAL cresceram, pode-se dizer que os resultados obtidos pelas duas BAL são próximos.

Conforme a Figura 1 (d), a BAL 99 obteve melhor resultado de bioacumulação de Se após 6 horas, na concentração 4, com uma bioacumulação de 2,96 mg Se/g da biomassa. A quantidade de Se bioacumulado na biomassa de *E. durans* atingiu 2,6 mg/g em 15 mg/L de Se, no trabalho de Pieniz et al. (2013), resultado aproximadamente 2 vezes menor ao conteúdo bioacumulado pela BAL 99.

O pH de todas as amostras foram analisados e estas mantiveram-se em torno de 6,5 e 7,0. Os valores estão de acordo com Pieniz et al. (2013), que observaram ótimo crescimento dos isolados na faixa de pH inicial entre 6,0 e 8,0 e não evidenciaram influência no crescimento das BAL neste intervalo de pH.

Pieniz (2010) observou que a maior produção de biomassa dos isolados testados ocorreu a 25 °C, havendo uma diminuição a 45 °C. Este parâmetro analisado convém com a temperatura de 32 °C adotada nesta pesquisa. Pieniz (2010) também verificou que o Se bioacumulado pelos isolados aumentou após 8 horas, e em seguida estabilizou. Condição muito semelhante pôde ser observada neste estudo, já que os melhores resultados de bioacumulação de selênio pelas BAL foram obtidos depois de 6 horas de crescimento. Após 12 horas de multiplicação, já é possível constatar uma diminuição significativa de bioacumulação de Se, tendendo à estabilização. A partir do observado, não se considerou necessária a coleta das amostras depois de 12 horas de crescimento.

Verificou-se resultados de bioacumulação de selênio próximos a 70% para as BAL analisadas, ou seja, 67%, 66%, 68% e 68% para as BAL 4, BAL 7, BAL 82 e BAL 99, respectivamente. Pieniz et al. (2011) observaram uma capacidade maior que 80% de *Enterococcus faecium* bioacumular Se. Kitamura (2013) observou uma bioacumulação de cerca de 60% de Se pela biomassa de *S. boulardii*. Portanto, os resultados obtidos pelas quatro BAL são considerados promissores quando comparados com estudos de outros autores.

#### 4. Conclusões

Conclui-se que as quatro BAL analisadas são capazes de bioacumular selênio em sua biomassa de forma eficiente, além de fornecer condições dietéticas de Se através do enriquecimento da biomassa com este micronutriente essencial. É possível concluir também, que a BAL 7 foi a que apresentou o melhor resultado de bioacumulação de Se. Esta pesquisa poderá servir de apoio a estudos posteriores devido à importância da suplementação de Se na alimentação a partir de microrganismos.

#### 5. Referências

ANDREONI, V., et al. Selenite tolerance and accumulation in the Lactobacillus species. *Annals of Microbiology*, v. 50, p. 77-88, 2000. Disponível em: <[http://www.annmicro.unimi.it/full/50/andreoni\\_50\\_77.pdf](http://www.annmicro.unimi.it/full/50/andreoni_50_77.pdf)>. Acesso em: 28 outubro de 2014.

ARAÚZ, Iris L. C., et al. Study of the protective role of selenium against cadmium toxicity in lactic acid bacteria: An advance application of ICP-MS. *Journal of Hazardous Materials*, v. 153, n. 8, p. 1157-1164. Disponível em: <[http://ac.els-cdn.com/S0304389407013660/1-s2.0-S0304389407013660-main.pdf?\\_tid=d92f4c96-636b-11e4-b7c6-00000aab0f27&acdnat=1415027738\\_872aee606e2d5e4693acffda346c80d5](http://ac.els-cdn.com/S0304389407013660/1-s2.0-S0304389407013660-main.pdf?_tid=d92f4c96-636b-11e4-b7c6-00000aab0f27&acdnat=1415027738_872aee606e2d5e4693acffda346c80d5)>. Acesso em: 24 maio de 2014.

BROMBERG, Renata, et al. Características da bacteriocina produzida por *Lactococcus lactis* ssp. *hordniae* CTC 484 e seu efeito sobre *Listeria monocytogenes* em carne bovina.

CALOMME, M. R., et al. Selenium and Lactobacillus species. *Journal of Applied Bacteriology*, v. 79, n. 3, p. 331-340, 1995. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2672.1995.tb03145.x/abstract>>. Acesso em: 02 dezembro de 2014.

*Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, Campinas, v. 26, n. 1, p. 135-144, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28862.pdf>>. Acesso em: 05 novembro de 2014.

COMINETTI, Cristiane, et al. Considerações sobre estresse oxidativo, selênio e nutrigenética. *Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição*, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 131-153, 2011. Disponível em: <<http://revistanutrire.org.br/files/v36n3/v36n3a10.pdf>>. Acesso em: 20 maio de 2014.

COZZOLINO, Silvia, M., F. Biodisponibilidade de minerais. *Journal of Nutrition*, Campinas, v. 10, n. 2, p. 87-98, 1997. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-52731997000200001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-52731997000200001&script=sci_arttext)>. Acesso em: 10 setembro de 2014.

DEPOI, Fernanda S.; POZEBON, Dirce. The use of Cloud Point Extraction and Hydride Generation for Improving the Sb and Se Limits of Detection in ICP OES. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, São Paulo, v. 13, n. 12, p. 2211-2221, 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-50532012001200010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-50532012001200010&script=sci_arttext)>. Acesso em: 26 maio de 2014.

DIEP, D. B., et al. Use of Lactobacilli and their Pheromone-Based Regulatory Mechanism in Gene Expression and Drug Delivery. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, v. 10, p. 62-73, 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19149590>>. Acesso em: 03 dezembro de 2014.

FEORD, Jean. Lactic Acid Bacteria in a changing legislative environment. *Antonie van Leeuwenhoek*, Surrey, v. 82, p. 353-360, 2002.

FRANZ, C. M. A. P.; HOLZAPFEL, W. H. The genus *Enterococcus*: biotechnological and safety issues. *Lactic Acid Bacteria: Microbial and Functional Aspects*. 3 ed. New York, 2004, p. 199-248. Disponível em: <[http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=P0p5\\_uXL9uQC&oi=fnd&pg=PA199&dq=The+genus+Enterococcus:+biotechnological+and+safety+issues&ots=gN47WSYBKk&sig=S9mPX3iG9kR8bDK3I\\_B5W1x62XI#v=onepage&q=The%20genus%20Enterococcus%3A%20biotechnological%20and%20safety%20issues&f=false](http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=P0p5_uXL9uQC&oi=fnd&pg=PA199&dq=The+genus+Enterococcus:+biotechnological+and+safety+issues&ots=gN47WSYBKk&sig=S9mPX3iG9kR8bDK3I_B5W1x62XI#v=onepage&q=The%20genus%20Enterococcus%3A%20biotechnological%20and%20safety%20issues&f=false)>. Acesso em: 05 novembro 2014.

GÁLVEZ, A. et al. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *International Journal Food Microbiology*, Amsterdam, v. 120, n. 1-2, p. 51-70, 2007. Disponível em: <[http://ac.els-cdn.com/S0168160507003066/1-s2.0-S0168160507003066-main.pdf?\\_tid=685e28cc-65f3-11e4-885f-00000aacb35d&acdnat=1415305863\\_29d38a2e4900e86442a42eb9d5578c30](http://ac.els-cdn.com/S0168160507003066/1-s2.0-S0168160507003066-main.pdf?_tid=685e28cc-65f3-11e4-885f-00000aacb35d&acdnat=1415305863_29d38a2e4900e86442a42eb9d5578c30)>. Acesso em: 03 novembro 2014.

KAUR, T.; BANSAL, M. P. Selenium enrichment and anti-oxidant status in baker's yeast, *Saccharomyces cerevisiae* at different sodium selenite concentrations. *Nutrición Hospitalaria*, v. 21, n. 6, p. 704-708, 2006. Disponível em: <[http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21n6/alimentos1.pdf?origin=publication\\_detail](http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21n6/alimentos1.pdf?origin=publication_detail)>. Acesso em: 25 maio de 2014.

KITAMURA, Denise, H. 2013. 137 f. Produção de biomassa probiótica e enriquecida com selênio de *Saccharomyces boulardii* utilizando melão de cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/36281/R%20-%20D%20-%20DENISE%20HONDA%20KITAMURA.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 25 setembro de 2014.

MONTEIRO, D. A., et al. Uso do selênio na dieta de matrinxã, *Brycon cephalus*. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 8, n. 1, p. 32-47, 2007. Disponível em: <<http://www.rbspa.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/726/471>>. Acesso em: 26 agosto de 2014.

PIENIZ, Simone, et al. Evaluation of selenite bioremoval from liquid culture by *Enterococcus* species. *Microbiological Research*, v. 166, n. 3, p. 176-185, 2011. Disponível em: <[http://ac.els-cdn.com/S0944501310000339/1-s2.0-S0944501310000339-main.pdf?\\_tid=4acd733c-6d30-11e4-8ac3-00000aacb362&acdnat=1416101670\\_80eefbe651aa29fe6094e4cc503931d1](http://ac.els-cdn.com/S0944501310000339/1-s2.0-S0944501310000339-main.pdf?_tid=4acd733c-6d30-11e4-8ac3-00000aacb362&acdnat=1416101670_80eefbe651aa29fe6094e4cc503931d1)>. Acesso em 6 agosto de 2014.

PIENIZ, Simone, et al. Production of Selenium-Enriched Biomass by *Enterococcus durans*. *Biological Trace Element Research*, v. 155, n. 3, p. 447-454, 2013. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12011-013-9818-1>>. Acesso em: 19 maio de 2014.

PIENIZ, Simone. 2010. 109 f. Avaliação das atividades antimicrobiana, antioxidante, e capacidade de bioacumulação de selênio em células de *Enterococcus*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/27839/000748880.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15 maio de 2014.

PONCE, León, C. A., et al. Selenium incorporation into *Saccharomyces cerevisiae* cells: a study of different incorporation methods. *Journal of Applied Microbiology*, v. 92, n. 4, p. 602-610, 2002. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2672.2002.01562.x/pdf>>. Acesso em: 03 novembro de 2014.

RAYMAN, Margaret. P. The importance of selenium to human health. *The Lancet*, v. 356, p. 233-241, 2000. Disponível em: <<http://www.toxicology.ethz.ch/docs/SeleniumHumanHealth.pdf>>. Acesso em: 28 outubro de 2014.



ROTHER, Michael. Selenium metabolism in prokaryotes. p. 457-470, 2012. Disponível em: <[http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-1025-6\\_36](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-1025-6_36)>. Acesso em: 03 dezembro de 2014.

SAVIJOKI, Kirsi, et al. Proteolytic systems of lactic acid bacteria. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 71, n. 4, p. 394-406, 2006. Disponível em: <[http://www.researchgate.net/publication/7153010\\_Proteolytic\\_systems\\_of\\_lactic\\_acid\\_bacteria](http://www.researchgate.net/publication/7153010_Proteolytic_systems_of_lactic_acid_bacteria)>. Acesso em: 24 outubro de 2014.

STABNIKOVA, Olena, et al. Ukrainian dietary bakery product with selenium-enriched yeast. *LWT - Food Science and Technology*, v. 41, n. 5, p. 890-895, 2008. Disponível em: <[http://ac.els-cdn.com/S0023643807002174/1-s2.0-S0023643807002174-main.pdf?\\_tid=6f8c6dc2-636c-11e4-a1e7-00000aab0f6b&acdnat=1415027990\\_f8259936641850e0559d0cabcf8102b](http://ac.els-cdn.com/S0023643807002174/1-s2.0-S0023643807002174-main.pdf?_tid=6f8c6dc2-636c-11e4-a1e7-00000aab0f6b&acdnat=1415027990_f8259936641850e0559d0cabcf8102b)>. Acesso em: 29 maio de 2014.

VIERO, V., et al. Efeitos da suplementação com diferentes níveis de selênio orgânico e inorgânico na produção e na composição do leite e no sangue das vacas em lactação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 62, n. 2, p. 382-390, 2012. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/77061/000758653.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 14 julho de 2014.

VILLAFANE, Aramis A., et al. Response to excess copper in the hyperthermophile *Sulfolobus solfataricus* strain 98/2. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, v. 385, p. 67-71, 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19427833>>. Acesso em: 04 dezembro 2014.

VRIES, Maaïke, C. L., et al. *Lactobacillus plantarum* - survival, functional and potential probiotic properties in the human intestinal tract. *International Dairy Journal*, v. 16, n. 9, p. 1018-1028, 2006. Disponível em: <<http://dzumennis.nic.in/Physiology/pdf/Lactobacillus%20plantarum%20survival.pdf>>. Acesso em: 29 outubro de 2014.

ZAGO, Miriam, et al. Characterization and probiotic potential of *Lactobacillus plantarum* strains isolated from cheeses. *Food Microbiology*, v. 28, n. 5, p. 1033-1040, 2011. Disponível em: <[http://www.researchgate.net/publication/51124536\\_characterization\\_and\\_probiotic\\_potential\\_of\\_lactobacillus\\_plantarum\\_strains\\_isolated\\_from\\_cheeses](http://www.researchgate.net/publication/51124536_characterization_and_probiotic_potential_of_lactobacillus_plantarum_strains_isolated_from_cheeses)>. Acesso em: 29 outubro de 2014.



# AVALIAÇÃO DO IMPACTO GERADO E DE PROCESSOS UTILIZADOS NA RECUPERAÇÃO DE MINAS DE CARVÃO ABANDONADAS NO MUNICÍPIO DE LAURO MÜLLER/SC

Roberto Henrique Walter<sup>1</sup>

1Curso de Engenharia Ambiental – Centro Universitário UNIVATES  
Rua Avelino Tallini, 171, Bairro Universitário – 95.900-000 – Lajeado – RS – Brasil

*beto.walter@yahoo.com.br*

**Abstract:** The lack of planning and legislation able to regulate and monitor mining activities at the time of the opening of coal mines Lauro Muller/SC, made that the region became extremely degraded due to the acid drainage that contaminate water resources, soils and atmosphere, spreading heavy metals that bioaccumulate up in living beings. The techniques used in order to reduce these impacts are: disposal of the waste in impermeable pits; use of reducing agents; management adsorbent species of metals; and provision of nutrients to the plant restructuring layer on the surface of pits.

**Resumo:** A falta de planejamento e legislações capazes de regular e fiscalizar as atividades mineradoras na época da abertura das minas de carvão de Lauro Müller/SC, fizeram com que a região tornasse-se extremamente degradada em razão das drenagens ácidas que contaminam recursos hídricos, solos e atmosfera, disseminando metais pesados que bioacumulam-se nos seres vivos. As técnicas utilizadas a fim de reduzir esses impactos, são: disposição do rejeito em cavas impermeabilizadas; utilização de agentes redutores; manejo de espécies adsorventes de metais; e disposição de nutrientes para reestruturação da camada vegetal na superfície da cava.

## 1. Introdução

O carvão mineral é um combustível fóssil, composto basicamente por carbono, além de hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre, em menor quantidade. Sua utilização para geração de energia intensificou-se no século XVIII, com o início da Revolução Industrial, quando máquinas movidas a vapor e alimentadas pelo carvão passaram a ser comercializadas na Inglaterra. Atualmente, o carvão mineral continua a apresentar destaque na matriz energética de diversos países, como a China, que possui a terceira maior reserva de carvão do mundo [Gomez, Chamon e Lima 2012].

De acordo com Belolli, Quadros e Guidi (2002), a existência de carvão no sul de Santa Catarina é conhecida desde 1827 por tropeiros que perceberam que algumas das rochas encontradas por eles, na região conhecida como Barro Branco, entravam em combustão ao utilizá-las na montagem de fogueiras. Porém, a exploração do carvão brasileiro começou a ter uma maior relevância a partir da Segunda Guerra Mundial, devido à necessidade de substituir os combustíveis importados. No final da década de 1970, período em que ocorreu a primeira grande crise do petróleo, a produção de energia através da queima do carvão nacional também obteve maior destaque, como forma alternativa de geração de energia, sendo incentivado pelo governo federal através do Programa de Mobilização Energética – PME [Nascimento et al. 2002].

Entre os anos de 1885 e 1912, a exploração do carvão no município de Lauro Müller, se deu por meio de uma companhia inglesa, porém, em função do seu baixo poder calorífico, as minas foram abandonadas, sendo repassada a concessão de exploração a indústrias cariocas, em 1916. No início da

década de 1990 instalou-se uma profunda crise no setor carbonífero no sul de Santa Catarina, levando novamente ao abandono das minas de Lauro Müller [IBGE 2014].

Atualmente, com a crescente pressão da sociedade e de órgão de fiscalização, o governo passou a se preocupar com a recuperação do passivo ambiental decorrente da exploração de carvão no local, desenvolvendo um projeto de recuperação ambiental da bacia carbonífera do sul catarinense, coordenado pelo Sindicato das Indústrias de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina (SIECESC).

Dentre os problemas decorrentes da atividade extrativa de carvão destacam-se: as drenagens ácidas, formadas a partir de reações entre o oxigênio, a água e os sulfetos presentes no material estéril; a contaminação da água e do solo por metais pesados; a poluição atmosférica, através da emissão de substâncias químicas, como os óxidos de enxofre; e a bioacumulação de metais pesados no organismo, através da ingestão de alimentos contaminados.

Para que ocorra a redução dos impactos gerados pelas minas abandonadas, esses solos contendo sulfetos e seus minerais secundários são dispostos em cavas impermeabilizadas, evitando o contato da água e, conseqüentemente, a formação das drenagens ácidas. Após a disposição do rejeito nestas cavas, estes locais são reambientados com o manejo de plantas, como a *Typha latifolia* e o *Eucalyptus saligna*.

De acordo com Taylor e Crowder (1983), Fernandes e Henriques (1990) e Ye et al. (2001), a *T. latifolia* pode apresentar concentrações significativas de Fe, S, Cd, B e Zn nos tecidos das raízes e do caule, além de Mn em suas folhas e brotos.

Já com relação ao *E. saligna*, Santos, Citadini-Zanette e Filho (2009) informam que, apesar das condições extremamente ácidas em áreas de mineração de carvão no sul de SC, a espécie cresce espontaneamente nestes locais, demonstrando grande poder de adaptação. Sipres (2015) considera ainda que o rápido crescimento da espécie e seu potencial para múltiplos usos apresenta uma alternativa promissora para a recuperação de áreas degradadas pela mineração.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar aspectos químicos e ambientais, relacionados à extração de carvão, no município de Lauro Müller/SC, além de analisar os processos de recuperação ambiental utilizados, a fim de reduzir os impactos promovidos pela atividade mineradora. O município apresenta uma série de minas abandonadas a céu aberto, que causam inúmeros danos ao meio ambiente e à população local.

## 2. Referencial teórico

De acordo com Taioli (2003), o carvão mineral forma-se a partir do soterramento e da compactação de massas vegetais em ambientes propícios a deposição de matéria orgânica, como bacias, pântanos ou em locais onde ocorreram repetidas sucessões de regressão e transgressão marinha, acarretando, respectivamente, em um avanço e soterramento de florestas, em determinadas áreas. Sendo estes ambientes anaeróbicos e associados a um aumento considerável de temperatura e pressão, a água e os elementos voláteis são expelidos, gerando uma alta concentração de carbono. Dependendo das condições de pressão e temperatura, a celulose da massa vegetal compactada pode transformar-se em rochas sedimentares que apresentam grau de carbonificação variado. Assim sendo, Taioli (2003) classifica o carvão mineral em turfa, linhito, carvão betuminoso e antracito, de acordo com a presença de carbono em sua composição.

Segundo Brown (2011), o carvão mineral também pode ser classificado de acordo com sua origem vegetal. Os carvões sapropélicos ou saprotéticos são formados a partir de algas marinhas, e os carvões húmicos, que correspondem a cerca de 95% das reservas conhecidas de carvão no mundo, a partir de vegetais superiores de origem continental.

Sua extração pode ser realizada a céu aberto, onde há a remoção da cobertura do material estéril para então ser extraída a camada de carvão, ou subterrânea, que implica em abertura de poços, planos inclinados, ou galerias de encosta, por onde será feita a extração do minério e o transporte de materiais e funcionários. Independente da forma de extração, a mineração de carvão gera uma quantidade enorme de rejeito (cerca de 60 a 70%), que acaba sendo depositado em pilhas ou barragens próximas às áreas mineradas [Taioli 2003].

Conforme exposto por Oliveira et al. (1996), o principal problema associado a estes materiais residuais é que normalmente junto aos depósitos de carvão mineral há também a presença de grandes quantidades de sulfetos, como a pirita ( $\text{FeS}_2$ ). Quando expostos ao oxigênio e à umidade, esses sulfetos oxidam-se facilmente, tendo como produto da reação o ácido sulfúrico. O ácido sulfúrico por sua vez, acaba sendo lixiviado para os corpos hídricos e carrega junto consigo metais pesados como ferro, manganês, cálcio e sódio, originados a partir da degradação dos minerais ao seu redor, alterando a temperatura, a densidade e a composição da água. Estes cursos de água que contêm ácido sulfúrico e metais pesados são denominados drenagens ácidas [Evangelou 2000], [Baird, Recio e Carrera 2002].

Para determinar qual é a predominância relativa dos diversos constituintes presentes nestas drenagens ácidas, utilizam-se os diagramas de Eh-pH, os quais cruzam informações sobre o potencial oxidativo (Eh), com o potencial de hidrogênio (pH), representando graficamente as possíveis fases de equilíbrio estáveis de um sistema eletroquímico de determinados elementos e em determinados meios. O eixo y, indica o Eh, medido em volts (V), e o eixo x, indica os valores de pH [Baird, Recio e Carrera 2002], [Takeno 2005]. Deste modo é possível identificar de forma rápida e simples as características do meio em questão.

### 3. Impactos ambientais causados pela exploração do carvão

O carvão brasileiro, explorado na Bacia do Paraná, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, é do tipo húmico, formado a cerca de 260 milhões de anos, e tem origem em tecidos lenhosos, celulose, esporos, ceras, resinas, géis, betumes e hidrocarbonetos derivados da paleoflora típica dos períodos Carbonífero e Permiano, composta por diversas espécies de gimnospermas (árvores que não apresentam flores) e pterodófitas (samambaias), entre outras já extintas. O poder calorífico do carvão brasileiro é baixo por apresentar baixas concentrações de carbono em sua composição. No geral, apresenta-se sob a forma de linhito, porém, na região sul do país, pode-se encontrar carvão do tipo betuminoso [Taioli 2003]. A grande presença de sulfetos no material de rejeito da extração de carvão é o principal desencadeador dos impactos ambientais descritos a seguir.

#### 3.1. Drenagens ácidas

Como já mencionado, os principais problemas atribuídos à extração de carvão, provêm das drenagens ácidas, formadas pelas reações que ocorrem nos sulfetos presentes no rejeito da extração. Podemos observar isto através da reação apresentada pela equação 1, onde a pirita ( $\text{FeS}_2$ ) reage com o oxigênio e a água, formando ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e ferro bivalente ( $\text{Fe}^{2+}$ ).





Após, o ferro bivalente, produto da reação da pirita, também é oxidado formando ferro trivalente ( $\text{Fe}^{3+}$ ) através da reação apresentada pela equação 2.



Em seguida, ocorre a oxidação dos sulfetos férricos a partir do ferro trivalente, formando os minerais secundários, como a schwertmannita ( $\text{Fe}_8\text{O}_8(\text{OH})_6(\text{SO}_4)$ ), a goethita ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ), a hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e a jarosita ( $\text{KFe}_3^{3+}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ ). Alguns destes minerais, como a jarosita e a schwertmannita, apresentam um potencial maior que a pirita para a formação de ácido sulfúrico. Considerando um ambiente em que o pH é menor ou igual a 3,0, o ferro trivalente oxida a pirita mais rapidamente que o ferro bivalente pode ser oxidado pelo oxigênio. Sendo assim, inicialmente a pirita é oxidada pelo oxigênio, produzindo ácido sulfúrico, e conseqüentemente diminuindo o pH do meio. Em seguida o ferro trivalente torna-se cada vez mais solúvel, transformando-o no principal agente oxidante da reação [Baird, Recio e Carrera 2002].

Com relação à jarosita, Oliveira et al. (1996) destacam que quanto maior a área superficial de exploração, maior será a sua formação, devido o maior contato da pirita com os fatores essenciais para que ocorra sua oxidação. Desta forma, a extração a céu aberto, em comparação à subterrânea, é muito mais eficiente na produção deste mineral secundário. Porém, mesmo expondo taxas menores de produção de jarosita, as explorações subterrâneas também ocasionam grandes drenagens ácidas. Devido a retirada do material carbonífero, as galerias abertas para exploração podem apresentar infiltrações de água que acabam entrando em contato com os sulfetos, iniciando o processo de acidificação e conseqüente degradação dos minerais, com a formação das drenagens ácidas e solubilização de metais pesados. Estas drenagens ácidas percolam no subsolo, chegando aos lençóis freáticos, ou desembocando em corpos hídricos.

### 3.2. Metais pesados

Os recursos hídricos da região de estudo, Lauro Müller, estão todos debilitados, devido à presença de grandes quantidades de metais pesados degradados e solubilizados nas drenagens ácidas, pelos agentes oxidantes [Nascimento et al. 2002]. De acordo com Castilhos et al. (2003), o pH ótimo da água para o desenvolvimento de peixes varia entre 6,5 e 9,0, porém em grande parte dos corpos hídricos da região, o valor do pH está abaixo de 4,0, podendo chegar até a 2,0. Este ambiente ácido permite que os metais fiquem predominantemente na fase dissolvida, biodisponíveis para a biota aquática.

A água utilizada para o consumo dos habitantes da região vem toda de municípios vizinhos, ou de regiões mais altas que as minas carboníferas, onde os poluentes não tenham entrado em contato com a água.

Estudos estão sendo feitos para avaliar a saúde da população, que vem apresentando maior propensão ao desenvolvimento de vários tipos de câncer [Castilhos et al. 2003]. Verduras e legumes que tiveram contato de alguma forma com as águas contaminadas, ou animais que se alimentaram nas proximidades dos leitos dos rios, acabam servindo de alimento para a população, que ao ingeri-lo sofre um processo de bioacumulação de metais pesados em seu organismo.



### 3.3. Chuvas ácidas

Através da queima do carvão, a atmosfera também acaba carregando alguns poluentes químicos. Considerando que o carvão brasileiro apresenta entre 1 e 6% de enxofre, de acordo com a ANEEL (2008), sua queima libera muitos óxidos, composto basicamente por dióxido de enxofre (90%) e trióxido de enxofre (10%). Estas substâncias são altamente poluentes e indutoras na formação das chuvas ácidas. As chuvas ácidas, por sua vez, interferem na diminuição do pH das águas superficiais, na modificação da fauna e da flora, na solubilização de metais pesados dos solos e nos processos biológicos de decomposição, conforme abordado por Althoff (1994).

### 4. Processos de recuperação

Em visita técnica realizada a uma área de mina abandonada no município de Lauro Müller, a empresa responsável pela sua recuperação destacou quatro etapas principais presentes neste processo: disposição de materiais enclantes, para impermeabilizar pontos de deposição de rejeito, de forma que impossibilite o seu contato com a água; utilização de agentes redutores, com a finalidade de alterar a composição química dos metais presentes para formas menos agressivas; disposição de mecanismos adsorventes de metais; e disposição de nutrientes na superfície da cava de deposição impermeabilizada, para que se reestruture a camada vegetal nestes locais.

No processo de beneficiamento do carvão, as rochas que contêm este mineral são removidas de seus depósitos naturais e levadas a bacias de decantação onde, por diferença de densidade, é feita a separação entre o material residual, que precipita no fundo da bacia, e o carvão mineral, que possui baixa densidade e, portanto, permanece na superfície, sendo retirado em seguida. Este processo faz com que se desencadeiem todas as reações formadoras das drenagens ácidas. A fim de cessarem-se estas reações, substâncias alcalinas devem ser adicionadas ao meio, de forma a neutralizá-lo. A adição de cal virgem (CaO) ou de cal hidratada [Ca(OH)<sub>2</sub>] são as formas mais comuns de neutralizar águas ácidas.

Nas minas abandonadas de Lauro Müller, o rejeito da atividade extrativa, que em décadas anteriores era disposto em pilhas improvisadas, é enviado para cavas, cujo fundo encontra-se impermeabilizado por argilas. Após a realocação do rejeito, faz-se o selamento da mesma, com a disposição inicial de cerca de 1 metro de siltito, seguido por uma nova camada do mesmo material argiloso utilizado no fundo da cava e, enfim, uma última camada composta por solo orgânico que fará com que a cobertura vegetal no local se reestabeleça. Este método também estabelece um sistema de drenagem pluvial para evitar a acumulação de água no local.

Por fim, optou-se pelo uso da *Typha latifolia* como mecanismo adsorvente de metais, ametais e metaloides presentes nas drenagens ácidas, ou que acabam permanecendo no entorno das minas e das cavas de deposição. Além da *T. latifolia*, também foram plantados exemplares de *Eucalyptus saligna* no entorno das áreas de recuperação, devido estas plantas apresentarem um grande poder de adaptação às condições da área, auxiliando no processo de recuperação.

### 5. Resultados e discussão

Conforme já mencionado, o aumento do pH devido a colocação de cal, causa a precipitação de hidróxidos de metais como Fe, Mn, Al e Pb, entre outros presentes no meio aquoso. O Fe<sup>3+</sup> precipita com

valores de pH superiores a 4,0, formando principalmente hidróxido férrico ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ), já o  $\text{Fe}^{2+}$  inicia a precipitação com o pH próximo a 8,0.

As medidas de pH e Eh realizadas em uma drenagem ácida, localizada próxima a um depósito de rejeitos a céu aberto, e na bacia de decantação de uma mina abandonada em processo de recuperação, a qual foi adicionada cal, foram as seguintes:

- a) Drenagem ácida: pH = 2,36; Eh = 275 mV
- b) Bacia de decantação: pH = 7,8; Eh = 0,4 mV

A partir dos dados coletados e analisando os diagramas de Eh-pH, podemos constatar qual a possível forma química apresentada pelos diferentes tipos de metais, ou demais elementos químicos presentes nos ambientes analisados.

As análises realizadas para os metais Al, Cu, Cd, Cr, Fe e Pb, através dos diagramas Eh-pH, conforme apresentado na Figura 1, demonstraram os seguintes resultados para as possíveis formas químicas presentes em cada meio:

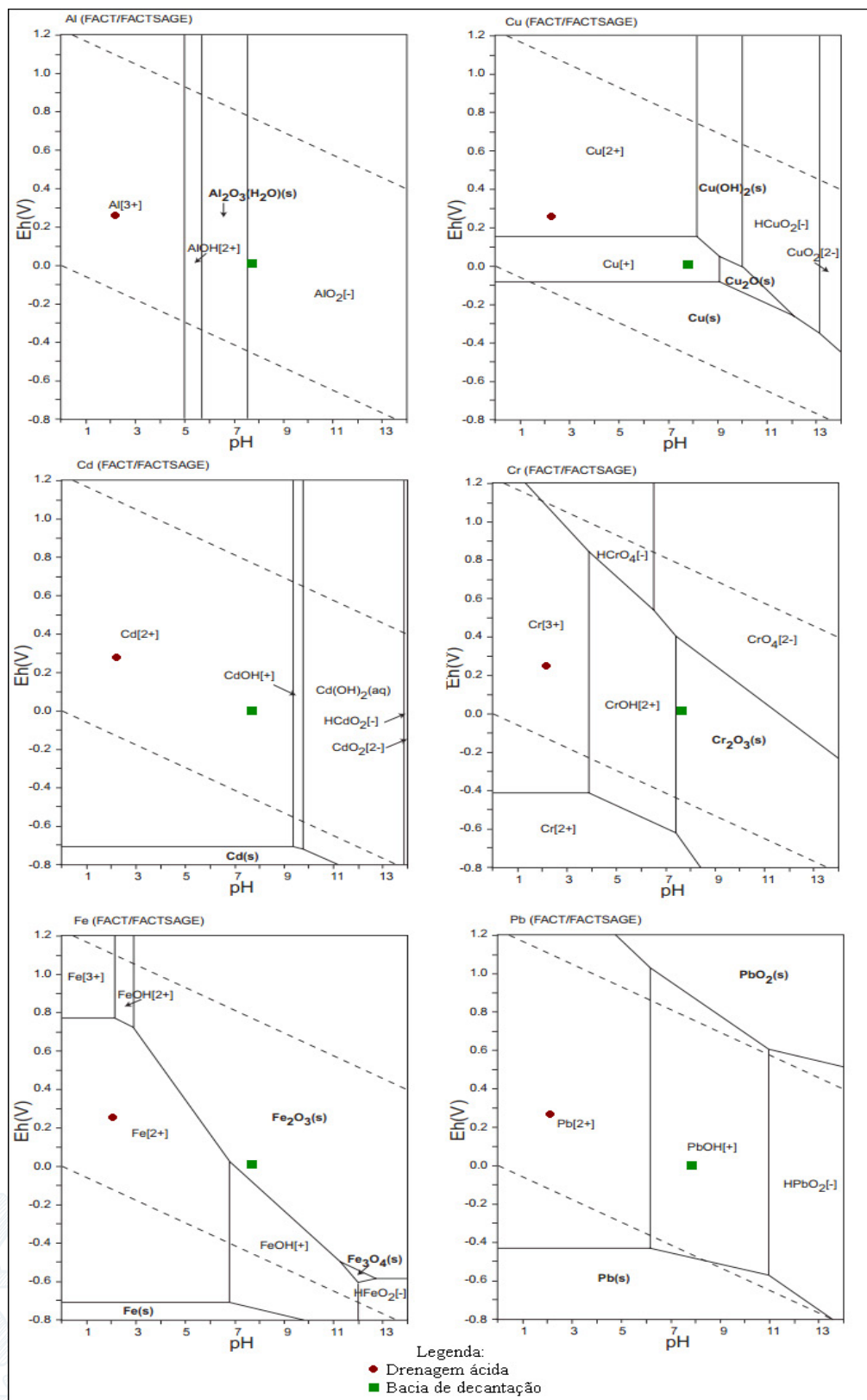
- a) Drenagem ácida:  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Pb}^{2+}$
- b) Bacia de decantação:  $\text{AlO}_2^-$ ,  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3(\text{s})$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$  e  $\text{PbOH}^+$

De forma geral, percebe-se que na bacia de decantação a composição química é menos agressiva ao meio ambiente em comparação à drenagem ácida, devido a forma química mais estável com que os metais se apresentam.

Apesar de as cavas de deposição apresentarem sistemas de drenagem da água da chuva, com o tempo a argila utilizada na impermeabilização destas cavas acaba absorvendo umidade, podendo reagir futuramente com o rejeito ali depositado, desencadeando as reações formadoras das drenagens ácidas e retomando todos os problemas relacionados anteriormente.

De acordo com a bibliografia consultada, acredita-se que o manejo da *Typha latifolia* e do *Eucalyptus saligna* demonstrem bons resultados na recuperação da área de estudo, em razão das suas características particulares descritas anteriormente, porém devem ser realizados estudos mais aprofundados sobre a utilização destas espécies, a fim de garantir sua eficiência no processo. Também deve-se destacar que a *T. latifolia* necessita de uma manutenção periódica, através do seu corte e deposição adequada, de modo a evitar que os metais adsorvidos pela planta não voltem para o meio.

Figura 1 – Diagrama Eh-pH para Al, Cu, Cd, Cr, Fe e Pb



Fonte: Do autor, adaptado de Takeno (2005)

## 6. Conclusões

Em relação aos impactos causados pelas minas de carvão abandonadas, localizadas no município de Lauro Müller/SC, o descuido de anos ao extrair este mineral sem nenhum tipo de controle, permitiu que a área de exploração apresentasse altos níveis de degradação, principalmente em função das drenagens ácidas, originadas a partir do contato da água e do oxigênio com os sulfetos presentes no material residual das minas. Estas drenagens disseminaram cargas consideráveis de metais pesados em toda a região, poluindo recursos hídricos, solo e atmosfera.

A realocação do material do rejeito em cavas impermeabilizadas por argilas, permite isolar os minerais causadores das drenagens ácidas, porém deve ser realizado um monitoramento contínuo destas cavas, a fim de evitar que a umidade absorvida pela argila com o passar do tempo, não entre em contato com os sulfetos isolados. A utilização de cal nas drenagens ácidas auxilia na sua neutralização. De acordo com a bibliografia o manejo de espécies como a *Typha latifolia* e o *Eucalyptus saligna* devem auxiliar no processo de recuperação das áreas degradadas.

Apesar de continuar apresentando destaque na matriz energética de importantes países, como a China, o aumento da atenção por parte da sociedade em relação às questões ambientais faz com que a utilização de combustíveis fósseis, como o carvão mineral, apresente maiores discussões diante dos possíveis impactos que os mesmos podem ocasionar. A cada dia, novas tecnologias são desenvolvidas utilizando recursos renováveis. Os impactos gerados desde a exploração do carvão nas minas, até a sua queima nas termelétricas, interferem no meio ambiente de diversas formas, através dos recursos hídricos, solos e atmosfera. O Brasil destaca-se no que diz respeito ao potencial energético renovável, portanto, do ponto de vista ambiental, a exploração e utilização do carvão para geração de energia apresenta diversos aspectos negativos em comparação a outras formas de geração, como as usinas hidrelétricas e os parques eólicos.

Sugere-se como continuação a este trabalho, a coleta periódica de amostras no local, a fim de se obterem informações mais detalhadas relacionadas à eficiência e evolução dos processos de recuperação ambiental implantados na área de estudo.

## Referências

Agência Nacional de Energia Elétrica (2008) "Fontes não-renováveis – Carvão Mineral" Em Atlas de Energia Elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. ed. – Brasília, ANEEL, p.129-141.

Althoff, D. A. (1994) "Análise do Ph das chuvas em Urussanga – SC" Agropecuária Catarinense, v. 7, n. 3, p. 30-31.

Baird, C., Recio, M. A. L. e Carrera, L. C. M. (2002) "Química Ambiental" Porto Alegre, Bookman.

Belolli, M., Quadros, J. e Guidi, Ayser (2002) "História do Carvão de Santa Catarina" Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina, Criciúma – SC.

Brown, M. T. (2011) "Caracterização Petrológica e Química dos Carvões Utilizados em Usinas Termelétricas Brasileiras e as Cinzas Geradas no Processo de Combustão" Porto Alegre, UFRGS.

Castilhos, Z. C., Soares, P. S. M., Trindade, R. B. E., Barbosa, J. P. e Huyssteen, E. van (2003) "Avaliação de Risco Ambiental na Recuperação de Áreas Degradadas. Estudo de Caso: Região Carbonífera Catarinense" Seminário Brasil-Canadá de Recuperação Ambiental de Áreas Mineradas, vol. 1, p.197-217, Florianópolis



Evangelou, V. P. (2000) "Pyrite Oxidation and its Control: Solution Chemistry, Surface Chemistry, Acid Mine Drainage (AMD), Molecular Oxidation Mechanisms, Microbial Role, Kinetics, Control, Ameliorates And Limitations, Microencapsulations" Boca Raton, CRC Press.

Fernandes, J. C. e Henriques, F. S. (1990) "Metal Levels in Soils and Cattail (*Typha latifolia* L.) Plants in a Pyrite Mine Area at Lousal" International Journal of Environmental Studies, v.36, n.3, p.205-210.

Gomez, J. M., Chamon, P. H. e Lima, S. B. (2012) "Por uma Nova Ordem Energética Global - Potencialidades e Perspectivas da Questão Energética Entre os Países BRICS" Rio de Janeiro, v. 34, n. 2, dez.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014) "Histórico Lauro Müller -SC" IBGE, Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/8HU1>> Acesso em: ago. 2015.

Nascimento, F. M. F., Mendonça, R. M. G., Macêdo, M. I. F. e Soares, P. S. M. (2002) "Impactos Ambientais nos Recursos Hídricos da Exploração de Carvão em Santa Catarina" II Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto e II Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea, Belo Horizonte, IBRAM.

Oliveira, S. M. B. de, Blot, A., Liguoriimbernon, R. A. e Magat, P. (1996) "Jarosita e Plumbojarosita nos Gossans do Distrito Mineiro de Canoas (PR)" Revista Brasileira de Geociências.

Santos, R., Citadini-Zanette, V. e Filho, L. S. L. (2009) "Estrutura Comunitária da Vegetação em Pilhas de Estéreis de Mineração de Carvão a Céu Aberto" Em: Mineração de Carvão, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável no Sul de SC. Coord. Milioli, G., Santos, R. e Citadini-Zanette, V. Curitiba, p.191-202.

Sipres, F. (2015) "Caracterização de Rejeito de Mineração de Carvão para Revegetação de Áreas Degradadas" Jornada de Iniciação Científica, CETEM.

Taioli, F. (2003) "Recursos Energéticos", Em: Decifrando a Terra, Organizado por Teixeira, W., Toledo, M. C. M. de, Fairchild, T. R. e Taioli, F. São Paulo, Oficina de Textos, p. 471-492.

Takeo, N. (2005) "Atlas of Eh-pH diagrams" Japan: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology.

Taylor, G. J. e Crowder, A. A (1983) "Uptake and Accumulation of Copper, Nickel, and Iron by *Typha latifolia* in Wetlands of the Sudbury, Ontario Region" Canadian Journal Botany, v.61, n.7, p.63-73.

Ye, Z. H., Whiting, S. N., Lin, Z. Q., Lytle C. M., Qian J. H. e Terry, N. (2001) "Removal and Distribution of Iron, Manganese, Cobalt and Nickel Within a Pennsylvania Constructed Wetlands Treating Coal Combustion By-Product Leachate" Journal Environmental Quality, v.30, n. 5, p.1463-1473.

## ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MODAIS FERROVIÁRIO E RODOVIÁRIO NO RIO GRANDE DO SUL

Jonas Gerhard Haas<sup>1</sup>, Marcelo Bortolini Mallmann<sup>1</sup>, Roberto Henrique Walter<sup>2</sup>, Cláudio Roberto do Rosário<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário UNIVATES  
Rua Avelino Tallini, 171, Bairro Universitário – 95.900-000 – Lajeado – RS – Brasil

<sup>2</sup>Curso de Engenharia Ambiental – Centro Universitário UNIVATES  
Rua Avelino Tallini, 171, Bairro Universitário – 95.900-000 – Lajeado – RS – Brasil

<sup>3</sup>Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – Centro Universitário UNIVATES  
Rua Avelino Tallini, 171, Bairro Universitário – 95.900-000 – Lajeado – RS – Brasil

*jonasghaas@hotmail.com, celomallmann@gmail.com, beto.walter@yahoo.com.br, claudio.rosario@univates.br*

**Abstract:** Besides the analysis of transportation network in other countries, this work relates issues, reference to the national transportation level, to then highlight the current state's transportation network. Through bibliographic research, a Framework was built, relating mechanisms and elements, to incentive factors or blockers related to railway and road transportation, in order to obtain as a final result a percentage of incentive and blockers factors for each mode. After the arguments of the gained results, it was concluded that railways have greater advantage than roads.

**Resumo:** Além de analisar a matriz de transporte em outros países, o presente trabalho relaciona questões referentes aos transportes a nível nacional, para então destacar a atual matriz de transporte gaúcha. Através da pesquisa bibliográfica realizada, construiu-se um Framework, relacionando mecanismos e elementos a fatores incentivadores ou bloqueadores referentes aos modais ferroviário e rodoviário, de forma a obter-se como resultado final um percentual de fatores incentivadores e bloqueadores para cada modal. Após as discussões dos resultados obtidos, conclui-se que as ferrovias apresentam maior vantagem em relação às rodovias.

### 1. Introdução

Inicialmente o transporte de cargas realizado pelo homem era condicionado a sua capacidade física, porém, a partir do momento em que o ser humano passou a dominar as técnicas agrícolas, houve a necessidade de aperfeiçoar o transporte utilizado por ele. O primeiro método de transporte utilizado pelo homem foi a domesticação de animais de carga. Mais tarde, com a invenção da roda, tornou-se possível a criação de veículos com diferentes velocidades e capacidades, mas foi com o advento da Revolução Industrial, através da construção de máquinas a vapor, que o transporte de mercadorias começou a tomar novas proporções. Desta forma, observa-se que o transporte está diretamente relacionado ao desenvolvimento da civilização moderna, servindo de fomento para o desenvolvimento econômico de uma região [Rodrigues 2011] [Razzolini Filho 2012].

O nível de competitividade atual exige uma alta eficiência nos serviços logísticos por parte das empresas, a fim de se manterem competitivas no mercado. Segundo Wanke (2010), estudos mostram que os gastos com transportes no Brasil, oscilam próximo a 6% do PIB nacional, valor alto se comparado a anos anteriores. No entanto, o percentual do PIB investido em manutenção e expansão da infraestrutura

diminuiu consideravelmente. Além disso, o país apresenta predomínio demasiado de um único modal, o que compromete diretamente o seu desenvolvimento econômico e social.

No estado do Rio Grande do Sul, assim como no restante do país, constata-se uma alta predominância do modal rodoviário. Esta dependência gera um grande impacto nos preços cobrados pelos demais modais. Como existem muitas empresas no ramo de transportes rodoviários, os preços praticados por elas acabam tornando-se altamente competitivos em relação aos demais modais.

Isto explica a grande falta de investimentos em outros modais, como por exemplo, o ferroviário. O modal ferroviário é pouco utilizado no Rio Grande do Sul, embora seja mais eficiente em trajetos longos e apresente um potencial poluidor menor, se comparado ao modal rodoviário. Segundo Vencovsky (2006), enquanto o modal rodoviário apresenta vantagens para deslocamentos com até 500 km de distância, o modal ferroviário é recomendado para distâncias entre 500 e 1.200 km.

De acordo com Santos (2012), a tendência dos modais é o equilíbrio. Em 1996 o modal ferroviário era responsável por 20% da movimentação de cargas, já em 2005 respondia por 25% e estima-se que em 2025 este valor chegue a 35%.

O presente trabalho trata-se de um estudo comparativo entre os modais rodoviário e ferroviário instalados no estado do Rio Grande do Sul, de forma a identificar qual destes apresentaria maior eficiência no estado, com base nas vantagens e desvantagens destacadas para cada modal. O trabalho justifica-se em razão da dificuldade em encontrar-se material referente ao assunto, sendo útil no auxílio à tomada de decisões futuras.

## 2. Referencial teórico

De acordo com Rodrigues (2011), transporte é o meio ao qual se deslocam pesos e pessoas de um local para outro. Razzolini Filho (2012) complementa afirmando que além do deslocamento, o transporte é definido pela capacidade em disponibilizar cada tipo de bem no momento e no lugar onde exista demanda por ele e que a logística empresarial é fundamental para o desenvolvimento de um país, pois possibilita o crescimento das empresas, otimiza processos que vão desde o recebimento até a expedição de pedidos de clientes, minimiza estoque, reduz faltas e assegura o abastecimento nacional e internacional a preços competitivos.

Porém, conforme Senna (2008), os sistemas de transporte necessitam ser melhor planejados, adaptando-se às novas tecnologias e às atuais mudanças políticas. Alvarenga e Novaes (2000) já afirmavam em seu trabalho a necessidade de se ter uma visão sistêmica que envolva planejamento, para a organização de um sistema de transporte. Segundo Ballou (2001), a seleção de um modal de transporte pode ser usada para criar uma vantagem competitiva do serviço.

De acordo com o IPEA (2012), a composição da pauta de exportações do Brasil e do Rio Grande do Sul na última década, foi influenciada pela intensa demanda da China por commodities agrícolas, contribuindo com o aumento das exportações gaúchas de produtos primários, dentre eles, produtos ligados à soja, fumo, arroz, carnes e derivados, que se caracterizam por apresentar baixo valor agregado e pouca intensidade tecnológica.

Apesar destas crescentes demandas, o aumento de produtividade pode acabar esbarrando na atual capacidade de escoamento destes produtos, no país e no estado [Biaggioni e Bovolenta 2010]. Em virtude das péssimas condições de tráfego, que geram custos adicionais às empresas do setor, reajustes

dos pedágios e evolução do preço do petróleo, tornam-se necessárias discussões referentes à eficiência dos transportes nacionais [Razzolini Filho 2012].

Com relação às principais variáveis que devem ser levadas em consideração para a seleção do modal a ser utilizado, Rodrigues (2011) destaca: a natureza e as características da mercadoria, pois sua fragilidade pode justificar o uso de um modal com maior custo; o tamanho do lote; as restrições dos modais em si; a disponibilidade e frequência do transporte; o tempo de trânsito, que afeta diretamente o prazo de ressuprimento e que pode paralisar uma linha de produção caso o estoque de reserva seja baixo; o valor do frete; o índice de faltas e/ou avarias (taxa de sinistralidade); e o nível de serviço prestado.

### **2.1. Crescimento econômico atrelado ao transporte**

Para Wanke e Fleury (2006), o transporte de cargas é o principal componente dos sistemas logísticos das empresas. Faria (2001) afirma que o transporte gera a movimentação de produtos entre as indústrias e os consumidores, exercendo uma das bases indispensáveis para o desenvolvimento econômico regional ou nacional, favorecendo a integração de regiões mais afastadas e gerando riquezas para o país.

Isto pode ser observado no momento em que, mesmo havendo uma forte demanda de um determinado produto por diferentes regiões, a indisponibilidade de transporte inviabiliza a região produtora. Desta forma torna-se necessária a análise de todas variáveis envolvidas com os transportes, a fim de atender às complexas necessidades decorrentes das transações comerciais locais, regionais ou mesmo internacionais [Rodrigues, 2011].

Erhart e Palmeira (2006) já mencionavam em seu trabalho o impacto causado sobre os produtos comercializados no mercado internacional, em função dos altos custos envolvidos no seu transporte, sobretudo por meio de rodovias. Sob este aspecto torna-se interessante a instalação de um modal ferroviário mais amplo, a fim de reduzir o valor de transporte agregado ao produto e aumentar assim o nível de competitividade do Brasil no mercado internacional.

Porém, Vencovsky (2006) afirma que o modal rodoviário é o único que integra todos os municípios brasileiros. Já Razzolini Filho (2012) alega que a malha ferroviária brasileira é incompatível com o tamanho de sua economia e escala de produção, dificultando a circulação interna da riqueza nacional, e que com o crescimento do modal ferroviário, será possível reduzir custos operacionais às empresas embarcadoras.

### **2.2. Eficiência no transporte**

Simões et al. (1997) afirmam que entre as décadas de 1970 e 1980, o investimento dado às rodovias em comparação às ferrovias chegou a ser três vezes maior, mesmo em países europeus, onde o uso dos serviços ferroviários é mais intenso. Porém, diversos fatores vêm ao encontro à revitalização e ampliação das ferrovias. Entre eles, encontramos as questões ambientais, de segurança, a exploração comercial e sua capacidade em proporcionar vantagens econômicas.

Segundo o estudo comparativo realizado por Biaggioni e Bovolenta (2010), o gasto energético despendido no transporte rodoviário tende a ser maior que em outros alternativos, como o ferroviário ou até mesmo o hidroviário, considerando-se tanto fatores diretos quanto indiretos.



Segundo Razzolini Filho (2012), dentre as principais características que diferenciam os modais de transporte, encontram-se a velocidade, a consistência, a capacidade de movimentação, a disponibilidade e a frequência. Em relação à confiabilidade ou consistência de que o produto chegará no prazo estabelecido, o modal rodoviário é considerado mais confiável que o ferroviário, o que pode estar relacionado a reduzida malha ferroviária existente atualmente. Com relação à capacidade de movimentação o modal ferroviário destaca-se em relação ao rodoviário por haver a possibilidade de montar composições de cargas. Já no que se refere à disponibilidade e à frequência, o modal rodoviário é mais eficiente que o ferroviário. Assim sendo, o autor afirma que o modal rodoviário permite o serviço porta a porta, oferecendo uma boa frequência, com maior disponibilidade e apresentando maior velocidade a pequenas distâncias, destacando-se no mercado de transportes fracionados e de pequenas cargas. Porém sua variedade de cargas é limitada em virtude de restrições de segurança e dos limites de tamanho e peso.

Também para Vencovsky (2006), o transporte ferroviário possui como vantagem sua capacidade de carga, enquanto que o transporte rodoviário, apesar de apresentar capacidade limitada, possui uma elevada flexibilidade e não necessita de muitos terminais, o que faz com que seu custo diminua. Já para Wanke (2010) é a pouca procura pelo transporte ferroviário, em comparação ao rodoviário, que torna seu preço mais elevado, uma vez que o transporte ferroviário possui um custo fixo alto e o excesso de oferta por transporte rodoviário acaba afetando diretamente a sua escolha.

Wanke (2010) ainda destaca que o modal ferroviário apresenta custos fixos mais elevados, em virtude de substanciais investimentos em trilhos, vagões, locomotivas e terminais. Da mesma forma, Castro e Lamy (1994) já alegavam em seu trabalho que o modal rodoviário, encontra-se sistematicamente favorecido, em relação ao ferroviário, pelo fato de não assumir o ônus da construção de sua própria infraestrutura de transporte, mas Rodrigues (2011) ressalta que as rodovias apresentam um desgaste prematuro de sua infraestrutura.

Segundo Vencovsky (2006) e Rodrigues (2011), o transporte rodoviário torna-se antieconômico para raios maiores que 500 km, devido seu elevado custo energético. O transporte rodoviário é um dos mais simples e eficientes, pois exige apenas as rodovias como infraestrutura básica, porém, em contrapartida, apresenta um elevado consumo de combustíveis fósseis. Para deslocamentos a longas distâncias os autores acima citados, assim como Razzolini Filho (2012), recomendam que o transporte seja realizado através de ferrovias.

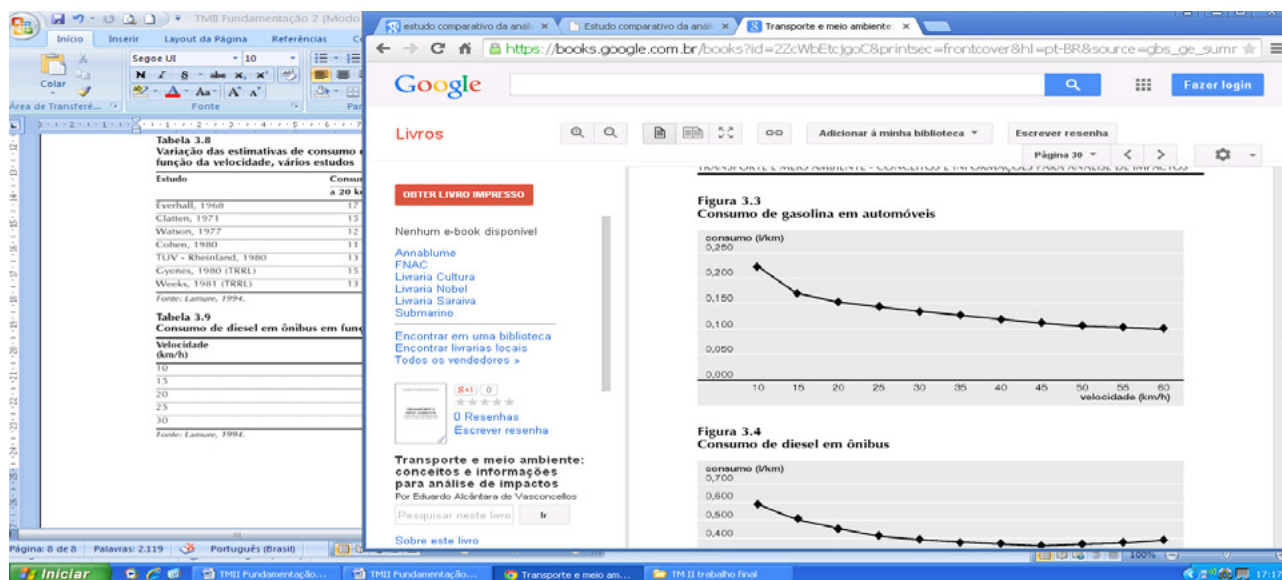
### 2.3. Transporte e meio ambiente

O aumento das emissões de CO<sub>2</sub> e da temperatura da Terra são alguns indicadores globais que justificam a necessidade de reanalisarem-se as atividades antrópicas e os impactos ambientais gerados por elas. Da metade do século XIX até 1990, a concentração de gases do efeito estufa aumentaram cerca de 25%, ganhando aceleração a partir de 1950, onde as emissões totais de carbono na Terra passaram de 2 para 6 bilhões de toneladas. Os meios de transporte são grandes responsáveis por estes números, devido a maioria dos veículos serem movidos a combustíveis fósseis. Estudos apontam o congestionamento, a poluição e o consumo de combustíveis como os principais impactos correlacionados à atividade [Vasconcellos 2008].

Devido ao alto fluxo diário de pessoas que geram grandes congestionamentos e atrasos em momentos de pico, o transporte rodoviário atinge rapidamente seu ponto de saturação [Schoppa, 1982].

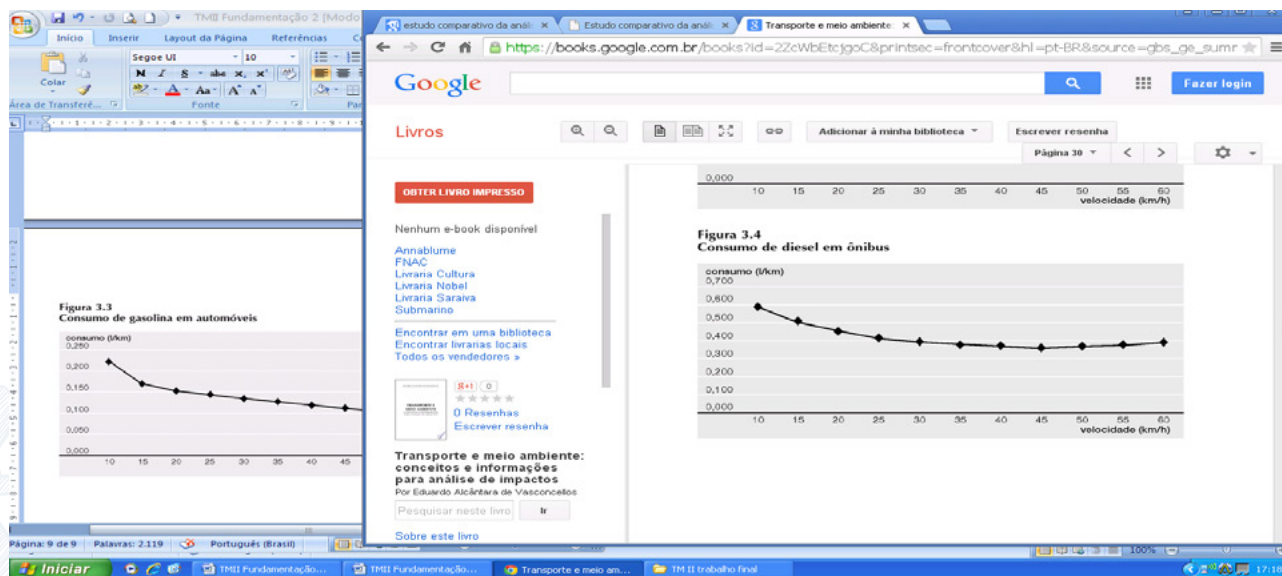
Vasconcellos (2008) também apresenta em seu estudo o consumo médio de gasolina e óleo diesel de acordo com a velocidade dos veículos automotores (Figuras 1 e 2). A partir destes dados percebe-se que os congestionamentos acabam consumindo grandes volumes de combustíveis fósseis, sugerindo-se que a matriz de transportes baseada em rodovias deve ser repensada, uma vez que suas estradas de rodagem acabam gerando gargalos, dificultando o fluxo constante de veículos, em função de frotas demasiadamente grandes.

Figura 1 – Consumo médio de gasolina em função da velocidade de um veículo automotor



Fonte: Vasconcellos (2008)

Figura 2 – Consumo médio de óleo diesel em função da velocidade de um veículo automotor



Fonte: Vasconcellos (2008).

## 2.4. O transporte no mundo

A fim de reduzir congestionamentos, limitar a poluição ambiental e aumentar as opções de transporte oferecidas aos usuários, foi estabelecida em meio à década de 1990 uma Comissão Europeia,

cujos países participantes propuseram novas estratégias para o transporte ferroviário entre os mesmos, com a divisão de responsabilidade financeira entre o Estado e as ferrovias, e introduzindo forças de mercado capazes de revitalizar as ferrovias. A proposta também apontou a necessidade de mudanças na legislação europeia, com a intenção de ampliar o direito de acesso à infraestrutura ferroviária, tanto para o transporte de carga, quanto para o transporte de passageiros em escala internacional [Simões et al. 1997].

Para Santos (2012), o que dificulta a interligação das ferrovias entre os países é a falta da padronização das bitolas, gerando lentidão no transporte caso haja a necessidade de troca de truques em função da variação de bitolas nas malhas ferroviárias.

Já a integração nacional do território norte-americano, de acordo com Rodrigues (2011), se deu de norte a sul por meio do sistema fluvial Mississipi/Missouri e pela ferrovia *Transpacific Union* no eixo leste-oeste. Mesmo sendo considerado o país do automóvel, o pragmatismo norte-americano não admite que o transporte massivo de cargas seja realizado por meio de rodovias. Enquanto isso, o modal priorizado pelos países sul-americanos atualmente é o rodoviário, desperdiçando energia e gastando divisas escassas com a compra de petróleo, ao invés de utilizarem modais mais econômicos e eficazes, como o ferroviário.

Na França, na Itália e no Japão as malhas ferroviárias representam mais de 5% em relação às áreas territoriais de cada país. Na Espanha supera os 2%, enquanto que Índia e EUA apresentam 1,9% do território coberto por ferrovias. As ferrovias argentinas e mexicanas cobrem pouco mais de 1% do seu território nacional [Razzolini Filho 2012].

A distorção na matriz de transportes brasileira é um dos pontos mais preocupantes do setor, no país. No Brasil mais da metade da carga transportada é realizada pelo modal rodoviário, contra 25% nos EUA, 13% no Canadá e 4% na Rússia. Tal fato posiciona o Brasil muito mais próximo de países da Europa ocidental, de baixa dimensão territorial, que de países de grandes dimensões como EUA, Canadá, e Rússia. A partir da análise da Tabela 1 podemos comparar as diferenças na escolha dos modais de transporte utilizados entre países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Tabela 1 – Comparativo entre países quanto à utilização de modais de transporte. Fonte: Brasil (2007)

Países	Aquavia (%)	Ferrovia (%)	Rodovia (%)
Alemanha	29	53	18
Canadá	35	52	13
EUA	25	50	25
França	17	55	28
Rússia	13	83	4
Brasil	17	21	54
Argentina	13	4	79

Fonte: Brasil (2007).

## 2.5. O transporte no Brasil

O Brasil foi um dos primeiros países a implementar projetos ferroviários, alcançando um elevado patamar até o fim do século XIX. Porém, as iniciativas eram em geral a fim de ligar um limitado espaço geográfico a um porto, sem conexões entre as demais linhas, não sendo observada uma tendência de formação de um sistema nacional [Simões et al. 1997].



O sistema logístico brasileiro estabeleceu-se no sentido leste-oeste, visando abastecer o interior com os produtos importados que chegavam pelos portos do país. Porém a direção oposta, que visa sustentar o movimento exportador do interior aos portos, apresenta grandes deficiências em sua infraestrutura [Razzolini Filho 2012].

Enquanto países de grandes dimensões territoriais, como EUA, Canadá, China e Rússia utilizam predominantemente os modais ferroviário e aquaviário, em detrimento do rodoviário, no Brasil o que se observa é exatamente o oposto, ou seja, o predomínio absoluto do modal rodoviário [Fleury 2003]. Razzolini Filho (2012) aponta que a malha rodoviária instalada no país cobre cerca de 20% do território nacional, contra apenas 0,4% da malha ferroviária.

De acordo com Simões et al. (1997), foi a partir do final da década de 1920 que as facilidades trazidas pelas rodovias acabaram ocupando grande espaço no território nacional, deixando a ferrovia para um segundo plano, com a erradicação de um significativo número de trechos ferroviários, definidos como antieconômicos pelos governantes da época, sem que houvesse uma análise dos efeitos negativos que estas políticas poderiam trazer, e submetendo muitas regiões a processos de esvaziamento econômico.

Schoppa (1982) afirma que a principal causa da expressiva queda do transporte ferroviário, deu-se devido à forte expansão e benfeitorias no sistema rodoviário brasileiro para onde o governo direcionou grandes somas de recursos federais. Isto fez com que o país apresentasse uma dependência exagerada do modal rodoviário, tendo como consequência baixos índices de produtividade, insegurança nas estradas, baixa eficiência energética e altos níveis de poluição ambiental [Wanke 2010] [Eller, Souza Junior e Cury 2011].

Figueiredo et al. (2003), destacam que, apesar do grande esforço de modernização tomado pelos embarcadores e transportadores, o Brasil apresenta grandes deficiências em infraestrutura e no aparato regulatório do setor de transportes, apresentando um amplo, porém, altamente deficiente modal rodoviário, o que acarreta na formação de barreiras diante da eficiência e melhoria dos serviços oferecidos. Conforme apontado por Castro (2002), o estudo da logística brasileira passou por tempos ruins, pois não se sabe qual a maneira mais economicamente viável para o setor dos transportes. Da mesma forma Biaggioni e Bovolenta (2010) informam que não há conclusões definitivas sobre o assunto e existem poucos trabalhos realizados na área para que se tenha uma perspectiva real de qual a maneira mais viável.

Cabe ressaltar que a participação ferroviária no montante total despendido no transporte de carga é de apenas 3%, o que explica a expectativa de sua expansão na matriz de transporte, assinalada como a principal motivação para a concessão do sistema à iniciativa privada. No mesmo sentido, o frete unitário médio da ferrovia é de aproximadamente 1/3 do rodoviário, muito embora esses valores médios mascarem uma grande dispersão de valores observados em ambos os modais [Castro 2002].

## **2.6. O transporte no Rio Grande do Sul**

O desenvolvimento dos sistemas ferroviários da maioria dos países, passou inicialmente por uma fase de construção de ferrovias de pequena extensão, sem que houvesse a preocupação em construir-se um sistema interligado, mesmo em escala regional. Com a revitalização do sistema ferroviário, observado no final do século XX, a regionalização do serviço foi estimulada, acarretando em uma redução nos custos de transporte de carga e no suporte a projetos de revitalização ou desenvolvimento regional.



Estas ferrovias regionais, também chamadas de *shortlines*, constituem-se em parceiros importantes das ferrovias principais, ao proporcionar a elevação dos resultados relacionados ao custo-eficiência na prestação dos serviços [Simões et al. 1997].

Segundo Ruppenthal (2012), 85,3% da matriz modal gaúcha é representada por rodovias, 8,7% por ferrovias, 3,7% por hidrovias e 2,3% por dutovias. De acordo com Rodrigues (2011), a região sul do país é totalmente recoberta por rodovias federais e estaduais, interligando praticamente todas as microrregiões. Já com relação à malha ferroviária gaúcha, a mesma é atendida pela empresa América Latina Logística (ALL), interligando o país ao Uruguai, por meio da conexão Livramento-Rivera, e à Argentina, pela conexão Uruguaiana-Passo de los Libres [Vencovsky 2006]. Segundo Ruppenthal (2012), a empresa ALL ficou com cerca de 3.200 km de extensão em ferrovias no RS, após sua privatização.

Silva (2006) afirma que, embora a região sudeste brasileira detenha hoje o processo de industrialização nacional, frente aos países platinos o estado do Rio Grande do Sul impõe-se enquanto região, pela sua privilegiada posição geográfica, pela existência das mesmas experiências históricas e pelos mesmos interesses econômicos, fatos que tornam possível uma integração mais verdadeira entre o estado e os demais países pertencentes ao Mercosul, gerando uma maior movimentação de mercadorias na região e necessitando conseqüentemente um meio transporte adequado para que ocorra esta circulação.

### 3. Metodologia

Quanto ao modo de abordagem, a metodologia utilizada será qualitativa, tratando dos conceitos e modelos existentes para, em cima disto, realizar um estudo comparativo. Conforme entendimento de Triviños (1987), o estudo qualitativo trabalha com dados que buscam um significado, embasado na percepção do fenômeno dentro do seu contexto. A descrição qualitativa procura suas essências, de forma a explicar sua origem, relações e mudanças.

Segundo Sampieri, Collado e Lucio (2006), enquanto objetivo geral, o estudo será exploratório, por tratar-se de uma pesquisa cujo tema apresenta poucos estudos até então, buscando na revisão literária, sob caráter qualitativo, informações capazes de proporcionar o estudo comparativo. Por fim, quanto ao procedimento de coleta, a metodologia se fará por meio de pesquisa bibliográfica referente ao assunto.

Para análise dos resultados obtidos elaborou-se um *Framework*. O *Framework* é um método utilizado a fim de traduzir temas complexos em formas que possam ser melhor estudadas e analisadas, realizando comparações entre diferentes situações e abordagens, definindo domínios e limites de situações, ou mesmo suportando o desenvolvimento de procedimentos, técnicas, métodos e ferramentas [Shehabuddeen et al. 2000].

### 4. Resultados e discussão

Para a análise dos resultados optou-se pela elaboração de um *Framework*, vinculando elementos, dentro de seus mecanismos, cuja bibliografia pesquisada fosse capaz de determinar fatores bloqueadores ou incentivadores, para ambos os modais de transporte abordados neste trabalho.

Deste modo, construiu-se o *Framework* apresentado na Tabela 2, identificando os fatores Incentivadores e Bloqueadores pelas iniciais I e B respectivamente, e relacionando-os aos modais, mecanismos e elementos adotados pelo estudo, de forma a abranger diversificadas áreas. O fator

incentivador indica que, para o determinado modal, seu elemento correspondente apresenta condições que o torna mais vantajoso em comparação ao outro modal, enquanto que o fator bloqueador indica características que desfavorecem o modal, de acordo com seu respectivo elemento.

Tabela 2 – Framework aplicado aos modais ferroviário e rodoviário para identificação de fatores incentivadores (I) ou bloqueadores (B) relacionados a determinados mecanismos e elementos. Fonte: Dos autores

<b>Fator</b>		<b>Mecanismo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Referências</b>
<b>Rodovia</b>	<b>Ferrovia</b>			
I	B	Custos fixos	Infraestrutura prévia	Castro e Lamy (1994); Wanke (2010)
B	I	Custos a longo prazo	Desgaste da infraestrutura	Rodrigues (2011)
B	I	Custo energético	Deslocamentos a grandes distâncias	Vencovsky (2006); Rodrigues (2011); Razzolini Filho (2012)
I	B	Custo energético	Deslocamentos a pequenas distâncias	Vencovsky (2006); Rodrigues (2011); Razzolini Filho (2012)
B	I	Custos repassados ao consumidor	Valor de transporte agregado ao produto	Erhart e Palmeira (2006); Razzolini Filho (2012)
B	I	Capacidade de carga	Volumes transportados e composição de carga	Vencovsky (2006); Razzolini Filho (2012)
I	B	Flexibilidade	Disponibilidade de entrega porta a porta	Vencovsky (2006); Razzolini Filho (2012)
B	I	Meio ambiente	Congestionamentos	Schoppa (1982)
B	I	Meio ambiente	Consumo de combustível	Razzolini Filho (2012) Simões et al. (1997)
I	B	Políticas públicas	Preferência histórica	Schoppa (1982); Fleury (2003) Castro (2002);
B	I	Matriz de transporte	Expectativa de expansão	Fleury (2003); Razzolini Filho (2012)
I	B	Matriz de transporte	Abrangência da malha no RS	Rodrigues (2011); Ruppenthal (2012)

**Legenda:** I = Incentivador; B = Bloqueador

Fonte: Dos autores.

Com base nos resultados obtidos, constata-se que 58,33% dos elementos analisados apresentaram fator incentivador para o modal ferroviário, contra 41,67% para o modal rodoviário. Ambos os elementos analisados relacionados às questões ambientais convergem para uma preferência ferroviária. Com relação aos variados custos analisados, apesar de o modal rodoviário apresentar alguns elementos incentivadores, a maioria também demonstrou preferência às ferrovias. No âmbito das políticas públicas e sobre o cenário dos transportes no Rio Grande do Sul, o modal rodoviário destaca-se, apresentando

uma extensa malha viária que vem sendo ampliada por sucessivos governos, em razão de políticas imediatistas.

## 5. Conclusão final

Através da pesquisa bibliográfica foi possível definir mecanismos e elementos capazes de sistematizar o estudo comparativo, a partir da identificação de fatores incentivadores e bloqueadores para cada modal, definindo o modal mais vantajoso para o atual cenário estadual.

O modal rodoviário apresenta maior disponibilidade de vias de acesso, possibilitando uma maior flexibilidade e o serviço fracionado porta a porta, sem apresentar custos fixos altos para a instalação de sua infraestrutura prévia. Porém o desgaste de sua infraestrutura é grande, gerando altos custos a longo prazo, além de também gerar altos custos energéticos no deslocamento de cargas a pequenas distâncias, que são repassados ao consumidor final. Apesar de se destacarem nas políticas públicas de sucessivos governos, em razão de sua rápida instalação ou ampliação, a capacidade de carga transportada por meio de rodovias é limitada, necessitando um maior número de veículos para o transporte de determinados volumes, que consumirão uma maior quantidade de combustíveis fósseis e contribuirão para a formação de congestionamento em regiões que possuem grandes fluxos de veículos automotores.

Já o modal ferroviário, apesar de apresentar custos fixos altos para a instalação de sua infraestrutura prévia, não possui gastos tão elevados com relação ao seu desgaste de vias e não apresenta um custo energético tão alto para o deslocamento de cargas a grandes distâncias, reduzindo o valor de transporte agregado ao produto. Sua capacidade em formar composições de carga permite que as ferrovias transportem volumes maiores, porém reduz sua flexibilidade, em razão da necessidade de haverem trilhos por onde os vagões deverão percorrer. Sua expectativa de expansão é grande, em razão da baixa participação das ferrovias no cenário atual do transporte estadual, contudo há o limitante sentenciado pelos governos que dão preferências às rodovias, conforme mencionado anteriormente. Com relação ao meio ambiente, as ferrovias tornam-se interessantes em razão de seus veículos apresentarem um consumo de combustíveis fósseis mais baixo que os veículos rodoviários e evitarem a formação de congestionamentos, que acabam desperdiçando grandes volumes de combustível.

Desta forma, o modal ferroviário destaca-se em comparação ao rodoviário, por apresentar um maior número de fatores incentivadores, sendo considerado mais eficiente de acordo com os diferentes mecanismos e elementos analisados neste estudo.

Sugere-se para futuros trabalhos o estudo comparativo entre outros modais de transporte, conforme a metodologia utilizada no presente estudo e a partir da análise de diferentes áreas, a fim de auxiliar a tomada de decisões futuras.

## Referências

- Alvarenga, A. C. e Novaes, A. G. N. (2000) "Logística Aplicada – Suprimento e Distribuição Física" 3ª edição. São Paulo: Edgar Blücher.
- Ballou, R. H. (2001) "Gerenciando a Cadeia de Suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial." Porto Alegre: Bookman.
- Biaggioni, M. A. M. e Bovolenta, F. C. (2010) "Balanço energético comparativo para rotas de escoamento de soja." Engenharia Agrícola. Jaboticabal, SP.
- Brasil (2007) "Aprendendo a exportar." Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.



- Castro, N. de (2002) "Estrutura, desempenho e perspectivas do transporte ferroviário de carga." Pesquisa e Planejamento Econômico. v.32 n.2. Rio de Janeiro, RJ.
- Castro, N. de (2000) "Os desafios da regulação do setor de transporte no Brasil. revista de administração pública." Rio de Janeiro, RJ.
- Castro, N. de, e Lamy, P. (1994) "A reforma e a modernização do setor de transporte ferroviário de carga." Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas. Brasília, DF.
- Eller, R. A. G., Sousa Junior, W. C. de, e Curi, M. L. C. (2011) "Custos do transporte de carga no Brasil: rodoviário versus ferroviário." Journal of Transport Literature. Vol. 5, n. 1, p. 50-64, Jan.
- Erhart, S. e Palmeira, E. M. (2006) "Análise do setor de transportes." Observatorio de la Economía Latinoamericana.
- Faria, S. F. S. (2001) "Fragmentos da História dos Transportes." 1. ed. São Paulo: Aduaneiras.
- Figueiredo, K. F., Fleury, P. F. e Wanke, P. F. (2003) "Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos." São Paulo, SP. Atlas.
- Fleury, P. F. (2003) "Terceirização logística no Brasil." São Paulo: Editora Atlas, p. 313-324.
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2012) "Exportações - O avanço das commodities." In: Revista Desafios do Desenvolvimento Ano 9. nº 74.
- Razzolini Filho, E. (2012) "Transporte e Modais." Intersaberes. Curitiba, PR.
- Rodrigues, P. R. A. (2011) "Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e à logística internacional." 4. ed. rev. ampl. São Paulo: Aduaneiras.
- Ruppenthal, M. (2012) "Desenvolvimento e perspectivas do transporte ferroviário de mercadorias no Rio Grande do Sul." UNIJUI. Ijuí, RS.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F. e Lucio, P. B. (2006) "Metodologia de pesquisa." 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill.
- Santos, S. dos (2012) "Transporte ferroviário: história e técnicas." São Paulo, SP. Cengage Learning.
- Schoppa, R. F. (1982) "Para onde caminham nossas ferrovias." Rio de Janeiro, RJ. Juruena & Costa Velho.
- Shehabuddeen, N., Probert, D. e Phaal, R. (2000) "Representing and approaching complex management issues: part 1 – role and definitions." Working Paper UC. Cambridge.
- Senna, L. A. S. e Michel, F. D. (2008) "Rodovias auto-sustentadas: o desafio do século XXI." São Paulo, SP. CLA Cultural.
- Silva, A. R. M. da (2006) "O Rio Grande do Sul frente ao Mercosul: Aspectos históricos e econômicos." UFSM. Santa Maria, RS.
- Simões, R. B. A., Braga, M. G. C., Santos, M. P. S. e Martins, J. A. (1997) "Sistemas de transporte de passageiros de interesse regional e a revitalização da ferrovia." Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. v. 5, n. 2. Rio de Janeiro, RJ.
- Triviños, A. N. S. (1987) "Introdução à pesquisa em Ciências Sociais." Atlas. São Paulo, SP.
- Vasconcellos, E. A. de (2008) "Transporte e meio ambiente: conceitos e informações para análise de impactos." São Paulo, SP. Annablume.
- Vencovsky, V. P. (2006) "Sistema ferroviário e o uso do território brasileiro: uma análise do movimento de produtos agrícolas." UNICAMP. Campinas, SP.
- Wanke, P. F. (2010) "Logística e transporte de cargas no Brasil: produtividade e eficiência no século XXI." São Paulo, SP. Atlas.
- Wanke, P. F. e Fleury, P. F. (2006) "Transporte de cargas no Brasil: estudo exploratório das principais variáveis relacionadas aos diferentes modais e às suas estruturas de custos." In: Negri, J. A. de e Kubota, L. C. (Org.). Estrutura e Dinâmica do Setor de Serviços no Brasil. Brasília: IPEA, p. 409-464.



# UTILIZAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO NA ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE ENCANTADO/RS

Henrique André Manica<sup>1</sup>, Roberto Henrique Walter<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Curso de Engenharia Ambiental – Centro Universitário UNIVATES  
Rua Avelino Tallini, 171, Bairro Universitário – 95.900-000 – Lajeado – RS – Brasil

*hmanica1@universo.univates.br, beto.walter@yahoo.com.br*

**Abstract:** Through the obtaining images from remote sensing and its geographic information system (GIS), it is possible to model regional or local information, referent to altitude, declivity and uses of soil, creating thematic maps that help in environmental planning. This study research has the goal to elaborate hypsometric and clinographic thematic maps, and the use and cover soil of Encantado country, through geographical satellite images, in order to obtain information capable of assisting decision taking, before the environment occupation and preservation. The purposed methodology was able to bring forth good results beyond the maps analyses obtained.

**Resumo:** Através da obtenção de imagens por sensoriamento remoto e o seu geoprocessamento, utilizando sistemas de informação geográfica (SIG), é possível modelar dados regionais ou locais, referentes à altimetria, declividade e usos do solo, gerando mapas temáticos que auxiliam no planejamento ambiental. O presente trabalho teve como objetivo elaborar os mapas temáticos hipsométrico, clinográfico e de uso e cobertura do solo do município de Encantado/RS, por meio de imagens de satélite geoprocessadas, a fim de obterem-se informações capazes de auxiliar a tomada de decisões, diante da ocupação e preservação ambiental. A metodologia proposta foi capaz de gerar bons resultados diante da análise dos mapas obtidos.

## 1. Introdução

O ser humano em seu processo histórico-evolutivo vem provocando diversas alterações no meio ambiente, acelerando seu processo de ocupação e explorando recursos naturais sem planejamento prévio, a fim de satisfazer suas necessidades e melhorar sua qualidade de vida [Andrade 2013].

Em razão da crescente preocupação por parte da sociedade, através de estudos apresentados pela comunidade científica a respeito do futuro de nosso planeta, e pelas atuais legislações que tratam do meio ambiente, algumas tecnologias vêm se estabelecendo a fim de auxiliar o planejamento e o gerenciamento ambiental. Dentre estas tecnologias destacam-se o sensoriamento remoto e o geoprocessamento.

O sensoriamento remoto utiliza sensores para a obtenção de diversos tipos de dados da superfície terrestre, por meio de imagens obtidas através da interação da radiação eletromagnética com os elementos presentes na superfície [Blaschke e Kux 2007]. Os sensores possuem características próprias que definem suas resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal. A resolução espacial refere-se à área correspondente a cada pixel da imagem obtida, enquanto que a resolução espectral refere-se ao número de bandas presentes no sensor e seus respectivos comprimentos. Já a resolução radiométrica corresponde ao número de níveis de cinza obtidos pelo sensor para cada imagem e a resolução temporal, ao intervalo de tempo que o sensor torna a visitar um mesmo local da superfície terrestre [Calijuri e Cunha 2013].

De acordo com Silva e Zaidan (2009), o geoprocessamento refere-se a um conjunto de conceitos, métodos e técnicas que permitem analisar sistematicamente propriedades e relações posicionais de eventos representados em bases de dados georreferenciados, com o apoio do sensoriamento remoto, a fim de transformar estes dados em informações capazes de auxiliar a tomada de decisões.

Silva e Zaidan (2009) ainda afirmam que, os avanços metodológicos e técnicos proporcionados pelo geoprocessamento, geram novos conceitos como o Modelo Digital de Ambiente (MDA), também denominado Modelo Digital de Terreno (MDT), a partir do qual uma base de dados georreferenciados, formada por um conjunto de variáveis significativas, passam a representar uma realidade ambiental que pode ser submetida a investigações técnico-científicas. Caso o MDT esteja referindo-se a valores altimétricos, este modelo pode ser denominado também Modelo Digital de Elevação (MDE).

A partir deste contexto, torna-se possível a elaboração de mapas temáticos, atualmente indispensáveis para o planejamento, ordenamento e uso eficaz dos recursos da terra, em diferentes unidades territoriais [Gustafson apud Eckhardt et al. 2007]. Estes mapas são utilizados para caracterizar e entender a organização espacial, como base para o estabelecimento de estudos e ações futuras [Medeiros e Câmara 2001].

Os tipos de mapas temáticos que podem ser elaborados através do geoprocessamento de dados e imagens, obtidas por meio do sensoriamento remoto, são bastante diversificados. Dentre eles podemos destacar os mapas de hipsometria, de clinografia e do uso e cobertura do solo. A hipsometria refere-se as variadas medições e representações do relevo através de cores, delimitando áreas pertencentes a uma mesma faixa altimétrica [Tuler e Saraiva 2014].

Já a clinografia apresenta a inclinação topográfica da área de estudo, identificando áreas planas ou mais acidentadas, além de áreas que apresentam uma declividade superior a 100% (inclinação superior a 45°) [Prado et al. 2013]. De acordo com Código Florestal Brasileiro [Brasil 2012], áreas com inclinação superior a 45° caracterizam-se como áreas de preservação permanente (APP).

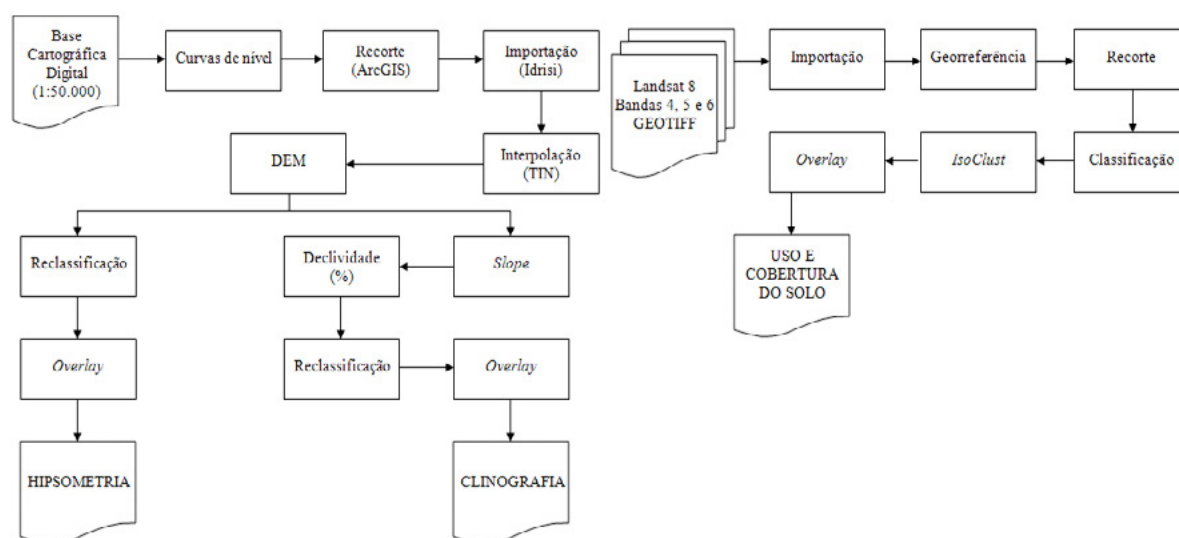
Por fim, o mapa do uso e cobertura do solo, como o próprio nome já informa, determina os diferentes tipos de uso do solo e apresenta a proporção de cobertura de cada uso na área de estudo [Liu 2006]. Este mapa pode ser utilizado para localizar áreas de ocupação antrópica irregulares, como no caso das APP's.

Este trabalho tem por objetivo analisar a metodologia utilizada e os resultados obtidos na elaboração dos mapas temáticos de hipsometria, clinografia e do uso e cobertura do solo no município de Encantado, a partir de informações obtidas em bancos de dados e imagens georreferenciadas por sensoriamento remoto e geoprocessadas nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) Idrisi Selva e ArcGIS.

## 2. Metodologia de Trabalho

Para a geração dos mapas temáticos utilizados neste estudo, elaborou-se inicialmente um banco de dados abrangendo a carta topográfica analógica de Encantado, elaborada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, em escala 1:50.000, assim como informações referentes às curvas de nível da região, obtidas através da base digital da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e imagens TM do satélite Landsat 8, compostas pelas bandas 4, 5 e 6, órbita-ponto 222/080 de 23/06/14, com resolução espacial de 30 m. A metodologia utilizada pode ser observada através dos fluxogramas apresentados na **Figura 1**.

Figura 1 - Fluxogramas metodológico



Fonte: Dos autores.

As imagens do satélite Landsat foram georreferenciadas no SIG Idrisi Selva, vinculando pontos de controle junto à carta topográfica. A partir da base de dados da UFRGS, as curvas de nível da região foram recortadas por meio do SIG ArcGIS e importadas posteriormente ao Idrisi Selva. No Idrisi, as curvas de nível recortadas foram interpoladas através do método de redes irregulares triangulares (TIN, do inglês *Triangular Irregular Network*), ajustando os dados numéricos de cada pixel, a fim de representar as informações de altimetria na forma matricial (raster) e gerar seu MDE.

Com base nos dados obtidos pelo MDE é possível realizar diversas funções, capazes de gerar diferentes tipos de mapas temáticos. Por meio da reclassificação das informações de altitude presentes em cada pixel, pré-determinaram-se intervalos de altitude, agrupando pixels comuns a cada intervalo e formando a hipsometria da região. Após realizada a reclassificação, utilizou-se a ferramenta *overlay* do Idrisi, combinando as informações do MDE e do limite municipal de Encantado, disponibilizado pelo IBGE, gerando por fim o mapa de hipsometria do município de estudo.

Para geração do mapa de clinografia, aplicou-se a função *slope* no MDE. Esta função calcula a declividade entre os *pixels* da imagem. Em seguida, reclassificaram-se as informações de declividade obtidas, para o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras proposto por Ramalho Filho e Beek (1995), dividindo a área de estudo em plano, suave ondulado, moderado ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso, e escarpado, dependendo de seu percentual de declividade. Assim como no mapa de hipsometria, para delimitar a área do mapa pertencente ao município de Encantado utilizou-se a ferramenta *overlay* entre o mapa regional de clinografia e o limite municipal.

Por fim, para a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo as imagens de satélite foram inicialmente recortadas e classificadas por meio da função *IsoClust* do Idrisi. Esta função consiste na classificação não supervisionada que cruza os níveis de cinza de cada banda espectral entre si, a fim de determinar áreas que apresentam o mesmo comportamento espectral e indicando que nestas áreas possivelmente haverá um mesmo uso ou cobertura do solo. Os tipos de uso empregados na classificação de Encantado foram: vegetação, pastagem, agricultura, área urbana e água. Ao final da classificação a função *overlay* delimitou os usos e coberturas do solo correspondentes ao município de Encantado.

### 3. Resultados e Discussão

O município de Encantado localiza-se na Encosta Inferior do Nordeste do RS, à margem direita do rio Taquari, totalizando uma área de 139,10 km<sup>2</sup>. Atualmente o Produto Interno Bruto (PIB) do município é formado por 55,18% de serviços, 33,61% de indústrias e apenas 11,21% pela agropecuária, de acordo dados do IBGE (2014).

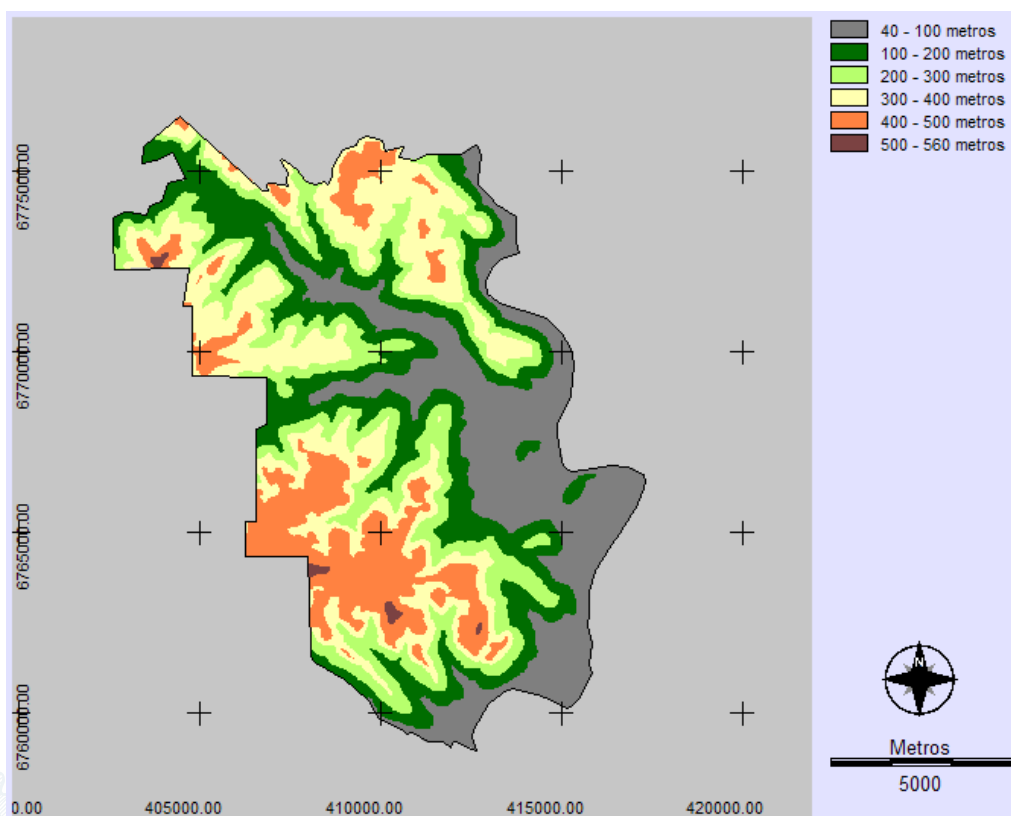
#### 3.1. Hipsometria

As classes hipsométricas utilizadas neste mapa foram classificadas em intervalos de 100 metros, totalizando 6 classes, conforme apresentado na **Tabela 1** e **Figura 2**.

Tabela 1 - Caracterização das classes hipsométricas do município de Encantado

Classe hipsométrica	Área (km <sup>2</sup> )	%
40 - 100 metros	32,24	23,18
100 - 200 metros	30,83	22,17
200 - 300 metros	26,06	18,73
300 - 400 metros	29,73	21,37
400 - 500 metros	19,72	14,18
500 - 560 metros	0,52	0,37
<b>Total</b>	<b>139,10</b>	<b>100,00</b>

Figura 2 - Mapa de hipsometria do município de Encantado



Fonte: Dos autores.

De acordo com as informações obtidas pelo mapa hipsométrico, o município de Encantado exibe uma variação altimétrica de aproximadamente 520 m de altitude. Sua cota altimétrica mais baixa é de 40 m e está localizada ao sul do município, junto às margens do rio Taquari.



As áreas mais altas do município localizam-se a sudoeste e noroeste, apresentando altitudes que superam a cota de 500 m. A região norte não ultrapassa esta cota, porém também apresenta áreas elevadas, classificadas dentro da segunda classe hipsométrica mais alta, que varia entre 400 e 500 m.

Destaca-se também que aproximadamente 45% do território do município encontra-se abaixo da cota de 200 metros.

### 3.2. Clinografia

Conforme já mencionado, o mapa clinográfico de Encantado (**Figura 3**) foi elaborado com base na classificação apresentada por Ramalho Filho e Beek (1995). A **Tabela 2** informa as áreas correspondentes a cada classe clinográfica. De acordo com os dados obtidos, em Encantado predomina-se a declividade forte ondulada, com uma representatividade de cerca de 40% da área total do município.

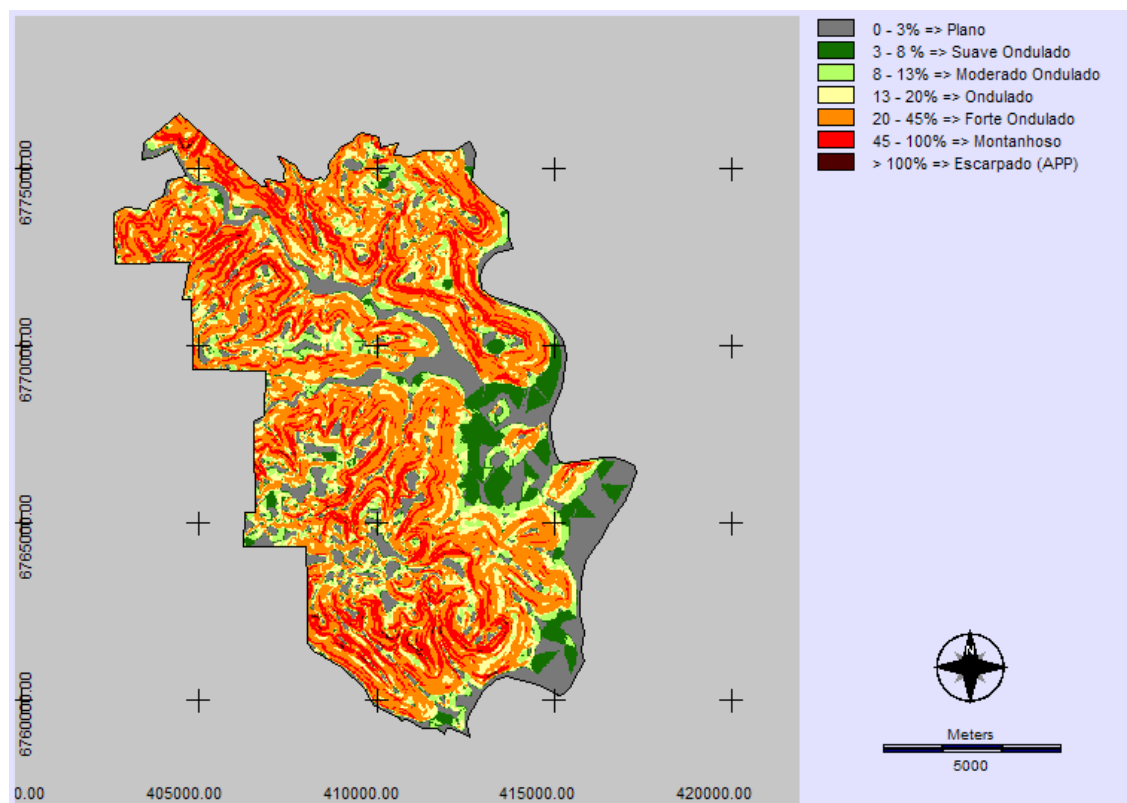
As áreas com declividade de 0 a 13%, que correspondem a 30,28% da área total do município, apresentam maior aptidão para a agricultura. As declividades que variam entre 13 e 20% correspondem a 13,49% da área de Encantado, onde devem-se manter práticas intensivas de controle à erosão para fins agrícolas. Já nas áreas que apresentam declividades entre 20 e 45%, correspondente a 40,28% da área municipal, estas práticas tornam-se muito onerosas, sendo dificilmente utilizadas. O mesmo é válido para as áreas correspondentes às declividades entre 45 e 100%, onde se orienta que a floresta nativa deva ser mantida, apesar de a legislação brasileira não classificá-las como áreas de preservação permanente.

Em relação às áreas que apresentam declividades superiores a 100%, ou seja, inclinações superiores a 45°, o Código Florestal Brasileiro [Brasil 2012] determina que estas áreas sejam consideradas APP's, porém apenas 0,25% do município apresenta esta declividade.

Tabela 2 - Caracterização das classes clinográficas do município de Encantado.

Classe clinográfica	Área (km <sup>2</sup> )	%
0 a 3% - Plano	20,82	14,97
3 a 8% - Suave ondulado	10,84	7,79
8 a 13% - Moderado ondulado	10,47	7,52
13 a 20% - Ondulado	18,77	13,49
20 a 45% - Forte ondulado	56,02	40,28
45 a 100% - Montanhoso	21,83	15,70
Acima de 100% - Escarpado	0,34	0,25
<b>Total</b>	<b>139,10</b>	<b>100,00</b>

Figura 3 - Mapa de clinografia do município de Encantado



Fonte: Dos autores.

### 3.2. Uso e cobertura do solo

De forma geral, Encantado apresenta propriedades rurais pequenas, compostas essencialmente pela agropecuária familiar, com áreas de 8 hectares, em média, e usos diversificados [Fiorini et al. 2009].

Para a geração do mapa de uso e cobertura do solo de Encantado, a partir das imagens de média resolução, optou-se por classificá-las de forma não supervisionada em 5 classes distintas: vegetação, pastagem, agricultura, área urbana e água (**Figura 4**).

A análise feita sobre a imagem obtida não permite distinguir as áreas que contenham vegetação nativa das áreas de vegetação exótica. Para que se tenha uma classificação mais detalhada dos seus usos e coberturas do solo, é necessária a utilização de imagens com maior resolução espacial.

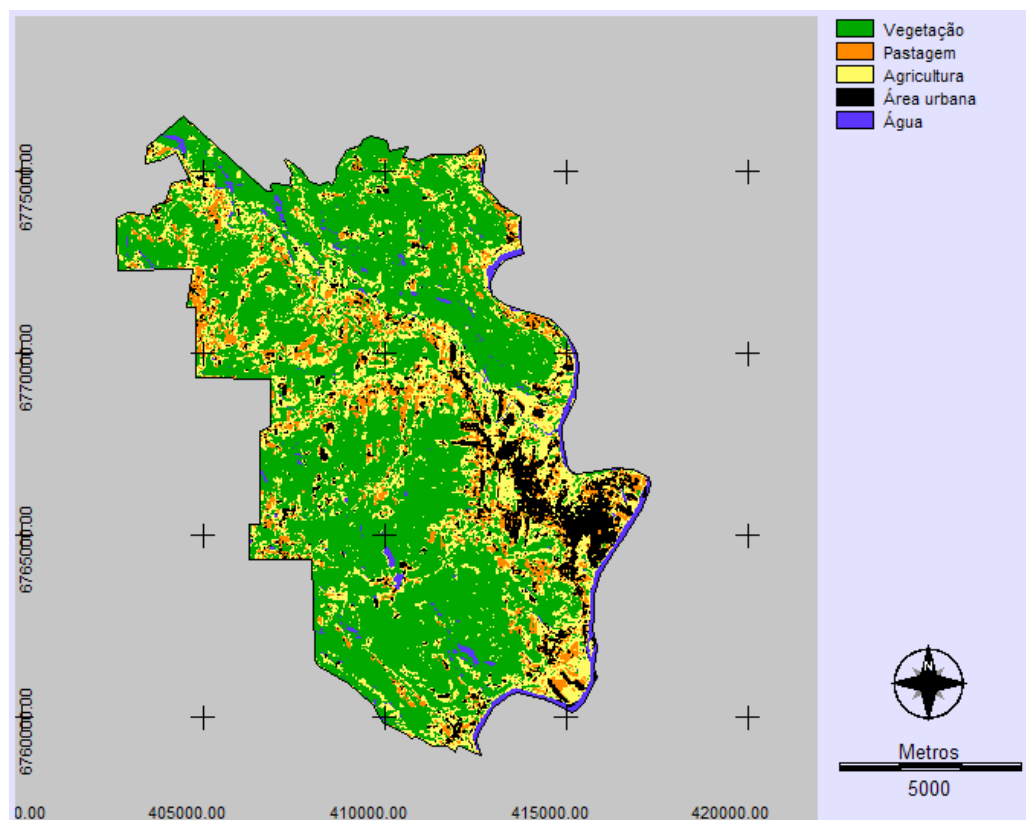
A partir das informações obtidas, pode-se definir que a classe de uso do solo predominante no município de Encantado é a vegetação, com uma ocupação de 58,31% da área municipal, seguida pela agricultura (22,22%), área urbana (8,44%), pastagem (8,31%) e água (2,72%) (**Tabela 3**).

Ao comparar os mapas de usos do solo e hipsométrico, nota-se que as áreas mais altas são predominantemente cobertas por vegetação, enquanto que as áreas mais baixas e planas, próximas aos recursos hídricos, apresentam maior ocupação urbana, além de áreas destinadas para a agricultura e pastagem.

Tabela 3 - Cenário do uso e cobertura do solo do município de Encantado

Classes de uso e cobertura do solo	Área (km <sup>2</sup> )	%
Vegetação	81,11	58,31
Pastagem	11,56	8,31
Agricultura	30,91	22,22
Área urbana	11,74	8,44
Água	3,78	2,72
<b>Total</b>	<b>139,10</b>	<b>100,00</b>

Figura 4 - Uso e cobertura do solo no município de Encantado



Fonte: Dos autores.

#### 4. Conclusões

O mapeamento temático do município de Encantado, abrangendo as variáveis hipsométrica, clinográfica e de uso e cobertura do solo, permite analisar de forma rápida e simplificada as interações entre estas variáveis em situações diversas, como a utilização indevida de áreas de preservação permanente (APP's) e áreas que apresentam um relevo favorável, ou não, para o desenvolvimento da agricultura.

Com base nos dados obtidos, percebe-se que o município de Encantado possui uma grande variação altimétrica, com uma declividade predominantemente forte ondulada. Assim sendo, a agricultura torna-se bastante onerosa, em virtude das técnicas intensivas de controle da erosão, que são necessárias para o desenvolvimento da atividade nestas áreas. Em virtude disto, observa-se que nas regiões mais declivosas do município, apresenta-se uma cobertura vegetal maior que em regiões mais planas, onde o desenvolvimento de atividades agropecuárias torna-se mais fácil, assim como a instalação e o avanço das áreas urbanas.

A partir da análise dos mapas temáticos obtidos, destaca-se a importância da utilização do sensoriamento remoto e das técnicas utilizadas no geoprocessamento, a fim de tratar informações que auxiliam na tomada de decisões, frente às questões de ocupação e preservação ambiental.

## Referências

Andrade, F. V. (2013) "(In) Sustentabilidade urbana e impactos socioambientais: uma abordagem acerca da ocupação humana desordenada no espaço urbano", In: *Contribuciones a las Ciencias Sociales*. Universidad de Málaga, Espanha.

Blaschke, T. e Kux, H. (2007) "Sensoriamento remoto e SIG Avançados", São Paulo, Oficina de Textos.

Brasil (2012) "Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Código Florestal Brasileiro".

Calijuri, M. C. e Cunha, D. G. F. (2013) "Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão", Rio de Janeiro, Elsevier.

Eckhardt, R. R., Rempel, C., Saldanha, D. L., Guerra, T. e Porto, M. L. (2007) "Análise e diagnóstico ambiental do Vale do Taquari - RS - Brasil, utilizando sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento" In: *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, INPE, p. 5191-5198.

Fiorini, M., Eckhardt, R. R. e Rempel, C. (2009) "Organização de um banco de dados geográfico para o município de Encantado - RS - Brasil: uma perspectiva para o planejamento e o gerenciamento ambiental" In: *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, INPE, p.3793-3800.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014) "Produto interno bruto dos municípios 2012" Rio de Janeiro, IBGE.

Liu, W. T. H. (2006) "Aplicações de Sensoriamento Remoto" Campo Grande, UNIDERP.

Medeiros, J. S. de e Câmara, G. (2001) "Geoprocessamento para Estudos Ambientais" In: *Introdução à Ciência da Geoinformação*, São José dos Campos, SP, INPE.

Prado, D. A., Silveira, G. V., Trindade, P. M. P. e Pereira Filho, W. 2013 "Caracterização física da área de captação do reservatório Dona Francisca - RS" In: *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Foz do Iguaçu, PR, INPE, p. 4169-4176.

Ramalho Filho, A. e Beek, K. J. (1995) "Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras" Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPQ.

Silva, J. X. e Zaidan, R. T. (2009) "Geoprocessamento e análise ambiental", Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.

Tuler, M. e Saraiva, S. (2014) "Fundamentos de Topografia" Porto Alegre, Bookman.



# EFEITO DO SORO DE QUEIJO *IN NATURA* NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE DOCE DE LEITE PASTOSO

Ânderson Luiz Klein<sup>1</sup>, Daiana Cristina Heid<sup>1</sup>, Cláucia Fernanda Volken de Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário UNIVATES - Rua Avelino Tallini, 171 - CEP: 95900-000 – Bairro Universitário - Lajeado - RS - Brasil

**Resumo:** O doce de leite pastoso é um derivado lácteo muito consumido no Brasil. O soro do queijo é um subproduto da fabricação de queijo e apresenta elevado potencial poluidor, porém suas proteínas apresentam qualidade nutricional. O objetivo desse trabalho foi elaborar e avaliar a qualidade de formulações de doce de leite pastoso elaboradas com soro de queijo *in natura* e açúcar mascavo. Foram elaboradas cinco diferentes formulações de doce de leite pastoso, variando a quantidade de soro. As formulações foram submetidas às determinações físico-químicas e à análise sensorial. Os resultados obtidos nesse estudo comprovam a viabilidade de uso do soro de queijo *in natura* e do açúcar mascavo no desenvolvimento de doce de leite pastoso.

**Abstract:** The creamy dulce de leche is much consumed milk derived in Brazil. The cheese whey is a by-product of the manufacture of cheese and has a high pollution potential, but their proteins have nutritional quality. Therefore, the aim of this study was to develop and evaluate the quality of creamy dulce de leche formulations prepared with raw cheese whey and brown sugar. There were prepared five different creamy dulce de leche formulations by varying the amount of whey. All formulations were subjected to physical and chemical analysis and sensory analysis. The results of this study demonstrate the feasibility of using raw cheese whey and brown sugar in the development of creamy dulce de leche.

## 1. Introdução

Entende-se por leite o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas [Brasil 1997a]. O leite é um dos alimentos mais completos, sendo matéria-prima de muitos produtos [Tronco 2003]. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foram adquiridos no quarto trimestre de 2013, aproximadamente 6,5 bilhões de litros de leite pelas indústrias brasileiras. Um aumento de 12,7% comparando com o mesmo período de 2012. Em termos regionais o Sudeste teve participação de 40,5%; o Sul de 35,0% e o Centro-Oeste de 14,4% [IBGE 2014]. O Rio Grande do Sul é um dos maiores produtores de leite do país, com mais de 3,8 bilhões de litros de leite produzidos em 2011 [Embrapa 2015]. Aliado à industrialização do leite para a produção de derivados lácteos, há a geração de subprodutos, entre os quais se destaca o soro de queijo, tanto pelo volume gerado quanto pelo potencial poluidor, de forma que se lançado em corpos hídricos sem tratamento prévio pode causar grave problema ambiental [Carvalho et al. 2013].

Queijo é o produto resultante da coagulação do leite através da adição de enzimas coagulantes e/ou pelo ácido láctico. Neste processo é gerado o soro de queijo [Ordóñez 2005]. Na fabricação de queijo em torno de 85 a 95% do volume do leite utilizado resultam em soro de queijo, que contém aproximadamente 55% dos nutrientes do leite. Entre eles estão a lactose (4,5-5%), as proteínas solúveis (0,6-0,8%), os lipídeos (0,4-0,5 %) e traços de sais minerais [Siso 1996]. A porção proteica contém, aproximadamente, 50% de  $\beta$ -lactoglobulina, 25% de  $\alpha$ -lactoalbumina e 25% de outras proteínas, incluindo imunoglobulinas [Fitzsimons et al. 2006]. As proteínas do soro de queijo possuem elevado conteúdo dos aminoácidos essenciais, em especial lisina, treonina, triptofano, fenilalanina e tirosina

[Liu et al. 2000]. Entre os anos de 2000 a 2010 foram produzidos cerca de 745 mil toneladas de queijo sob Inspeção Federal no Brasil [Abiq 2015]. Essa produção de queijos, levando em consideração que o soro representa 90% do volume empregado na fabricação de queijo e que 10 L de leite são necessários para a produção de 1 kg de queijo em média, gera uma quantidade equivalente a 6.705 mil toneladas de soro. Se o soro de queijo for destinado de forma direta em rios ou esgotos públicos torna-se um grande problema ambiental, pois em função do elevado teor de matéria orgânica, apresenta uma demanda bioquímica de oxigênio (DBO) de 30 a 50 g/L e uma demanda química de oxigênio (DQO) de 50 a 80 g/L [Almeida et al. 2003].

Conforme o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Doce de Leite entende-se por doce de leite o produto, com ou sem adição de outras substâncias alimentícias, obtido através da concentração pela ação do calor à pressão normal ou reduzida, do leite ou leite reconstituído, com ou sem adição de sólidos de origem láctea e/ou creme e adicionado de sacarose [Brasil 1997b]. Aditivos como glicose de milho ou mandioca, bicarbonato de sódio, espessante, estabilizante, aromatizante e corante de caramelo também podem ser usados [Monteiro et al. 2012]. Os parâmetros estabelecidos pela legislação para doce de leite são: umidade  $\leq 30\%$  m/m, açúcar  $\leq 55\%$  m/m, teor de lipídeos entre 6 a 9% m/m, acidez  $\leq 5$  mL de solução de hidróxido de sódio 0,1 N em 100 g do produto, proteínas  $\geq 5\%$  m/m e cinzas  $\leq 2\%$  m/m [Brasil 1997b].

O emprego do soro de queijo na elaboração de produtos lácteos vem sendo uma alternativa para o aproveitamento desse subproduto. Perrone et al. (2011) produziram um doce de leite com soro de queijo, leite integral e açúcar. O doce de leite com soro de queijo apresentou características físico-químicas e sensoriais semelhantes ao doce de leite tradicional. Madrona et al. (2009) avaliaram o perfil sensorial e determinaram a composição centesimal de formulações de doce de leite pastoso, obtidas a partir de soro de queijo *in natura* ou em pó. Foram elaboradas cinco diferentes formulações, a controle contendo apenas leite, e as demais com 25 e 50% de soro *in natura* e com as mesmas concentrações de soro, mas em forma de pó. Os autores concluíram que o soro de queijo *in natura* ou em pó pode ser utilizado no processamento de doce de leite pastoso sem causar alterações na qualidade físico-química e sensorial do produto final.

Segundo a Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), açúcar é a sacarose obtida de *Saccharum officinarum*, ou de *Beta alba, L.*, por processos industriais adequados. Para ser classificado como açúcar mascavo deve conter no mínimo 90,0% de sacarose [Brasil 1978]. A fabricação do açúcar mascavo ocorre a partir do esmagamento da cana-de-açúcar em moenda para a extração do caldo, sendo o caldo peneirado para a eliminação das impurezas. Após a garapa é aquecida e o caldo é concentrado por evaporação até o ponto de cristalização da sacarose [Verruma-Bernardi et al. 2010]. A composição do açúcar mascavo não compromete a absorção de nutrientes pelo organismo, o consumo moderado do açúcar evita problemas de obesidade, diabetes, diminuição as cáries dentárias e também ajuda no bom desempenho do sistema digestivo e das funções hepáticas [Mendonça et al. 2000]. Segundo Bontempo e Nogueira (2014), o açúcar mascavo contém proteínas, cálcio, fósforo, ferro, potássio, magnésio, cobre, zinco e vitaminas B1, B2, niacina e C, enquanto o açúcar refinado não contém esses nutrientes. Pieretti et al. (2012) avaliaram as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de formulações de doce de leite pastoso, elaboradas com 11, 15 e 19% de açúcar mascavo orgânico, os autores verificaram que esse açúcar pode

ser utilizado no processamento de doce de leite pastoso, sem causar alterações na qualidade sensorial, na estabilidade microbiológica e físico-química do produto final.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi elaborar e avaliar as características físico-químicas e sensoriais de formulações de doce de leite pastoso, elaboradas com açúcar mascavo e diferentes concentrações de soro de queijo *in natura*.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Preparo das formulações de doce de leite pastoso

O soro de queijo *in natura* utilizado no desenvolvimento do doce de leite pastoso foi doado por uma empresa do Vale do Taquari (RS, Brasil). O leite desnatado (Usina de Beneficiamento Cooperativa Agropecuária Petrópolis Ltda, Nova Petrópolis, RS, Brasil) e o açúcar mascavo (DaColônia Alimentos Naturais Ltda, Santo Antônio da Patrulha, RS, Brasil) foram adquiridos no comércio local, Lajeado (RS, Brasil).

Foram elaboradas cinco formulações de doce de leite pastoso com 0; 11,25; 18,75; 26,25 e 37,50% de soro de queijo *in natura*, conforme apresentado na Tabela 1.

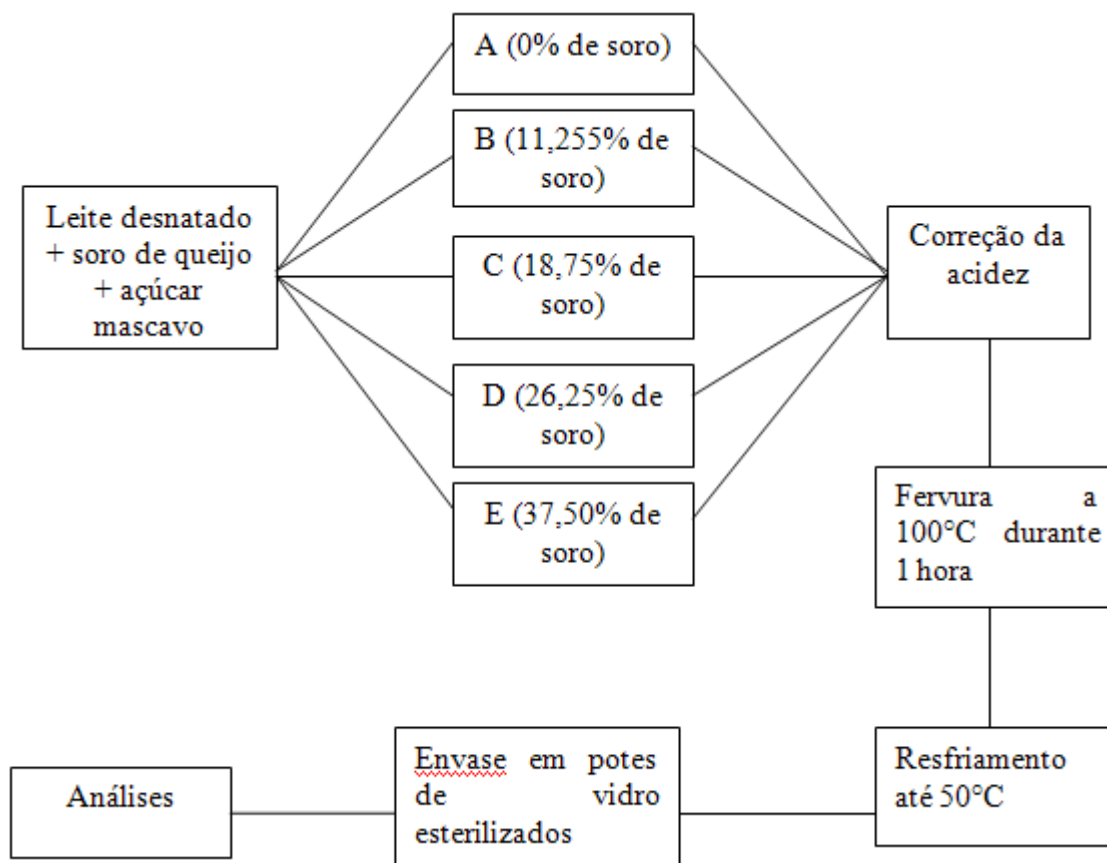
Tabela 1 - Formulações dos doces de leite pastoso com diferentes concentrações de soro de queijo *in natura*

Formulações Ingredientes	A	B	C	D	E
Leite desnatado (mL)	750,0	637,5	562,5	487,5	375,0
Soro de queijo (mL)	0,0	112,5	187,5	262,5	375,0
Açúcar mascavo (g)	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0

Fonte: Dos autores.

O doce de leite pastoso foi elaborado no Laboratório de Lácteos do curso de Química Industrial do Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, RS. As formulações foram produzidas conforme o fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma do processo de produção dos doces de leite pastoso com diferentes concentrações de soro de queijo *in natura*



Fonte: Dos autores.

## 2.2. Determinação dos parâmetros físico-químicos das formulações de doce de leite pastoso

As amostras de doce de leite pastoso foram avaliadas quanto ao pH, acidez titulável, umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, sólidos totais (açúcares), sódio, carboidratos e valor calórico, de acordo com a metodologias do Instituto Adolfo Lutz (2008) e da Instrução Normativa nº 68 [Brasil 2006].

O pH foi medido através do método potenciométrico, empregando medidor de pH de bancada (Digicrom Analytical Ltda., modelo DM-22, São Paulo, SP, Brasil). A acidez titulável foi determinada por titulação ácido-base empregando solução padrão de NaOH 0,1 N. O teor de umidade foi analisado em estufa (DeLeo Equipamentos para laboratórios, modelo A3'AFD, Bento Gonçalves, RS, Brasil) a 105 °C até massa constante e o de cinzas por incineração em mufla (Marconi Equipamentos para Laboratórios Ltda, modelo MA 385/2, Piracicaba, SP, Brasil) a 550 °C. Já o teor de lipídeos foi determinado pelo método Roese-Gottlieb e posterior destilação em Soxhlet (Tecnal Equipamentos para Laboratórios Ltda., modelo TE-044-8/30, Piracicaba, SP, Brasil). A determinação do teor de proteínas foi realizada por meio da quantificação do teor de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl, utilizando bloco digestor (Equipamentos para Laboratórios Ltda, modelo MA 850/16, Piracicaba, SP, Brasil) e destilador de nitrogênio (Tecnal Equipamentos para Laboratórios Ltda., modelo TE-044-8/30, Piracicaba, SP, Brasil). A análise de sólidos totais foi realizada através de refratômetro de bancada (A.KRÜSS Optronic GmbH, Hamburg, Germany) e a de sódio por fotometria de chama (Digicrom Analytical Ltda., modelo DM-22, São Paulo, SP, Brasil). O teor de carboidratos foi determinado pelo cálculo da diferença de 100 gramas de amostra e a soma total dos valores encontrados de proteínas, lipídeos, cinzas e umidade. O valor calórico foi calculado pela soma dos resultados da multiplicação das porcentagens de proteínas, carboidratos e



lipídeos pelos seus respectivos fatores de conversão (4; 4 e 9 kcal/g). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

### 2.3. Análise sensorial das diferentes formulações de doce de leite pastoso

A análise sensorial das formulações de doce de leite pastoso foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial da UNIVATES, com 60 provadores não treinados. As amostras foram codificadas aleatoriamente cada uma com três dígitos, sendo dispostas em copos plásticos descartáveis de 50 mL, contendo aproximadamente 6 g de amostra, e servidas em pratos descartáveis. Aos avaliadores entregou-se juntamente às amostras, a ficha contendo a escala hedônica, variando de 1 a 9, sendo 1 para “desgostei muitíssimo” e 9 para “gostei muitíssimo”, nos seguintes aspectos: aparência, odor, sabor, consistência e impressão global. Também se questionou a intenção de compra aos avaliadores, numa escala de 1 a 5, onde 1 “certamente não compraria” e 5 para “certamente compraria”. Para determinação do índice de aceitabilidade (IA) do atributo impressão global das amostras de doce de leite foi adotada a expressão  $IA (\%) = A \times 100/B$ , em que, A = nota média obtida para o produto e B = nota máxima dada ao produto, conforme Peuckert et al. (2010).

### 2.4. Análise estatística

Os resultados das análises físico-químicas e sensoriais foram submetidos à análise de variância univariada e verificada a significância dos modelos pelo teste F. Nos modelos significativos as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Os cálculos estatísticos foram efetuados utilizando o software Statistica® versão 7.0.

## 3. Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta os resultados das determinações dos parâmetros físico-químicos das cinco amostras de doce de leite pastoso contendo diferentes concentrações de soro de queijo *in natura*.

Os resultados obtidos para o teor de lipídeos das diferentes formulações de doce de leite pastoso variaram entre 0,79 a 0,93% m/m (Tabela 2). Esse baixo teor é consequência do uso de leite desnatado, que apresenta teor de lipídeos abaixo de 0,5% m/m, na elaboração das amostras. O parâmetro da legislação brasileira quanto ao teor de lipídeos em doce de leite é de 6 a 9% m/m [Brasil 1997b]. Os teores de lipídeos das formulações de doce de leite pastoso, elaboradas com soro de queijo *in natura* estão em desacordo com o padrão estabelecido na legislação brasileira.

Os teores de proteínas das cinco formulações de doce de leite pastoso variaram de 3,40 a 5,58% m/m (Tabela 2). O maior teor de proteínas foi encontrado na amostra A, provavelmente por não utilizar o soro de queijo *in natura* em sua formulação, sendo elaborada com apenas o leite desnatado. O parâmetro da legislação brasileira quanto ao teor de proteínas em doce de leite é de 5% m/m, no mínimo [Brasil 1997b]. Todas as formulações de doce de leite pastoso com soro de queijo *in natura* apresentaram teores de proteínas inferiores a 5% m/m. Madrona et al. (2009) avaliaram as características físico-químicas e sensoriais de quatro amostras de doce de leite pastoso, formuladas com diferentes concentrações de soro de queijo em pó (25 e 50%) ou *in natura* (25 e 50%) e verificaram que apenas a amostra elaborada com 50% de soro em pó apresentou teor de proteínas superior a 5%. Para as demais amostras os valores para esse parâmetro variaram entre 4,36 e 4,81%. Resultados

semelhantes foram obtidos no presente trabalho para as amostras de doce de leite pastoso, elaboradas com 11,25; 18,75 e 26,25% de soro de queijo *in natura*.

Tabela 2 - Resultados das análises físico-químicas das formulações de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de soro de queijo *in natura*

Formulação	A	B	C	D	E
Lipídeos (%)	0,93 ± 0,01	0,89 ± 0,02	0,82 ± 0,01	0,80 ± 0,01	0,79 ± 0,00
Proteína (%)	5,58 ± 0,13	4,80 ± 0,12	4,57 ± 0,04	4,30 ± 0,01	3,40 ± 0,02
Umidade (%)	26,86 ± 2,16	26,03 ± 1,44	26,43 ± 1,16	26,70 ± 0,13	27,73 ± 2,22
Cinzas (%)	1,82 ± 0,02	1,66 ± 0,03	1,81 ± 0,01	1,82 ± 0,02	1,54 ± 0,02
Carboidratos (%)	64,80 ± 2,09	66,62 ± 1,38	66,36 ± 1,14	66,38 ± 0,15	66,54 ± 2,20
Valor Calórico (Kcal/100 g)	289,9 ± 8,61	293,7 ± 5,72	291,2 ± 4,61	289,9 ± 0,57	286,8 ± 8,87
Sódio (mg/100 g)	20,50 ± 0,18	20,00 ± 0,16	22,40 ± 0,27	22,00 ± 0,22	24,50 ± 0,04
Sólidos Totais (°Brix)	63,1 ± 1,13	63,5 ± 2,96	63,6 ± 1,14	63,5 ± 3,80	63,4 ± 4,44
Acidez (°D)	14,30 ± 0,18	14,50 ± 0,09	15,20 ± 0,22	16,40 ± 0,18	16,60 ± 0,18
pH	6,73 ± 0,01	6,71 ± 0,02	6,64 ± 0,01	6,63 ± 0,01	6,61 ± 0,01

Fonte: Dos autores.

Com relação ao teor de umidade, esse variou de 26,03 a 27,73% m/m (Tabela 2) para as cinco amostras de doce de leite pastoso contendo diferentes concentrações de soro de queijo *in natura*. Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Madrona et al. (2009), no qual os autores obtiveram teores de umidade entre 23,32 a 38,58% m/m para as formulações de doce de leite, elaboradas com adição de soro de queijo *in natura* e soro de queijo em pó. O parâmetro da legislação brasileira quanto ao teor de umidade em doce de leite é de no máximo 30% m/m [Brasil 1997b], portanto, todas as amostras de doce de leite pastoso desenvolvidas no presente trabalho com soro de queijo *in natura* estão de acordo com o padrão estabelecido na legislação. A amostra E apresentou o maior índice de umidade, possivelmente devido à concentração superior de soro de queijo *in natura* adicionado nessa amostra em relação às demais.

O teor de cinzas obtido nas amostras de doce de leite pastoso contendo diferentes concentrações de soro de queijo *in natura* variou entre 1,54 a 1,82% m/m (Tabela 2). O parâmetro da legislação brasileira quanto ao teor de cinzas em doce de leite é de no máximo 2% m/m [Brasil 1997b], portanto, todas as amostras de doce de leite pastoso desenvolvidas no presente trabalho com soro de queijo *in natura* estão de acordo com os padrões legais. No trabalho elaborado por Konkel et al. (2004) foram

produzidos doces de leite pastoso com diferentes concentrações de amido, nos quais o teor de cinzas variou entre 1,0 a 1,5% m/m. A amostra sem adição de amido foi a que apresentou maior teor de cinzas.

Para o teor de carboidratos das amostras de doce de leite pastoso variou entre 64,80 a 66,62%, sendo que a formulação A elaborada apenas com leite desnatado apresentou o resultado mais baixo (Tabela 2). Pieretti et al. (2012) obtiveram resultados inferiores, entre 38,6 a 45,8%, para o teor de carboidratos das formulações de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de açúcar mascavo. Isto se deve possivelmente às diferentes concentrações de açúcar empregadas em ambos os trabalhos.

Os resultados da acidez das amostras de doce de leite pastoso, elaboradas com diferentes concentrações de soro de queijo *in natura* variaram entre 14,30 a 16,60 °D (Tabela 2). A acidez foi influenciada pela adição de soro de queijo *in natura*, sendo que o doce de leite produzido com maior concentração de soro de queijo apresentou maior teor de acidez e menor valor de pH.

Os resultados da análise sensorial das cinco amostras de doce de leite pastoso contendo diferentes concentrações de soro de queijo *in natura* **são apresentados na Tabela 3.**

Tabela 3 - Resultados da análise sensorial das formulações de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de soro de queijo *in natura*

Formulações	A	B	C	D	E
Aparência	7,72 ± 1,11	6,48 ± 1,44	6,75 ± 1,38	8,02 ± 0,62	7,08 ± 1,25
Odor	5,48 ± 1,52	5,68 ± 1,49	5,83 ± 1,38	5,87 ± 1,45	5,52 ± 1,50
Sabor	6,73 ± 1,32	6,13 ± 1,34	6,73 ± 1,36	7,68 ± 0,93	7,08 ± 1,13
Consistência	5,18 ± 1,29	4,97 ± 1,94	6,13 ± 1,66	6,70 ± 1,29	6,03 ± 1,47
Impressão global	6,98 ± 1,06	6,07 ± 1,31	6,85 ± 1,17	7,62 ± 1,03	7,15 ± 0,99

Fonte: Dos autores.

Os valores médios no atributo aparência variaram de 6,48 a 8,02 (Tabela 3). Esse atributo obteve a média mais alta entre os quesitos avaliados na análise sensorial da maioria das amostras de doce de leite pastoso com soro de queijo *in natura*, provavelmente em função da coloração do açúcar mascavo. As amostras de doce de leite pastoso com concentrações de açúcar mascavo orgânico de 11, 15 e 19% desenvolvidas por Pieretti et al. (2012) obtiveram na avaliação do atributo aparência resultados de 5,91; 7,08 e 8,02, respectivamente.

Os valores médios no atributo odor variaram de 5,48 a 5,87 (Tabela 3). Esse atributo obteve a média mais baixa entre os quesitos avaliados na análise sensorial da maioria das amostras de doce de leite pastoso com soro de queijo *in natura*. Os principais comentários dos provadores acerca deste quesito foram relacionados à ausência de odor característico de doce de leite pastoso.

O doce de leite pastoso elaborado com 26,25% de soro de queijo *in natura* (amostra D) apresentou os melhores resultados na avaliação sensorial de todos os atributos (Tabela 3).

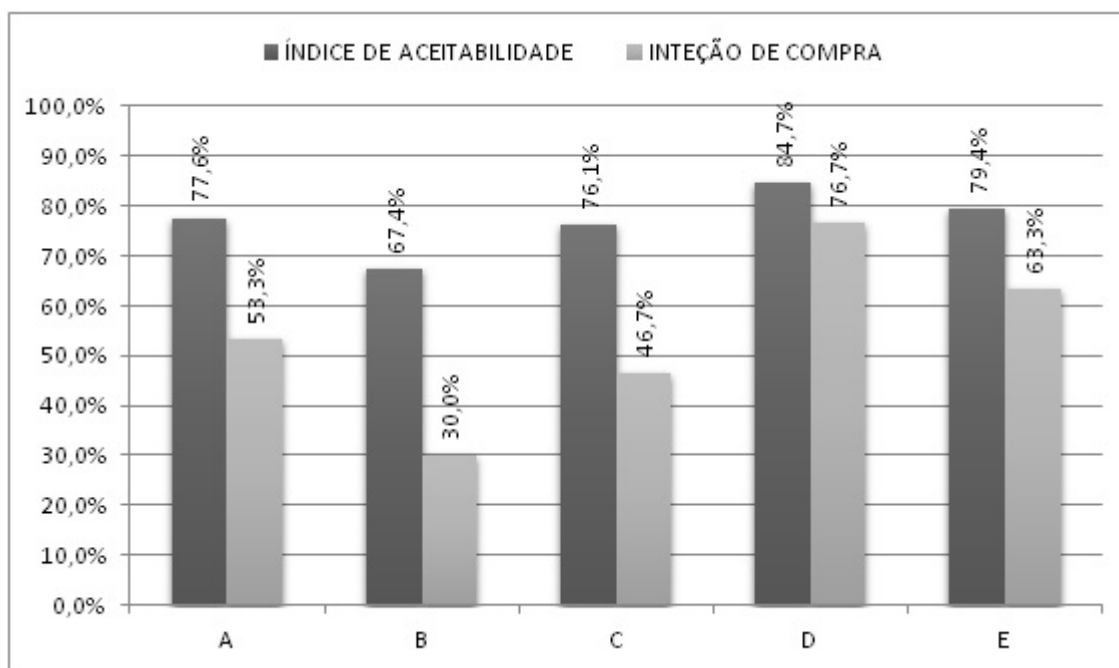
A Figura 2 apresenta os resultados do índice de aceitabilidade do atributo impressão global e da intenção de compra das formulações de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de soro de queijo *in natura*.

O índice de aceitabilidade (IA) com base na impressão global apresentou resultados variando de 67,4 a 84,7% (Figura 2). A amostra B (com 11,25% de soro de queijo *in natura*) apresentou menor índice de aceitabilidade e a amostra D (com 26,25% de soro de queijo *in natura*) apresentou o maior

índice de aceitabilidade. Isto demonstra que a substituição parcial do leite desnatado por soro de queijo *in natura* **não apresentou influência** negativa ao aspecto sensorial do produto. Segundo Teixeira et al. (1987) para que o produto seja considerado aceito por suas propriedades sensoriais é importante que obtenha um IA de no mínimo 70%. Assim, a avaliação sensorial realizada nesse estudo demonstrou que os doces de leite pastosos adicionados de 18,75; 26,25 e 37,50% de soro de queijo *in natura*, amostras C, D e E, respectivamente, apresentam potencial para comercialização.

Em relação à intenção de compra dos doces de leite pastosos elaborados com soro de queijo *in natura* (Figura 2), a amostra D apresentou a maior frequência de intenção de compra positiva (“certamente compraria” e “possivelmente compraria”), sendo esta de 76,7%, seguida da amostra E com 63,3% de aceitação. Já a amostra B, apresentou apenas 30% de intenção de compra positiva. As amostras de doce de leite pastoso com maiores teores de soro de queijo *in natura*, 26,25 e 37,50%, foram as que apresentaram melhores resultados quanto à intenção de compra. Em trabalho realizado por Rocha et al. (2012), a adição de soro de queijo também não influenciou negativamente no resultado da análise sensorial dos doces de leite sabor café elaborados com extrato hidrossolúvel de soja e soro.

Figura 2 - Resultados do índice de aceitabilidade do atributo impressão global e da intenção de compra das formulações de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de soro de queijo *in natura*



Fonte: Dos autores.

#### 4. Conclusão

Os teores de lipídeos e proteínas das formulações de doce de leite pastoso, elaboradas com 11,25; 18,75; 26,25 e 37,50% de soro de queijo *in natura* **não atingiram os valores mínimos estabelecidos na legislação brasileira. Já os teores de umidade e cinzas estão de acordo com os padrões da legislação. Com base nos resultados da avaliação sensorial dos atributos aparência, odor, sabor, consistência e impressão global e da intenção de compra, a formulação de doce de leite pastoso elaborada com 26,25% de soro de queijo *in natura* apresentou melhor desempenho. Os resultados obtidos nesse estudo comprovam a viabilidade de uso do soro de queijo *in natura* e do açúcar mascavo**



no desenvolvimento de doce de leite pastoso, desde que se ajuste o teor de gordura. Pode-se substituir o leite desnatado por leite integral, corrigindo assim o teor de lipídeos.

## 5. Referências

- ABIQ - Associação Brasileira das Indústrias de Queijos (2011) Avanços e perspectivas da indústria brasileira de queijos. Disponível em: <[http://www.abiq.com.br/imprensa\\_ler.asp?codigo=1003&codigo\\_categoria=2&codigo\\_subcategoria=17](http://www.abiq.com.br/imprensa_ler.asp?codigo=1003&codigo_categoria=2&codigo_subcategoria=17)>. Acesso em: 14 jul. 2015.
- Almeida, E. S. et al. (2003) Remediação do efluente da indústria de queijos combinando processo biológico (produção de proteínas celulares) e processo físico-químico (ozônio). In: Congresso Brasileiro de engenharia sanitária e ambiental. Joinville/PR: ABES, 14 a 19 de setembro. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes22/cxcii.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2015.
- Bontempo, M. e Nogueira, S. R. (2012) Açúcar mascavo x refinado. Disponível em <[http://ahau.org/mascavo\\_refinado-0-html/](http://ahau.org/mascavo_refinado-0-html/)>. Acesso em: 20 jul. 2015.
- Brasil (1978) Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução nº 12 de 24 de julho de 1978. Normas Técnicas Especiais. Diário Oficial da União.
- Brasil (1997a) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – R.I.I.S.P.O.A. Aprovado pelo decreto n 30691 de 9 de março de 1952, alterado pelo Decreto 1255 de 25 de junho de 1962. Alterado pelo Decreto 2244 de 04 de junho de 1997, p. 103, Brasília, DF.
- Brasil (1997b) Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Portaria nº 354 de 04 de setembro de 1997. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de doce de leite. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- Brasil (2006) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006. Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: métodos físicos e químicos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 de dezembro.
- Carvalho, F.; Prazeres, A. R. and Rivas, J. (2013) Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. *Science of the Total Environment*. v.445/446, p.385–396.
- Embrapa. Gado de Leite. Informações técnicas: estatísticas do leite. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/gado-de-leite>> Acesso em: 04 jul. 2015.
- Fitzsimons, S. M.; Mulvihill, D. M. and Morris, E. R. (2006) Denaturation and aggregation processes in thermal gelation of whey proteins resolved by differential scanning calorimetry. *Food Hydrocolloids*, v.11, p.62-69.
- Instituto Adolfo Lutz (2008) Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª edição. 1ª edição digital. São Paulo.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da produção pecuária. 2014. Brasília, DF. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos\\_201304\\_publ\\_completa.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201304_publ_completa.pdf)>. Acesso em 14 jul. 2015.
- Konkel, F. E. et al. (2004) Avaliação sensorial de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de amido. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.24, n.2, p.249-254.
- Liu, G.; Xiong, Y. L. and Butterfield, D. A. (2000) Chemical, physical, and gel forming properties of oxidized myofibrils and whey and soy proteins isolate. *Journal of Food Science*, v.65, p.811-818.

Madrona, G. S. et al. (2000) Estudo do efeito da adição de soro de queijo na qualidade sensorial do doce de leite pastoso. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.29, n.4, p.862-833.

Mendonça, C. R.; Rodrigues, R. S. e Zambiasi, R. C. (2000) Açúcar mascavo em geleias de maçãs. *Ciência Rural*, v.30, n.6, p.1053-1058.

Monteiro, A. A.; Pires, A. C. S. e Araújo, E. A. (2012) Tecnologia de produção de derivados do leite. 2ª edição, Viçosa, MG: Editora UFV. p. 72-75.

Ordóñez, J. A. (2005) Tecnologia de alimentos. Porto Alegre: Artmed.

Perrone, Í. T. e Stephani, R. (2011) Doce de leite: aspectos tecnológicos. Juiz de Fora, MG.

Peuckert, Y. P. et al. (2010) Caracterização e aceitabilidade de barras de cereais adicionadas de proteína texturizada de soja e camu-camu (*Myrciaria dubia*). *Alimentos & Nutrição*, v. 21, n.1, p. 147-152.

Pieretti, G. G. et al. (2012) Doce de leite pastoso elaborado com açúcar mascavo: avaliação sensorial, físico-química e microbiológica. *Revista do Instituto de Laticínios "Cândido Tostes"*, v. 390, n. 68, p. 59-64.

Rocha, L. O. F. et al. (2012) Avaliação físico-química e sensorial de doce de leite elaborado com extrato hidrossolúvel de soja e soro de leite sabor café. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 14, n. 3, p. 251-259.

Siso, G. M. I. (1996) The biotechnological utilization of cheese whey: a review. *Bioresource Technology*, v. 57, p.1-11.

Teixeira, E.; Meinert, E. M. e Barbeta, P. A. (1987) *Análise Sensorial de Alimentos*. Florianópolis: Editora da UFSC.

Tronco, V. M. (2003) *Manual para inspeção da qualidade do leite*. 2. ed. Santa Maria: UFSM.

Verruma-Bernardi, M. R. et al. (2010) Avaliação sensorial de açúcar mascavo. *Brazilian Journal of Food Technology*, 6º SENSIBER, p. 29-38. São Paulo, SP.

# CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE AMOSTRAS DE BEBIDA LÁCTEA SABOR CHOCOLATE

Michele Dutra Rosolen<sup>1</sup>, Camila Eckert<sup>1</sup>, Adriano Gennari<sup>1</sup>, Daniel Kuhn<sup>1</sup>, Fernanda Richter<sup>1</sup>, Glaucia Vilasbôas Bastiani<sup>1</sup>, Cláucia Fernanda Volken de Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário UNIVATES - Rua Avelino Tallini, 171 - CEP: 95900-000 – Bairro Universitário - Lajeado - RS - Brasil

*michele.dutra@gmail.com, {camieckert, adriano.gennari}@hotmail.com, {danielkuhn, glauciazvilasboas}@universounivates.br, {frichter, claucia}@univates.br*

**Abstract:** One of the most popular dairy drinks is chocolatey, that in addition to milk and dairy products contain cocoa. This study aimed to evaluate the physicochemical composition, the conformity of nutritional information and sensory acceptability of five brands of milk drinks flavored chocolate. The parameters analyzed were pH, crude protein, mineral residue, moisture, total solids, sodium, carbohydrates, fat and sensorial. All samples obtained results according to the legislation, with fat content between 2.0 and 3.1% and protein between 1.7 and 2.7%. All samples showed at least one item of labeling on non-compliance. In the sensory analysis showed only a brand acceptability for marketing.

**Resumo:** Uma das bebidas lácteas mais populares é a achocolatada, que além do leite e seus derivados contém cacau. O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição físico-química, a conformidade das informações nutricionais e a aceitabilidade sensorial de cinco marcas de bebidas lácteas sabor chocolate. Foram analisados pH, proteína bruta, resíduo mineral, umidade, sólidos totais, sódio, carboidratos, gordura e sensorial. Todas as marcas obtiveram resultados de acordo com a legislação, com teores de gordura entre 2% e 3,1% e proteína de 1,7% a 2,7%. Todas as marcas apresentaram ao menos um item de rotulagem em não conformidade. Na análise sensorial somente uma marca apresentou aceitabilidade para comercialização.

## 1. Introdução

O Vale do Taquari localiza-se na região central do Estado do Rio Grande do Sul, distante em média, 150 quilômetros de Porto Alegre, capital do Estado. Especificamente quanto à produção formal de leite *in natura*, o Rio Grande do Sul produziu 2,3 bilhões litros/ano, sendo que aproximadamente 12,5% desse volume foram produzidos no Vale do Taquari, apresentando dessa forma 286 milhões litros/ano [Radaelli e Heineck 2010].

Entende-se por bebida láctea o produto resultante da mistura do leite (sendo ele *in natura*, pasteurizado, esterilizado, reconstituído, concentrado, em pó, integral, semidesnatado ou parcialmente desnatado e desnatado) e soro de queijo (líquido, concentrado ou em pó), adicionada ou não de produtos alimentícios, gordura vegetal, leite fermentado, fermentos lácteos selecionados e outros produtos lácteos. Para isso, a base láctea deve representar pelo menos 51% (m/m) do total de ingredientes do produto [Brasil 2005].

A bebida láctea pode ser dividida em duas categorias, dependendo do pH do produto final e do tipo de tratamento térmico aplicado. Em relação ao pH podem ser classificadas como neutras, tendo como exemplo, os leites achocolatados, leite com café e leite com sabor de frutas. Já as que apresentam o pH ácido são fermentadas, contendo leite, suco de frutas e soro de queijo. A bebida láctea mais popular é a achocolatada, pois além do leite e seus derivados, contem cacau, que confere o sabor de chocolate.

Essas bebidas podem conter em sua formulação hidrocoloides que melhoram a consistência e previnem a sedimentação das partículas do cacau. As características desses ingredientes produzem diferenças na composição final e nas propriedades físicas e sensoriais dos produtos formulados [Oliveira 2009]. Quanto ao tratamento térmico empregado, as bebidas lácteas podem ser divididas em duas categorias: pasteurizado e esterilizado. O processo mais utilizado é o UHT (do inglês, *ultra high temperature*) que consiste no aquecimento do produto de 130 a 150 °C por 2 a 4 segundos, mediante processo térmico de fluxo contínuo, sendo imediatamente resfriado a temperatura inferior a 32 °C e envasado sob condições assépticas em embalagens estéreis e hermeticamente fechadas [Brasil 2005].

O soro de queijo é um ingrediente empregado na formulação de diversos produtos lácteos por apresentar uma composição nutricional rica em aminoácidos essenciais. As proteínas do soro apresentam-se em quantidades variadas e na proporção adequada, contendo todos os aminoácidos que o organismo humano necessita além de se destacar pela sua excelente digestibilidade. O perfil equilibrado de aminoácidos presentes no soro torna-o um excelente ingrediente de fortificação ou complementação de outros produtos [Antunes 2003]. Cabe salientar, que o soro de queijo é um subproduto resultante dos laticínios e apresenta um alto teor de matéria orgânica, de forma que não pode ser descartado em esgotos ou rios, pois sua alta demanda biológica de oxigênio (DBO) pode causar a destruição da flora e da fauna. Portanto, justifica-se o seu emprego em diversos produtos, contribuindo para o enriquecimento e desenvolvimento de novas formulações, além da diminuição do volume descartado como resíduo [Carvalho et al. 2013].

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o padrão físico-químico e comparar as informações nutricionais contidas nos rótulos e analisar sensorialmente cinco marcas de bebida láctea UHT comercializadas em diferentes pontos do Vale do Taquari - RS, verificando a adequação aos parâmetros estabelecidos na legislação brasileira.

## 2. Material e Métodos

As amostras (A, B, C, D, e E) foram coletadas em supermercados distintos do Vale do Taquari - RS, e mantidas em suas embalagens originais. As análises foram realizadas nas 5 marcas, sendo analisado 3 lotes diferentes de cada marca e todas as análises foram realizadas em triplicata.

As análises de pH, gordura, proteína bruta, resíduo mineral e umidade foram realizadas de acordo com os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos [Brasil 2006]. A determinação de carboidratos foi realizada pelo método de diferença [Brasil 2003]. Os teores de sódio foram determinados seguindo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz [Instituto Adolfo Lutz 2008].

Para a realização das análises sensoriais, as amostras foram avaliadas por vinte provadores não treinados, utilizando uma escala hedônica de 1 a 7, sendo que a avaliação foi: 1 – desgostei muitíssimo, 2 – desgostei muito, 3 – desgostei, 4 – nem gostei, nem desgostei, 5 – gostei, 6 – gostei muito, 7 – gostei muitíssimo [Brasil 2006].

## 3. Resultados e Discussão

As análises físico-químicas são uma das ferramentas mais importantes e frequentemente utilizadas na determinação da composição nutricional dos alimentos. A partir da Tabela 1 verificam-se as médias obtidas nas análises das bebidas lácteas UHT sabor chocolate de diferentes marcas comerciais.



Tabela 1 - Resultados físico-químicos das cinco marcas comerciais de bebidas lácteas UHT sabor chocolate

Análise	Produtos				
	A	B	C	D	E
Gordura (%)	2,70	2,30	2,30	3,10	2,00
Proteína bruta (%)	2,70	1,63	1,86	2,12	2,67
Resíduo Mineral (%)	0,78	0,72	0,71	0,73	0,84
Umidade (%)	81,50	79,83	79,06	81,3	79,33
Sólidos Totais (%)	18,50	20,16	20,93	18,7	20,53
Carboidratos (%)	12,31	15,50	15,99	12,71	15,11
pH	6,60	6,80	6,70	6,60	6,70
Sódio (mg/L)	793	490	810	556	706

Os resultados são a média de três lotes de cada marca.

Fonte: Dos autores.

Foram observadas diferenças entre os produtos analisados para os atributos de gordura, proteína bruta, umidade, sólidos totais, carboidrato e sódio. Os teores de proteína bruta das amostras variaram de 1,63 a 2,70%, estando dessa forma de acordo com a Instrução Normativa nº 16 de 2005, que fixa um valor de 1% de proteínas de origem láctea no produto [Brasil 2005]. Cunha et al. (2008) ao avaliarem as características físico-químicas de bebidas lácteas fermentadas, encontraram teores de proteína de 2,23% e carboidratos totais de 13,29% semelhantes ao presente trabalho.

Quanto ao teor de gordura, as amostras analisadas variaram de 2,0 a 3,1%. O regulamento técnico de identidade e qualidade de bebida láctea [Brasil 2005], não estabelece padrão para o teor de gordura nesse alimento, porém a modificação dos hábitos alimentares em função da saúde levam os consumidores a buscarem produtos com teor reduzido de gordura. Em relação às demais determinações realizadas não há regulamentação que estabeleça os padrões mínimos para bebida láctea.

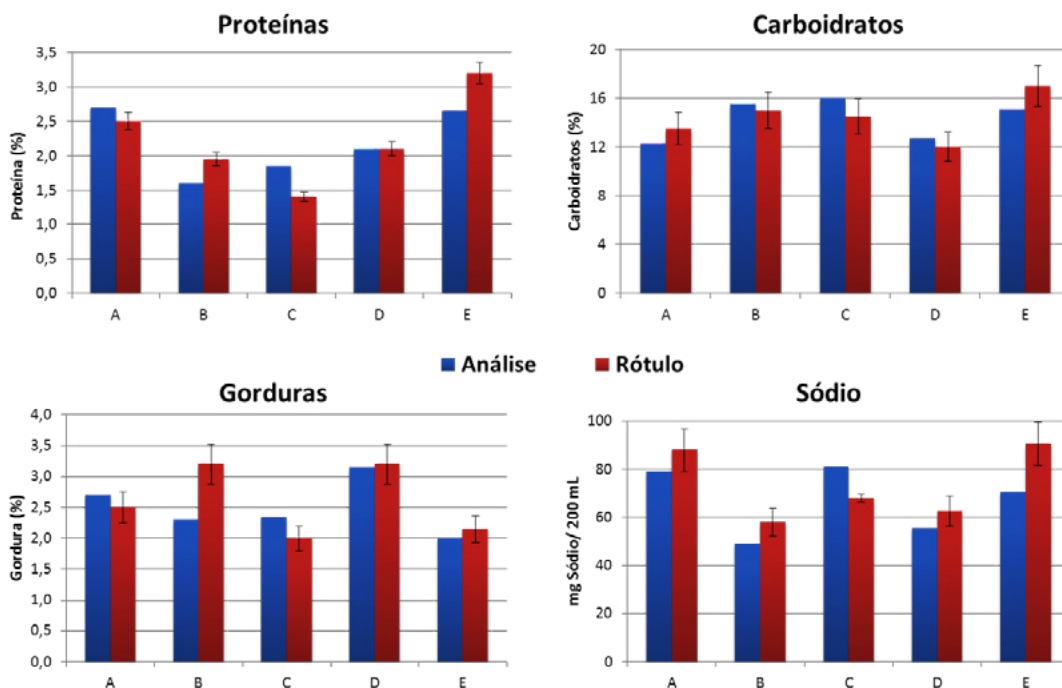
As variações observadas entre as amostras podem ser atribuídas à sua composição. Além dos ingredientes obrigatórios, são permitidos ingredientes opcionais, lácteos e não lácteos. Dessa forma, os padrões analíticos podem variar devido à formulação do produto [Brasil 2005].

Oliveira (2006), ao elaborar três diferentes formulações de bebidas lácteas fermentadas com adição de polpas de frutas e utilizando diferentes concentrações de soro de queijo (10, 30 e 50%), verificou diferença nos teores físico-químicos nas formulações estudadas, de acordo com o percentual de soro de queijo utilizado.

Considerando que a rotulagem nutricional facilita o consumidor a conhecer as propriedades nutricionais dos alimentos e contribui para um consumo adequado dos mesmos, a RDC nº 360 de 2003 - Regulamento Técnico Sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados - evita obstáculos técnicos ao comércio de produtos bem como facilita a livre circulação dos mesmos. Sendo assim, na Figura 1, apresentam-se os resultados médios das proteínas, gordura, carboidratos e teores de sódio das 5 marcas de bebidas lácteas UHT sabor chocolate, comercializadas no Vale do Taquari - RS, de acordo com as análises e os rótulos dos produtos, seguido dos níveis de tolerância de 20% para cada nutriente [Brasil 2003].

Figura 1 - Composição de proteínas, gorduras, carboidratos e sódio, nos rótulos e nas análises, das cinco

marcas comerciais de bebidas lácteas avaliadas



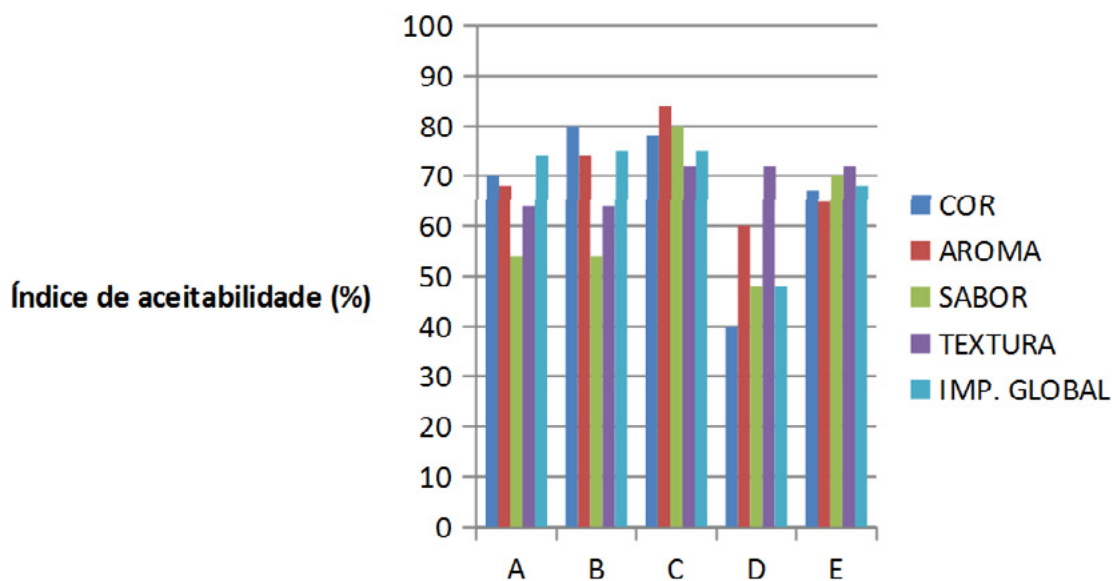
Fonte: Dos autores.

Em relação aos resultados de proteínas, nos produtos B e E os teores encontrados foram menores do que os descritos nos rótulos. Ao contrário do produto C, que obteve valor superior ao estabelecido pela legislação. Observou-se que os valores das análises de gorduras, para as marcas B, D e E foram menores do que os descritos nos rótulos.

Os teores de carboidratos das marcas A e E mostraram-se menores do que os constados nos rótulos, diferentemente, as amostras B, C e D apresentaram teores maiores, porém dentro dos níveis de tolerância permitida. Estas diferenças entre as marcas podem ser explicadas pelos ingredientes opcionais adicionadas ao produto, além de erros de formulação e falta de padronização da produção. Os valores descritos nos rótulos para os níveis de sódio dos produtos A, B, D e E mostraram-se superiores em relação aos descritos nos rótulos. Já a marca C apresentou um valor acima do descrito no rótulo.

A análise sensorial permite avaliar a aceitação de um produto, mudanças na matéria-prima, nos processos de fabricação ou na preferência em relação aos outros. A Figura 2 apresenta o índice de aceitabilidade das marcas analisadas de bebidas lácteas sabor chocolate para os critérios de cor, aroma, sabor, textura e impressão global.

Figura 2 - Índices de aceitabilidade dos critérios sensoriais avaliados das cinco marcas analisadas de bebidas lácteas sabor chocolate



Fonte: Dos autores.

Pode-se observar que a marca (C) atingiu o índice de 70% em todos os critérios avaliados, sendo este o percentual mínimo necessário para comercialização. Ao contrário, a marca (D) apresentou a menor aceitação geral em relação às demais marcas avaliadas.

Pflanzer et al. (2010), ao analisarem o perfil sensorial de três marcas de bebida láctea achocolatada, com provadores selecionados e treinados, concluíram que todas as marcas analisadas foram bem-aceitas pelos consumidores, em relação ao sabor de uma forma geral, e apresentavam pequenas variações em relação a doçura.

#### 4. Conclusão

As amostras analisadas apresentaram, entre si, diferenças físico-químicas, porém todas atenderam a legislação. Além disso, o resultado da análise das marcas quando comparadas com a informação contida no rótulo, apresentaram ao menos um item em não conformidade. Na análise sensorial somente uma marca apresentou aceitabilidade para comercialização.

#### 5. Referências

Antunes, A. J. (2003) Funcionalidade de Proteínas do Soro de Leite Bovino. Barueri, SP: Editora Manole.

Brasil (2003) Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 26 dez. 2003.

Brasil (2005) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 16 de 23 de agosto de 2005. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebida Láctea. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 23 ago. 2005.

Brasil (2006) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos para Controle de Leite e Produtos Lácteos. Diário Oficial da União, Brasília, 12 dez. 2006.

Carvalho, F.; Prazeres, A. R. and Rivas, J. (2013) Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. *Science of the Total Environment*, p.445–446.

Cunha, T. M.; Castro, F. P.; Barreto, P. L. M.; Benedeti, H. D. e Prudêncio, E. S. (2008) Avaliação físico-química, microbiológica e reológica de bebida láctea e leite fermentado adicionados de probióticos. *Revista de Ciências Agrárias*, v.29, p.113-116.

Instituto Adolfo Lutz. (2008) Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª edição. 1ª edição digital. São Paulo.

Oliveira, M. N. (2009) Tecnologia de produtos lácteos funcionais. São Paulo: Editora Atheneu.

Oliveira, V. M. (2006) Formulação de bebida láctea fermentada com diferentes concentrações de soro de queijo, enriquecida com ferro: caracterização físico-química, análises bacteriológicas e sensoriais. Niterói, RJ.

Pflanzer, S. B.; Cruz, A. G.; Hatanaka, C. L.; Mamede, P. L.; Cadena. R.; Faria, J. A. F. e Silva, M. A. A. P. (2010) Perfil sensorial e aceitação de bebida láctea achocolatada. UNICAMP.

Radaelli, L. A. e Heineck, O. A. (2010) Programa de Desenvolvimento da Agropecuária do Vale do Taquari. Lajeado: Editora UNIVATES.



# AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO INSTALADO NA UNIVATES

Odorico Konrad<sup>1</sup>, Luís Eduardo Fontana<sup>2</sup>, Camila Hasan<sup>3</sup>, Munique Marder<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professor Doutor em Engenharia Ambiental e Sanitária - Montanuniversitat Leoben Áustria

<sup>2</sup>Graduado em Engenharia Civil - Centro Universitário Univates

<sup>3</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental – Centro Universitário Univates

Avenida Avelino Tallini, 171 – 95.900-000 – Lajeado – RS – Brasil

*okonrad@univates.br, luiseduardofontana@gmail.com, chasan@univates.br, mmarder@universo.univates.br*

**Resumo:** O mundo vem passando por um contínuo crescimento na demanda por energia desde o início do século XIX, sendo esta um viés para o desenvolvimento de uma nação. No atual contexto de desenvolvimento das economias e no abastecimento de países desenvolvidos, os altos índices de concentração e emissão de gases de efeito estufa no ar são consequência das políticas adotadas, baseadas no consumo de combustíveis fósseis. Diante deste contexto surge a energia solar fotovoltaica como uma fonte alternativa de energia limpa e renovável para o suprimento de eletricidade, de aplicação em todo território brasileiro. Este artigo avalia a produção de eletricidade de um sistema fotovoltaico com 16,34 m<sup>2</sup> durante o ano de 2014. Como resultado, atingiu-se a média mensal foi de 243,93 kWh, apresentando uma eficiência média de 11,07%.

**Palavras-chave:** Energia renovável. Energia solar. Energia limpa.

**Abstract:** The world has been experiencing a continuous growth in energy demand since the beginning of the 19th century, being it a bias to a nation's development. In the current context of development of the economies and the supply of developed countries, the high levels of concentration and emission of greenhouse gases in the air are consequences of the policies adopted, based on the consumption of fossil fuels. The photovoltaic solar energy emerges as an alternative source for clean, renewable energy to the electricity supply, with the application possibility for the whole Brazilian territory. This paper to verify the power generation of a set of photovoltaic modules with 16.34m<sup>2</sup> during the year of 2014. As a result, reached the monthly average of 243.93 kWh, showing an average efficiency of 11.07%.

**Keywords:** Renewable energy. Solar energy. Clean energy.

## 1 Introdução

O início do século XX marcou uma época de transformações jamais vistas pela humanidade. Com o surgimento e desenvolvimento da revolução industrial, bem como o crescimento da produção agrícola, iniciou a até hoje crescente demanda por energia (LOPEZ, 2012).

Desde então, a energia tem estado presente na vida cotidiana, tendo importante papel na vida das sociedades por lhes proporcionar acesso a tecnologias (CRUZ-ARDILA et al., 2013), além de outras inúmeras utilizações do homem, tornando-se um parâmetro econômico e social (BORGES NETO; CARVALHO, 2012) sendo, para Bilgen (2014), essencial para o desenvolvimento econômico e social, além da melhora na qualidade de vida em todos os países. O autor ainda afirma que as fontes de energia

podem ser fósseis (petróleo, carvão natural, gás natural, etc.), renováveis (biomassa, hidrelétrica, solar, eólica) e fósseis (urânio, tório, etc).

O ser humano depende da energia elétrica para quase todas as atividades. Desde o trabalho ao lazer, seu emprego está sempre presente. É a mais flexível forma de energia que existe, uma vez que pode ser transformada em luz, calor, informação e movimento, mesmo que longas distâncias afastem o ponto de geração do local de consumo (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Frente a essa comodidade e relação de necessidade estabelecida, a demanda por eletricidade tem crescido exponencialmente ao longo dos últimos anos. Segundo Villalva; Gazoli (2012), em 1980 o consumo mundial de energia elétrica era de 7.000 TWh (terawatts-hora), valor que passará para quase 30.000 TWh até o ano de 2030, segundo levantamento da Agência Internacional de Energia (IEA). A produção de energia elétrica pode ocorrer de muitas formas. No cenário atual, cerca de 80% tem origem na queima de combustíveis fósseis, como carvão mineral, petróleo, gás natural e na produção das usinas nucleares (LOPEZ, 2012).

O chamado mundo desenvolvido baseia-se no consumo de combustíveis fósseis para produção de eletricidade (BENITO, 2011). Este tipo de produção de energia, considerada não renovável, faz a extração das reservas e acaba por reduzir as mesmas, que levaram milhões de anos para se formar. Sendo assim, não há tempo para que se reestabeçam e continuem abastecendo o consumo, como ocorre nos dias de hoje (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Além da exaustão das reservas, o consumo resulta na emissão de gases tóxicos para a atmosfera, trazendo grandes prejuízos ambientais como grandes secas e inundações, cada vez mais perceptíveis no mundo inteiro, caracterizando-se como os maiores problemas da sociedade atual (ANDRADE, 2012). Isso prova que o consumo dos combustíveis fósseis não poderá seguir como principal fonte de energia utilizada pelo homem (GOLDEMBERG; PALETTA, 2012).

Com isso, torna-se necessária a adoção de fontes de energia renováveis. Estas são as consideradas inesgotáveis para os padrões de consumo humano, baseando-se nas formas de energia que constantemente estão disponíveis para o uso na Terra (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

As energias renováveis representam hoje apenas 13% do consumo mundial. De acordo com Goldemberg; Paletta (2012, p. 11), "Carvão, petróleo e gás foram a base energética do desenvolvimento tecnológico do século XX, mas criaram problemas com os quais nos defrontamos hoje: exaustão das reservas, problemas geopolíticos e poluição".

Existem muitos meios de geração de energia considerados renováveis. Usinas hidrelétricas, eólicas, de biomassa, oceânicas e geotérmicas são algumas que se encaixam no conceito de que podem ser exploradas continuamente sem nunca acabarem (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Até o momento, a fonte de energia mais abundante e menos poluente conhecida é a solar. Ela pode ser utilizada para o aquecimento de fluidos ou para geração de energia elétrica, sendo a energia da radiação solar que incide na Terra a cada dia equivalente a toda energia elétrica consumida no mundo durante 27 anos (LOPEZ, 2012).

A geração de energia elétrica a partir da conversão direta da luz solar tem se desenvolvido rapidamente no mercado da geração nos últimos 5 anos (SANTOS; RÜTHER, 2012) colocando a energia solar fotovoltaica como alternativa para este cenário de busca por novas matrizes energéticas.

Baseado na diferença de potencial elétrico causado pela incidência da radiação solar sobre materiais semicondutores, tem amplo potencial de aplicação em território nacional (LOPEZ, 2012).

Além de produzir energia de forma limpa e renovável, a energia solar fotovoltaica estimula a produção compartilhada de energia, evitando grandes gastos com redes de distribuição. Ademais, a energia produzida pelos painéis instalados nas residências pode alimentar a rede, abastecendo-a justamente no período em que mais é demandada (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

A radiação solar incidente no painel coletor, bem como quantidade de horas de incidência, sua área e eficiência são fatores determinantes da potência e energia geradas (LOPEZ, 2012).

Este estudo tem como objetivo analisar a produção de eletricidade de um conjunto de módulos fotovoltaicos ao longo do ano de 2014. Para isso, foi verificada a radiação solar incidente na área de estudo, bem como a análise dos registros referentes a produção diária de eletricidade, analisando-se por fim os valores encontrados e as variáveis que nele influenciaram, encerrando o artigo com a conclusão.

## 2 Materiais E Métodos

A obtenção dos dados referentes a radiação solar incidente no local foram alcançados com o uso da Estação Hidrometeorológica da Univates, através da estação meteorológica DAVIS Vantage PRO 2, que se encontra sobre o prédio 4, no campus da Univates, a 85 metros de altitude em relação ao nível do mar, nas coordenadas geográficas 29°26'54" S e 51°56'42" O (AKWA et al., 2013).

De acordo com Borges Neto; Carvalho (2012), um ciclo solar principal leva cerca de 11 anos para ocorrer. Como o objetivo deste estudo é verificar a relação entre a radiação solar que incidiu e a eletricidade gerada, os dados referentes a energia transmitida pelo sol referem-se apenas ao ano de 2014.

A partir da determinação da radiação solar incidente, foi possível estimar a produção de energia pelo conjunto de módulos fotovoltaicos instalados sobre o prédio 17. Este é composto por 10 módulos da marca Yangli Solar, modelo YL230P-29b, cada um contendo 60 células policristalinas, com potência de saída igual a 230 Wp sob as condições padrões de teste. Resultam na área de 16,34 m<sup>2</sup>, com eficiência aferida pelo INMETRO de 14,1% e estimativa de produção mensal entre 250 e 300 kWh.

Foram instalados sobre estrutura fixa, inclinados em 24° e com a face voltada para o norte verdadeiro. Faz parte do sistema o inversor CC/CA foi fabricado pela SAJ, modelo Sununo-TL 2k, com 2.000 W de potência nominal, corrente de 11 A e tensão alternada de 220 V também faz parte do sistema, que tem potência de pico de 2.300 Wp (KAUFMANN, 2012).



Figura 1 - Módulos fotovoltaicos instalados no prédio 17 da Univates



Fonte: Dos autores.

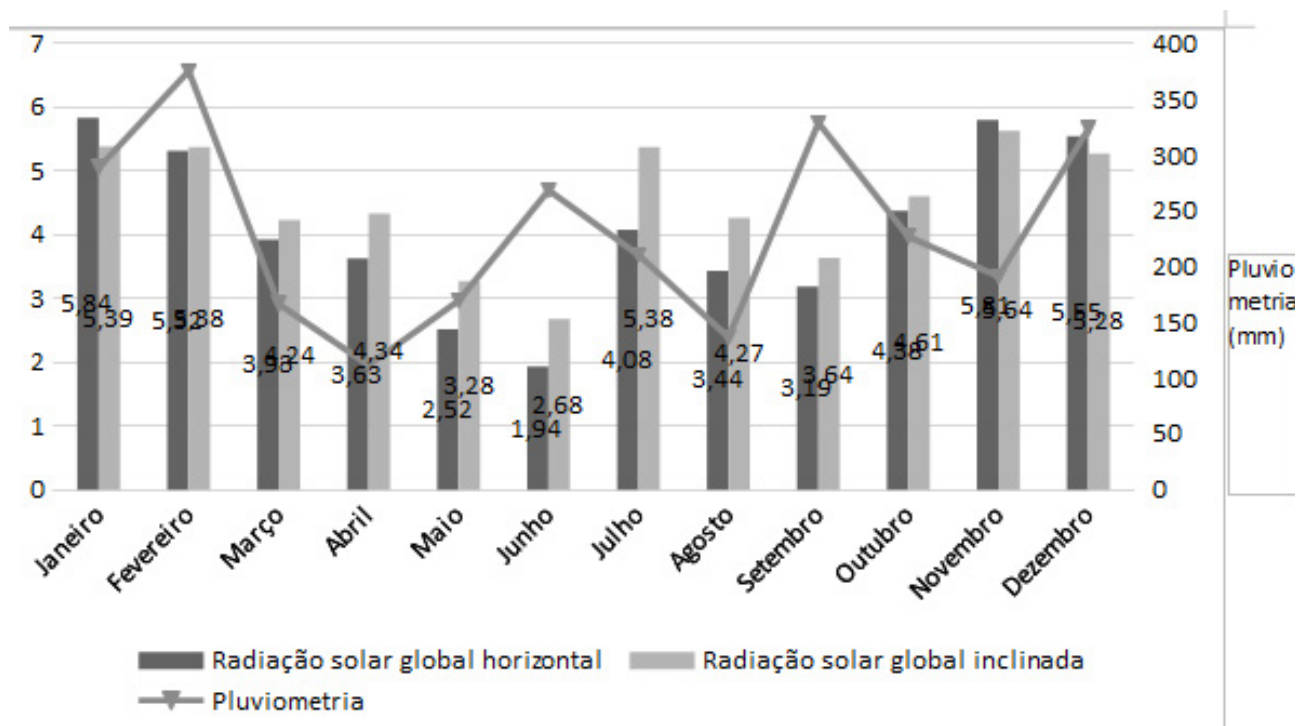
A produção de eletricidade da instalação fotovoltaica é registrada pelo *software* que acompanha o inversor de corrente do sistema, chegando-se ao total produzido em cada dia. Tendo conhecimento da radiação solar que incidiu no local e da produção de eletricidade, chega-se à eficiência apresentada pelo sistema.

### 3 Resultados E Discussão

Os resultados obtidos pelo estudo referentes a radiação solar no plano horizontal e no plano inclinado a  $24^\circ$  são representados pela figura 2 abaixo, que por sua vez ainda traz informações referentes ao volume de precipitações ocorrida em cada mês.



Figura 2 - Radiação solar e pluviometria ocorridas na cidade de Lajeado, RS - 2014



Fonte: Dos autores.

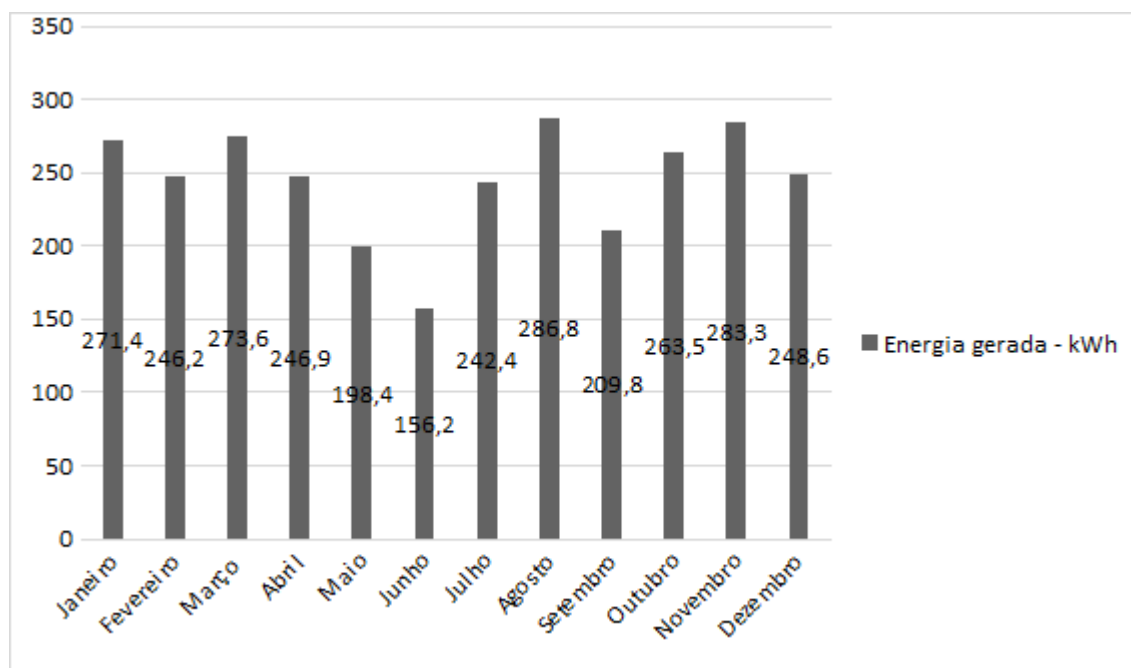
A figura 2 acima traz o comportamento da incidência da radiação solar no local de estudo. Como explicitado anteriormente, a análise é relativa ao ano de 2014, logo não é possível que se afirme que esse comportamento é recorrente. Um exemplo é o mês de setembro, no qual esperava-se um aumento na oferta de energia solar em relação a agosto, o que acabou não acontecendo devido ao alto volume de chuva no período.

Nos demais meses, o comportamento da radiação solar foi condizente com o esperado, destacando-se a grande melhoria trazida pela inclinação do plano. No mês de junho, a otimização alcançada em função da inclinação em 24° foi de 38,17%. Isso possibilitou que o mês de julho oferecesse a mesma quantidade de energia solar que o mês de fevereiro, fato que, considerando os valores de radiação solar em plano horizontal, mostra uma oferta aproximadamente 30% maior no segundo mês do ano.

Sendo assim, chega-se a uma média anual diária de 4,14 kWh/m<sup>2</sup>/dia para a radiação no plano horizontal e 4,51 kWh/m<sup>2</sup>/dia para a radiação referente ao plano inclinado em 24°, com uma melhora média efetiva de 8,94%, semelhante ao verificado por Kaufmann (2012), onde fora verificado um acréscimo de 9,02% entre os valores horizontais e os inclinados, sendo que o período de leitura é referente ao intervalo entre 2007 e 2012, obtidos de maneira ininterrupta.

A conversão da energia solar em energia elétrica é ilustrada pela figura 3 abaixo. Nela é possível perceber que o comportamento, em forma, se assemelha com o da figura 2, mostrando uma relação muito próxima entre ambas.

Figura 3 - Geração de eletricidade pelo sistema fotovoltaico ao longo de 2014



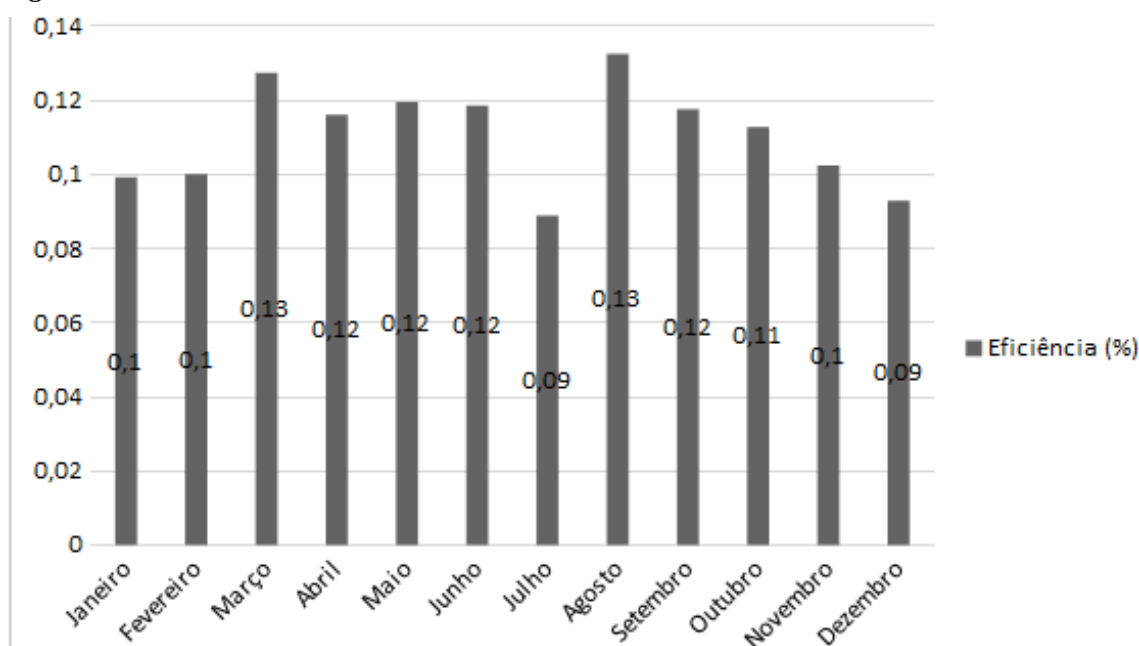
Fonte: Dos autores.

Os meses de maior incidência de radiação solar, casos de janeiro, fevereiro, julho e novembro, não foram os meses responsáveis pela maior produção alcançada no período. Como mostra a figura 3, o mês que transformou a maior quantidade de eletricidade foi agosto, com 286,8 kWh, seguido por novembro, cuja produção alcançou 283,3 kWh.

Por outro lado, o mês de junho foi o de mais baixa produção do período, chegando a 156,2 kWh, bastante abaixo da produção média anual, que fora de 243,93 kWh. Fatores como, neste caso, a baixa incidência de radiação solar são determinantes para a queda na geração de eletricidade. Outras razões como as precipitações, alta temperatura e sombreamento dos módulos podem ser apontados como causas para os períodos onde se esperava uma produção acima da que realmente fora registrada.

Em complemento às informações trazidas pelas figuras 2 e 3, a figura 4 traz a relação entre a radiação solar incidente nos módulos e a eletricidade convertida pelos mesmos, denominada de eficiência.

Figura 4: Eficiência de conversão do sistema fotovoltaico



Fonte: Dos autores.

Essa figura contempla a compreensão de maneira mais detalhada da produção de energia elétrica pelo sistema. Através dela, pode-se compreender o porquê da baixa produção do mês de julho, uma vez que o mesmo aparecia entre os meses com maior oferta de energia, assim como os meses de janeiro, fevereiro e dezembro, quando havia boa quantidade de incidência de radiação solar e mesmo assim a produção ficou aquém se comparada a outros períodos do ano.

Na mesma linha, ainda possibilita explicar as boas produções alcançadas em março, um mês com mediana oferta de energia solar. O destaque para o mês de melhor eficiência coincidiu com o mês de maior produção de energia elétrica, que é representado pelo mês de agosto, com 13,26% de eficiência, bem acima da média de dos 11,07% atingida no período.

Entretanto, percebe-se que infelizmente a média alcançada em laboratório ainda é um pouco distante do valor encontrado pelo presente estudo. Todavia, fatores como o sombreamento existente no local podem estar afetando a produção dos módulos.

#### 4 CONCLUSÃO

Pelo que foi visto no presente estudo, conclui-se que a energia solar fotovoltaica tem aplicação viável na área de estudo, apresentando boas condições para exploração dessa tecnologia.

A radiação solar verificada pelo estudo atingiu as médias de 4,14 kWh/m<sup>2</sup>/dia para o plano horizontal e 4,51 kWh/m<sup>2</sup>/dia para o plano inclinado em 24°, configurando uma melhora média de 8,94%, sendo que esta atingiu o pico de 38,17% em junho, qualificando-se como o mais expressivo avanço alcançado em função da inclinação.

A conversão da energia solar em eletricidade resultou em uma produção média mensal de 243,93 kWh, tendo pico no mês de agosto, quando gerou 286,6 kWh. O menor valor produzido no ano foi no mês de junho, com 156,2 kWh.

Por fim, a análise da eficiência complementou a compreensão dos valores lidos anteriormente, deixando clara a razão de alguns meses superarem, inesperadamente, outros que teoricamente teriam que produzir mais energia. Nessa linha fica o mês de agosto, que atingiu a maior eficiência do período estudado com 13,26%, o que possibilitou que o mesmo tivesse, também, a maior produção de eletricidade.

## REFERÊNCIAS

- AKWA, João V.; KONRAD, Odorico; KAUFMANN, Gustavo V.; MACHADO, Cezar A. **Evaluation of the photovoltaic generation potential and real-time analysis of the photovoltaic panel operation on a building facade in southern Brazil.** Energy and Buildings, V 69, p. 426-433, 2013.
- ANDRADE, Edgar E.R. **Metodologia de implantação e avaliação de sistemas solar térmico e fotovoltaico:** estudo de caso. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.
- BENITO, Tomás P. **Práticas de energia solar fotovoltaica.** Porto: Editora Publindústria, 2011.
- BILGEN, Semih; **Structure and enviromental impact of global energy consumption.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, V 38, p. 890-902, 2014.
- BORGES NETO, Manuel R.; CARVALHO, Paulo C.M. **Geração de Energia Elétrica:** fundamentos. São Paulo: Editora Érica, 2012.
- CRUZ-ARDILA, Juan C.; CARDONA-GÓMEZ, Juan C.; HERNÁNDEZ-PORRAS, Diego M. **Aplicación electrónica para el ahorro de energía eléctrica utilizando una energia alternativa,** Cali – COL, v. 9, n. 2, p. 234-248, 2013.
- GOLDEMBERG, José; PALETTA, Francisco C. **Energias renováveis.** São Paulo: Edgard Blucher, 2012.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/Fotovoltaico\\_Modulo.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/Fotovoltaico_Modulo.pdf)> Acesso em: 18 mar. 2015.
- KAUFMANN, Gustavo V. **Avaliação do potencial de geração fotovoltaica e análise em tempo real da operação de um painel fotovoltaico instalado na cidade de Lajeado/RS.** Centro Universitário Univates, Lajeado, 2012.
- LOPEZ, Ricardo A. **Energia Solar para produção de eletricidade.** São Paulo: Artliber, 2012.
- SANTOS, Ísis P; RÜTHER, Ricardo. **The potential of building-integrated (BIPV) and building-applied photovoltaics (BAPV) in single-family, urban residences at low latitudes in Brazil.** Energy and Buildings, V 50, p. 290-297, 2012.
- VILLALVA, Marcelo G.; GAZOLI, Jonas R. **Energia Solar Fotovoltaica:** conceitos e aplicações. São Paulo: Érica, 2012.



## CARACTERIZAÇÃO DA MACROTEXTURA E MICROTEXTURA EM REVESTIMENTOS DO TIPO: CAPE SEAL, CBUQ, MICRO E CONCRETO

Evandro Ismael Scherer<sup>1</sup>, João Rodrigo Guerreiro Mattos<sup>1</sup>, Paulo César Pinto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário Univates  
Caixa Postal 95.900-000 – Lajeado – RS – Brasil

<sup>2</sup> Pavesys Engenharia - Avenida Loureiro da Silva 2001 s. 707  
Caixa Postal 90.050-2400 – Porto Alegre – RS – Brasil

*evandroischerer@gmail.com; joaorodrigomattos@gmail.com paulopinto@pavesys.com.br;*

**Abstract:** This article objectives to make an analysis of one of the most important terms of highway safety: the adherence of the braking performance – analyzed with sand patch and British pendulum essays. In the literature there are comparisons that have been conducted in several experimental sections with hot mix asphalt ( in Brazil known as CBUQ), micro surfacing and also concrete on high trafficability roadways – however this article considers the Cape Seal sealing, applied on an experimental section that besides having a new pavement, is in a place of low trafficability. According to the analysis, it shows that the macrotexture obtained on all surfaces has the same classification, however considering the micro surfacing, there were different classifications.

**Resumo:** O presente artigo objetiva realizar uma análise de um dos fatores mais importantes em termos de segurança viária: a aderência entre pneu-pavimento; avaliada por meio dos ensaios de Mancha de Areia e Pêndulo Britânico. Na bibliografia existem comparativos realizados em diversos trechos experimentais com os revestimentos do tipo CBUQ, microrrevestimento asfáltico e também com placas de concreto em vias de alta trafegabilidade, porém este artigo conta com o diferencial do revestimento do tipo Cape Seal, aplicado sobre um trecho experimental que além de possuir pavimento novo, encontra-se em um local de baixa trafegabilidade. De acordo com as análises feitas, os valores obtidos para a macrotextura foram os mesmos; porém, na classificação quanto à microtextura, houve variações entre os revestimentos analisados.

### Introdução

Este artigo visa avaliar os efeitos de aderência pneu-pavimento em diversos tipos de revestimentos (Cape Seal, CBUQ, Micro e Concreto), uma vez que uma superfície que apresente boa qualidade da textura possuirá uma boa interação pneu-pavimento aumentando dessa forma a segurança da via ao usuário.

A textura dos revestimentos asfálticos pode ser obtida de diversas maneiras, sendo a macrotextura e a microtextura as mais significativas, uma vez que a macrotextura avalia a disposição granulométrica dos agregados – os quais se não estiverem com um bom escoamento da água podem causar problemas sérios de segurança viária, como a aquaplanagem; a microtextura por sua vez deve ser considerada quando há possibilidade de viscoplanagem sobre a via (película entre o solo e o pavimento).

Figura 1 - Representação da macrotextura e microtextura (Bernucci et al,2010)

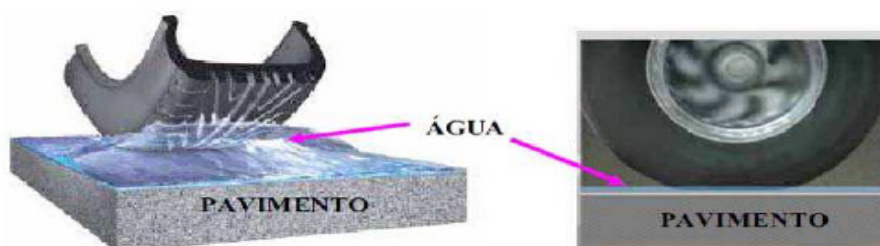


Fonte: Bernucci et al., 2010.

## 2. Avaliação de aderência

A avaliação da aderência pneu-pavimento é importante para que se possa verificar qual o comportamento que a superfície asfáltica apresenta perante uma situação de risco na via, como é o caso de dias chuvosos – o qual geralmente ocorre por um longo período. Devido ao acúmulo de água na pista, torna-se possível a ocorrência do fenômeno de aquaplanagem, onde o contato do pneu com o pavimento reduz a aderência da pista, diminuindo dessa forma a segurança viária. É importante destacar que acidentes ocorridos por aquaplanagem ocasionam-se em virtude do acúmulo de água na pista em contato com o pneu, entretanto é de responsabilidade do usuário do veículo o cuidado com a velocidade e a manutenção dos pneus do carro.

Figura 2 - Aderência pneu-pavimento



Fonte: Silva, 2008.

### 2.1 Classificação da macrotextura

Segundo Oliveira (2009), a macrotextura tem a função de formar uma trilha para facilitar o escoamento da água, propiciando uma boa drenagem ao pavimento. É importante destacar que o tamanho e a granulometria dos agregados de uma microtextura áspera favorecem para uma boa macrotextura.

De acordo com Bernucci et al. (2008), a macrotextura pode ser determinada de várias formas, sendo a mais comum pelo ensaio da mancha de areia, onde obtém-se a altura média de mancha e após é feita a classificação da macrotextura de acordo com o valor de HS, conforme pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação da macrotextura

Muito fina ou muito fechada	$HS \leq 0,20$
Fina ou fechada	$0,20 < HS \leq 0,40$

Média	$0,40 < HS \leq 0,80$
Grosseira ou aberta	$0,80 < HS \leq 1,20$
Muito grosseira ou muito aberta	$HS > 1,20$

Fonte: DNIT, 2 006.

## 2.2 Classificação da microtextura

De acordo com Loiola (2009), a classificação da microtextura se dá em função do valor de resistência a derrapagem (VRD) – medido através do dinamômetro contido em uma das extremidades do pêndulo britânico, a partir daí se classifica a microtextura em níveis que variam entre muito rugosa a perigosa, conforme pode ser analisado na Tabela 2.

Tabela 1 - Classificação a derrapagem-VRD

1 - Perigosa	<25
2- Muito lisa	25 a 31
3- Lisa	32 a 39
4 - Insuficientemente rugosa	40 a 46
5 - Medianamente rugosa	47 a 54
6 - Rugosa	55 a 75
7 - Muito rugosa	>75

Fonte: DNIT, 2006.

Para fins estatísticos, determina-se a média e o desvio padrão para cada superfície de rolamento, além do coeficiente de variação – que considera o valor obtido do desvio padrão sobre a média da superfície de rolamento.

## 3. Metodologia

A metodologia empregada para a determinação da aderência dos revestimentos em análise consistiu na análise previamente feita por Mattos (2009) na Rodovia BR-290/RS [Free Way] que liga as cidades Osório e Porto Alegre, onde na ocasião verificou-se a avaliação de aderência de três tipos de revestimentos: o microrrevestimento asfáltico (MR); o concreto betuminoso usinado à quente (CBUQ) e as Placas de Concreto (CA).

Outro trecho onde foi realizada a análise da aderência foi na Rodovia SP-021 (rodoanel Mario Covas), onde foram obtidos resultados tanto de microtextura como de macrotextura também nos três tipos de revestimentos (MR, CBUQ e CA).

De modo a ampliar o conhecimento da aderência entre os três revestimentos em análise, foi feito um estudo do revestimento em CBUQ com o Cape Seal junto ao Condomínio Residencial Landhaus, na cidade de Lajeado/RS.

A análise da aderência pneu-pavimento em todos os referidos revestimentos foi realizada através dos ensaios de mancha de areia e o pêndulo britânico.

### 3.1 Ensaio da Mancha de Areia

Segundo Specht et al. (2007), o método consiste no espalhamento da quantia de 25.000 mm<sup>3</sup> de material granulométrico, que deve ser pesado em balança de alta precisão, após são feitos movimentos



circulares com dispositivo apropriado (espalhador com disco de madeira com revestimento de borracha) sobre o pavimento - que deverá estar limpo e seco, com grau de esfericidade superior a 90%.

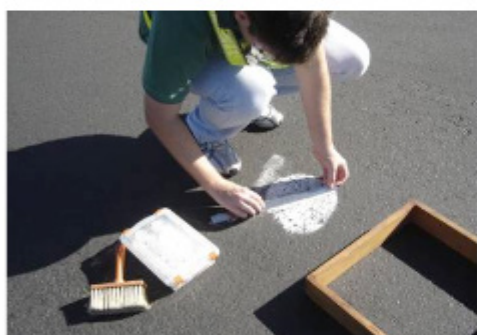
Figura 3 - Procedimento de ensaio da Mancha de Areia



a) despejar o material na superfície



b) espalhar o material



c) medir o diâmetro em 4 direções

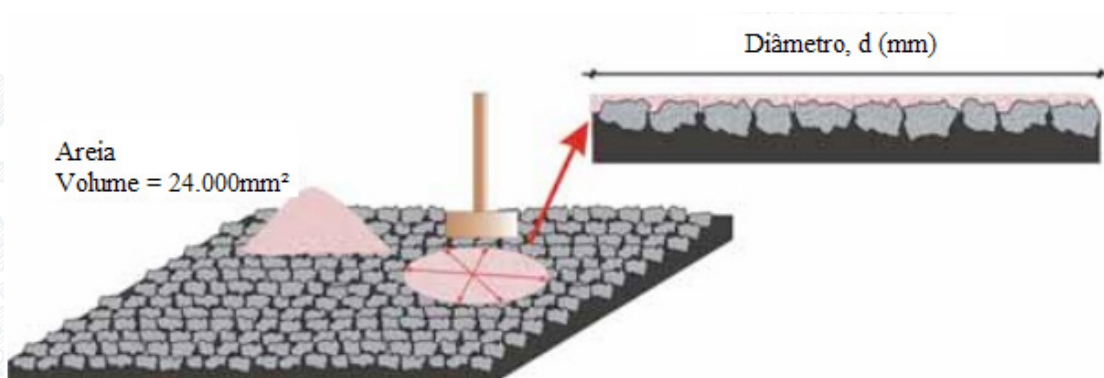


d) ensaio finalizado

Fonte: Mattos, 2009.

Na Figura 4, pode-se ter uma concepção de como é feito o ensaio da mancha de areia, onde a imagem superior indica o espalhamento do material granulométrico; a imagem central indica o espalhamento com o disco de madeira e a imagem inferior destaca o diâmetro da mancha (D) e também a altura da mancha.

Figura 4 - Etapas do ensaio da Mancha de Areia



Fonte: Silva, 2008.



Por fim, mede-se o tamanho da mancha em quatro direções e se obtém a média, por meio da fórmula abaixo – conhecida como altura de areia ou altura de macrotextura:

$$HS = 4V / D^2 * \pi$$

Onde:

HS = altura média da mancha de areia

V = volume constante de areia (estipulado em 25.000 m<sup>3</sup>)

D= diâmetro médio do círculo de areia, em mm

### 3.2 Ensaio do Pêndulo Britânico

Segundo o DNIT (2006), o pêndulo britânico trata-se de uma placa de borracha que simula a superfície de um pneumático de veículo automotor, que quando liberado em queda livre, fricciona a superfície do pavimento, onde é determinado um grau de derrapagem do pavimento, chamado de VRD (Valor de Resistência a Derrapagem), que pode ser classificado entre perigosa a muito rugosa – conforme Tabela 2 deste artigo.

De acordo com Silva (2008) o ensaio do Pêndulo Britânico além da vantagem do baixo custo operacional, seu princípio de funcionamento é muito simples, pois ao soltar a haste do pêndulo sobre o pavimento, a sapata desliza sobre o mesmo – gerando uma perda de energia que é utilizada como medida de atrito, sendo registrada em grande escala.

O ensaio do Pêndulo Britânico consiste em montar um aparelho em sua base composta por um pequeno pedestal, munido de nível de bolha, de três pés ajustáveis, uma coluna e um calço de regulagem presa na base. Após deve-se ajustar a base na horizontal com o parafuso de calagem, devendo a bolha permanecer nivelada. A Figura 5 explica bem o procedimento do ensaio do Pêndulo Britânico.

Figura 5 - Leitura do Pêndulo Britânico



a) zeragem da escala de textura



b) ajuste da área de contato



c) molhagem do pavimento



d) posição para lançamento



e) lançamento do pêndulo



f) leitura do valor de BPN

Fonte: Mattos, 2009.

#### 4. Análise dos Resultados

Ao total foram analisados 176 pontos de macrotextura, sendo o CBUQ o revestimento com o maior número de análises, tanto em medições de macrotextura quanto em medições de microtextura, como pode-se verificar no Quadro 1, onde consta um resumo das análises realizadas para os ensaios de Mancha de Areia e Pêndulo Britânico.

Quadro 01 - Ensaios realizados de macrotextura e microtextura

Revestimentos	Macrotextura: Mancha de Areia	Microtextura: Pêndulo Britânico
Cape Seal	5	5
CBUQ	79	79
Microrrevestimento	47	47
Placa de Concreto	45	45

Fonte: Dos autores.

##### 4.1 Resultados da Macrotextura

Durante o ensaio da mancha de areia os procedimentos foram feitos seguindo orientações do DAC (Departamento de Aviação Civil do Comando da Aeronáutica do Brasil), normatizadas no ano de 2001, onde se deve fazer uma leitura de no mínimo três medições do diâmetro da mancha de areia e a partir foi calculada a média das medidas da mancha na superfície do pavimento.

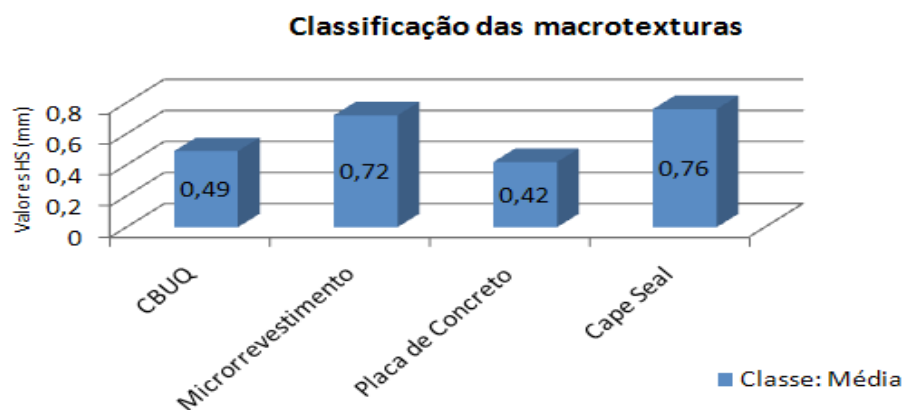
Na Figura 6 – Verificação de diferença entre a mancha de cada revestimento analisado.



Fonte: Dos autores.

Com base nas médias dos diâmetros encontradas, realizou-se o cálculo da altura média da mancha de areia ( $H_s$ ) e verificou-se que todos revestimentos encontram-se dentro da classe média de macrotextura, uma vez que seus valores encontram-se nas faixas que variam entre 0,40 a 0,80 (Figura 7).

Figura 7 – Valores médios de macrotexturas para diferentes revestimentos



Fonte: Dos autores.

#### 4.2 Análise da Macrotextura

Com o intuito de obter o valor do atrito característico (BPNC), foram utilizados os valores encontrados para altura média da mancha de areia, o desvio padrão e o coeficiente de variação – calculado para verificar a homogeneidade das amostras, conforme pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 – análise estatística dos resultados de macrotextura

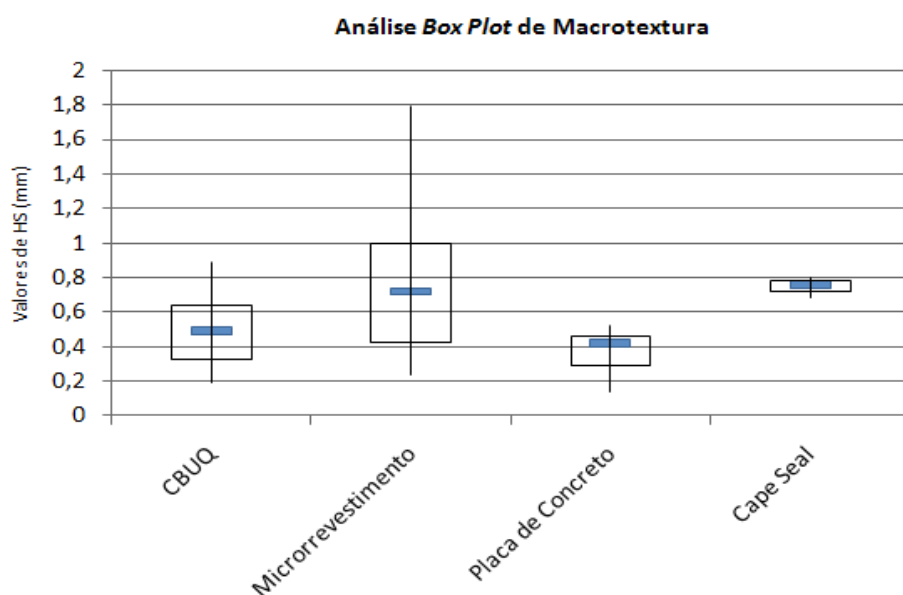
Revestimentos	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coef. Variação (%)
Cape Seal	0,76	0,06	8,00
CBUQ	0,49	0,21	43,00
Microrrevestimento	0,72	0,38	53,00
Placa de concreto	0,42	0,11	27,00

Fonte: Dos autores.

Para uma melhor visualização dos dados coletados, decidiu-se pela utilização do gráfico *Box Plot*, o qual mantém os dados da pesquisa removendo valores discrepantes – como máximas e mínimas em valores estatísticos (Figura 8).

Percebe-se que o revestimento do tipo Micro apresenta a maior dispersão de resultados, enquanto o revestimento tipo Cape Seal apresentou a menor dispersão de resultados, enquanto o revestimento tipo Cape Seal apresentou a menor dispersão de resultados, já que sua amostragem foi bastante inferior comparada aos outros revestimentos.

Figura 8 – Análise estatística dos resultados de macrotextura



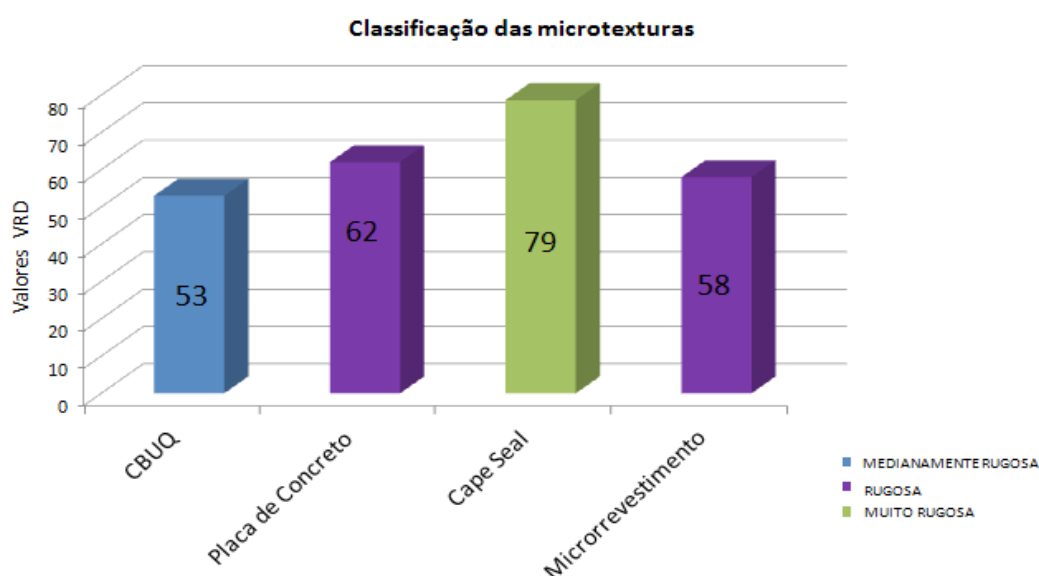
Fonte: Dos autores.

### 4.3 Análise da Microtextura

A análise da microtextura, utilizando o Pêndulo Britânico foi realizada conforme os procedimentos descritos anteriormente (Figura 5); a metodologia da análise de dados da microtextura dos revestimentos é similar ao da macrotextura: por meio da verificação das médias; cálculo dos desvios padrões; coeficientes de variações e análise de dados estatísticos.

Os dados encontrados nos valores VRD dos revestimentos analisados surpreenderam, uma vez que cada tipo de revestimento obteve diferentes classificações. Como pode ser visto na Figura 9 o Cape Seal obteve o melhor resultado no quesito rugosidade, sendo classificado como muito rugoso – diferentemente do CBUQ, que apresentou dados de medianamente rugosa.

Figura 9 – Análise estatística dos resultados de microtextura



Fonte: Dos autores.



Foi calculado também o desvio padrão e o coeficiente de variação – calculado para verificar a homogeneidade das amostras, conforme pode ser visto no Quadro 3.

Quadro 3 – Análise estatística dos resultados de microtextura

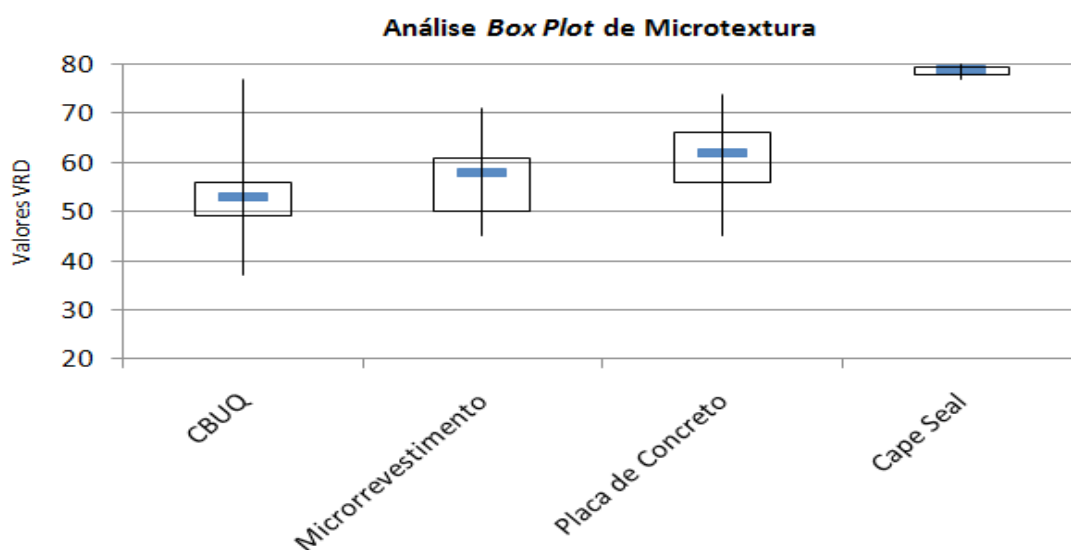
Revestimentos	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Coef. Variação (%)
Cape Seal	79	1,53	1,90%
CBUQ	53	7,77	14,70%
Microrrevestimento	58	7,97	13,70%
Placa de Concreto	62	6,92	11,20%

Fonte: Dos autores.

Em geral os coeficientes de variação são interpretados como a variabilidade dos dados em relação à média, onde quanto menor for o valor encontrado, mais homogêneo é o conjunto de dados da amostra. Considera-se um coeficiente de variação baixo, quando os valores encontrados são de valores menores ou iguais a 25%, portanto a amostragem de todos os revestimentos avaliados foi homogênea.

Da mesma forma que os dados estatísticos da macrotextura foram analisados, foi realizada a otimização dos dados da microtextura, com utilização do gráfico Box Plot, o qual pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 – Análise estatística dos resultados de microtextura



Fonte: Dos autores.

## 5. Conclusão

Apesar das poucas amostras coletadas no revestimento do tipo Cape Seal e da baixa trafegabilidade do local, por se tratar de um condomínio residencial, os resultados encontrados na análise foram satisfatórios, uma vez que a análise da macrotextura foi igual aos demais revestimentos e sua análise de microtextura foi muito superior aos demais revestimentos analisados.

A pesquisa realizada mostrou que o CBUQ foi o revestimento que possuiu o maior número de ensaios realizados, tanto de macrotextura quanto de microtextura onde após cruzamento das informações, o revestimento obteve classificação média de macrotextura - assim como os demais revestimentos analisados. A microtextura encontrada nos ensaios foi classificada como medianamente rugosa; muito diferente dos demais revestimentos avaliados. Há de se considerar que o CBUQ foi realizado em diversos tipos de trafegabilidade.

Houve uma proximidade de resultados para os revestimentos do tipo microrrevestimento asfáltico e de concreto, tanto em números próximos de amostras coletadas quanto de resultados encontrados uma vez que ambos revestimentos foram classificados como macrotextura média e os mesmos receberam a mesma classificação de microtextura (rugosa).

## 6. Referências:

Bernucci, L.L.B et. al (2007) "Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros", ABEDA.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2006) "IPR-720: Manual de restauração de pavimentos asfálticos". [http://www1.dnit.gov.br/ipr\\_new/..%5Carquivos\\_internet%5Cipr%5Cipr\\_new%5Cmanuais%5CManual\\_de\\_Restauracao.pdf](http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/..%5Carquivos_internet%5Cipr%5Cipr_new%5Cmanuais%5CManual_de_Restauracao.pdf), Agosto de 2015.

Ferreira, P.N. (2002) "Avaliação da macrotextura de trechos pavimentados de rodovias estaduais situadas na região insular do município de Florianópolis". <http://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/83763>, Agosto de 2015.

Loiola, P.R.R; Barroso, S.H.A; Oliveira, F.H.L; Júnior, E.F.N (2009) "Análise da macrotextura e da microtextura em duas rodovias do Estado do Ceará".

<http://www.berater.com.br/wp-content/uploads/2014/02/533-ABPv-2009-An+%3%ADlise-da-macrotextura-e-da-microtextura-em-duas-rodovias-do-estado-do-Cear+%3%AD.pdf>, Agosto de 2015.

Mattos, J.R.G (2009) "Avaliação da aderência pneu-pavimento e tendências de desempenho para a rodovia BR-290/RS". <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/30215>, Agosto de 2015.

Oliveira, F.H.L (2009) "Proposição de estratégias de manutenção de pavimentos aeroportuários baseados na macrotextura e no atrito". <http://www.repositorio.ufc.br/ri/handle/riufc/4866>, Agosto de 2015.

Rodrigues, A. C; Soares, J.B, Barroso, S.H (2009) "Avaliação da influência da granulometria de misturas asfálticas na aderência pneu-pavimento". <http://www.anpet.org.br/xxviiianpet/anais/documents/AC500.pdf>, Agosto de 2015.

Silva, J.P.S (2008) "Aderência pneu-pavimento em revestimentos asfálticos aeroportuários". [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3470/1/Dissert\\_JoaoPauloSouzaSilva.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3470/1/Dissert_JoaoPauloSouzaSilva.pdf), Agosto de 2015.

Specht, L.P.; Rozech, T.; Hirsch, F.; Santos, R.T. (2007) "Avaliação da macrotextura de pavimentos através do ensaio de mancha de areia". [http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art5\\_N10.pdf](http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art5_N10.pdf), Agosto de 2015.

# CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE CROMATOGRAFIA A LÍQUIDO ACOPLADO À ESPECTROMETRIA DE MASSAS, COM IONIZAÇÃO POR ELECTROSPRAY (ESI) E ANALISADOR ION TRAP

Cassiano Brandt<sup>1</sup>, Daniel Kuhn<sup>1</sup>, Fernando José Malmann Kuffel<sup>1</sup>, Lucélia Hoehne<sup>1</sup>, Matheus Scheibel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário UNIVATES. Rua Avelino Tallini, 171 – Bairro Universitário – Lajeado – RS – Brasil

*cassiano.brandt@universo.univates.br, danielkuhn@universo.univates.br, fernando.kuffel@universo.univates.br, luceliah@univates.br, matheusscheibel@gmail.com*

**Abstract:** The analytical techniques used in monitoring and identification of micropollutants in the environment are an important topic of analytical chemistry. Methods that determine these substances in concentrations at the ratio of  $\mu\text{g.L}^{-1}$  and  $\text{ng.L}^{-1}$  in complex environmental matrices, such as natural water, soil, sediments, biological sludge and wastewater, are a challenge for many researchers. The liquid chromatography coupled to mass spectrometry (LC/MS) equipment has been developed for application in confirmation and quantification of the compounds' identity. This study's objective was to make a review about the fundamental concept of high performance liquid chromatography and mass spectrometry focusing on the ionization method by Electrospray (ESI) and Ion Trap mass analyzer.

**Resumo:** As técnicas analíticas utilizadas no monitoramento e identificação de micropoluentes no meio ambiente é importante tópico da química analítica. Métodos que determinam com precisão essas substâncias em concentrações na faixa de  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e  $\text{ng.L}^{-1}$  em matrizes ambientais complexas, tais como, águas naturais, solo, sedimentos, lodo biológico e efluente de estações de tratamentos, são um desafio para muitos pesquisadores. O equipamento de Cromatografia a Líquido acoplada a Espectrometria de Massa (LC/MS) foi desenvolvido para aplicação na confirmação e quantificação da identidade de compostos. O objetivo desse trabalho foi realizar uma revisão sobre conceitos fundamentais de cromatografia a líquido de alta eficiência e espectrometria de massa dando ênfase ao método de ionização por Electrospray (ESI) e analisador de massa Ion Trap.

## 1. Introdução

Há duas décadas, no mínimo, existe a presença de diversas substâncias orgânicas naturais e sintéticas no ambiente, dentre as quais fármacos, produtos de higiene pessoal e hormônios sexuais, têm chamado a atenção da comunidade científica e regulatória devido aos potenciais riscos que podem trazer ao ambiente, à saúde humana e/ou animal [Kummerer e Peter, 2011; Pena et al, 2007; Gross, Petrovic, Barceló, 2009; Demeestere et al, 2010; Alonso et al, 2010]. De acordo com Jorgensen e Halling-Sorensen (2000) e Miranda e Castillo (1998), alguns desses efeitos podem ser observados em concentrações na ordem de  $\text{ng.L}^{-1}$  e já há indícios de que o desenvolvimento de resistência antibiótica seja ainda favorecido por essas baixas concentrações.

A produção e uso crescente de compostos químicos e a inexistência de políticas de controle baseadas em critérios toxicológicos e ambientais, têm levado ao aparecimento das chamadas substâncias emergentes. Estas substâncias não compreendem somente os produtos químicos sintetizados nos últimos anos, mas também uma série de compostos orgânicos exógenos ou endógenos que somente agora vêm sendo detectados em diferentes compartimentos ambientais. Além disso, muitos destes compostos têm apresentado em comum o fato de atuarem como interferentes do sistema endócrino, neurológico e reprodutor de humanos e de diversos seres vivos [Sumpter e Johnson, 2005].

Produtos farmacêuticos podem oferecer potenciais riscos para o ecossistema aquático, bem como desregulação endócrina e efeitos colaterais graves, já que são originalmente fabricados para causarem efeitos biológicos específicos. Segundo Mulroy (2001), de uma dosagem de fármaco, aproximadamente 50% a 90% é excretada inalterada pelo organismo e persistente ao meio ambiente. Por estas razões, a poluição emergente por compostos fármacos se tornou um problema ambiental em todo o mundo [Sim, Lee e Oh, 2010].

A principal rota de entrada de resíduos de fármacos no ambiente é o lançamento de esgotos domésticos, tratados ou não, em cursos de água. No entanto, também devem ser considerados os efluentes de indústrias farmacêuticas, efluentes rurais, a presença de fármacos no esterco animal utilizado para adubação de solos e a disposição inadequada de fármacos após expiração do prazo de validade [Bila e Dezotti, 2003].

As técnicas analíticas utilizadas para o monitoramento e identificação de micropoluentes no ambiente é um importante tópico da química analítica. Métodos que determinam com acurácia essas substâncias em concentrações na faixa de  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e  $\text{ng.L}^{-1}$  em matrizes ambientais complexas, tais como, águas naturais, solo, sedimentos, lodo biológico e efluente de estações de tratamento de esgoto (ETEs), são um desafio para muitos pesquisadores [Bila e Dezotti, 2007]. Dessa forma, o presente artigo teve como objetivo abordar a temática da técnica de cromatografia a líquida acoplado a espectrometria de massas, para ter-se fundamentação teórica para futura realização de análises qualitativas e quantitativas de amostras de águas superficiais, verificando assim, se há ou não a presença de micropoluentes.

## 2. Cromatografia a líquido acoplado a espectrometria de massas

Inicialmente a Cromatografia a Líquido acoplada a Espectrometria de Massa (LC/MS) foi desenvolvida para aplicação na confirmação da identidade de compostos, pois sua precisão é suficientemente alta para permitir a quantificação de analitos. O equipamento de LC/MS rapidamente se tornou um dos mais utilizados na indústria farmacêutica, e não só por sua rapidez e precisão, mas também por realizar cromatografia e espectrometria de massa. Esses processos são vitais para essa indústria, por toda sua gama de informação, tanto pelos compostos em sua memória quanto pela sua capacidade de cooperar com outros maquinários de rastreamento, interpretação e armazenamento de dados e por sua vasta área de aplicação, uma vez que pode ser usado em todas as etapas de fabricação de compostos [Lee e Kerns, 1999].

A espectrometria de massa é uma técnica analítica que mede a relação massa-carga ( $m/z$ ) de cargas moleculares. Usualmente, o primeiro passo para o desenvolvimento de método analítico LC/MS é avaliar as condições no equipamento de espectrometria de massas frente aos analitos de interesse bem como as condições cromatográficas mais adequadas.

### 2.1 Cromatografia a líquido de Alta Eficiência

**A cromatografia a líquido de alta eficiência (CLAE), ou do inglês *Hight Performance Liquid Chromatography* (HPLC), é um método de análise instrumental que se baseia no princípio físico-químico de separação, que consiste na migração diferencial dos componentes de uma mistura. Ocorre devido a diferentes interações de duas fases imiscíveis: a fase móvel e a fase estacionária.**

A fase móvel deve dissolver a amostra sem qualquer interação entre ambas. Deve ter alto grau de pureza ou fácil purificação, para análises de alta sensibilidade, para que impurezas não interfiram na



detecção ou separação. Além disso, deve possuir polaridade adequada para uma separação conveniente dos componentes da amostra. Os solventes mais utilizados são a água, o metanol e a acetonitrila.

A fase estacionária, que consiste em uma coluna cromatográfica, é composta de um material inerte e resistente a todas as pressões a que será submetida, conforme a aplicação e especificações de cada fornecedor. Comercialmente podem ser encontradas colunas cromatográficas com diferentes comprimentos, diâmetros e materiais de recheio (octadecil - C<sub>18</sub>, RP<sub>18</sub>, ODS; octil - C<sub>8</sub>, RP<sub>8</sub>; CN - cianopropil; NH<sub>2</sub> - amina), fornecendo dessa maneira, uma ampla variedade de aplicações.

Métodos baseados na CLAE são adequados para uma variedade de compostos orgânicos que apresentam polaridade mais alta e volatilidade mais baixa ou ainda elevada instabilidade térmica, se comparados a outros compostos que não apresentam essas características [Neto e Nunes, 2003].

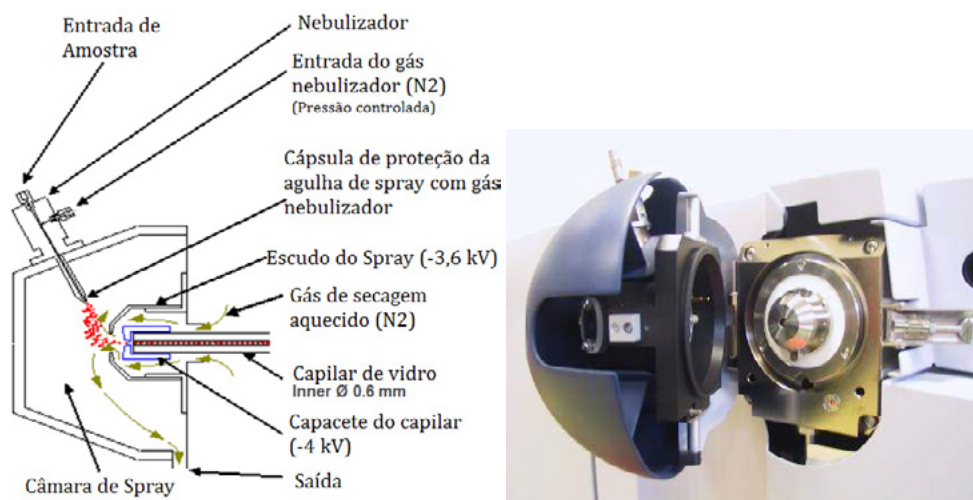
## 2.2 Espectrômetro de massas

O espectrômetro de massas (MS) é um instrumento sofisticado constituído basicamente de três partes: fonte de ionização (muitas vezes denominada interface), analisador de massa e detector de íons com aquisição/processamento de dados. Após a injeção da amostra no equipamento MS, ocorre a produção de íons pela fonte de ionização [Collins, Braga e Bonato, 2006]. As fontes de ionização mais empregadas, que produzem ionização em pressão atmosférica, são: Ionização por Electrospray (ESI) e Ionização Química à Pressão Atmosférica (APCI) [Lanças, 2009]. Neste trabalho será abordada a Ionização por Electrospray (ESI) e analisador de massa Ion Trap.

### 2.2.1 Ionização por *Electrospray* (ESI)

Para obter-se uma boa sensibilidade na análise de massas de amostras líquidas, primeiramente a amostra deve ser pulverizada e solvatada em gotículas muito finas, que possam ser facilmente evaporadas antes de entrar no sistema (analisador que opera sob vácuo). A fonte de Ionização por Electrospray (ESI) consiste basicamente em uma câmara de pulverização (figura 1), onde o nebulizador recebe a solução da amostra a partir do cromatógrafo a líquido, passando por uma agulha muito fina, que é localizada no interior de um tubo que transporta o gás nebulizador pressurizado (gás nitrogênio). No final do tubo os dois fluxos interagem de tal forma que a solução é dispersa em pequenas gotículas, ocorrendo a dessolvatação pelo ambiente aquecido (180-370 °C) e conseqüentemente a formação de íons.

Figura 1 - Fonte de Ionização por Electrospray (ESI), de um espectrômetro de massas da marca Bruker, modelo Amazon ETD



Fonte: AmaZon Series. User Manual, 2009.

Dessa maneira, o processo de ionização por *Electrospray* pode ser descrito em quatro etapas:

- Formação de íons;
- Nebulização;
- Dessolvatação;
- Evaporação do íon;

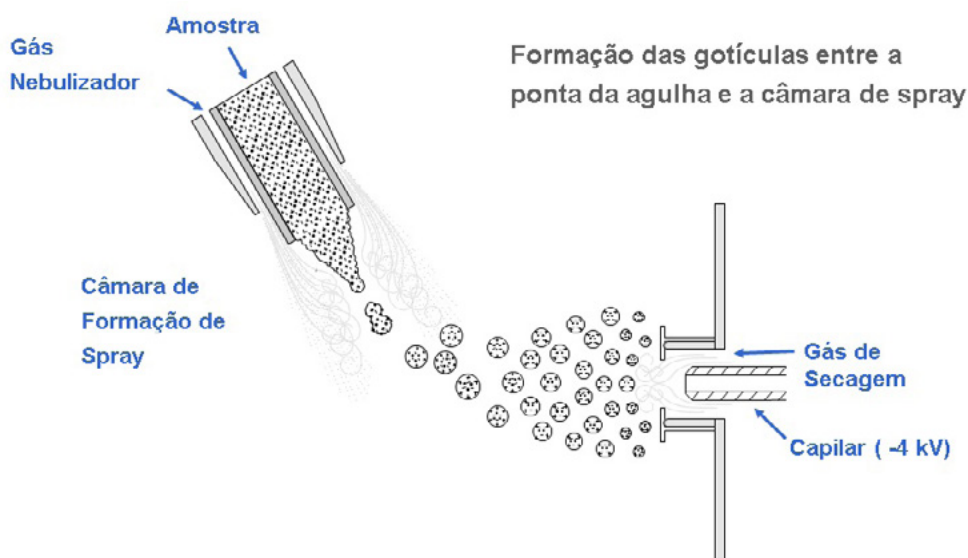
### 2.2.1.1 Formação do íon

A formação do íon por *electrospray* ocorre por meio de mais de um mecanismo. Depende da química do analito, solventes, utilização de tampões corretos, e os íons podem ser gerados em solução antes da nebulização. Quando possível, e feito de modo correto, isso resulta em uma elevada abundância de íons do analito e boa sensibilidade.

### 2.2.1.2 Nebulização

A nebulização (formação de aerossol) inicia quando a solução da amostra entra na câmara de spray por meio de uma agulha de pulverização, e entra em contato com gás nitrogênio, como pode ser observado na figura 2. O nitrogênio tem três funções: a nebulização da amostra; a secagem das gotículas formadas e manter o sistema limpo.

Figura 2 - Demonstração de uma câmara de nebulização, onde ocorre a formação do aerossol

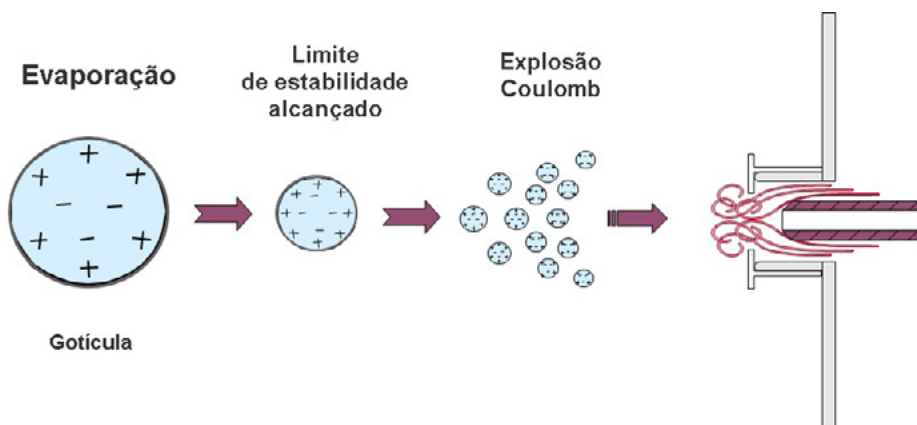


Fonte: AmaZon Series. User Manual, 2009.

### 2.2.1.3 Dessolvatação

Antes que os íons possam ser analisados, o solvente deve ser removido para se obter a sua massa/carga ( $m/z$ ) posteriormente. Para isso um contra fluxo de gás nitrogênio aquecido, evapora o solvente diminuindo o diâmetro das gotículas e forçando uma aproximação das cargas superficiais. A evaporação do solvente é favorecida pela energia térmica do ambiente e pelo auxílio do gás de nitrogênio. Quando a força de repulsão de Coulomb é igual à tensão superficial da gota, a gota “explode”, produzindo gotículas carregadas que estão sujeitas a uma maior evaporação. A figura 3 mostra as etapas da Dessolvatação.

Figura 3 - Explosões Coulomb produzem gotículas carregadas dentro da câmara de pulverização



Fonte: AmaZon Series. User Manual, 2009.

#### 2.2.1.4 Evaporação do íon

O processo de formação de íons tem sido objeto de muitos estudos científicos, mas ainda existem diferentes teorias sobre o processo físico específico (Taflin, Ward e Davis, 1989). Como as gotículas de solvente são evaporadas, a superfície da gotícula torna-se altamente carregada. Quando o campo criado pelos íons na superfície da gotícula excede a tensão superficial, íons do analito são emitidos a partir da gotícula, a energia de hidratação da amostra num solvente influencia na facilidade de dessorção de íons à fase gasosa. Em geral, quanto mais hidrofóbica é uma amostra em um solvente, melhor é a dessorção dos íons.

#### 2.2.2 Tópicos e variáveis importantes

Outros tópicos que devem ser considerados são:

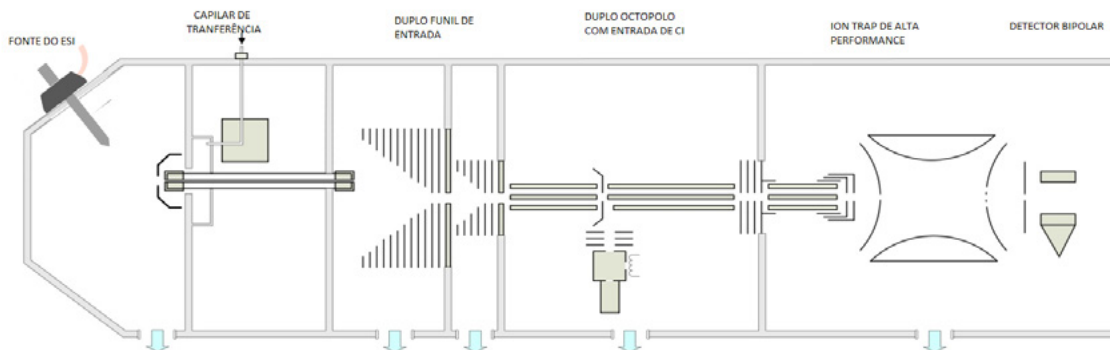
- A química da solução: muitos compostos podem ser analisados como moléculas neutras em um ambiente neutro. No entanto, outros compostos podem ser analisados com uma sensibilidade muito maior se o produto químico estiver em um ambiente que favorece a formação de íons. Quando um analito está dissolvido em um solvente polar ácido ou básico, ele pode ionizar ou assumir um forte momento dipolo. O processo de ionização é impulsionado pelos fortes campos eletrostáticos na câmara de pulverização.
- Análises em modos de íons positivos e negativos: os analitos que possuem caráter básico são geralmente analisados em modos positivos. A molécula da amostra capta um próton a partir do solvente da solução mais ácida. A ionização negativa mostra-se mais sensível para os analitos com grupos funcionais que desprotonam, tais como: ácidos carboxílicos ou sulfônicos.
- Formação de adutos: moléculas neutras que não se dissociam facilmente e não protonam, às vezes podem ser ionizadas através da formação de adutos. A formação de adutos depende da natureza química da substância a ser analisada, a composição do solvente, como por exemplo, a presença de tampão, ou outras impurezas tais como o sódio (Na) e potássio (K).
- Solventes: no ESI se usa solventes polares. No entanto, os solventes apolares podem muitas vezes ser utilizados com sucesso ao adicionar um modificador polar.
- Soluções tampão: os tampões podem ser utilizados por muitas razões, incluindo o ajuste do pH da solução para apoiar a formação de íons (em geral, íons positivos são formados mais rapidamente em soluções ácidas e íons negativos em soluções básicas) e para garantir a formação de íons adutos desejados ou prevenir a formação de íons adutos indesejados, além de que em geral os tampões favorecem a otimização das condições cromatográficas.

#### 2.2.3 Analisador Ion Trap

Após realizada a ionização por Electrospray (ESI), os íons são transferidos através de um capilar de vidro a partir da câmara de pulverização para a primeira fase do sistema de vácuo, e em sequência são conduzidos através de octopolos até ao Ion Trap. A Figura 4 demonstra as etapas que compreendem desde a formação dos íons na fonte ESI, passando pela condução dos íons até o Ion Trap. Todo o sistema, com exceção da fonte de ionização por electrospray, opera sob vácuo. Isso impede interferências atmosféricas na análise, bem como protege o sistema contra a oxidação.

Figura 4 - Estágios de um espectrômetro de massa Ion Trap, modelo amaZon, marca Bruker





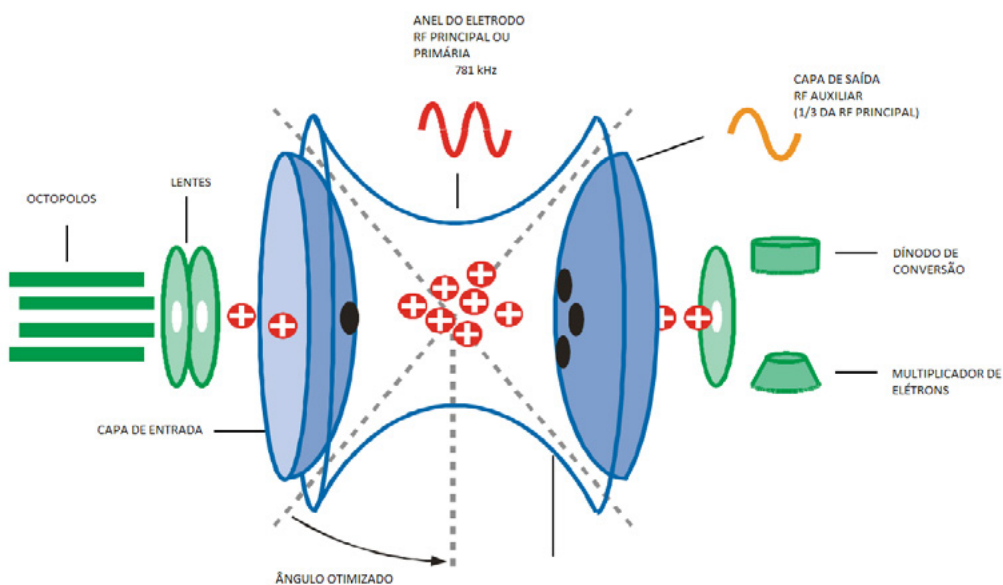
Fonte: AmaZon Series. User Manual, 2009.

Um determinado volume de gás hélio é introduzido no Ion Trap para a captura de íons de amostra que tenham sido gerados externamente pela ionização eficiente por electrospray. A pressão parcial de hélio no interior do Ion Trap é um parâmetro crítico para o desempenho, uma vez que não apenas influencia a eficiência da captura (e, portanto, a intensidade do sinal) mas também a largura do pico que é obtido durante uma análise de massa do composto.

O Ion Trap consiste em um eletrodo anelar central e um conjunto de dois eletrodos de cobertura final. Estas coberturas têm pequenas perfurações no centro para permitir que os íons possam entrar e sair do Ion Trap (figura 5).

As operações do Ion Trap são controladas pela amplitude da radiofrequência (RF) primária e auxiliar. A RF principal aplicada ao anel do eletrodo ocasiona a formação de um “favorável pseudo-potencial para retenção” que permite o armazenamento dos íons; então, pode-se pensar nos íons caindo e sendo retidos. Um potencial de repulsão aplicado na capa de saída aumenta a eficiência da retenção. Devido às colisões com Hélio os íons perdem força cinética e são focados no centro da retenção. Os íons oscilam no centro da retenção.

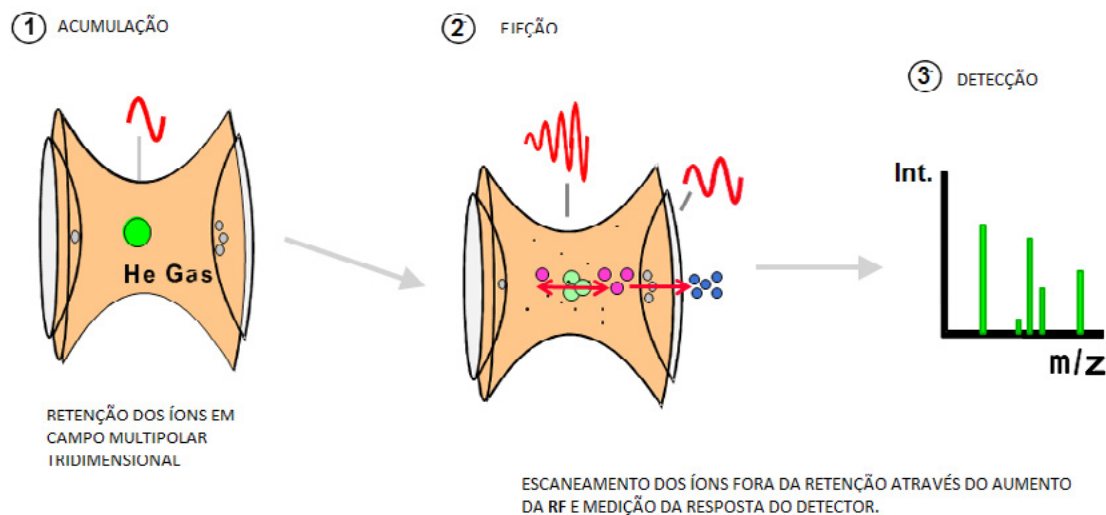
Figura 5 - Demonstração da composição e mecanismo de um Ion Trap



Fonte: AmaZon Series. User Manual, 2009.

Para ejetar os íons da retenção, uma RF auxiliar é aplicada na capa de saída em adição à RF principal no anel do eletrodo (figura 6). A amplitude da RF principal e auxiliar é aumentada constantemente. As oscilações dos íons são de excitação seletiva. Se a amplitude de ressonância para uma certa relação massa/carga é atingida, a excitação é tão forte que causa a ejeção dos íons. Primeiro aumentando a amplitude com uma baixa relação massa/carga e depois com uma alta amplitude os íons são ejetados.

Figura 6 - Ejeção de íons é feita através de ajuste da radiofrequência



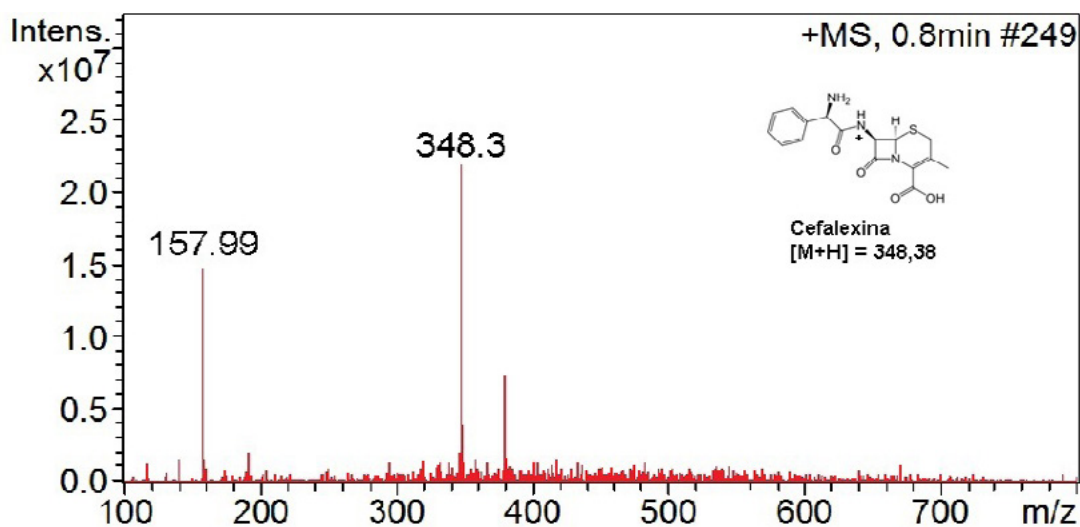
Fonte: Amazon Series. User Manual, 2009.

Para gerar um espectro MSn (fragmento do íon precursor) primeiramente, os íons são acumulados na retenção. Se uma mistura dos componentes é armazenada, um único componente dessa mistura tem que ser isolado antes da fragmentação. Todos os outros íons são ejetados da retenção. Então os íons de interesse são excitados por uma amplitude de ressonância aumentada do campo dipolar. Essa amplitude não é suficiente para ejetar os íons, mas os íons rapidamente assumem energia cinética e colidem com o gás hélio. A colisão gera uma previsível e reprodutiva fragmentação de íons. Finalmente, os fragmentos são condensados novamente no centro da retenção. Esse procedimento pode agora ser repetido muitas vezes, porque os produtos da dissociação ainda estão armazenados na retenção. Dos íons produzidos, novamente pode-se isolar um componente e fragmentá-lo. Enquanto restar material suficiente na retenção, pode-se gerar 6 ou 7 gerações de íons produto [Bruker Daltonics, 2009].

### 2.3 Obtenção e interpretação de resultados

Os equipamentos fornecem dados através de softwares específicos, tanto o cromatógrafo a líquido quanto o espectrômetro de massa. Os detectores do espectrômetro de massas geram um sinal que é convertido em um espectro, fornecendo dessa maneira a relação massa carga ( $m/z$ ) do composto. Na figura 7, pode-se observar o espectro referente ao antibiótico cefalexina, cuja massa molecular é 347,38. É importante observar que a massa observada para a cefalexina no espectro é de 348,3, pois é a massa do composto protonada, representada por  $[M+H]$ , ou seja, com o acréscimo de um hidrogênio, que fez com que sua leitura no espectrômetro de massas fosse possível, lembrando que para isso a molécula obrigatoriamente deve conter uma carga positiva ( $H^+$ ) ou negativa ( $OH^-$ ).

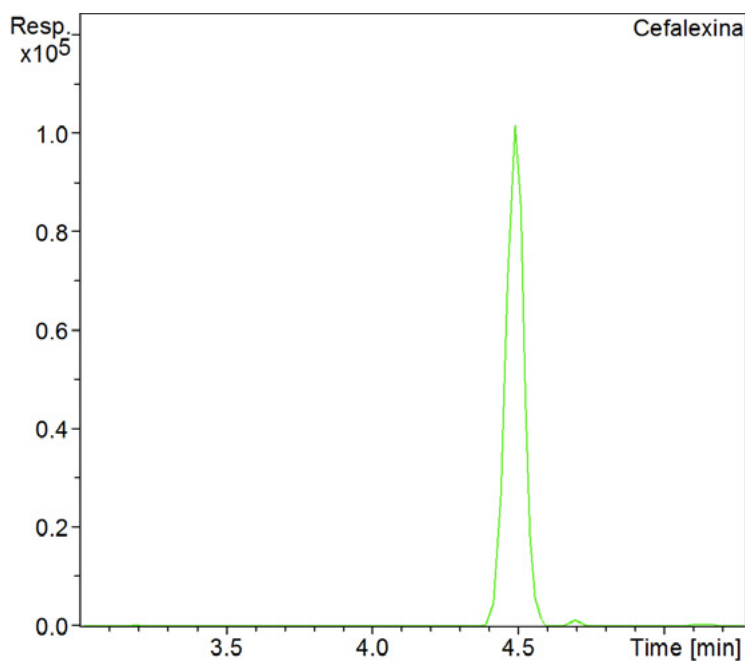
Figura 7 - Espectro referente ao antibiótico cefalexina



Fonte: Espectro referente ao antibiótico cefalexina.

É através de software específico que é realizada a conexão eletrônica entre o cromatógrafo a líquido e o espectrômetro de massas. O cromatógrafo tem como função inicial introduzir a amostra no espectrômetro de massas, através da eluição da amostra com fase móvel apropriada, pela coluna cromatográfica (fase estacionária). Na sequência, após o processo de ESI e análise pelo *ion trap*, o sinal emitido pelo detector formará um cromatograma com base na *m/z* observada, obtendo-se o cromatograma (figura 8), que fornecerá o tempo de retenção para o composto. Através dos dados do cromatograma, como intensidade do sinal e tempo de retenção do composto em análise, é possível obter a concentração da amostra analisada através do cálculo da área do pico cromatográfico, realizado através de software.

Figura 8 - Exemplo de pico cromatográfico, com tempo de retenção de 4,5 minutos



Fonte: Dos autores.

## 2.4 Aplicações da técnica LC/MS

A técnica de LC/MS vem sendo muito utilizada na indústria farmacêutica, ambiental e alimentícia como, por exemplo, no trabalho de Madureira et al (2009), onde foram quantificados uma série de compostos farmacêuticos com características físico-químicas distintas em amostras de água. Oosterink et al (2015), realizaram análises em plasma, cérebro e leite materno de ratos para medição de micronutrientes essenciais metionina, homocisteína, vitaminas B6, B12, B9 e seus metabólitos. Teixeira et al (2015), otimizou um método de LC/MS e encontrou 41 compostos diferentes de polifenólicos em vinho. Já Chen et al (2015) pesquisou os perfis químicos de duas plantas que são utilizadas como matéria prima de um produto de medicina tradicional chinesa, para o tratamento de doenças respiratórias, caracterizando um número total de 83 componentes.

## 3 Conclusão

O conhecimento teórico básico de técnicas analíticas instrumentais é importante para a aplicação prática, seja em desenvolvimento de metodologias específicas e ainda para determinação de compostos que se encontram em baixas concentrações nas mais variáveis matrizes. O aperfeiçoamento contínuo do conhecimento é necessário, pois o desenvolvimento tecno-científico é cada vez mais acelerado, frente ao desenvolvimento de novas tecnologias e novos produtos. A aplicabilidade dos conceitos aqui abordados abrange uma ampla margem de possibilidades. Contudo, o domínio de softwares de aplicação consiste em uma importante etapa para a compreensão e interpretação de resultados analíticos específicos. Pode-se verificar que as técnicas de LC/MS se mostram importantes para a área da saúde, ambiente, farmacêutica e alimentícia, sendo o conhecimento de sua operação fundamental para executar as análises com segurança.

## Referências

Alonso, S. G.; Catalá, M.; Maroto, R. R.; Gil, J. L. R.; Miguel, A. G.; Valcárcel, Y.; Pollution by psychoactive pharmaceuticals in the Rivers of Madrid metropolitan area (Spain). *Environ. Int.*, 36, 195-201, 2010.

**BILA, D. M.; DEZOTTI, M.; DESREGULADORES ENDÓCRINOS NO MEIO AMBIENTE: EFEITOS E CONSEQUÊNCIAS. QUÍMICA NOVA, VOL. 30, Nº 3, 651-666, 2007.**

Bila, D. M.; Dezotti, M.; Fármacos no meio ambiente. *Química Nova*, Vol. 26, Nº 4, 523-530, 2003.

Bruker Daltonics; amaZon Series: User Manual; Revision 1, 2009.

Chen, P.; Wang, Y.; Chen, L.; Jiang, W.; Niu, Y.; Shao, Q.; Gao, L.; Zhao, Q.; Yan, L.; Wang, S.; Comparison of the anti-inflammatory active constituents and hepatotoxic pyrrolizidine alkaloids in two *Senecio* plants and their preparations by LC-UV and LC-MS; *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 115: 260-271; 2015.

Collins, C.H.; Braga, G.L.; Bonato, P.S. *Fundamentos de Cromatografia*. Campinas: Editora da Unicamp, 17 p, 2006.

Demeestere, K.; Petrovic, M.; Gros, M.; Dewulf, J.; Van Langenhove, H.; Barceló, D.; Trace analysis of antidepressants in environmental waters by molecularly imprinted polymer-based solid-phase extraction followed by ultra-performance liquid chromatography coupled to triple quadrupole mass spectrometry. *Anal. Bioanal. Chem.*, 396 (2), 825-37; 2010.



Gros, M.; Petrovic, M.; Barceló, D.; Tracing pharmaceutical residues of different therapeutic classes in environmental waters by using liquid chromatography/quadrupole-linear ion trap mass spectrometry and automated library searching. *Anal. Chem.*, 81(3), 898-912; 2009.

Jorgensen, S. E.; Halling-Sorensen, B. Drugs in the environment. *Chemosphere*, 40 (7): 691-699; 2000.

Kummerer, K., Peter, W.; Emerging Contaminants. *Treatise on Water Science*. Oxford: Elsevier: 69-87 p. 2011.

Lanças, F.M.; *Cromatografia Líquida Moderna: HPLC/CLAE*. Campinas: Editora Átomos, 267 p., 2009.

**LEE, M. S., KERNS, E. H.; LC/MS APPLICATIONS IN DRUG DEVELOPMENT. MASS SPECTROM REVIEWS, 18, 187-279, 1999.**

**MADUREIRA, T. V.; BARREIRO, J. C.; ROCHA, M. J.; CASS, Q. B.; TIRITAN, M. E.; PHARMACEUTICAL TRACE ANALYSIS IN AQUEOUS ENVIRONMENTAL MATRICES BY LIQUID CHROMATOGRAPHY-ION TRAP TANDEM MASS SPECTROMETRY. JOURNAL OF CHROMATOGRAPHY A, 1216: 7033-7042; 2009.**

Miranda, C. D.; Castillo, G. Resistance to antibiotic and heavy metals of motile aeromonads from Chilean freshwater. *Science of the total environment*, 224(1-3):167-176; 1998.

Mulroy, A. Monitoring and Analysis of Water and Wastes. *Water Environment Technology*, 13 (2): 32-36; 2001.

Neto, A. F. R.; Nunes, D. S. S.; *Cromatografia – princípios básicos e técnicas afins*, 1ª ed., Ed. Interciência: Rio de Janeiro, p. 25-30, 2003.

Oosterink, J. E.; Naninck, E. F. G.; Korosi, A.; Lucassen, P. J.; Van Goudoever, J. B.; Schierbeek, H.; Accurate measurement of the essential micronutrients methionine, homocysteine, vitamins B6, B12, B9 and their metabolites in plasma, brain and maternal milk of mice using LC/MS ion trap analysis; *Journal of Chromatography B*, 998: 106-113; 2015.

Pena, A.; Chmielova, D.; Lino, C. M.; Solich, P.; Determination of fluoroquinolone antibiotics in surface waters from Mondego River by high performance liquid chromatography using a monolithic column. *J. Sep. Sci.*, 30 (17), 2924-8; 2007.

Sim, W.J.; Lee, J. W.; Oh, J. E. Occurrence and fate of pharmaceuticals in wastewater treatment plants and rivers in Korea. *Environmental Pollution*, v. 158, n. 5, p. 1938-1947, ISSN 0269-7491, 2010.

Sumpter, J. P.; Johnson, A. C.; Lessons learned from endocrine disruption and their application to other issues concerning trace organics in the aquatic environment. *Environ. Sci. Technol.*, 39: 4321-4332, 2005.

Taflin, D. C.; Ward, T. L.; Davis, E. J.; Electrified droplet fission and the Rayleigh limit *Langmuir*, 376-384, 1989.

Teixeira, N.; Azevedo, J.; Mateus, N.; de Freitas, V.; Proanthocyanidin screening by LC-ESI-MS of Portuguese red wines made with teinturier grapes; *Food Chemistry*, 190: 300-307; 2015.

## MODELING GRAPHITE FILMS FOR APPLICATIONS IN DEVICES SENSORS

Renan Gabbi<sup>1</sup>, Graciane Hammes<sup>1</sup>, Luciane Scarton<sup>1</sup>, Geferson Gustavo Silva<sup>1</sup>, Luiz Antonio Rasia<sup>1</sup>, Antonio Carlos Valdiero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Exatas e Engenharias – Universidade Regional do Estado do Rio Grande do Sul (Unijuí) – Caixa Postal 560 – 98.700-000 – Ijuí – RS – Brazil

{renan.gabbi,graciane,luciane,gerferson,rasia, valdiero}@unijui.edu.br

**Abstract:** This paper presents a study on the main electrical and mechanical characteristics of graphite to obtain inexpensive sensor devices. Graphite consists of carbon atoms that are bound together by covalent bonds. The carbon is distinguished from the chemical elements by forming a large number of compounds. So we chose this material because it is organic, biocompatible and available in abundance in nature to develop sensor elements.

### 1. Introduction

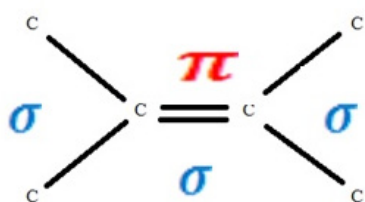
In recent years, different materials types have been searched, among these semiconductor films have been explored and used in the manufacture of various devices, electro-mechanical, thermal and optical [Rasia 1997]. For the development of sensor elements based on the piezoresistive effect is necessary to understand the behavior of electrical, thermal and mechanical properties of the material to be chosen. The knowledge of these material properties are important in predicting the sensitivity of the manufactured device.

A piezoresistive sensor, depending on the type of material used must have the capacity to operate in harsh environments involving high temperatures, radiation levels and corrosion. This performance varies depending on the material properties and their respective application convenience [Thomazzini and Albuquerque 2011].

Graphite consists of carbon atoms that are bound together by covalent bonds. Each carbon atom is bonded to three other carbon atoms. An atom is prepared such that its links are the vertices of a triangle, and the atom occupies the center of the triangle. Therefore; graphite is composed of infinite layers of carbon atoms hybridized on type  $sp^2$  bonds. In each layer, called graphene sheet, a carbon atom is bound to three other atoms, forming a planar arrangement of fused hexagons.

The hybridization  $sp^2$  type happens to carbon atoms forming a double bond. The carbon form a double bond and two single bonds as shown in Figure 1 or a bond ( $\pi$ ) and three connections ( $\sigma$ ).

Figure 1. Carbon Hybridization



Source: Authors.

This paper presents the basic study for mathematical modeling and electrical characterization and carbon structure for mechanical sensing elements based on the piezoresistive effect.

## 2. The Piezoresistive Effect

The piezoresistive effect is the change in resistivity of a conductor or semiconductor material under applied mechanical stress. This effect exploited in mechanical field sensors, which converts the mechanical strain into an electrical signal.

This theory relates the change in resistivity, with the redistribution of electrons in a diagram of energy surfaces. This mechanism is associated with mechanical deformation, which is applied to the material in a particular crystallographic direction. This process causes a transfer of electrons that result in mobility, anisotropic [Rasia, 2009]. Thus, the piezoresistive effect can be defined by Eq. (1):

$$\frac{\Delta \rho_{ij}}{\rho} = \pi_{ijk} T_{kl} \quad (1)$$

Where  $T_{kl}$ , is the mechanical stress on the structure of the material, observing the relationship between mechanical stress,  $T_{ij}$ , and mechanical deformation,  $\epsilon_{ijk}$ , that is given by the modulus of elasticity by Eq. (2).

$$T_{ij} = E \epsilon_{ijk} \quad (2)$$

The design of a piezoresistor can be given by Eq. (3).

$$R = \rho \frac{L}{w \cdot t} \quad (3)$$

Where,  $\rho$  is the resistivity of the material,  $L$  is the length,  $w$ , is the width, and  $t$  the thickness of the deposited film.

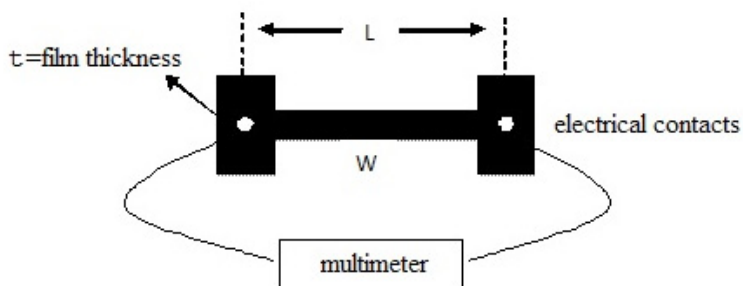
Thus, from the given equations is possible to dimension a sensor element using physical and geometric properties of the chosen material, in this case graphite.

## 3. Methodology for Characterization

For making a sensor device is essential to have prior knowledge of its use, application or function. Therefore, the choice of substrate in which the sensor device is manufactured is important. Thus, we chose a polymeric substrate. The concept is to develop resistors using paper and graphite, being quite simply, tracing risks with graphite (processed graphite), conductive material on an insulating surface, in this case the role. With this basic procedure was possible to measure the resistance between two points of the piezoresistor [Filho et al 2003].

The piezoresistor design used in this work is shown in Figure 2.

Figure 2 - Piezoresistor model



Source: Authors.

In this study we used A4 type substrates with a weight of  $75 \text{ g/m}^2$  and graphite type 2B 0.5 mm. The geometrical dimensions were obtained using Mitutoyo micrometer and electrical resistance was measured with a Model TES 2360 multimeter.

#### 4. Results and Discussions

Table 1 shows the main features experimentally obtained and other characteristics of the material presented in the literature. To measure the electrical resistance were made five piezoresistores. This procedure was chosen to estimate the thickness of the film deposited on the substrate.

Table 1 - Table of the main characteristics of the graphite 2B.

Cylinder data graphite	Value	Unit of measurement	References
Density	1.543	$\text{g/cm}^3$	
Volume	0.012	$\text{cm}^3$	
Mass	0.0198	g	measured
Resistivity	0.00053	$\Omega \cdot \text{cm}$	$\rho = \frac{R \cdot A}{L} \rho = \frac{R \cdot A}{L}$
Diameter	0.0565	cm	measured
Thickness	0.0393	cm	$t = L \cdot \left(\frac{\rho}{R \cdot w}\right) t = L \cdot \left(\frac{\rho}{R \cdot w}\right)$
Length	6.27	cm	measured
Resistance	1.7	$\Omega$	measured
Elasticity module	28-31	GPa	Kaihami (2007)
Carbon percentage	74	%	Everything2 Media (2012)
Average resistance	23.592	K $\Omega$	measured
Sheet resistance	0.0135	$\Omega/\square$	$R_{folha} = \frac{\rho}{t} R_{folha} = \frac{\rho}{t}$

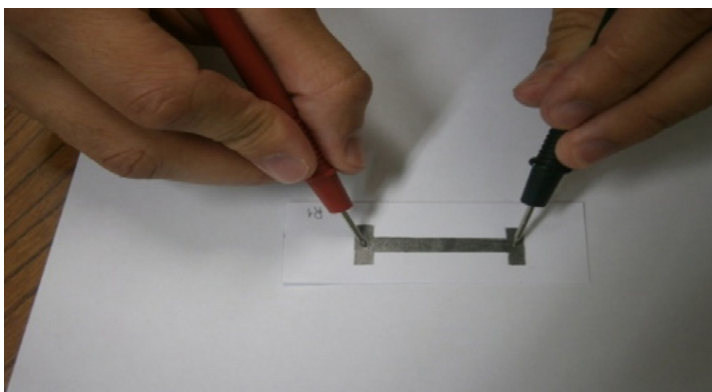
Source: Authors.

The values shown in Table 1 piezoresistores are important for the design since it is necessary to know the electrical, thermal and mechanical properties for optimum sensor element design. The value found for the resistivity of the graphite used in this work is related to the carbon content in the sample. It is possible to find a very wide range of variation in the resistivity of the graphite.

Figure 3 shows the piezoresistores made and used in the lift of the data presented in this paper.



Figure 3 - Piezoresistor manufactured.



This work shows a simple procedure for making piezoresistores using graphite. In microelectronics processes silicon procedures require more sophisticated equipment and high cost. The sensitivity factor and other experimental results should be presented in a future work.

## 5. Conclusions

This study showed a simple way to design sensor elements in the case, piezoresistores. It was possible to estimate some of the major electrical characteristics of the material using low-cost equipment. In future work will be shown device sensitivity factors.

## References

RASIA, L. A. Elementos Piezoresistivos para Sensores de Pressão com Tecnologia CMOS. 1997. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

RASIA, Luiz Antônio. Estudo e Aplicação das Propriedades Elétricas, Térmicas e Mecânicas de Materiais Amorfos Piezoresistivos em Transdutores de Pressão. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. Sensores industriais: fundamentos e aplicações. São Paulo: Editora Érica, 2011.

Alexzander. Everything2 Media. 2012, Pencil lead. Acesso em: 28 de Agosto de 2015. Disponível em: <http://everything2.com/title/Pencil+lead>

KAIHAMI, Fábio Junji. Impressora Braille: Estudo Da Viabilidade Física Utilizando Ar Comprimido Para Impressão Braille. 2007 Acesso em: 26 de agosto de 2015. Disponível: [http://sites.poli.usp.br/d/pme2600/2007/Artigos/Art\\_TCC\\_025\\_2007.pdf](http://sites.poli.usp.br/d/pme2600/2007/Artigos/Art_TCC_025_2007.pdf).

# AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS HORTIFRUTIGRANJEIROS NA DIGESTÃO ANAERÓBIA VISANDO À GERAÇÃO DE BIOGÁS

Luana Nichel<sup>1</sup>, Camila Hasan<sup>1</sup>, Cezar Augusto Machado<sup>1</sup>, Odorico Konrad<sup>1</sup>

1Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC – Centro Universitário UNIVATES Caixa Postal 155 – 95900-000 – Lajeado – RS - Brasil

*lnichel@univates.br, chasan@univates.br, cezar.machado@univates.br, okonrad@univates.br*

**Abstract:** The production of methane through anaerobic digestion of food waste has been considered a potential source for obtaining renewable biofuel. This study aimed to evaluate the production of biogas from horticultural waste by means of experiments in laboratory scale, supported by the major premises set forth in the German standard VDI 4630. As inoculum was used anaerobic sludge coming from a digester in operation. For 19 days of trial there was an average generation of biogas 8.174,58mL, 4.119,95mL being corresponding to methane. The inoculum buffering capacity prevented the acidic pH of horticultural waste increase the acidity of the ambient, which contributed to the anaerobic digestion were efficient, generating quality biogas - methane content above 50%.

**Resumo:** A produção de metano através da digestão anaeróbia de resíduos alimentares vem sendo considerada uma fonte potencial para obtenção de biocombustível renovável. Este estudo objetivou avaliar a produção de biogás a partir de resíduos hortifrutigranjeiros, por meio de experimentos em escala laboratorial, amparados pelas principais premissas estabelecidas na norma alemã VDI 4630. Como inóculo utilizou-se lodo anaeróbio oriundo de um biodigestor em operação. Durante 19 dias de experimentação houve uma geração média de 8.174,58mL de biogás, sendo 4.119,95mL correspondentes ao metano. A capacidade de tamponamento inóculo impediu que o pH ácido dos resíduos hortifrutigranjeiros acidificasse o meio, o que contribuiu para que a digestão anaeróbia fosse eficiente, gerando biogás de qualidade - com teor de metano acima de 50%.

## 1 Introdução:

A produção de metano a partir da digestão anaeróbia de resíduos alimentares vem sendo considerada como um grande potencial para a obtenção de biocombustível renovável, devido a sua grande importância ambiental, social e econômica (ZHANG et al., 2014).

Um dos grandes problemas do mundo é o desperdício de alimentos nos restaurantes, cozinhas, fábricas de processamento de alimentos, etc. Atualmente, o desperdício anual de alimentos no mundo atinge cerca de 1,3 bilhões de toneladas. Esses resíduos de alimentos possuem uma boa biodegradabilidade no processo de digestão anaeróbia obtendo um biogás de qualidade, com alto percentual de metano (UÇKUN KIRAN et al., 2014).

Segundo BOUALLAGUI et al. (2005) o percentual de matéria orgânica presente nesses tipos de resíduos é expresso em termos de sólidos totais voláteis sendo que estes representam aproximadamente 87% de sua composição, basicamente constituída por açúcares, material celulósico e lignina.

Resíduos agroindustriais possuem biomassa ideal para a produção de biogás por meio da digestão anaeróbia, que é um processo natural de fermentação no qual microrganismos anaeróbios produzem biogás. Durante este processo, a produção de metano pode ser melhorada aumentando a carga orgânica da mesma, utilizando materiais facilmente biodegradáveis. Este biogás possui, como composição típica,

60% de metano ( $\text{CH}_4$ ), 35% de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e 5% de uma mistura de hidrogênio, nitrogênio, amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas voláteis e oxigênio (JANG et al., 2014).

Além de auxiliar na redução dos danos ambientais por meio do processo de biodigestão anaeróbia, o biogás gerado pode ser utilizado como combustível para geração de energia elétrica, mecânica ou térmica, devido ao seu alto poder calorífico (PECORA et al., 2009).

Este estudo teve como objetivo avaliar o potencial de geração de biogás e o percentual de metano ( $\text{CH}_4$ ) presente a partir de resíduos hortifrutigranjeiros utilizando como inóculo, lodo anaeróbio de um reator que opera na digestão de resíduos agroindustriais.

## 2 Revisão bibliográfica:

Os resíduos orgânicos de frutas e verduras são provenientes de atividades desenvolvidas em feiras livres, mercados e centrais de abastecimento. São produzidos em grande quantidade, constituindo uma fonte de incômodo em aterros municipais devido a proliferação de vetores de doença e mau cheiro (BOUALLAGUI et al., 2003).

A alternativa mais promissora para o tratamento desses resíduos é a digestão anaeróbia. A principal vantagem deste processo é a produção de biogás, o qual pode ser usado para produzir energia e combustível (AHRING, et al., 2002).

A digestão anaeróbia é um processo biológico no qual os microrganismos, presentes no trato intestinal dos seres vivos, degradam a matéria orgânica na ausência de oxigênio, produzindo metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e outros gases. Por este motivo foi escolhido o inóculo proveniente de um biodigestor que utiliza dejetos de animais como material para a produção de biogás. A eficiência da digestão anaeróbia depende das características dos resíduos e de fatores físico-químicos como temperatura, capacidade tampão, pH e sólidos (ROMANO; ZHANG, 2008).

O pH, bem como a temperatura, possui efeito sobre a taxa de crescimento dos microrganismos, sendo essa favorecida dentro de uma gama de pH característico entre 7 e 8 - pH ótimo. Valores de pH acima de 8,5 são considerados desfavoráveis pelos microrganismos metanogênicos, e pH inferiores a 5 são considerados inibidores (PIND, et al., 2003). A relação carbono/nitrogênio (C/N) também é importante para a digestão anaeróbia, onde a faixa ideal é de 20:1 a 30:1 (ANDREOLI; FERREIRA; CHERNICHARO, 2003).

Além dos fatores que influenciam na digestão anaeróbia citados anteriormente, ressalta-se a quantidade de matéria seca (sólidos totais), o tempo de retenção, a concentração de sólidos voláteis, e a presença de substâncias tóxicas no interior do biodigestor. (ROMANO; ZHANG, 2008).

O biodigestor é um tanque revestido e coberto por manta impermeável de PVC, o qual, com exceção dos tubos de entrada e saída, é vedado (totalmente), criando um ambiente anaeróbio (na ausência de oxigênio). Estes biodigestores podem ter formato de abastecimento em batelada ou contínuo. Em batelada, os reatores recebem o carregamento de matéria orgânica, que somente é substituído após o período adequado à digestão de todo o lote. Já os contínuos são construídos de tal forma que podem ser abastecidos diariamente, permitindo que a cada entrada de substrato orgânico a ser processado, exista saída de material já tratado (OLIVER, et al., 2008).

Resíduos agroindustriais, como dejetos suínos e cama de aviário, possuem altos teores de nitrogênio, resultando em baixa relação C/N. Por outro lado, resíduos orgânicos hortifrutigranjeiros,



apresentam altas taxas de C/N, tornando-os um co-substrato adequado para o tratamento anaeróbio de resíduos (ZHANG; TAN; GERSBERG, 2010).

No entanto, os resíduos hortifrutigranjeiros são hidrolisados rapidamente devido aos ácidos graxos voláteis presentes nos mesmos. A produção de ácidos graxos voláteis durante a fase acidogênica pode levar a acidificação do meio, inibindo a atividade metanogênica dos microrganismos (MOLINUEVO; GARCIA; LEÓN, 2008).

Os resíduos agroindustriais fornecem azoto para o crescimento celular e para a degradação do carbono. A elevada capacidade de tamponamento destes resíduos evitam a diminuição do pH dos substratos, além de fornecer uma relação C/N equilibrada, melhorando a biodegradabilidade dos resíduos, resultando em um processo de digestão anaeróbia mais estável (GONZALEZ et al., 2008).

### 3 Metodologia:

O experimento realizado pelo presente estudo foi desenvolvido em escala laboratorial, utilizando resíduos sólidos hortifrutigranjeiros (frutas, verduras e legumes) oriundos de uma Central de Abastecimento de Produtos Orgânicos, como substrato teste e lodo aneróbio de resíduos agroindustriais oriundo de um biodigestor em operação, como inóculo.

Escolheu-se os resíduos agroindustriais como inóculo, pois os mesmos apresentam capacidade de tamponamento, o que permite adicionar resíduos com pH ácido. Além do mesmo possuir uma biomassa estável, que apresenta características adequadas para iniciar os experimentos, possui microrganismos necessários para realizar a degradação da matéria orgânica e sua transformação em biogás.

Os resíduos de hortifrutigranjeiros foram triturados em um processador industrial, combinados com o inóculo, e adicionados em reatores de batelada com capacidade de 1 L, preenchidos com 600 g do material. Os reatores foram acondicionados em incubadoras com temperatura controlada de 35 °C e monitorados por meio de um sistema de medição de volume de biogás automatizado. Durante o experimento, coletou-se amostras diárias de biogás e verificou-se o percentual de metano presente no mesmo, através de um sensor específico para tal fim.

Foram realizadas análises físico-químicas (pH e sólidos totais, fixos e voláteis) dos substratos na entrada e na saída do experimento. Para a determinação do pH, utilizou-se um pHmetro, que possui a capacidade de medir o potencial de hidrogênio, identificando se a amostra é ácida, básica ou neutra.

Nas análises dos sólidos totais, voláteis e fixos, utilizou-se a metodologia Official methods of analysis, encontrada na Association of Official Analytical Chemistry (AOAC, 1995).

Para a determinação dos sólidos totais, as amostras foram postas em cadinhos de porcelana previamente tarados e em seguida pesados para saber o peso úmido do material. Posteriormente foram levados a estufa, e mantidos sob uma temperatura de 105 °C por 24 horas. Após esse período, os cadinhos foram esfriados em um dessecador e pesados, obtendo-se assim, o valor do material seco.

O valor dos sólidos voláteis foi determinado a partir do material seco obtido na determinação dos sólidos totais. Na determinação dos sólidos fixos, o material seco foi levado ao forno do mufla, aonde permaneceu sob a temperatura de 550°C por oito horas. Posteriormente as amostras foram esfriadas no dessecador e pesadas, obtendo-se o peso das cinzas.

Com os resultados das análises de sólidos, definiu-se os percentuais de substratos a serem utilizados nos reatores, conforme a VDI 4630 (*Fermentation of organic materials characterization of*



*the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests*), norma alemã que estabelece que a mistura ideal entre inóculo e substrato analisado não deve ultrapassar um percentual de Sólidos Totais de 10%, sendo que a divisão do percentual de Sólidos Voláteis da amostra pelo percentual de Sólidos Voláteis do inóculo deve ser menor ou igual a 0,5.

Iniciou-se o experimento com seis reatores, divididos em triplicatas, descritas abaixo:

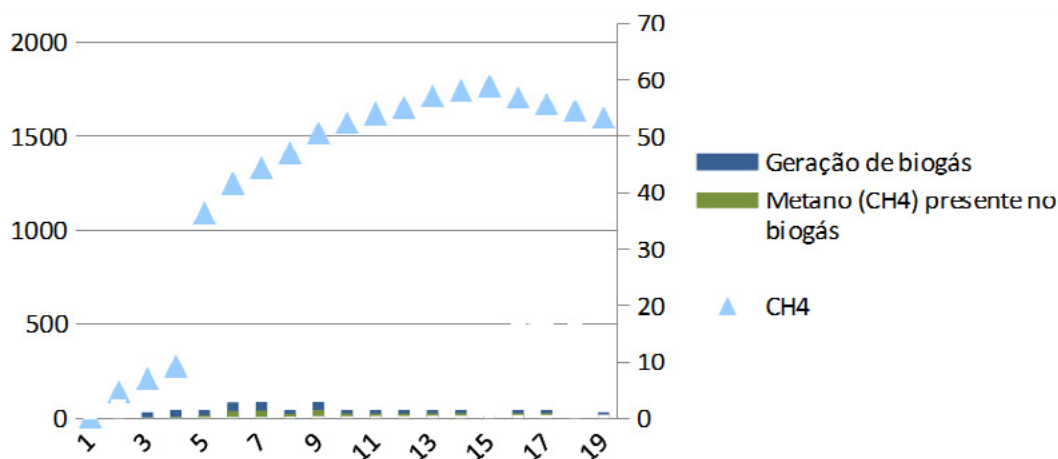
- Triplicata I: composta por reatores com 600 g de inóculo de origem agroindustrial (lodo anaeróbio).
- Triplicata II: composta por reatores com 600 g de amostra cada, onde 486 g (81%) eram inóculo de origem agroindustrial e 114 g (19%) de resíduos hortifrutigranjeiros triturados.

Após a realização do experimento e a verificação dos resultados obtidos nas análises, foi possível avaliar a eficiência do procedimento comparando as Triplicata I e II do experimento.

#### 4 Resultados:

A Triplicata I que continha apenas o inóculo de origem agroindustrial produziu, em 19 dias de experimentação, 822,43mL de biogás, dos quais 359,32mL (43,69%) correspondiam ao metano. Visualiza-se a geração de biogás desta Triplicata no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Geração de biogás na Triplicata I



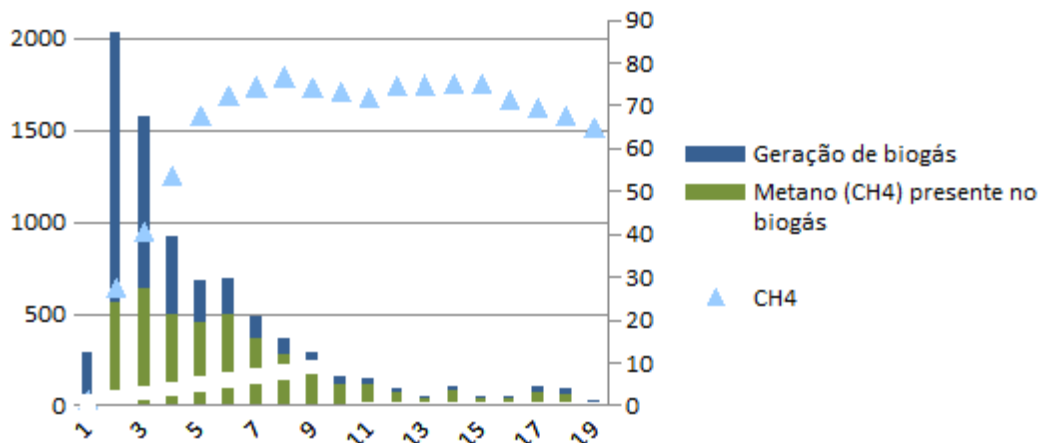
Fonte: Dos autores.

Os maiores volumes de biogás foram registrados até o 9º dia. Em média produziu 468,81 mL de biogás, sendo 162,91 mL correspondentes ao metano, sendo que após o 9º dia a geração começou a decair produzindo do 10º ao 19º dia 353,62 mL de biogás. Nesse período houve o maior pico no teor de metano (59,01%) que ocorreu no 15º dia de experimentação.

Os resultados indicam pouca interferência do inóculo no volume de biogás produzido, pois o objetivo do inóculo é iniciar os experimentos. Um material para servir de inóculo não deve produzir quantidades significativas de biogás, por isso, normalmente utiliza-se lodos anaeróbios que já estão em processo final de digestão. Isto deve-se ao fato de que estes lodos concentram os microrganismos responsáveis pela digestão anaeróbia e consequente geração de biogás e metano. Neste sentido, a função do inóculo é auxiliar um substrato específico a produzir gás, acelerando processos. Devido a esses fatores, a geração de biogás do inóculo normalmente é baixa (KARLSSON et al., 2014).

A Triplicata II que se referia à mistura de inóculo com os resíduos hortifrutigranjeiros, gerou em 19 dias de experimentação, 8.174,58 mL de biogás dos quais 4.119,95 mL (50,39%) eram metano. No Gráfico 2, visualiza-se a geração de biogás na Triplicata II.

Gráfico 2 – Geração de biogás da Triplicata II



Fonte: Dos autores.

Do 1º ao 7º dia de experimentação foram gerados 6.661,57 mL de biogás, sendo que no 2º dia ocorreu o maior pico na geração de biogás (2.030,85 mL). Após o 7º dia a geração de biogás decaiu significativamente, gerando do 8º até o 19º dia 1.513,02 mL. Nesse período houve o maior pico no percentual de metano (76,7%) no 8º dia de experimentação.

Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Alvarez e Lidén (2008), que avaliaram a digestão anaeróbia de resíduos agroindustriais junto com resíduos de frutas e vegetais em reatores de 2 L. Em 60 dias o experimento produziu 81.540 mL de biogás, com percentual de metano acima de 55%.

Também, avaliando em termos de porcentagem de metano, Salces et al., (2013) encontraram percentuais parecidos com os da Triplicata II quando testaram resíduos de animais (esterco suíno, bovinos e cama de aviário) junto com resíduos de produtos hortícolas na digestão anaeróbia avaliando em termos de produção de metano. O metano aumentou de 111 mL/g para 244 mL/g por dia, tendo percentuais de metano acima de 60%.

Na Tabela 1 encontra-se as análises de sólidos totais, fixos e voláteis dos substratos no início e final do período de experimentação.

Tabela 1 – Análises de sólidos totais, fixos e voláteis

AMOSTRA	ST (%)	SV (%)	SF (%)	ST*(g)	SV*(g)	SF*(g)
Resíduos Hortifrutigranjeiros	7,21	90,43	9,56	-	-	-
Triplicata I	5,83	54,75	45,24	28,33	15,51	12,82
Início (Inóculo 486 g)						
Triplicata II (Inóculo+Res. Hortifrut.)	6,22	63,22	36,77	37,33	23,60	13,73

Final	Triplicata I (Inóculo 486 g)	5,63	52,58	47,42	27,35	14,38	12,97
	Triplicata II (Inóculo+ Res. Hortifruti)	4,88	54,74	45,26	29,26	16,01	13,24

\*Considerando os gramas de amostra adicionadas nos reatores.

Fonte: Dos autores.

Considerando as análises iniciais e finais de sólidos, constata-se redução nas gramas de sólidos voláteis tanto do inóculo quanto da mistura, explicando os volumes de biogás gerados durante o experimento, uma vez que os sólidos voláteis, que representam 67,8% da amostra, foram convertidos em biogás. Verifica-se que a Triplicata I (inóculo) teve uma redução nos sólidos voláteis de apenas 7,3% e conseqüentemente a geração de biogás foi menor que a Triplicata II (inóculo e resíduos hortifrutigranjeiros) onde obteve-se uma redução de 32,16% dos sólidos voláteis e maior geração de biogás. Esses resultados mostram que parcela da matéria orgânica presente na mistura (sólidos voláteis) foi degradada e convertida em gás (biogás), de forma satisfatória.

Na Tabela 2, visualiza-se as análises de pH dos substratos no início e no final dos experimentos.

Tabela 2 – Análises de pH dos substratos

	AMOSTRA	pH
Início	Resíduos Hortifrutigranjeiros	4,14
	Triplicata I	8,1
	Triplicata II	7,79
Final	Triplicata I	7,94
	Triplicata II	7,91

Fonte: Dos autores.

Nota-se que o pH dos resíduos hortifrutigranjeiros se apresentava na faixa ácida, mas na mistura com os resíduos agroindustriais, esse fator foi corrigido, em função da proporção em que os resíduos foram utilizados em relação ao inóculo, o que possibilitou condições favoráveis para a degradação da matéria orgânica disponível, gerando biogás.

Segundo Montañes, Pérez e Solera (2014), quando o pH do resíduo alimentado a um reator diminui, existe uma redução associada da alcalinidade. Com isso pode-se afirmar que os resíduos de origem agroindustriais possuem alcalinidade, pois fazem com que o pH se mantenha na faixa ideal para que digestão anaeróbia atue de forma satisfatória, produzindo biogás.

### Conclusão:

Esse experimento obteve uma geração de biogás significativa, mostrando que os resíduos hortifrutigranjeiros possuem potencial de geração de biogás, com alta concentração de metano. É possível esta afirmação, devido ao resíduo apresentar altos teores de sólidos voláteis, o que indica, que os mesmos são altamente biodegradáveis.

Nota-se, que é de fundamental importância o inóculo apresentar características de alcalinidade, pois com isso, ele exercerá a função de manutenção do pH na faixa ideal para a digestão anaeróbia, que é a faixa neutra.

A digestão anaeróbia de resíduos hortifrutigranjeiros poderá desempenhar um papel cada vez mais importante para enfrentar os desafios a longo prazo da segurança ambiental e segurança energética, especialmente nos países em desenvolvimento ou em áreas rurais, onde a energia pode não ser suficiente.

Este trabalho pode servir como apoio à tomada de decisão, uma vez que auxilia a analisar a viabilidade de implantação de usina de produção de biogás no caso em que haja uma grande produção de resíduos alimentares. Levando-se em consideração os impactos ambientais associados à deposição inadequada e o não aproveitamento do biogás gerado (composto por gases considerados de efeito estufa, onde o CH<sub>4</sub> possui 21 vezes mais poder nocivo que o CO<sub>2</sub>), a produção controlada dos gases pode ser utilizada como fonte de energia térmica e mecânica, capazes de serem convertidas em energia elétrica e, até mesmo, em combustível veicular.

### Referências:

- AHRING, B.K., MLADENOVSKA, Z., IRANPOUR, R., WESTERMANN, P. (2002) State of the art and future perspectives of thermophilic anaerobic digestion. *Water Sci Technol*, V. 45, p. 298-308.
- ALVAREZ, René; LIDÉN, Gunnar; (2008). Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, and fruit and vegetable waste. **Renewable Energy**, v. 33 p. 726–734.
- ANDREOLI C. V.; FERREIRA A. C.; CHERNICHARO C. A. Secagem e Higienização de Lodos com Aproveitamento do Biogás. In: CASSINI, Sérgio Túlio, 2003. **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. p. 196.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**. 6ª ed. Arlington: AOAC International, 1995. p. 1025.
- BOUALLAGUI, H., BEN CHEIKH, R., MAROUANI, L., HAMDI, M. (2003) Mesophilic biogas production from fruit and vegetable waste in a tubular digester. *Bioresource Technology*, V. 86, p. 85-89.
- BOUALLAQUI, H.; TOUHAMI, Y.; BEM CHEIKH, R.; HAMDI, M. (2005). Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes. *Process Biochemistry*, v. 40, p. 989–995.
- GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, C., MARCINIÁK, J., VILLAVERDE, S., LEÓN, C., GARCÍA-ENCINA, P.A., MUÑOZ, P. (2008). Efficient nutrient removal from swine manure in a tubular biofilm photo-bioreactor using algae-bacteria consortia. **Water Science and Technology**. 58, p. 95–102.
- JANG, H.M.; KIM, J.H.; HA, J.H.; PARK, J.M. (2014) Bacterial and methanogenic archaeal communities during the single-stage anaerobic digestion of high-strength food wastewater. **Bioresource Technology**, v. 165, p. 174-182.
- KARLSSON, Tommy; KONRAD, Odorico; LUMI, Marluce; SCHEMEIER, Nara P.; MARDER, Munique; CASARIL, Camila E.; KOCH, Fábio F.; PEDROSO, Albari G. **Manual Básico de Biogás**. Editora UNIVATES, 1ª Edição, 63p. Lajeado, 2014.
- MOLINUEVO, B., GARCÍA, M.C., LEÓN, M.C. **Anaerobic co-digestion of animal wastes (poultry litter and pig manure) with vegetable processing wastes**. In: Proceedings of the 13th RAMIRAN International Conference, Albena, Bulgaria, June 2008, pp. 110–115.
- MONTAÑES, R.; PÉREZ, M.; SOLERA, R. (2014). Anaerobic mesophilic co-digestion of sewage sludge and sugar beet pulp lixiviation in batch reactors: Effect of pH control. **Chemical Engineering Journal**, v. 255, p. 492–499.
- OLIVER, André de P. M., NETO, Aurélio de A. S., QUADROS, Danilo G., VALLADARES, Renata E.. **Manual de treinamento em biodigestão**. Salvador, 2008. p. 23.



PECORA, V.; PECORA, V.; VELAZQUEZ, S. M. S. G.; COELHO, S. T. **Aproveitamento do biogás proveniente dos resíduos sólidos urbanos para geração de energia elétrica: Estudo de caso em São Paulo.** In: IV Congresso Internacional de Bioenergia, 2009, Curitiba. Anais do IV Congresso Internacional de Bioenergia, 2009.

PIND, P. F.; ANGELIDAKI, I; AHRING, B; STAMATELATOU, Katerina; LYBERATOS, Gerasimos. (2003). Monitoring and control of anaerobic reactors. **Biomethanation**, p. 135-182.

ROMANO, R T; ZHANG, R. (2008). Co-digestion of onion juice and wastewater sludge using an anaerobic mixed biofilm reactor. *Bioresource Technology*, v. 99, p. 631-637.

SALCES, Beatriz M.; GÓMEZ, Xiomar; MORÁN, Antonio; GONZÁLEZ, Mari C. G. (2013). Anaerobic co-digestion of livestock and vegetable processing wastes: Fibre degradation and digestate stability. **Waste Management**, v. 33, p.1332–1338.

UÇKUN KIRAN, E.; TRZCINSKI, A.P.;NG, W.J.; LIU, Y. (2014). **Bioconversion of food waste to energy: A review.** *Fuel*, v. 134, p. 389-399.

ZHANG, C.; SU, H.; BAEYENS, J.; TAN, T. (2014). Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 38, p. 383-392.

ZHANG, D.Q., TAN, S.K., GERSBERG, R.M., (2010). Municipal solid waste management in China: status, problems and challenges. **Environmental Management** 91, p. 1623–1633.

# ENCAPSULAMENTO DE ÓLEO DE CHIA UTILIZANDO SORO DE QUEIJO COMO MATERIAL DE PAREDE

Adriani Cristina Felipe dos Santos<sup>1</sup>, Daniel Neutzling Lehn<sup>1</sup>, Luiz Antônio de Almeida Pinto<sup>2</sup>, Claucia Fernanda Volken de Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário UNIVATES - Rua Avelino Tallini, 171 - CEP: 95900-000 – Bairro Universitário - Lajeado - RS – Brasil

<sup>2</sup>Centro Universitário UNIVATES - Rua Alfredo Huch, 475 - CEP: 96203-900 - Bairro Centro – Rio Grande- RS – Brasil

*{acfdsantos, lehn, claucia}@univates.br, dqmpinto@furg.br*

**Abstract:** Chia oil is rich in omega 3 and 6, on the other hand, these fatty acids are susceptible to oxidation. An alternative protection against this degradation can be encapsulation, which consists in coating materials in the form of microcapsules. The cheese whey is a byproduct of cheese that can be used as coating material. Therefore, the aim of this study was to assess the feasibility of obtaining chia oil microcapsules using the whey as wall material. The emulsions were prepared on an experimental design and evaluated through phase separation index. Adequate proportion of oil and whey is critical to the process. It has been found that it is possible to obtain chia oil microcapsules using the cheese whey.

**Resumo:** O óleo de chia é rico em ômega 3 e 6, porém, esses ácidos graxos são suscetíveis à oxidação. Uma alternativa de proteção contra esta degradação pode ser o encapsulamento, técnica que consiste no revestimento de materiais em forma de microcápsulas. O soro de queijo é um subproduto da produção de queijo e pode ser aproveitado como material de revestimento. Portanto, o objetivo deste estudo foi verificar a viabilidade de obtenção de microcápsulas de óleo de chia utilizando o soro como material de parede. As emulsões foram preparadas seguindo um planejamento experimental e avaliadas através do índice de separação de fases. A proporção adequada de óleo e de soro é fundamental para o processo. Verificou-se que é possível obter microcápsulas de óleo de chia utilizando o soro de queijo.

## 1. Introdução

A chia (*Salvia hispânica* L.) é uma planta nativa da América Latina, sua semente é rica em fibras, proteínas e gorduras. O óleo de chia possui elevado grau de instauração, tendo em sua composição entre 17 a 26% de ácido linoleico e 50 a 57% de ácido alfa-linolênico [Ayerza 1995]. Esses dois ácidos graxos poli-insaturados não são produzidos pelo organismo humano, porém, estão diretamente ligados a prevenção de doenças cardiovasculares e respiratórias e diabetes [McClements et al. 2007].

O alto nível de instauração torna o óleo de chia propenso à oxidação. O que pode conferir ao produto características indesejáveis e perda de valor nutricional. Uma alternativa para esta problemática é proteger o óleo através do encapsulamento [Kolanowski et al. 2004]. Esta técnica consiste na proteção de materiais sensíveis pelo seu empacotamento em um material mais resistente. O composto a ser encapsulado é denominado como núcleo e o composto protetor como material de parede [Jafari et al. 2008].

A escolha de um material de parede adequado é fundamental para que se obtenha êxito no processo. O encapsulante deve ter propriedades que contribuam para a formação de emulsões estáveis e para a proteção do encapsulado. As proteínas do leite tem poder de estabilização de emulsões, tornando-se uma alternativa para a formação da parede de microcápsulas. A goma arábica pode ser

utilizada como material de parede devido a sua viscosidade, solubilidade e poder emulsificante [GIBBS et al. 1999; SINGH 2011].

O Brasil é destaque na produção mundial de leite, segundo dados do IBGE no primeiro trimestre de 2014 foram produzidos 6,186 bilhões de litros. Desta produção trimestral, 13,7% foram do Rio Grande do Sul. O Vale do Taquari é uma das regiões de maior volume no estado, em torno de 49% da renda dos produtores rurais é proveniente da comercialização desse produto. A microrregião Lajeado-Estrela, que está inserida no Vale, industrializa cerca de 1,5 milhões de litros/dia [Univates 2011].

O soro de queijo é um subproduto da fabricação de queijo, ele contém aproximadamente 55% dos nutrientes do leite, incluindo a lactose (4,5 a 5%) [Siso, 1996]. Sua porção proteica é composta por 50% de  $\beta$ -lactoglobulina, 25% de  $\alpha$ -lactoalbumina e 25% de demais proteínas [Fitzsimons et al. 2006]. Se o soro de queijo for descartado de forma incorreta torna-se um grave problema ambiental, pois apresenta elevado teor de matéria orgânica, tendo uma demanda bioquímica de oxigênio (DBO) de 30 a 50 g/L e uma demanda química de oxigênio (DQO) de 50 a 80 g/L [Almeida et al. 2003].

O objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade da obtenção de microcápsulas de óleo de chia pela técnica de *spray dryer*, utilizando o soro de queijo como material de parede.

## 2. Material e métodos

### 2.1. Material

Como núcleo das microcápsulas foi utilizado óleo de chia (Girioil Agroindústria Ltda).

Como agentes encapsulantes foram utilizados goma arábica (Labsyhnth Produtos para Laboratório Ltda), soro de queijo (BRF SA) e lecitina de soja (Bremil Indústria de Suplementos Alimentares Ltda).

### 2.2. Métodos

#### 2.2.1. Preparo das emulsões

As emulsões foram preparadas seguindo um planejamento experimental do tipo fatorial fracionário  $2^{5-1}$  com 2 pontos centrais, gerando um total de 18 experimentos.

As variáveis estudadas no processo de emulsificação foram o tempo de agitação ( $x_1$ , em minutos), a velocidade de agitação ( $x_2$ , em rpm), concentração de óleo de chia ( $x_3$ , em g/100 g), concentração de lecitina de soja ( $x_4$ , em g/100 g) e concentração de goma arábica ( $x_5$ , em g/100 g).

Na Tabela 1 estão apresentados os níveis reais e codificados das variáveis do planejamento.

A Tabela 2 apresenta a matriz do planejamento com as condições do processo de emulsão utilizada em cada um dos experimentos.

Todos os experimentos utilizaram como condição fixa a concentração de soro de 5,75% (m/m). Este valor foi definido para que a emulsão em sua composição final apresentasse aproximadamente 5% (m/m) de lactose, similar ao teor encontrado no soro de queijo *in natura*. O teor de água utilizado nas emulsões foi ajustado para que a massa final de cada emulsão fosse de 100 gramas.

Tabela 1 - Níveis reais e codificados das variáveis do planejamento experimental

Variáveis/Níveis	-1	0	+1
$x_1$ (minutos)	20	27,5	35
$x_2$ (rpm)	10.000	15.000	20.000
$x_3$ (g/100 g)	10,0	13,75	17,5
$x_4$ (g/100 g)	0,5	0,75	1,0
$x_5$ (g/100 g)	1,0	3,0	5,0

Fonte: Dos autores.

Tabela 2 - Planejamento fatorial fracionário para o estudo das condições de emulsão do óleo de chia

Experimento	Variáveis				
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
1	20	10.000	10,0	0,5	5,0
2	35	10.000	10,0	0,5	1,0
3	20	20.000	10,0	0,5	1,0
4	35	20.000	10,0	0,5	5,0
5	20	10.000	17,5	0,5	1,0
6	35	10.000	17,5	0,5	5,0
7	20	20.000	17,5	0,5	5,0
8	35	20.000	17,5	0,5	1,0
9	20	10.000	10,0	0,5	5,0
10	35	10.000	10,0	1,0	5,0
11	20	20.000	10,0	1,0	1,0
12	35	20.000	10,0	1,0	1,0
13	20	10.000	17,5	1,0	5,0
14	35	10.000	17,5	1,0	1,0
15	20	20.000	17,5	1,0	5,0
16	35	20.000	17,5	1,0	5,0
17	27,5	15.000	13,75	0,75	3,0
18	27,5	15.000	13,75	0,75	3,0

Fonte: Dos autores.

Para a preparação das emulsões empregou-se a metodologia adaptada de Mirhosseini et al. (2008). A goma arábica foi dissolvida com água destilada a 60 °C. O soro foi dissolvido com água destilada e com a solução de goma arábica, ambas a 20 °C. Nas duas etapas de solubilização foi utilizado um agitador



magnético (Velp Scientifica) durante 3 minutos. Após a solução contendo água, soro e goma permaneceu sob agitação de 300 rpm durante 6 horas, a 20 °C, em incubadora de agitação orbital MA 830 (Marconi).

Após a homogeneização da solução, contendo o material de parede, adicionou-se a fração de óleo de chia e lecitina de soja. O óleo e a lecitina foram pré-homogeneizados em vortex AP 5 (Phoenix). As misturas contendo goma arábica, água, soro de queijo, óleo de chia e lecitina de soja foram emulsionados em um emulsor DIAX 900 (Heidolph), seguindo as condições de tempo e velocidade de agitação citadas na Tabela 2.

Além dos experimentos descritos na Tabela 2, preparou-se uma Emulsão Adicional, contendo 6% (m/m) de óleo de chia e 18% (m/m) de soro de queijo, e com as variáveis  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_4$  e  $x_5$  nas mesmas condições do Experimento 16. Nessa emulsão, a concentração de óleo de chia representa 20% (m/m) do total de sólidos.

### 2.2.2. Secagem das emulsões

O processo de *spray drying* da emulsão do Experimento 16 e da Emulsão Adicional foi realizado em escala de laboratório em um *spray dryer* MSD 0.5 (Labmaq), com bico de duplo fluido de 1,2 mm de diâmetro. A emulsão foi transportada até a câmara de secagem através de uma bomba peristáltica, com vazão de alimentação de 0,3 L/h, ar de secagem a 2,5 m<sup>3</sup>/min e ar de spray de 45 L/min. A temperatura de saída do ar foi de 105 °C.

## 2.3. Análises

### 2.3.1. Índice de separação das emulsões

Uma proveta contendo 10 mL de cada emulsão foi armazenada na temperatura de 25 °C. Foi medida a altura inicial de emulsão nas provetas. Após 24 horas foi medida a altura da fase superior. Com esta análise foi possível obter os valores índice de separação (I.S.) das emulsões [ROLAND et al. 2003].

$$I.S. = \frac{A_0}{A_1} \times 100$$

Onde:

$A_0$  corresponde à altura inicial da emulsão e  $A_1$  a altura da fase rica em soro após 24 horas.

### 2.3.2. Análise morfológica das emulsões

Essa análise foi realizada com a emulsão de óleo de chia do Experimento 16 e com a Emulsão Adicional. As emulsões foram diluídas com água destilada na proporção 1:2, e em seguida analisadas em um microscópio com um aumento de 40x DM 500 (Leica).

### 2.3.3. Análise morfológica das microcápsulas

Essa análise foi realizada apenas com a Emulsão Adicional de óleo de chia. As microcápsulas obtidas através da secagem foram observadas em um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), EVO MA 15 (Carl Zeiss).

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1. Índice de separação das emulsões

A Tabela 3 apresenta os resultados de índice de separação das 18 emulsões elaboradas empregando o planejamento experimental fatorial fracionário.

O Experimento 16 apresentou o menor índice de separação, 62,92%. O índice de separação da Emulsão Adicional, com maior teor de soro de queijo, foi de 53,03%.

Proteínas globulares podem sofrer desnaturação durante o processo de homogeneização, devido aos elevados gradientes de pressão gerados no homogeneizador. Esta desnaturação proteica pode ter uma influência sobre a estabilidade e demais propriedades das emulsões [McClements 2010]. A hidrólise causada nas proteínas do soro de queijo tem efeito sobre a viscosidade da fase contínua da emulsão, por esta razão quando a quantidade de lactose no meio é maior tende-se a maior estabilidade de emulsão [Dybowska 2011].

Tabela 3 - Índices de separação das emulsões obtidas a partir das diferentes condições do planejamento experimental

Experimento	Índice de separação (%)
1	80,30
2	86,52
3	80,00
4	85,39
5	71,25
6	70,67
7	67,19
8	70,31
9	85,06
10	86,15
11	76,32
12	82,31
13	68,75
14	75,00
15	75,28
16	62,92
17	72,73
18	75,78

Fonte: Dos autores.

#### 3.2. Análise morfológica das emulsões

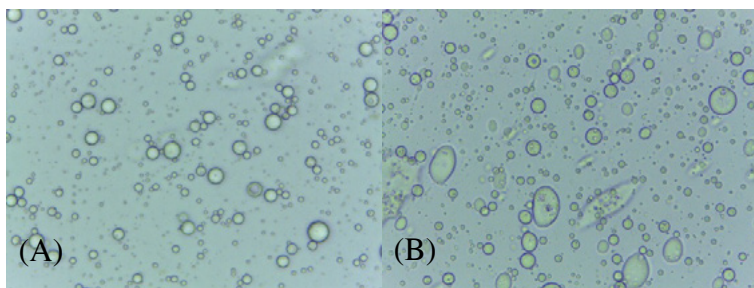
A Figura 1 apresenta a análise morfológica da emulsão do Experimento 16 e da Emulsão Adicional.

O tamanho médio das gotas foi menor na emulsão mais estável, com menor índice de separação. Este resultado está de acordo com o princípio de que, emulsões com menores gotas são fisicamente

mais estáveis do que as com gotas maiores. Em outras palavras, a instabilidade do sistema é resultado da formação de gotas de grande tamanho, que por sua vez, impulsionam o processo de coalescência [Klaypradit e Huang 2008].

A partir da Figura 1, é possível observar que a amostra com menor teor de óleo de chia e maior teor de soro de queijo apresentou menores tamanhos de gotas, justificando a maior estabilidade.

Figura 1 - Imagens de microscópio com aumento de 40x da Emulsão Adicional (A) e da emulsão do Experimento 16 (B)



Fonte: Dos autores.

### 3.3. Secagem das emulsões

Para a secagem da emulsão do Experimento 16 (emulsão mais estável a partir das condições avaliadas no planejamento experimental) foram utilizadas as condições citadas anteriormente. Porém, não foi possível a obtenção de partículas sólidas. Provavelmente a geração de partículas foi prejudicada pelo teor de óleo superficial das microcápsulas, que ocasionou a adesão do material nas paredes do equipamento, conforme pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Adesão do material nas paredes do secador



Fonte: Dos autores.

Tonton et al. (2011), em seus estudos sobre a microencapsulação do óleo de linhaça com goma arábica, concluíram que uma concentração mais elevada de óleo resultou numa menor viscosidade da emulsão e isso levou a uma maior dimensão das gotículas, o que pode influenciar na estabilidade da emulsão.

Isso também pode ser justificado ao se analisar a proporção do material de parede em relação ao material do núcleo nas emulsões do planejamento executado (Tabela 2). Estudos realizados por

Dybowska (2011) apontam que, quando a concentração de proteína é insuficiente para promover o recobrimento superficial das gotas, o processo de secagem torna-se ineficaz. Na emulsão do Experimento 16 a proporção de encapsulado foi superior à quantidade de encapsulante.

Segundo Tan et al. (2005), quando a proporção de óleo é muito elevada e o material de parede é insuficiente para encapsular o óleo, parte do óleo não encapsulado permanece na superfície das microcápsulas. Com a redução desta quantidade de óleo é possível obter partículas com um bom tamanho, maior eficiência de encapsulamento e menor quantidade de óleo na superfície, o que evita a adesão no equipamento.

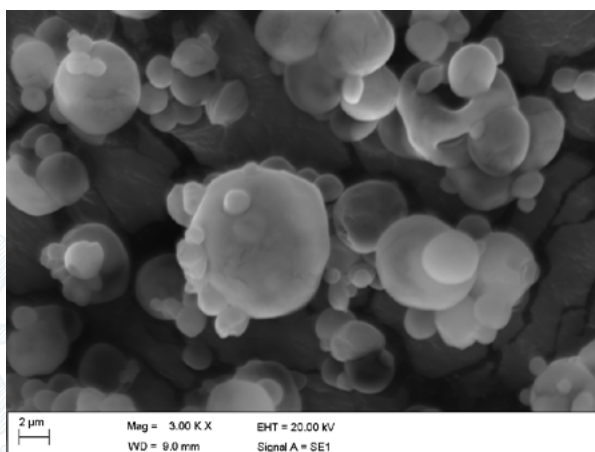
Tonton et al. (2011) realizaram estudos buscando a concentração de óleo ideal em emulsões de óleo de linhaça e goma arábica, de modo a favorecer a formação de partículas através de *spray drying*. Seus resultados apontam que a concentração ideal é de 20% (m/m) de sólidos na emulsão, sendo que nesse total, o teor de óleo também deve ser de 20% (m/m). Frascareli et al. (2012) realizaram o encapsulamento de óleo de café com goma arábica e suas análises demonstraram que a concentração ideal de óleo foi de 15% (m/m) do total de sólidos, que era de 30% (m/m).

Com base nesses trabalhos, foi elaborada a Emulsão Adicional, com teor de óleo ajustado em relação ao teor de soro de queijo, de modo a que a quantidade de material no núcleo foi reduzida para 20% (m/m) em um total de 30% (m/m) de sólidos. Essa emulsão foi submetida à secagem nas mesmas condições da emulsão do Experimento 16, e foi possível a obtenção de micropartículas.

### 3.4. Análise morfológica das microcápsulas

A análise morfológica das microcápsulas, obtidas a partir da secagem da Emulsão Adicional, de acordo com a Figura 3 mostrou adesão de partículas, o que pode estar relacionado com a baixa temperatura utilizada na secagem. Apesar disso a superfície das partículas mostrou-se uniforme e o tamanho variou de 2 a 6 µm.

Figura 3 - Imagem de MEV das microcápsulas de óleo de chia com soro de queijo como material de parede



Fonte: Dos autores.



#### 4. Conclusão

A estabilidade de emulsões de óleo de chia com soro de queijo é influenciada pelos teores destes dois componentes na mistura.

O ajuste da proporção de material de parede em relação ao material de núcleo é fundamental para obtenção de microcápsulas de óleo de chia por secagem em *spray dryer*.

Verificou-se que é possível obter microcápsulas de óleo de chia utilizando como material de parede o soro de queijo.

#### 5. Referências

Ayerza, R (1995) Oil content and fatty acid composition of chia (*salvia hispanica* l.) From five northwestern locations in argentina. *Journal of the american oil chemists society*, v.72, p.1079–1081.

Almeida, e. S., espósito, e., sabra, g., durán, n. (2003) Remediação do efluente da indústria de queijos combinando processo biológico (produção de proteínas celulares) e processo físico-químico (ozônio). Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes22/cxcii.pdf>, Julho.

Dybowska, B. E. (2011) Whey protein-stabilized emulsion properties in relation to thermal modification of the continuous phase. *Journal of food engineering*, v.104, p.81-88.

Fitzsimons, S. M., Mulvihill, D. M., Morris, E. R. (2006) Denaturation and aggregation processes in thermal gelation of whey proteins resolved by differential scanning calorimetry. *Food hydrocolloids*, v.11, p.62-69.

Frascareli, E. C., Silva, V. M., Tonton, R. V., Hubinger, M., D. (2012) Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying. *Food and bioproducts processing*, v.90, p.413-424.

Gibbs, B. F., Kermasha, S., Alli, I., Mullihan, C. N. (1999) Encapsulation in the food industry: a review. *International journal of food sciences and nutrition*, v.50, p.213-224.

Jafari, S. M., Assodpoor, E., He, Y., Bhandari, B. (2008) Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. *Drying technology*, v.26, p.816–835.

Klaypradit, W.; Huang, Y. (2008) Fish oil encapsulation with chitosan using ultrasonic atomizer. *Food science and technology*, v.41, p.1133-1139.

Kolanowski, W., Laufenber, G., Kunz, B. (2004) Fish oil stabilization by microencapsulation with modified cellulose. *International journal of food sciences and nutrition*, v.55, p.333-343.

Mcclements, D. J., Decker, E. A., Weiss, J. (2007) Emulsion-based delivery systems for lipophilic bioactive components. *Journal of food science*, v.72, p.109–124.

Mcclements, D. J. Protein-stabilized emulsions. (2010) *Curret opinion in colloid and interface science*, v.9, p.305-311.

Mirhosseini, H., Tan, C. P., Hamid n. S. A., Yusof, S. (2008) Optimization of the contents of arabic gum, xanthan gum and orange oil affecting turbidity, average particle size, polydispersity index and density in orange beverage emulsion. *Food hydrocolloids*, v.22, p.1212-1223.

Roland, I., Piel, G., Delattre, L., Evrard, B. (2003) Systematic characterization of oil-in water emulsions for formulations design. *International journal of pharmaceutics*, v.236, p.85-94.

Singh, H. (2011) Aspects of milk-protein-stabilised emulsions. *Food hydrocolloids*, v. 25, p. 1938-1944.

Siso, G. M. I. (1996) The biotechnological utilization of cheese whey: a review. *Bioresource technology*, v. 57, p. 1-11.

Tan, L. H., Chan, L. W., Heng, P. W. (2005) Effect of oil loading on microspheres produced by spray drying. *Journal of microencapsulation*, v.22, p.253-259.

Tonton, R. V.; grosso, C. R. F; hubinger, M. D. (2011) Influence of emulsion composition and inlet air temperature on the microencapsulation of flaxseed oil by spray drying. *Food research internacional*, v.44, p.282-289.

Univates (2011) Banco de Dados Regional (BDR): perfil socioeconômico do Vale do Taquari. [http://www.univates.br/files/files/univates/bdr/perfil\\_vt\\_setembro\\_2011.pdf](http://www.univates.br/files/files/univates/bdr/perfil_vt_setembro_2011.pdf), Julho.

## 6. Agradecimentos

Ao CNPq e Univates pelas bolsas concedidas e a FAPERGS e Univates pelos auxílios financeiros disponibilizados a essa pesquisa.

# SOBRE O ENSINO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA NOS CURSOS DE ARQUITETURA DO RIO GRANDE DO SUL

Vagner Gonçalves Wojcickoski

**Abstract:** The main of this paper is presents the issues related to computer graphics education in architecture's courses. In order to understand how the computer graphics was inserted in the context of the curriculum, presents an overview of architectural education, the skills required for the teacher-architect and its features. From this understanding, it is going to observe the insertion of the computer graphics in the architecture's courses and as it has become inseparable part of design process. Finally, there is an overview of the implementation of the computer graphics in the architecture courses in Rio Grande do Sul, in order to understand the ways to go to improve the conduct of these disciplines.

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é apresentar as questões relacionadas ao ensino de computação gráfica nos cursos de arquitetura. A fim de entender como a computação gráfica se inseriu no contexto dos currículos, apresenta-se um panorama do ensino de arquitetura, das habilidades necessárias para o professor-arquiteto e suas características. A partir desta compreensão, passa-se a observar a inserção da computação gráfica nos cursos de arquitetura e como se tornou parte indissociável do processo de projeto. Por fim, verifica-se um panorama da implementação da computação gráfica nos cursos de arquitetura e urbanismo no Rio Grande do Sul, a fim de entender os caminhos a percorrer para a melhoria na condução destas disciplinas.

## 1. Sobre o ensino de arquitetura

Para o profissional de arquitetura, constitui-se um limitador, a dificuldade em compreender o processo de projeto como uma ação pouco percebida pelo próprio profissional reflexivo. (SCHÖN, 2000) A complexidade do ato projetual parece inatingível justamente pelo fato de o projetista dedicar-se pouco pela *reflexão sobre a ação*. Tão complexo quanto entender *o que* o arquiteto faz, e *como* faz, é *ensinar* o seu ofício. Como explicar algo que não se entende?

Como premissa, se faz necessário para ensinar arquitetura, ser *arquiteto*. Mas para ensinar algo, por mais básico ou simples que seja, é necessário, antes de tudo, ser *professor*. Isto implica a posição do sujeito professor-arquiteto, que precisa além de *saber-fazer*, *ensinar o saber-fazer*. Segundo Guilherme Carlos Lassance (2007), durante muito tempo os cursos de arquitetura empregavam apenas arquitetos, onde o saber-fazer era o principal, senão único, pré-requisito. O professor afirma que:

As implicações para o ensino são numerosas e diversas, mas tem, em geral, relação com o desafio do que consideramos a necessária evolução do saber-fazer ao saber-dizer-para-fazer-sem-deixar-de-saber-fazer. (...) Para tanto duas condições devem ser satisfeitas, ambas diretamente relacionadas com a dinâmica argumentativa: aprimorar nossa capacidade de saber-dizer-para-fazer e promover a experiência do fazer-para-saber-dizer. (LASSANCE, 2007, p. 319-320)

Isto significa dizer que não basta aos professores obterem todos os conhecimentos que o arquiteto deve saber, mas precisam aprender a serem professores, aprender a ensinar aquilo que sabem fazer. Portanto, faz-se necessário compreender a formação do profissional arquiteto, para entender como o aluno aprende a fazer. O estudante busca entender os mistérios e recônditos do saber do arquiteto, por meio de disciplinas fragmentadas e organizadas de forma a apresentar conceitos pré-definidos e concebidos pela lógica de seus professores, que por sua vez formaram-se em outro contexto.

Os principais tratados de arquitetura discursam sobre como a teoria e a prática alicerçam os conhecimentos relacionados ao ofício do arquiteto. Porém, a profissão do arquiteto até o séc. XVII propõe um entrelaçamento entre os dois lados da mesma moeda.

Os ideais científicos surgidos nos séculos seguintes, apossaram-se da discussão primitiva e ainda atual sobre a disciplina da arquitetura ser um ofício, arte ou ciência. O utilitarismo, a racionalidade, a tecnologia e os métodos penderam para o lado da ciência, demonstrando a objetividade responsável pela criação do ambiente construído. Por outro lado, o potencial criativo, a invenção, a singularidade de cada objeto e a reflexão sobre sua produção, falavam em favor da subjetividade de uma arquitetura mais humana e artística. Ao passo que na teoria os discursos são fragmentados, a prática distancia-se daquilo que se propõe, distanciando a atividade do arquiteto da prática.

Portanto, a partir do momento em que a arquitetura deixa de ser apenas um ofício e passa a ser uma disciplina, a relação entre a teoria e a prática torna-se alvo desse debate. Enquanto a teoria está associada ao professor, com a condição de demonstrar o conhecimento ao aluno, a prática está relacionada a como se devem empregar esses conhecimentos pelos alunos.

Esse modelo de ensino, cuja base é relação mestre-aprendiz, enfatizava a arquitetura como uma atividade manual e refletia o entendimento da teoria como um conhecimento estável, posto à disposição do arquiteto sob a forma de princípios de composição. (MIRANDA, 2007)

Pontos cruciais na formalização do ensino de arquitetura são a *Académie Royale d'Architecture*, fundada em 1671, e a *École Royale des Beaux-Arts*, em 1819. A primeira com o intuito de institucionalizar a disciplina e tornar o arquiteto, um intelectual e artista. A segunda acrescentou aos apelos teóricos da primeira, conceitos metodológicos e instrumentais (MIRANDA, 2007). Ambas centralizadas na teoria, não ensinavam questões fundamentais como as habilidades e conhecimentos necessários para o *desenho e prática de projeto*.

Em 1919, surgiu na Alemanha, a *Escola Bauhaus*, como uma forma de renovar o ensino através de novas relações entre a *teoria* e a *prática*.

Com a perda da autoridade dos cânones clássicos da tradição, vemos no projeto pedagógico da Bauhaus uma tentativa de reconstruir uma base referencial universal para a arquitetura a partir da ciência moderna, que influi sobre três âmbitos de formulações teóricas: construção, processo de projeto e teoria da forma (MIRANDA, 2007).

A base científica, atrelada a princípios modernistas, revela alguns dogmas formais e conceituais somados a novos métodos teóricos, experimentações instrumentais e formais que apesar de ter sido breve, tornou-se referência no ensino de arquitetura. Somadas aos conceitos da formalização iniciada pela *Beaux-Arts* e a partir desta subdivisão sugerida na *Bauhaus*, os cursos de arquitetura seguem estes princípios citados por Mahfuz (2003):

Vistas do ponto de vista do ensino de projeto, teoria, história e crítica se confundem ao desempenhar praticamente o mesmo papel: o de fornecer parte do conhecimento necessário à prática de projeto (a outra parte se adquire no próprio fazer). A rigor, teoria, história e crítica são parte integrante do processo projetual. Além de não serem neutras, todas são dimensões importantes da atividade arquitetônica. (MAHFUZ, 2003)



### 3. Sobre as características do ensino

As disciplinas teóricas, técnicas e humanas que formatam o curso complementam o ensino do atelier, no sentido de fornecer conhecimento para ser aplicado na elaboração do projeto. A (re)união dos conhecimentos aplicados nos cursos de arquitetura, embora de forma fragmentada, apresentam um amplo panorama sobre as questões complexas na qual estão envolvidas a prática do arquiteto.

Nesse sentido o aluno é orientado a aplicar aquilo que aprendeu e aprende simultaneamente, de forma a *aprender fazendo*, de forma a explorar seu repertório, sua experiência e aprimorá-la com o auxílio do professor.

Esse aprendizado faz-se por um meio plural, em que o aluno precisa construir um projeto pessoal de aprendizagem. Sendo assim, acredita-se que a disciplina Projeto, que de nenhuma forma é neutra e despreziosa, deve cumprir um papel na formação de futuros arquitetos, visando não apenas o uso do instrumento, mas, realmente, instrumentando o aluno para situações correlacionadas ao seu aprendizado, convergindo energias (ARSENIC, LONGO, & BORGES, 2011)

Torna-se essencial que as disciplinas atendam a todas as demandas relativas a profissão do arquiteto, de forma a permitir que no atelier os alunos desenvolvam as habilidades e conhecimentos aprendidos para que possam ser aplicados corretamente. Para isso é necessário que o papel do orientador, possibilite o enfrentamento dos problemas surgidos da prática e da vida profissional. Donald Schön afirma, parafraseando os ensinamentos de John Dewey, que “ao estudante não se pode *ensinar* o que ele precisa saber, mas se pode *instruir*.” (SCHÖN, 2000)

E tal afirmação nos leva a grande discussão por trás do ensino de arquitetura. Pode o professor ensinar aquilo que o aluno precisa saber? Ou o aluno aprende aquilo que lhe parece mais importante ou necessário? O professor Edson Mahfuz (2004) afirma sobre essa questão:

Se o projeto não pode ser ensinado, como dizem muitos, certamente pode ser aprendido. Esse aprendizado se dá na própria prática de projetos, pela repetição de um procedimento e pelo acúmulo de conhecimentos que acarreta. A transmissão de conhecimentos arquitetônicos se dá também por exemplo, seja apresentando e discutindo projetos do próprio professor, seja pelo estudo de arquiteturas exemplares. (MAHFUZ, 2004)

Para enfatizar essa questão, Donald Schön (2000) apresentou uma contradição entre o ensinar e o aprender:

Mesmo que os instrutores pudessem produzir boas descrições, claras e estimulantes do processo de design, os estudantes, com seus sistemas de compreensão muito diferentes, provavelmente as considerariam confusas e misteriosas. (SCHÖN, 2000)

É necessário criar condições para elaborar um *problema de projeto* tal qual seria no *mundo real*. Soma-se ao repertório do aluno, a utilização de terrenos, temas, programa de necessidades pré-estabelecidos, orientados a solução de problemas, de forma a fornecer uma experiência prática que se assemelha ao cotidiano do arquiteto. Permite que ele reflita na ação sobre as questões relevantes a prática do projeto. Segundo Schön (2000):

A reflexão gera o experimento imediato. Pensamos um pouco e experimentamos novas ações com o objetivo de explorar os fenômenos recém-observados, testar nossas compreensões experimentais acerca deles, ou afirmar as ações que tenhamos inventado para mudar as coisas para melhor (SCHÖN, 2000).

Soma-se a estas características a elaboração de um método de ensino, ou uma forma específica de ensinar aquilo que o aluno deve aprender. Normalmente esta metodologia está relacionada aos

procedimentos didáticos, tais como, etapas de apresentação, elementos mínimos de entrega, avaliações. Quanto aos meios de representação, assemelha-se as questões relacionadas a diversas disciplinas do curso. Não é função do professor ensinar os alunos *como* desenhar, mas *o que* desenhar. Nos ateliers iniciais, a representação gráfica é exclusivamente feita com a utilização de croquis e desenhos técnicos a lápis e nanquim. Nos intermediários, os alunos passam a utilizar o computador, com o auxílio de softwares de representação gráfica, normalmente para desenvolver os projetos, e apresentá-los. Nos ateliers mais próximos ao final do curso, os alunos tendem a utilizar de forma híbrida os dois meios: *analógico e digital*, escolhendo o que lhe parece mais viável, dependendo da situação de projeto, e não há por parte dos professores nenhuma restrição a utilização ou não de uma ou outra ferramenta. Desde que os elementos sejam corretamente representados.

Cabe ao professor orientar o aluno sobre qual a melhor forma de utilizar cada meio de representação. Orientar ao aluno sobre qual situação cada meio de representação se faz mais efetivo, de acordo com cada etapa do projeto.

### 3. Sobre o saber do professor-arquiteto

É relevante entender o que é necessário ao professor *saber* para poder *ensinar*? Não é suficiente ser apenas arquiteto. É necessário ser professor na sua essência, *saber ensinar*. Mahfuz esclarece esta questão:

nenhum processo de aprendizagem nas áreas que envolvem criatividade é possível se o professor não possuir e souber apresentar uma visão clara, precisa e abrangente sobre a sua disciplina. Por isso, de muitos modos o ensino se confunde com a prática, e o conteúdo didático de qualquer professor só pode estar vinculado ao modo em que projeta e vê a arquitetura. (MAHFUZ, 2004)

Esta afirmação ajuda a entender que o professor-arquiteto precisa dominar seu conhecimento, e também possuir o saber docente para transmitir seus conhecimentos. Em pesquisa realizada para entender o que o professor de fato precisa saber para ensinar, os autores concluem que o conhecimento deve ser abrangente, além de ser totalmente relacionado ao seu repertório:

A análise dos dados obtidos sugere que os saberes utilizados pelos professores em sua prática são, na verdade, um saber plural (Tardif e outros 1991:218). Esses saberes, segundo os professores, correspondem a “um patamar mais ou menos estável, composto pelas habilidades do professor, sua visão de mundo, sua vida fora da universidade” (professor F) e “sua postura político-ideológica” (professor C) (ISOLDI & CUNHA, 2007, p. 137).

De fato, os saberes necessários para o professor-arquiteto caracterizam-se por um saber plural, onde os principais pontos estão relacionados ao comportamento, as atitudes e a experiência: a) saberes de formação profissional docente; b) saberes decorrentes da aproximação do campo de conhecimento da educação; c) saberes das disciplinas; d) saberes da experiência. Este último contempla ainda as seguintes características: I) a postura do professor; II) a relação com os alunos; III) o trabalho em sala de aula; IV) a profissão de professor; V) os saberes próprios da profissão do arquiteto (ISOLDI & CUNHA, 2007, p. 138).

O aluno na condição de aprendiz, aprende de forma fragmentada, a teoria, a história e a prática. Enquanto conhece os princípios da arquitetura moderna, calcula o aço do concreto armado, visualiza formas geométricas em diversos planos de projeção, e desenvolve projetos onde os conhecimentos anteriores devem ser empregados. O aluno aprende sobre arquitetura para aprender a fazer arquitetura.

A maior dificuldade para o aluno é entender sobre o processo de projeto, e é natural uma vez que não possui as habilidades necessárias para realizar a ação, quanto mais para refletir sobre ela. Por outro lado, não cabe ao professor ensinar detalhadamente o processo, pois isso seria como explicar para alguém como andar de bicicleta sem que houvesse uma bicicleta na qual ela poderia andar.

Portanto o aprendizado acontece *durante o fazer*. Enquanto o professor ensina a projetar, habilidades específicas desta ação, o aluno vai descobrindo por si próprio como fazer. Quando Schön esta referindo-se a análise dos diálogos entre professor-aluno, afirma:

A estudante descobre que se espera que ela aprenda, através do fazer, tanto o que é o processo de projeto quanto como desenvolvê-lo (SCHÖN, 2000, p. 73).

#### 4. Sobre a computação gráfica no processo de projeto

A fim de estabelecer uma relação com as questões relacionadas ao ensino de arquitetura, é necessário observar como a computação gráfica se inseriu no processo de projeto em arquitetura ao longo dos anos, e foi se tornando parte indissociável do processo, principalmente quando relacionada ao desenvolvimento e apresentação do projeto de arquitetura.

Este estudo não pretende concluir, de maneira alguma, que o uso da computação gráfica produz projetos melhores, até porque seria um equívoco afirmar isto de forma cega e empírica. Por outro lado, levanta-se a hipótese de que as interferências dos recursos computacionais produzam projetos com características distintas, com possibilidades diversas e oriente decisões de projeto e soluções de problemas de naturezas diferentes. Faz-se necessário identificar quais são estas características e possibilidades, e como estas decisões podem influenciar o processo.

Até o momento percebe-se que a utilização dos recursos computacionais está fortemente presente no atelier de projeto e que é parte incontestável do processo. Uma boa solução arquitetônica necessita de ferramentas para sua representação. Um conceito bem elaborado e convincente geralmente obtém bons resultados práticos. Um croqui simples e rápido representa o resultado final com grande facilidade. Porém para que a arquitetura saia do papel e cumpra sua função, se faz necessária uma representação gráfica completa, clara e concisa. Para entender o papel da computação gráfica na arquitetura, é necessário analisar como se tornou elemento cotidiano para arquitetos, foi inserida nos currículos dos cursos e está presente nos ateliers de projeto, nos cursos de graduação em arquitetura.

O computador, como o conhecemos, não foi concebido para reproduzir imagens, ou produzir ideias. Foi inicialmente criado para possibilitar a realização de cálculos complexos, e gradativamente seus recursos foram ampliados, conforme as necessidades dos usuários. Reproduzir linhas ortogonais no computador através de comandos pré-determinados, com grande precisão, possibilitou aos projetistas aumentar a produtividade e produzir desenhos mais detalhados em menos tempo. É preciso ressaltar que a possibilidade de desenhar no computador, não trouxe nenhum benefício imediato em relação a *qualidade* dos projetos. O surgimento do CAD (*Computer Aided Drawing* ou *Desenho Assistido por Computador*) na década de 60, trouxe um novo significado para a representação gráfica do design industrial, e posteriormente para a arquitetura.

A tecnologia CAD surgiu com o intuito de se tornar uma ferramenta que auxiliasse os profissionais responsáveis pela criação de projetos nas áreas de mecânica, engenharia, arquitetura, automobilística, e principalmente espacial. Aos poucos substituiu o processo de representação gráfica manual pelo



digital, devido ao grande interesse da indústria por produtividade, e possibilitou a criação de projetos com mais agilidade e com maior detalhamento, facilitando assim sua execução. A partir do avanço desta tecnologia, que passou a ser utilizada como uma prancheta eletrônica, é possível afirmar que essa transição da representação gráfica manual para digital está definitivamente concluída. Mesmo aqueles remanescentes e saudosistas limitam-se aos esboços iniciais a grafite e utilizam mão de obra especializada para documentar os projetos digitalmente.

Certamente existiu uma mudança significativa na forma de representar há mais de 3 décadas. Mas definitivamente os processos de projeto permaneceram com seus traços fortes e praticamente inalterados. Levou algum tempo para que esse avanço tecnológico chegasse ao Brasil, particularmente, aos escritórios de arquitetura. O alto custo dos computadores e dos softwares, no início dos anos 80, e a resistência pela aplicação de novos métodos tornaram lento esse processo. A partir da década de 90, com a popularização dos computadores pessoais de mesa (*desktops*) e portáteis (*laptops* e *notebooks*), e a crescente busca pela agilidade na criação, desenvolvimento e, principalmente, na revisão dos projetos arquitetônicos houve uma mudança significativa na forma de representar o projeto arquitetônico. Em um processo lento e gradual, os escritórios de arquitetura passaram a deixar de lado ou substituir as pranchetas, os tubos de nanquim e os rolos de papel vegetal, por computadores equipados com softwares CAD. O CAD passou a ser adotado pela grande maioria dos escritórios de arquitetura, proporcionando a execução de um número maior de trabalho, e automatizando a produção de projetos.

Esse período de transição se estendeu até os anos 2000, época em que o uso do CAD deixou de ser uma novidade e tornou-se uma realidade vivenciada pela grande maioria dos profissionais. De fato, aqueles mais resistentes e conservadores perderam espaço no mercado de trabalho. Embora seja impossível precisar em que momento isso aconteceu, por falta de dados que demonstrem essa situação, é perfeitamente possível afirmar que no início do século XXI, aqueles que ainda não haviam se adaptado a nova realidade por falta de interesse, dinheiro ou pura teimosia, foram forçados pelo mercado a aprenderem e implantarem esta tecnologia em seus escritórios.

Outro motivo significativo que caracteriza a resistência a essa nova tecnologia foi a perspectiva de uma mudança de comportamento dos arquitetos nos processos de criação e desenvolvimento de projetos. Apesar da agilidade na produção de desenhos, o desenho técnico ganhou um grande aliado em outro aspecto fundamental, a *edição* dos desenhos. As ferramentas de edição possibilitaram resolver problemas pontuais de forma rápida e efetiva. Pequenas alterações poderiam ser feitas em minutos, sem haver necessidade de redesenho.

Comparando a um traço de nanquim que, uma vez concluído, não permitia modificação, uma linha desenhada no CAD pode ser movida, cortada, colorida, ampliada ou reduzida com grande facilidade. Um erro cometido ao finalizar uma planta feita a nanquim, inutilizava todo o desenho, e não havia outra alternativa a não ser jogar fora, e reiniciar o trabalho. Com o CAD bastava corrigir o erro pontual, e finalizar o trabalho sem correr o risco de perder o resto.

A busca por melhores processos produtivos sempre motivou o ser humano a produzir novas formas de encontrar soluções para problemas recorrentes. Neste sentido, o CAD para arquitetura produziu uma revolução na forma de representar os projetos, e na documentação do objeto arquitetônico. A correção de erros tornou-se mais rápida e eficiente. Paradoxalmente, resultou em um aumento quantitativo de erros, já que o processo de produção arquitetônica se tornou ao longo dos anos automatizado e repetitivo. Isso ocasionou um grande número de horas de trabalho, exclusivos para compatibilização de



projetos e eliminação de erros. Consequentemente trouxe uma série de prejuízos para os profissionais e os escritórios de arquitetura: problemas com prazos, custos operacionais, funcionários desmotivados e insatisfeitos, e clientes impacientes e furiosos.

De qualquer maneira o computador tornou-se um importante suporte de representação gráfica para os arquitetos, em especial nas etapas de desenvolvimento e apresentação final. Considerando a utilização da computação gráfica como um instrumento para representação de projetos de arquitetura, e que de maneira geral os sistemas CAD teriam a intenção de substituir o desenho técnico manual, muitos profissionais resistiram bravamente a esta mudança, considerando diversos fatores, entre eles, o alto custo de implementação, a resiliência a novidades, e a aparente *rigidez* do desenho feito no computador. Não se pode afirmar com precisão quando essa mudança do desenho analógico para o digital ocorreu, nem quanto tempo durou essa transição. Dado a diversidade e aos contrastes deste país, é possível acreditar que essa transição ainda ocorre em alguns lugares, e em outros talvez não tenha começado. Mas de fato, o computador é uma presença importante em escritórios de arquitetura.

Se o projetista adotar um determinado software de desenho - o chamado CAD - para auxiliar sua criação, mas restringir seu universo de soluções formais àquelas que o programa tiver recursos para gerar, ou apenas àquelas que souberem nele produzir, certamente estará limitando suas possibilidades projetuais (BASSALO, 1995).

A partir de novas possibilidades trazidas pelo computador, como os modelos geométricos 3D, surgiram grandes desconfiças em relação a produção de perspectivas, maquetes eletrônicas de estudo e apresentação, que poderiam perfeitamente substituir as aquarelas e perspectivas detalhadas feitas à mão livre.

Enquanto essas questões são discutidas por arquitetos e críticos de arquitetura, novos softwares surgem, trazendo possibilidades que excederam as limitações do desenho em 2 e 3 dimensões. Passeios virtuais, imagens foto-realísticas, simulações ambientais e técnicas ampliaram o leque de utilização dos recursos computacionais em arquitetura, que pode auxiliar inclusive no processo de concepção, segundo Florio (2012):

Durante o processo de projeto o arquiteto depende fundamentalmente do pensamento visual. (...) Como em arquitetura o raciocínio opera predominantemente pela visão e pela imaginação ("ver" com o cérebro), o processo intuitivo é ativado a partir da visualização e produção de imagens. Assim quanto mais visual e concreto for o meio de expressar o problema, mais fácil será seu desenvolvimento, sua visualização e compreensão de sua solução (FLORIO, 2012, p. 4).

Isso revela uma importante questão a ser abordada, que consiste em uma das maiores resistências a utilização de recursos computacionais, seria o fato de o computador inibir a *criatividade* do arquiteto, uma vez que aquilo que pode ser gerado em determinado software está fadado aos recursos e possibilidades permitidos por ele, que são geralmente, limitados. Em comparação com o croqui de concepção, a criação não possui limites, a não ser a própria limitação do arquiteto, em relação a suas próprias habilidades e repertório. Quanto a essas novas possibilidades de criação e produção arquitetônica, os recursos computacionais evoluíram no sentido de orientar o arquiteto na produção de soluções formais inusitadas e complexas. A modelagem paramétrica proporciona opções quase ilimitadas para profissionais que procuram utilizar a computação gráfica além da representação arquitetônica.

O conceito de parametrização é parte importante do BIM (*Building Information Modeling* ou *Modelagem de Informações da Construção*) que além de introduzir um sistema onde as partes da construção são modeladas individualmente, de forma a criar um *Modelo Virtual do Edifício*, de onde o arquiteto extrai as informações em 2d, que serão utilizadas para representar o edifício, integra as disciplinas, gera planilhas de quantitativos e auxilia na resolução de conflitos de projeto.

Portanto, se a computação gráfica possui potencial para ir além de uma simples *prancheta eletrônica*, e ser um importante aliado não apenas na representação e desenvolvimento de projetos, mas também na concepção e avaliação de projetos, é possível afirmar que a computação gráfica, seja através do CAD, BIM ou softwares paramétricos, é parte indissociável do processo de projeto em arquitetura.

## 5. Sobre a computação gráfica no ensino de arquitetura

Considerando o fato de que o computador faz parte do cotidiano dos arquitetos, e que o ensino de arquitetura está em constante evolução, percebe-se a inserção de computadores nos cursos, e com essa demanda a necessidade da atualização dos professores mediante esta questão, além da adaptação dos espaços destinados ao ensino de arquitetura. Sobre essa questão diversos pesquisadores afirmam que:

A inserção dos computadores nos ateliês de Projeto causou grandes transformações nos cursos, exigindo ainda mais dos ambientes, professores, disciplinas e alunos; porém, resultou em situações heterogêneas nas diversas escolas, cujo alto custo restringiu a difusão e a atualização dessas ferramentas (ARAÚJO e ROSSI, 2005; RUFINO e VELOSO, 2005; VINCENT, 2004; In:(ARSENIC, LONGO, & BORGES, 2011, p. 58).

Estas situações diversificadas nas universidades brasileiras acontecem essencialmente pelos seguintes motivos: a) alto custo de implantação; b) falta de capacitação de professores; c) resistência as tecnologias.

Segundo Bassalo (1995) inúmeras são as questões a serem analisadas relacionadas a esse processo de *informatização*:

Tal qual ocorre em qualquer inovação, a informatização da concepção dos espaços trouxe consigo um sem número de “mitos”, alguns verdadeiros outros não, os quais têm contribuído para aquecer a discussão sobre essa nova face do procedimento projetual, dentro e fora da comunidade dos arquitetos. Vistos os diversos aspectos dos debates, alguns deles levantam questões que colocam em dúvida a validade daquela nova maneira de conduta, chegando até mesmo a apontar consequências supostamente nefastas (BASSALO, 1995).

Diante da inevitável mudança do atelier, onde os computadores são presença viva e atual, e numa sociedade tecnológica, onde as crianças tendem a aprender a utilizar recursos computacionais, antes mesmo de aprender a ler e escrever, o ensino de projeto passa por uma forte mudança principalmente no que se diz respeito ao diálogo professor-aluno. Sobre a interação *professor-aluno-computador* Cross (1985):

Afirma ainda que as diferenças entre estilos cognitivos que podem haver entre alunos e professores, projetistas e estratégias de projeto, pessoas e computadores, podem dificultar a busca por esses objetivos. Estes problemas poderiam ser resolvidos, se os sistemas CAD possuíssem algumas regras fundamentais e positivas no ensino de projeto (CROSS, 1985).

O aluno traz consigo o conhecimento específico da utilização do computador, porém isto não lhe dá vantagem alguma no contexto do ensino-aprendizagem de arquitetura. A disciplina de *Informática Aplicada* ou *Computação Gráfica*, onde de fato eles aprenderão a utilizar os recursos computacionais com

fins específicos de projetar, somam-se a todas as outras disciplinas que formam a base do conhecimento que formará o profissional arquiteto. Sendo assim, o professor-arquiteto não terá que se preocupar com ensinar a utilizar os recursos, e sim, poderá manter-se ocupado na tarefa de ensinar projeto.

Porém, a correta utilização dos recursos digitais, em detrimento dos recursos analógicos devem ser orientadas pelo professor a fim de criar condições de que o aluno possa desenvolver as habilidades específicas para cada etapa do projeto, utilizando os recursos mais adequados e de forma coerente.

## 6. Sobre o ensino de computação gráfica no RS

A fim de identificar as características do ensino de computação gráfica em arquitetura no estado do Rio Grande do Sul, foi realizado um levantamento das universidades que possuem o curso de graduação em arquitetura e urbanismo no RS, observando principalmente como a computação gráfica está inserida nos currículos.

Tabela 1 - Relação de Universidades Públicas e privadas que possuem Graduação em Arquitetura e Urbanismo no Rio Grande do Sul, reconhecida pelo MEC.

	Instituição de Ensino Superior	Tipo	Ato Regulatório
Porto Alegre			
1	UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Pública	1952
2	UNIRITTER - Universidade Ritter dos Reis	Privada	1976
3	PUCRS - Pontifícia Universidade Católica	Privada	1996
4	UNIFIN - Faculdade São Francisco de Assis	Privada	2003
5	IPA - Centro Universitário Metodista	Privada	2006
Região Metropolitana e Vale dos Sinos			
6	UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos - São Leopoldo	Privada	1971
7	ULBRA - Universidade Luterana do Brasil - Canoas	Privada	1976
8	FEEVALE - Universidade Feevale - Novo Hamburgo	Privada	2000
Serra			
9	UCS - Universidade de Caxias do Sul	Privada	1996
10	FSG - Faculdade da Serra Gaúcha - Caxias do Sul	Privada	1999
11	FIEC - Caxias do Sul	Privada	2002
Região Sul			
12	UFPEL - Universidade Federal de Pelotas	Pública	1976
13	URCAMP - Universidade da Região da Campanha - Bagé	Privada	1994
14	UCPEL - Universidade Católica de Pelotas	Privada	1999
Região Central			
15	UFSM - Universidade Federal de Santa Maria	Pública	1993
16	UNISC - Universidade de Santa Cruz	Privada	1998
17	ULBRA - Universidade Luterana do Brasil - Santa Maria	Privada	2002
18	UNIFRA - Centro Universitário Franciscano - Santa Maria	Privada	2003
19	UNIVATES - Centro Universitário Univates - Lajeado	Privada	2005
Região Norte			
20	UNICRUZ - Universidade de Cruz Alta	Privada	1996
21	UIBRA - Universidade Luterana do Brasil - Torres	Privada	1998
22	URI - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - Santo Angelo/Santiago/Frederico Westphalen	Pública	2001
23	UPF - Universidade de Passo Fundo	Privada	2004
24	IMED - Faculdade Meridional - Passo Fundo	Privada	2009
25	UFFS - Universidade Federal da Fronteira Sul - Erechim	Pública	2010

Fonte: Dos autores.

A Tabela 1 apresenta que no estado do Rio Grande do Sul, existem mais de 25 escolas de arquitetura e urbanismo, sendo destas quatro públicas e 21 privadas. A tabela organizou as Universidades por região, e mostra que a região Norte do estado possui maior número de cursos, porém o mais antigo destes foi criado em 1996. Isto demonstra pouco tempo de maturação e a abertura de novos cursos nos últimos 10 anos. Entre os cursos mais antigos destacamos os cursos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, criado em 1952, e da Universidade Federal de Pelotas, de 1976, ambas públicas. Entre as instituições privadas, o curso mais longo é o da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, de 1971.



Tabela 2 - Relação das disciplinas de Computação Gráfica nos cursos de Graduação em Arquitetura nas principais universidades do Rio Grande do Sul

Disciplinas de Computação Gráfica Aplicada nos Cursos de Arquitetura do RS						
		Créditos/Carga Horária	Semestre	Nome da Disciplina	Créditos/Carga Horária	Pré-Requisitos
1	UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul	276/4500	2º	Informática Aplicada à Arquitetura I	3/45hs	Introdução ao Projeto Arquitetônico I / Geometria Descritiva Aplicada à Arquitetura / Técnicas de Representação Arquitetônica
			3º	Informática Aplicada à Arquitetura II	3/45hs	Introdução ao Projeto Arquitetônico I / Informática Aplicada à Arquitetura I
				Disciplinas Eletivas UFRGS * (6)		
2	UNIRITTER - Universidade Ritter dos Reis	254/4.026	1º	Computação Gráfica Aplicada à Arquitetura I	3/57hs	Não tem
			2º	Computação Gráfica Aplicada à Arquitetura II	3/57hs	Computação Gráfica Aplicada à Arquitetura I
				Disciplinas Eletivas UNIRITTER * (1)		
3	PUCRS - Pontifícia Universidade Católica	255/3.825	3º	Expressão e Representação IV	3/45hs	Expressão e Representação III
			4º	Expressão e Representação V	3/45hs	Expressão e Representação IV
			5º	Expressão e Representação VI	3/45hs	Expressão e Representação V
6	UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos - São Leopoldo		2º	Arquitetura e Computação Gráfica	4/60hs	
7	ULBRA - Universidade Luterana do Brasil - Canoas	226/3.876	3º	Computação Gráfica I	4/60hs	Não tem
9	UCS - Universidade de Caxias do Sul	240/4.050	2º	Representação Gráfica IV	4/60hs	Representação Gráfica III
			3º	Representação Gráfica V	4/60hs	Representação Gráfica IV
			4º	Representação Gráfica VI	4/60hs	Representação Gráfica V
12	UFPEL - Universidade Federal de Pelotas	4.810	3º	Informática Aplicada ao Projeto de Arquitetura e Urb. I	51hs	Não tem
			4º	Informática Aplicada ao Projeto de Arquitetura e Urb. II	34hs	Informática Aplicada ao Projeto de Arquitetura e Urbanismo I
15	UFSM - Universidade Federal de Santa Maria	4.600	6º	Desenho Digital para Arquitetura e Urbanismo I	2/60hs	Não tem
			7º	Desenho Digital para Arquitetura e Urbanismo II	2/60hs	Desenho Digital para Arquitetura e Urbanismo I
23	UPF - Universidade de Passo Fundo	200/4.200	2º	Informática Aplicada à Arquitetura I	2/30hs	Não tem
			4º	Informática Aplicada à Arquitetura II	4/60hs	Informática Aplicada à Arquitetura I
			10º	Informática Aplicada à Arquitetura III	2/30hs	Informática Aplicada à Arquitetura II

Fonte: Dos autores.

A Tabela 2 apresenta os 9 (nove) principais cursos de arquitetura do Rio Grande do Sul, selecionados de acordo com as notas de avaliação do MEC, e lista as disciplinas relacionadas ao ensino de *Informática Aplicada* ou *Computação Gráfica* de cada um destes cursos. Embora este estudo não esteja interessado propriamente em entender como acontece o ensino destas disciplinas, passa por esta análise a constatação de que o ensino de computação gráfica está fortemente presente na formação de jovens arquitetos e urbanistas.

Porém é correto afirmar, considerando o saber fragmentado na qual a formatação dos cursos de arquitetura se apresenta, relacionados a quantidade de horas (ou créditos) cada curso possui, que o ensino de computação gráfica é incipiente, uma vez que correspondem a no máximo três disciplinas por curso, de uma média geral de 60. Isto representa 5% do curso.

## 7. Considerações Finais

Ao relatar a importância da computação gráfica e considerando a necessidade deste aprendizado, para obtenção do produto do profissional arquiteto, constata-se a ineficácia do ensino desta disciplina no âmbito dos currículos de arquitetura e urbanismo.

Recorrentes reclamações dos professores sobre problemas com a representação, dificuldade de expressar as ideias, dificuldade de entender e visualizar o projeto espacialmente, passam por essa lacuna no ensino. Também é comum o relato de alunos frente as dificuldades encontradas nas disciplinas de projeto, relacionados aos métodos de representação e a utilização dos recursos computacionais. O professor precisa preocupar-se em ensinar o aluno a projetar, e não a como utilizar as ferramentas digitais.



Considerando estas questões, o aluno passa a buscar conhecimento extracurricular, através de cursos de formação, aulas particulares, ou autodidatismo, o que provoca uma construção de conhecimento errônea, uma vez que a orientação quanto a utilização destes recursos não parte de um profissional habilitado a proporcionar ao aluno, uma utilização correta das ferramentas.

Sugere-se a partir de então, abrir o debate para melhorias no ensino de computação gráfica do Rio Grande do Sul.

## 8. Referências

CROSS, N. Styles of learning, designing and computing. **Design Studies**, v. 06 (n. 03), p. 157-162, (1985).

FLORIO, W. ENCONTRO da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. **Notas sobre pensamento e cognição em projetos paramétricos**. Teorias e práticas na Arquitetura e na Cidade Contemporâneas, Natal, (2012).

GOLDSCHMIDT, G. Interpretation: it's role in architectural design. **Design Studies**, v. 9, n. 4, pp. 235-245, (1988).

GOLDSCHMIDT, G. The Dialectics of Sketching. **CreativityResearchJournal**, 4 (2), pp. 123-143, (1992).

ISOLDI, R., & CUNHA, M. **A prática do ensino de projeto e a construção dos saberes do professor arquiteto**. In: P. A. Cristiane Rose Duarte, O lugar do projeto no ensino e na pesquisa em arquitetura e urbanismo. Rio de Janeiro: Contracapa, (2007).

KOWALTOWSKI, D. C., MOREIRA, D., PETRECHE, J., & FABRICIO, M. **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. (O. d. Textos, Ed.) São Paulo: SP, (2011).

LAWSON, B. **Como arquitetos e designers pensam**. São Paulo: Oficina de Textos, (2011).

MAHFUZ, E. d. Teoria, história e crítica, e a prática de projeto. **Arquitextos** , n. 042.05, (nov. de 2003).

MARTINEZ, A. C. (2000). **Ensaio sobre o projeto**. Brasília: Universidade de Brasília.

MIRANDA, J. T. **A relação entre teoria e prática na arquitetura e seu ensino: teoria reflexiva e projeto experimental**. In: C. DUARTE, P. RHEINGANTZ, G. AZEVEDO, & L. (. BRONSTEIN, O lugar do projeto no ensino e na pesquisa em arquitetura e urbanismo (p. 536). Rio de Janeiro: Contracapa, (2007)..

OXMAN, R. Refinement and adaptation in design cognition. **Design Studies**, v.13 (n.02), pp. pg.117-134, (1992).

RITTEL, H. Some Principle for the design of an educational system for design. **Journal of Architectural Education**, v. 25, pp. p.16-27, (1971).

SCHÖN, D. **Educando o profissional reflexivo**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

# CIENTISTA APRENDIZ: A EXPERIÊNCIA DIDÁTICA ENTRE OS CURSOS DE ENGENHARIA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO FRANCISCANO E AS ESCOLAS DE ENSINO MÉDIO DA REGIÃO DE SANTA MARIA

Tiago Moreno Volkmer<sup>1</sup>, Luiz Fernando Rodriguez Junior<sup>2</sup>, Rodrigo Fernando Salazar<sup>3</sup>, Alexandre Swarowsky<sup>4</sup>, Anderson Elwangler<sup>5</sup>, Solange Fagan<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Engenharia de Materiais, Centro Universitário Franciscano

<sup>2</sup>Engenharia Biomédica, Centro Universitário Franciscano

<sup>3</sup>Engenharia Química, Centro Universitário Franciscano

<sup>4</sup>Engenharia Ambiental & Sanitária, Centro Universitário Franciscano

<sup>5</sup>Física Médica, Centro Universitário Franciscano

**Resumo:** O Cientista Aprendiz (CA) é um projeto com estudantes de ensino médio que tem como objetivo proporcionar a alfabetização científica e tecnológica por meio da vivência destes em diversas atividades no Centro Universitário Franciscano, através de ações de divulgação e vivência de ciência, tecnologia e inovação com ênfase nos cursos de Computação, Física Médica e Engenharias. As atividades são organizadas por estudantes dos respectivos cursos de graduação em disciplinas de metodologia científica e disciplinas experimentais e incentivadas por pesquisadores. Esta pesquisa está relacionada a temas inovadores como ciências ambientais, nanociências, engenharia clínica, entre outras. A aplicação de um formulário mostra que o programa vem sendo eficiente para divulgar os cursos de engenharia nas escolas, visto que muitos não tinham conhecimento que a UNIFRA possuía cursos desta área.

## 1. Introdução

Atividades experimentais participativas são incentivadas por pesquisadores de múltiplas áreas (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002; TOMIO, 2002; FAGUNDES, 2007; ROSITO, 2008) indicando resultados atrativos no que se refere ao comprometimento e envolvimento no processo de construção do conhecimento associado com estudantes e professores do Ensino Básico. A facilitação à autonomia no processo de ensino/aprendizagem e um possível interesse por temas científicos (BACHELARD,1999), mediados num processo organizado e construtivo do conhecimento científico, relacionando conceito/experimento (MORTIMER, 2000) e uma reorganização sistematizada do saber almejando conhecimentos com abrangência interdisciplinar (JAPIASSU, 1976) sinalizam uma sistemática mais eficaz na formação científica. Além disso, Santa Maria é um pólo educacional que distribui egressos do ensino médio para diversas instituições de ensino superior do Brasil, considerada a terceira cidade no Brasil que mais exporta profissionais com curso superior (dados divulgados pelo IPEA, 2013 ([www.ipea.gov.br](http://www.ipea.gov.br))). Dessa forma, torna-se essencial a integração entre ensino básico e ensino superior agregando conhecimento, autonomia e interação. A interação desses estudantes de diferentes níveis em atividades experimentais e teóricas (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002) permite a inclusão de ações permanentes e rotineiras de ciência, tecnologia e inovação. As ações de integração com escolas podem já ser observadas nas duas edições do projeto Cientista Aprendiz: 2014 <https://sites.google.com/site/unifracientistaaprendiz/> e 2015 <https://sites.google.com/site/cientistaaprendiz2015unifra/>, onde aproximadamente 300 estudantes e professores do Ensino Básico

e 100 estudantes e professores dos cursos de graduação estão diretamente envolvidos na elaboração e execução de atividades. As ações e atividades organizadas neste programa vão ao encontro do Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI, 2014) que na missão demonstra imprescindível a interlocução entre produção e socialização do conhecimento, o Centro Universitário Franciscano, alicerçado nos princípios franciscanos, tem por missão construir, sistematizar e socializar o conhecimento promovendo a formação humana e profissional de qualidade.' (PDI, 2014, p. 10). Neste mesmo documento as políticas institucionais de ensino, de pesquisa e de extensão refletem ações que devem ser direcionadas para aproximar o Ensino Superior do Ensino Básico ...'estimular a inserção de estudantes do ensino básico no ambiente universitário por meio de ações didático-científicas e socioculturais com o objetivo de proporcionar conhecimento e vivência do ambiente universitário.' (PDI, p. 21). As políticas do PDI se refletem nos Plano Pedagógicos dos Cursos de acordo com a implementação de atividades e programas de extensão.

O objetivo deste trabalho é proporcionar a alfabetização científica e tecnológica por meio da vivência e integração de estudantes do Ensino Médio com estudantes de Graduação no Centro Universitário Franciscano em atividades de Ciência, Tecnologia e Inovação com ênfase em cursos de Computação, Física Médica e Engenharias.

## 2. Metodologia

Iniciado no dia 24 de Abril de 2015, o Projeto cientista aprendiz conta com a participação de um total de 162 alunos e 13 professores de um total de 18 escolas das cidades de Santa Maria, Agudo, São João do Polesine, Ivorá, Tupaciritã, São Pedro do Sul e Faxinal do Soturno. Os encontros são realizados nos laboratórios de sete cursos da área das tecnológicas como física médica, ciências da computação/sistemas da informação, engenharia de materiais, engenharia ambiental e sanitária, engenharia biomédica e engenharia química. Os alunos foram divididos em um total de 6 grupos, cada um com o nome de um cientista famoso relacionado ao um dos cursos participantes, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Informações sobre os grupos participantes do projeto Cientista Aprendiz

Nome do Grupo	Curso responsável	Número de Participantes
Maathai	Engenharia Ambiental e Sanitária	32 alunos
Schmitt	Engenharia Biomédica	30 alunos
Little	Engenharia Química	31 alunos
Baekeland	Engenharia de Materiais	33 alunos

Fonte: Dos autores.

Ao longo de 5 meses, estão sendo realizados um total de oito encontros, nos quais cada grupo visita um dos cursos envolvidos, conforme mostrado na Figura 1, e em cada curso são realizadas três atividades, conforme descrito na Tabela 2.



Figura 1 – Dados dos encontros realizados no Cientista Aprendiz

24/04	15/05	12/06	03/07	17/07	14/08	24/08	19/09
<b>Abertura</b>	G1 – Física Médica	G2 – Física Médica	G3 – Física Médica	G4 – Física Médica	G5 – Física Médica	G6 – Física Médica	<b>Encerramento (Mostra das Profissões – Sábado)</b>
	G2 – Engenharia Química	G3 – Engenharia Química	G4 – Engenharia Química	G5 – Engenharia Química	G6 – Engenharia Química	G1 – Engenharia Química	
	G3 – Engenharia Biomédica	G4 – Engenharia Biomédica	G5 – Engenharia Biomédica	G6 – Engenharia Biomédica	G1 – Engenharia Biomédica	G2 – Engenharia Biomédica	
	G4 – Engenharia Ambiental e Sanitária	G5 – Engenharia Ambiental e Sanitária	G6 – Engenharia Ambiental e Sanitária	G1 – Engenharia Ambiental e Sanitária	G2 – Engenharia Ambiental e Sanitária	G3 – Engenharia Ambiental e Sanitária	
	G5 – Ciência da Computação /Sistemas de Informação	G6 – Ciência da Computação /Sistemas de Informação	G1 – Ciência da Computação /Sistemas de Informação	G2 – Ciência da Computação /Sistemas de Informação	G3 – Ciência da Computação /Sistemas de Informação	G4 – Ciência da Computação /Sistemas de Informação	
	G6 – Engenharia de Materiais	G1 – Engenharia de Materiais	G2 – Engenharia de Materiais	G3 – Engenharia de Materiais	G4 – Engenharia de Materiais	G5 – Engenharia de Materiais	

Fonte: Dos autores.

Tabela 2 – Atividades realizadas por curso no Cientista Aprendiz

Curso	Atividades
Engenharia Ambiental e Sanitária	Aprendendo a construir uma célula solar. Do resíduo ao caroteno. Do lodo ao copo d'água O que tem em comum filme como avatar, planeta dos macacos e atletas olímpicos.
Engenharia Biomédica	Desvendando o mundo dos equipamentos biomédicos. Do carvalho ao titânio... descubra o mundo da engenharia a serviço da vida.
Engenharia Química	Vamos abastecer um carro com azeite? Transformando vegetais em perfumes. Você sabe o que é a dureza da água? Choque térmico, um material poderia morrer de frio?
Engenharia de Materiais	Você sabe que polímero é esse? Os metais têm memória?

As atividades foram realizadas nos laboratórios de cada um dos cursos envolvidos e contou com auxílio de professores e também de alunos de cada curso, os quais são denominados de monitores e auxiliam os professores na realização das atividades supracitadas. Os alunos envolvidos receberão horas de atividades curriculares complementares (ACC) para as horas trabalhadas.

Além das atividades realizadas nos cursos nos dias citados, cada grupo tem que desenvolver um Projeto de Inovação e Sustentabilidade envolvendo o curso de graduação no qual foi selecionado. O projeto poderá ser um protótipo ou produto e será apresentado no dia 19/09 durante a Mostra das Profissões do Centro Universitário Franciscano, para tal, os grupos tiveram que buscar nos cursos de graduação problemas para serem propostos como projetos. O trabalho está sendo desenvolvido nos laboratórios de cada curso e conta com ajuda dos monitores e professores.



Para averiguar o progresso e o sucesso do evento até o momento, os quatro cursos de engenharia criaram um questionário que foi respondido pelos alunos de ensino médio componentes de cada um dos grupos das engenharias. O questionário era composto das seguintes perguntas:

- 1) Em que colégio você estuda e em que série você está?
- 2) Como você ficou sabendo do projeto cientista aprendiz? E dê uma nota de 0 a 10 para a sua motivação em participar do projeto?
- 3) Qual a imagem que você tinha do Centro Universitário Franciscano antes do cientista aprendiz? Ela se alterou após a participação no projeto?
- 4) Antes do cientista aprendiz você já conhecia algum curso de Engenharia do Centro Universitário Franciscano?
- 5) Qual curso você pretende cursar no vestibular? Ele mudou após o cientista aprendiz?
- 6) Você gostou das atividades realizadas pelos cursos de engenharia? Qual você mais gostou? Qual você menos gostou?
- 7) Você recomendaria algum dos cursos de engenharia que você visitou no projeto cientista aprendiz para um amigo?
- 8) Você virá para a Unifra dia 19 de setembro na mostra das profissões participar do estande do cientista aprendiz?

### 3. Resultados e Discussões

Os projetos escolhidos para serem desenvolvidos pelos alunos das escolas de ensino médio para serem apresentados durante o cientista aprendiz do dia 19 de Setembro de 2015 estão resumidos na Tabela 3.

Tabela 3 – Nome do projeto a ser realizado por cada um dos cursos.

Nome do Grupo	Curso responsável	Projeto
Maathai	Engenharia Ambiental e Sanitária	First Flush: Uma proposta de automatização do descarte da primeira água de chuva em cisternas.
Schmitt	Engenharia Biomédica	Sistema eletrônico para a monitoração de sons cardíacos em tempo real
Little	Engenharia Química	Possibilidades tecnológicas para o reaproveitamento de MDF
Baekeland	Engenharia de Materiais	Desenvolvimento de membranas hidrofóbicas para sistemas de microfiltração a partir da reciclagem de copos de café

Fonte: Dos autores.

Os resultados obtidos através do formulário indicam que a maioria dos alunos está cursando o 2º ano do ensino médio. A grande maioria ficou sabendo do Cientista Aprendiz através de Professores da sua escola, que realizaram a divulgação. Quanto ao grau de motivação, a média das notas ficou em torno de 8,5.

A grande maioria dos alunos não conhecia os cursos de Engenharia do Centro Universitário Franciscano. No geral, os alunos, a partir do Cientista Aprendiz se motivaram a realizar vestibular para os cursos de Engenharia do Centro Universitário Franciscano.

Dentre as atividades que os alunos mais gostaram, destacam-se atividades com polímeros e metais. Por fim, todos os alunos recomendariam os cursos de Engenharia do Centro Universitário Franciscano.

#### 4. Conclusões

As atividades do Cientista Aprendiz mostraram-se motivadoras para os alunos, principalmente no sentido de conhecer os cursos de Engenharia do Centro Universitário Franciscano. O projeto se mostrou eficiente para divulgar tanto os cursos de engenharia da UNIFRA, quanto para aumentar o interesse dos alunos em atividades científicas.

#### Referências

BACHELARD, G. A Formação do Espírito Científico. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

CIENTISTA APRENDIZ, 2014, IN: <https://sites.google.com/site/unifracientistaaprendiz/>

CIENTISTA APRENDIZ, 2015, IN: <https://sites.google.com/site/cientistaaprendiz2015unifra/>

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M.. Ensino de Ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

FAGUNDES, S. M. K. Experimentação nas Aulas de Ciências: Um Meio para a Formação da Autonomia? In: GALIAZZI, M. C. et al. Construção Curricular em Rede na Educação em Ciências: Uma Aposta de Pesquisa na Sala de Aula. Ijuí: Unijui, 2007.

FURASTÉ, Pedro A. Normas técnicas para o trabalho científico: explicitação das normas da ABNT. Porto Alegre: Brasil, 2009.

JAPIASSU, H. Interdisciplinaridade e patologia do saber. Rio de Janeiro: Imago. 1976.

MORTIMER., E. F. Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

MULHERES NA NANOCIÊNCIA, 2014. (CNPQ). IN: <https://sites.google.com/site/mulheresnanociencia/>

PLANO DE DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL 20152020 (PDI), Centro Universitário Franciscano, 2014.

PLANO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (PNE 20112020). Ministério da Educação. 2011.

ROSITO, B. A. O Ensino de Ciências e a Experimentação. In: MORAES, R. (org.). Construtivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

TOMIO, D. De corpo praticante a corpo aprendente: o professor de Ciências nos seus espaços de aprender. Itajaí: Univali, 2002.

# RECONHECIMENTO DE ESPÉCIES DE INSETOS DA FAMÍLIA CICADELLIDAE ATRAVÉS DE ALGORITMO DE APRENDIZADO DE MÁQUINA E REPRESENTAÇÃO ESPARSA

Leonardo Cechet Moro<sup>1</sup>, Cícero Zanoni<sup>1</sup>, Wilson Sampaio Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade de Caxias do Sul (UCS)

<sup>2</sup>Departamento de Biologia – Universidade de Caxias do Sul (UCS)

Alameda João dal Sasso, 800 – 95700-000 – Bento Gonçalves – RS – Brasil

{lcmoro,czanoni,wsafilho}@ucs.br

**Abstract:** This paper describes the steps for the development of an algorithm that performs the recognition of insects of the Cicadellidae family, through the use of a personal computer and a photographic camera. It demonstrates the early results that were obtained with the use of SURF features extraction and the theoretical development for the use of sparse representation and machine learning algorithms.

**Resumo:** Este artigo descreve os passos para o desenvolvimento de um algoritmo de reconhecimento de insetos da família Cicadellidae, através do uso de um computador pessoal e uma câmera fotográfica. São demonstrados os resultados preliminares com o uso de extração de características SURF e o desenvolvimento teórico para o uso de representação esparsa e de algoritmos de aprendizado de máquina.

## 1. Introdução

Reconhecimento de imagens é uma técnica que tem sido utilizada com frequência para solução dos mais diversos tipos de problemas. Recentemente, devido à demanda no reconhecimento de insetos, alguns trabalhos têm sido publicados na área [Lu *et al* 2010], [Larios *et al* 2008]. O reconhecimento de insetos pode ser amplamente aplicado na agricultura, ecologia e biologia. Uma vez que é um trabalho que requer alta *expertise*, isto é, sem experiência profissional é muito difícil realizar o reconhecimento de espécies de insetos, há uma alta demanda por algoritmos automáticos que resolvam esse problema. Nesse ínterim, nosso objetivo é desenvolver um algoritmo de visão computacional que seja capaz de identificar insetos da família *Cicadellidae* – família de cigarrinhas que afeta determinados tipos de culturas da região serrana do Rio Grande do Sul – através de uma imagem obtida a partir de uma câmera fotográfica digital (celular *smartphone*, por exemplo).

Essa aplicação é desafiadora por uma série de motivos. Apesar de cada espécie conter características próprias, que podem ser identificadas por pessoal especializado, há a possibilidade de haver confusão entre diferentes espécies devido a determinadas semelhanças. Para um leigo, por exemplo, algumas espécies são fáceis de identificar; outras podem ser desafiadoras [Larios *et al* 2008]. Além disso, há uma variabilidade na posição, tamanho e qualidade das imagens obtidas em campo. Portanto, desenvolver uma aplicação que seja imune a essas variações é um desafio de visão computacional.

Nossa proposta é utilizar um algoritmo de representação esparsa, com o uso de características SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*), a fim de realizar a classificação da espécie do inseto em um algoritmo de aprendizado de máquina.

## 2. Estado da Arte

O reconhecimento de insetos através de algoritmos de visão computacional tem sido alvo de pesquisas em todo o mundo. A necessidade se deve ao fato de que o processo de reconhecimento é altamente especializado, de modo que, na ausência de profissionais experientes, é praticamente impossível ao leigo realizar a identificação de determinadas espécies de insetos.

DAISY (*Digital Automated Identification System*) é um sistema de identificação de diversas famílias de insetos, baseado na teoria de reconhecimento facial *eigen-images* [Turk, Pentland 1991]. Uma das desvantagens do sistema é o fato de que o DAISY requer interação do usuário para captura de imagem e segmentação [Larios *et al* 2008]. Um segundo sistema conhecido é o ABIS (*Automated Bee Identification System*), cuja função é realizar a identificação de abelhas baseado em características extraídas de suas asas frontais [Larios *et al* 2008]. O SPIDA-web (*Species Identification, Automated and web accessible*) é um sistema de identificação automatizado e acessível à web, que utiliza redes neurais para classificação de espécies baseado em imagens codificadas através de wavelets [Lu *et al* 2010].

Através do uso de histograma de cores e Matriz de Co-ocorrência de Níveis de Cinza (GLCM, *Gray Level Co-Occurrence Matrix*), pesquisadores da Universidade de Zhejiang Gongshang atingiram 71,1 % de eficiência no reconhecimento de insetos da ordem *Lepidoptera* [Zhu e Zhang 2010]. A técnica consiste em primeiramente realizar a segmentação da imagem, converter a imagem de RGB (*Red-Green-Blue*) para HSV (*Hue-Saturation Level*) e então gerar os histogramas.

Baseando-se em técnicas de reconhecimento de padrão, [Lim *et al* 2006] demonstrou um sistema capaz de identificar borboletas e joaninhas. As imagens obtidas sofrem um processamento para rejeição de ruídos através do método de informações da cor. É realizada uma detecção de borda e a identificação do inseto atingiu eficiência na ordem de 90 %.

Em uma linha semelhante de pesquisa, [Yang *et al* 2010] obteve até 100 % de eficiência na identificação de oito diferentes espécies de insetos. O sistema consiste na extração de 14 diferentes características e um algoritmo de aprendizado de máquina denominado *Random Trees* (árvores aleatórias).

## 3. Algoritmo de reconhecimento

O método proposto para este trabalho se baseia em um algoritmo de aprendizado de máquina através da extração de características de um conjunto de imagens de treino para posterior identificação. O fluxograma do sistema pode ser visto na Figura 1:



Figura 1 - Fluxograma do Sistema de reconhecimento



Fonte: Dos autores.

Assim como em qualquer sistema de aprendizado de máquina, a extração das características é a etapa mais importante de todo o processo. É necessário que as características sejam devidamente extraídas e analisadas, para que o sistema funcione como esperado. Para este trabalho, será utilizado o método de representação esparsa, com uso de características SIFT e *bag of features*. Este método é demonstrado por [Lu *et al* 2010], que demonstra resultados positivos para o reconhecimento de insetos, assunto que ainda é vago na literatura.

A representação esparsa é utilizada para representar um vetor de entrada como uma combinação linear de um número pequeno de vetores base [Wright *et al* 2009] demonstrou resultados utilizando a técnica para fins de reconhecimento facial.

De acordo com [Lu *et al* 2010], para cada vetor de entrada  $x$ , pode-se obter  $C$  vetores de coeficiente  $s$ , para cada matriz base através da seguinte equação:

$$\min_{s^{(i)}} \|x - B_i s^{(i)}\|_2^2 + \lambda \|s^{(i)}\|_1, \text{ para } i=1,2,\dots,C \quad (1)$$

O fluxograma do sistema funciona basicamente da seguinte forma, segundo o algoritmo proposto por [Lu *et al* 2010]: um banco de dados é utilizado para treino e teste. Em seguida, as imagens são transformadas para escala de cinza e as características SIFT são extraídas de patches (conjuntos de pixels da imagem). Matrizes bases  $B_i$  são extraídas do conjunto de treino através das equações (2) e (3).

$$\min_{s_n^{(i)}} \|x_{n_t}^{(i)} - B_i s_{n_t}^{(i)}\|_2^2 + \lambda \|s_{n_t}^{(i)}\|_1 \quad (2)$$

$$\min_{B_i} \sum_{n_t=1}^{N_t} \|x_{n_t}^{(i)} - B_i s_{n_t}^{(i)}\|_2^2 \text{ s.t. } \|b_{i,k}\|_2 \leq c, \forall k_i=1,2,\dots,K_i \quad (3)$$

Conforme a equação (1), cada característica SIFT pode ser traduzida em vetores esparsos, que serão concatenados em um único vetor. Duas técnicas podem então ser utilizadas para concatenar os vetores de coeficiente  $C$ , a fim de representar o vetor original de entrada. A primeira delas é chamada Minimal Residual Class Specific Sparse Representation (MRCSSR). A segunda é a Sparsest Class Specific Sparse Representation (SCSSR).

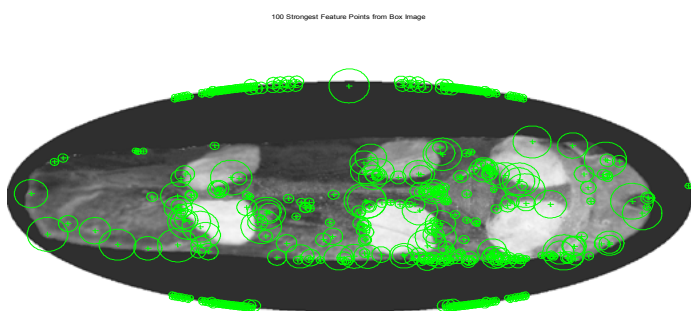
Por fim, essas características podem ser utilizadas por algoritmos de aprendizado de máquina. Esse classificador pode ser do tipo SVM (Support Vector Machine) com kernel gaussiano. Essa técnica consiste em encontrar o vetor (ou os vetores) que mais se adequa à hipótese, de modo que o algoritmo é capaz de aprender a reconhecer os padrões.

#### 4. Resultados preliminares

Os primeiros testes foram realizados no software MATLAB 2013a, utilizando um algoritmo que extrai características SURF (Speeded Up Robust Features) – parcialmente inspirado em características SIFT – de uma imagem e compara com um banco de imagens.

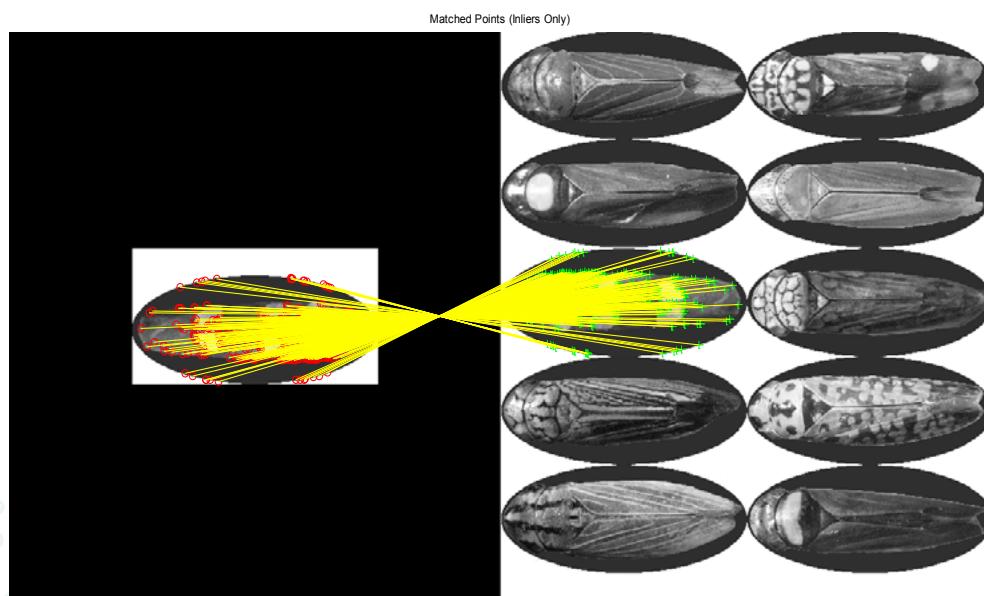
A ideia é basicamente realizar uma comparação simples entre as características extraídas. O algoritmo extrai características de um banco de dados e da imagem que se deseja identificar (inseto isolado, Figura 2). Na Figura 3, é possível visualizar o banco de dados à direita e a imagem do inseto isolado à esquerda. Observa-se que há um conjunto de linhas que compara as características entre as imagens, de modo que é possível realizar a identificação do inseto em teste. Dessa forma, o algoritmo é capaz de identificar o inseto (Figura 3) correspondente.

Figura 2 - Características SURF de inseto isolado



Fonte: Dos autores.

Figura 3 - Reconhecimento de espécime



Fonte: Dos autores.

## 5. Trabalhos Futuros

O projeto do sistema de reconhecimento está em andamento e o próximo passo é o desenvolvimento do algoritmo que extrai as características SIFT e utiliza o método de representação esparsa. Em seguida, o uso de algoritmos estado-da-arte em aprendizado de máquina, para a identificação dos insetos.

O trabalho está sendo desenvolvido em MATLAB, utilizando-se os métodos já disponíveis no software, como é o caso do SVM (*Support Vector Machine*) e da extração de características SIFT.

## 6. Conclusão

Este trabalho demonstra os passos necessários para realizar o reconhecimento de imagem de determinadas espécies de insetos da família Cicadellidae. Atualmente, tem-se utilizado a técnica de representação esparsa para o reconhecimento facial [Wright et al 2009]. Foi demonstrado por [Lu et al 2010], que é possível aplicar o método ao reconhecimento de insetos. Dessa forma, obteve-se resultados satisfatórios no reconhecimento de determinadas espécies.

Os resultados preliminares demonstram que as características SURF podem ser utilizadas para a comparação entre um espécime isolado e um banco de dados com diferentes espécies. Dessa forma, conclui-se que as características SIFT (ou, semelhantemente, SURF), em conjunto com um algoritmo de aprendizado de máquina, podem ser utilizadas para treinar um banco de dados que seja variado e extenso o suficiente.

Objetiva-se, por fim, desenvolver um sistema completo que possa realizar a identificação dos insetos, a fim de auxiliar e facilitar este tipo de trabalho para os profissionais que atuam em campo.

## Referências

Lu, A., Hou, X., Chen, X., Liu, C. (2010) Insect Species Recognition using Sparse Representation.

N. Larios, H.L. Deng, W. Zhang, M. Sarpola, J. Yuen, R. Paasch, A. Moldenke, D.A. Lytle, S.R. Correa, E.N. Mortensen, L.G. Shapiro, and T.G. Dietterich. (2008) Automated insect identification through concatenated histograms of local appearance features: feature vector generation and region detection for deformable objects. *Machine Vision and Applications*.

Turk, M.A., Pentland, A.P. (1991): Face recognition using eigenfaces. In: Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. 586–591

Wright, J., Yang, A.Y., Ganesh, A., Sastry, S., Ma, Y. (2009) Robust Face Recognition via Sparse Representation.

Lim, J. H. et al. (2006): Development of a Classification Algorithm for Butterflies and Ladybugs.

Zhu, L.Q., Zhang, Z. (2010): Auto-classification of Insect Images Based on Color Histogram and GLCM. *Seventh International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*.

Yang, H. et al. (2010): Research on Insect Identification Based on Pattern Recognition Technology.

# CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DE FONTE HIDROTÉRMICA EM UM MUNICÍPIO DO RIO GRANDE DO SUL

Anna Leticia Giacomelli<sup>1</sup>, Henrique Carlos Fensterseifer.

<sup>1</sup>Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, RS - Brasil.

**Resumo:** A vida na superfície da Terra está diretamente ligada com a presença da água em seus três estados físicos: líquido, sólido e gasoso, interligados pela ação do ciclo hidrológico. A porção de água doce no mundo é reduzida, sendo de apenas 3% da totalidade do líquido, e destes aproximadamente 30% estão localizados em subsuperfície, alojados em formações geológicas propícias, os aquíferos. Devido às características geológicas, idade da água e profundidade em que se encontra, este líquido pode apresentar peculiaridades distintas das águas encontradas em superfície passando a ser considerada mineral. Uma das formas minerais da água está relacionada a temperatura encontrada em sua fonte, podendo conferir a esta característica termal. Dessa forma o objetivo do presente trabalho é realizar uma caracterização preliminar confirmatória do fenômeno de hidrotermalismo no município de Imigrante, no Rio Grande do Sul, cuja profundidade do poço é de 234m.

**Palavras-chave:** Hidrotermalismo. Água Mineral. Água Subterrânea. Imigrante – RS.

**Abstract:** Life goes on the earth's surface is directly linked with the presence of water in its three physical states : liquid, solid and gaseous , interconnected by the action of the water cycle . The freshwater portion of the world is reduced , with only 3 % of the total liquid, and of these about 30 % are located in the subsurface , housed in favorable geological formations , aquifers . Due to the geological characteristics , water depth and age you are in , this liquid can present distinct peculiarities of water found on the surface going to be considered mineral. One of the minerals from the water forms is related to the temperature found at its source , and may confer to this thermal characteristic. Thus the objective of this study is to conduct a confirmatory preliminary characterization of hydrothermal phenomena in Immigrant municipality , in Rio Grande do Sul , whose pit depth is 234m .

**Keywords:** Hydrothermalism. Mineral water. Undergroud water. Imigrante – RS.

## 1. Introdução

O surgimento da vida no planeta só foi possível quando as primeiras gotas de água caíram sobre sua superfície, sendo esta primordial para a sobrevivência de qualquer espécie viva, seja animal, vegetal ou microbiológica, sendo a Terra o único planeta que apresenta o líquido em seus três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. (PIRES, 2008).

Estima-se que o volume total de água no planeta Terra é de 1.386 milhões de km<sup>3</sup>, onde aproximadamente 97% se encontram na forma de águas com teores altos de salinidade, com em oceanos e mares. Dos 3% restantes cerca de 68,9% estão na forma de gelo, localizados nas calotas polares, sendo de difícil utilização para fins de abastecimento de populações. Desse modo, estima-se que 29,9% da água doce disponível para consumo esteja situada em fontes subterrâneas, 0,3% em rios e lagos e 0,9% em outros reservatórios (COSTA, 2007; LIBÂNIO, 2010).

As águas subterrâneas, segundo Gonçalves e Giampá (2006), são a parcela dos recursos hídricos localizados na subsuperfície terrestre, ou seja, estão abaixo da linha da superfície, localizadas no subsolo,



que conforme Press et al. (2006) apresenta cada vez mais demanda de uso devido ao aumento da população e consumo para fins industriais e de irrigação.

Para a ocorrência de águas subterrâneas, é necessário a presença de um meio que favoreça seu acúmulo, como poros, fraturas fissuras e outros vazios na rocha. Sendo assim, um conceito básico para incidência de água na forma subterrânea é a porosidade, que segundo Press, et al. (2006, p.206) fundamenta-se na “percentagem do volume de uma rocha que consiste em poros abertos entre os grãos” que compõem a rocha.”

Dessa forma, o Código de Águas Minerais de 1945 considera águas minerais como águas de origem subterrânea ocorrendo ou não o fenômeno de artesianismo que apresentem características físico-químicas distintas das apontadas na região. Tais características podem ser vinculadas a presença de elementos químicos como bicarbonatos e sulfetos, radiação na fonte e temperatura da fonte.

Quanto as temperaturas das fontes, o Código de Águas Minerais as classifica como frias, quando a temperatura é inferior à 25°C, hipotermiais, quando estas alcançam temperatura entre 25°C e 33°C, mesotermiais, cuja temperatura ocorre entre 33°C e 36°C e hipertermiais com valores de temperatura superior à 38°C.

Conforme a APIAM (2013), alguns fatores são determinantes para ocorrer a mineralização e por consequência o termalismo da água. O primeiro fator está relacionado ao tipo de formação rochosa por onde a água percolou, devido à capacidade da água carrear elementos químicos presentes nas rochas, sendo o tempo de contato entre a água e a formação rochosa o segundo fator de importância, já que quanto maior o tempo de contato maior o grau de mineralização da água. O terceiro fator está ligado a profundidade e temperatura de ocorrência da fonte, uma vez que em grandes profundidades a temperatura tende a ser maior.

Sendo assim, segundo Fiéri (2012), as águas termiais estão armazenadas em aquíferos porosos ou fraturados há grandes profundidades datando milhares de anos, podendo ter recarga pro faturamento de águas recentes, reduzindo a temperatura da água.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Localização

A incidência hidrotermal estudada fica situada no município de Imigrante, localizado na região do Vale do Taquari, no Rio Grande do Sul, sob latitude 29°21'18" Sul e longitude 51°46'37" Oeste, conforme a Figura 1, sendo a distância de 128 km de Porto Alegre ligada pela BR 386. Os municípios que fazem divisa com cidade são: Roca Sales, Coronel Pilar, Garibaldi, Boa Vista do Sul, Westfália, Teutônia e Colinas. A população de Imigrante apurada pelo senso demográfico de 2010 do IBGE é 3.025 pessoas.

Figura 1 - Localização do Município de Imigrante, Rio Grande do Sul



Fonte: [http://wikipedia.org/wiki/Imigrante/mediaRioGrandedoSul\\_Municip\\_Imigrante](http://wikipedia.org/wiki/Imigrante/mediaRioGrandedoSul_Municip_Imigrante).

Este município se encontra sobre o Sistema Integrado Aquífero Guarani - Serra Geral, um sistema de armazenamento de água que integra rochas porosas, provenientes da Formação Botucatu, e rochas fraturadas, da Formação Serra Geral, que remete a separação do Brasil com o continente africano. (FENSTERSEIFER, *et.al.* 2013). Sendo que a profundidade do poço é de 234 metros.

Dessa forma, tais águas assemelham-se com as existentes na região do Alto Rio Uruguai entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, armazenadas no Aquífero Poroso Guarani e o Aquífero Fraturado Serra Geral, que possuem conexão armazenam águas, segundo Freitas *et.al.*(2011), com temperaturas que variam entre 30°C e 38°C. Estas águas remetem há 30.000 anos, datadas por meio de C14, e apresentam alcalinidade e salinidade, além da presença de sulfatos e cloretos. O pH destas fontes fica em torno de 7,23 e 8,79 e a condutividade elétrica variando entre 2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 4.120  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , além disso a profundidade dos poços permanece entre 200 m e 387 m.

## 2.2. Análises.

Para este estudo foram realizadas análises de temperatura e condutividade, por meio de condutímetro, após a retirada desta do poço profundo, além de análise de pH por meio de pHmetro, a fim de caracterizar preliminarmente a água subterrânea do local estudado. A metodologia utilizada para tais análises consiste na inserção do eletrodo na amostra para se efetuar a leitura.

Para coleta houve bombeamento da água, uma vez que este poço não apresenta artesianismo, tendo-se o cuidado de realizar limpeza da canalização utilizada, e armazenamento da água em frascos térmicos limpos e ambientados com a mesma. As análises apresentadas foram realizadas em loco, a fim de se evitar perda de temperatura das amostras.

Em laboratório foi realizada a medição da Demanda Bioquímica de Oxigênio, utilizando o método Oxitop, sem diluição da amostra.

### 3. Resultados e Conclusões

Com as análises de caracterização preliminar da água com possível incidência termal foram obtidos os seguintes resultados, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados de análise preliminar

Parâmetro	Resultado
Temperatura	27,5°C
Condutividade	250µS/cm
pH	7,3
DBO	4mg/L

Fonte: Dos autores.

A temperatura de 27,5 °C apresentada após a retirada da amostra da profundidade de aproximadamente 250 m, classifica a fonte como hipotermal, conforme o Código de Águas Minerais do ano de 1945, onde tais fontes apresentam temperatura variando entre 25 °C e 33 °C.

Quanto a condutividade e pH, tal líquido apresenta valores regulares se comparados a águas minerais vendidas no mercado, porém ressalta-se que a pressão ambiente interfere no resultado apresentado, uma vez que as medições não foram feitas em profundidade.

A DBO apresentada é baixa, como o esperado, uma vez que águas profundas isoladas normalmente não apresentam matéria orgânica. Tal valor apresentado pode caracterizar contaminação por meio da tubulação utilizada para o bombeamento da água ou contaminação dos frascos de coleta.

Ressalta-se que todas análises realizadas ocorreram em superfície, o que se leva a crer que os valores apresentados para temperatura, condutividade, pH e DBO sejam diferentes dos apresentados em profundidade.

Sendo assim, conclui-se preliminarmente que tal fonte apresenta características hidrotermais, porém a pesquisa apresentada apresenta resultados parcelados, uma vez que análises maiores ainda estão sendo feitas. Sugere-se em próximos trabalhos a classificação de tal fonte conforme a Resolução CONAMA 396, de acordo com o tipo de classe de água subterrânea, envolvendo parâmetros como coliformes termotolerantes, sólidos dissolvidos e nitrogênio. E além disso comparar a água desta fonte com as demais águas minerais comercializadas no sul do Brasil, a fim de se obter um panorama da comercialização deste líquido.

### Referências

Associação portuguesa dos industriais de águas minerais – APIAM. **Águas Minerais Naturais e Águas de Nascente – Livro Branco**. Portugal. 2013. Disponível em: <<http://www.apiam.pt/publicacoes/Livro-Branco-APIAM/-/47/23/175>> Acesso em: maio de 2015.



Brasil. Código de Águas Minerais. Decreto 7.841 de 1945. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/439991.pdf>> Acesso em: abril de 2015.

Costa, R.H.P.G. **Reuso da água - conceitos, teorias e práticas**. Editora Blucher. São Paulo: SP. 2007.

Fensterseifer, H.C.; Hansen, M.A.F.; Lima, J.P.R.; Eckardt, R.; Moreira, M. e Diel, F. Contribuição ao Estudo Hidrogeológico e Hidrogeoquímico do Sistema Integrado Guarani-Serra Geral, no Litoral Norte do RS, Brasil. Anais do VII Congresso Uruguayo de Geologia e I Simposio de Minería Y Desarrollo Del Cono Sur; Montivideo, 2013.

Fiéri, M.Z.; Ferreira, W.M.; Amaral, V.C. Vantagens econômicas obtidas por empreendimentos hoteleiros de caldas novas através da gestão ambiental das águas termais. Revista de Administração da UEG. v.3, n.2, p.27-42. Aparecida de Goiânia: Goiás. 2012. Disponível em: <[http://www.revista.ueg.br/index.php/revista\\_administracao/article/view/485](http://www.revista.ueg.br/index.php/revista_administracao/article/view/485)> Acesso em: maio de 2015.

Freitas, M.A.; Roisemberg, A.; Cunha, G.G. Caracterização hidrogeoquímica preliminar das fontes termais da região do Alto Rio Uruguai – RS e SC. XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica e III Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul. Gramado: RS. P. 1057 – 1060. 2011. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento\\_CGQ03T25.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_CGQ03T25.pdf)> Acesso em: maio de 2015.

Gonçalves, V. G.; Giampá, C. E. Q. **Águas subterrâneas e poços tubulares profundos**. 1ªed. Signus Editora, São Paulo: SP. 2006.

Libânio, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3ª ed. Editora Átomo. Campinas: SP. 2010.

Pires, M.J.R.G.R. **Características das Águas Sulfurosas**. Tese de Mestrado em Química Industrial. Universidade da Beira Interior. Covilhã: Portugal. 2008. Disponível em: <<https://ubithesis.ubi.pt/handle/10400.6/2841>>. Acesso em: maio de 2015.

Press, F.; Siever, R.; Grotzinger, J.; Jordan, T. **Para entender a Terra**. 4ªed. Bookman, Porto Alegre: RS. 2006.



# ANÁLISE MECANÍSTICA-EMPÍRICA DE UM PAVIMENTO DIMENSIONADO PELO MÉTODO DO DNER

Guilherme Ebani Jacques<sup>1</sup>, João Rodrigo Guerreiro Mattos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias – Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) – Rio Grande do Sul – Brasil

*guilherme.ebani@gmail.com e joaorodrigomattos@gmail.com*

**Abstract:** The method used in Brazil for pavement design is an empirical method known as “Método do DNER”. Making use of parameters like CBR value and “número N” it protects the subgrade from shear failure but does not take into account the failure due to fatigue of the asphalt mixture. In addition, this method does not look at the pavement as being a structure made of elastic layers. Given that, this paper aims to apply mecanistical-empiric concepts to analyze tensions, displacements and deflections in a pavement structure designed by the DNER method. To do so a software will be used for analysis of the structure so that the pavement can be adapted to resist to fatigue and have a better performance.

**Resumo:** O método utilizado no Brasil para o dimensionamento de pavimentos é um método empírico conhecido como “Método do DNER”. Utilizando parâmetros como o valor de ISC (CBR) e número N, ele protege o subleito contra a ruptura por cisalhamento, mas não leva em consideração a ruptura por fadiga da mistura asfáltica. Além disso, esse método não analisa o pavimento como sendo uma estrutura de camadas elásticas. Dito isso, esse trabalho procura aplicar conceitos mecanísticos-empíricos para analisar as tensões, deformações e deflexões em uma estrutura de pavimento dimensionada pelo método do DNER. Para tal, será utilizado um software para análise da estrutura para que adaptações no projeto sejam sugeridas de modo que o pavimento resista à fadiga e tenha uma melhor performance.

## 1 Introdução

Sendo o principal modal de transporte utilizado no Brasil, as rodovias públicas do país começaram a se expandir e receber investimentos logo após o término da Segunda Guerra Mundial. O principal motivo para o desenvolvimento e preferência pelo modal rodoviário foi a instalação da indústria automobilística no país e a criação do Decreto-lei nº 8.463, que trouxe à vida o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER (atualmente, chamado de Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT). Além disso, a criação da Petrobras fez com que a expansão das rodovias acontecesse em ritmo ainda mais acelerado.

O desenvolvimento perdurou até meados dos anos de 1970 quando o Fundo Rodoviário Nacional (FRN) passou por modificações e o modelo de financiamento foi extinto. Após o decreto o sistema rodoviário brasileiro passou por um processo de estagnação e perda de infraestrutura.

Como dito anteriormente, mesmo sendo o principal modal de transporte do país tanto para cargas quanto para passageiros a condição das estradas brasileiras está bastante aquém dos padrões internacionais. Os investimentos realizados não são suficientes para manter o sistema em bom estado como apontado pela Pesquisa CNT de Rodovias (Confederação Nacional do Transporte, 2014) que mostra que 62,1% da extensão analisada pelo órgão possuem algum tipo de deficiência no pavimento, na geometria da via ou na sinalização.

Não existe pavimento de qualidade sem manutenções periódicas. A falta de reparos aumenta consideravelmente o volume de afundamentos, trincas e buracos nas rodovias aumento consigo o

número de acidentes rodoviários, fruto da perda de segurança no rolamento. Entretanto, manutenções menos frequentes são feitas quando o pavimento é dimensionado de maneira satisfatória e é capaz de absorver as cargas do tráfego.

O atual modelo de dimensionamento de pavimentos flexíveis no Brasil, o método do DNER, baseia-se nos parâmetros do solo de fundação e das demais camadas para dimensionar a estrutura de modo que o subleito não venha a sofrer ruptura ou deformações permanentes, também chamadas de trilhas de roda. Entretanto, um pavimento dimensionado pelo método atual não está livre de fadiga nas camadas compostas por material rígido, fenômeno que vem sendo observado no Brasil pela Mecânica dos Pavimentos desde a década de 70 e que hoje constitui a manifestação patológica mais comum em rodovias brasileiras.

## 2 Revisão bibliográfica

### 2.1 Noção de pavimento

Pavimento é um conjunto de camadas estruturadas e compactadas com espessuras variadas arranjadas acima da superfície de terraplenagem, também conhecida por subleito. Segundo Balbo (2007), sua estrutura deve ser adequada para atender operacionalmente o tráfego de maneira durável e com custos baixos. Além disso, o pavimento deve proporcionar conforto, segurança, economia aos usuários que por ele transitam, com uma superfície plana e regular em qualquer condição climática (Bernucci et al, 2008).

Para Balbo (2007) o pavimento tem como função estrutural receber as tensões e distribuí-las de um modo que alivie as pressões sobre as camadas inferiores do pavimento que por mais que não seja uma regra geral, tendem a ser geralmente mais fracas. Cada camada exerce uma função no pavimento como um todo na absorção de tensões verticais, cisalhamento e compressão, por bases granulares, e no alívio de tensões horizontais, como tração, pelo revestimento asfáltico que também fará do pavimento uma estrutura impermeável.

### 2.2 Comportamento mecânico dos materiais

Todos os materiais utilizados em pavimentos estão expostos ao tráfego e estão sujeitos a cargas de diferentes intensidades, magnitudes e frequências durante sua vida. Os ensaios de cargas repetidas em materiais asseguram uma avaliação mais detalhada do desempenho estrutural que um pavimento possui (PERAÇA, 2007; BENEVIDES, 2000).

#### 2.2.1 Módulo de resiliência de solos

O módulo de resiliência pode ser caracterizado pela razão entre a máxima tensão cíclica aplicada em um corpo de prova e a deformação resiliente (elástica). Em uma definição mais simples, o módulo de resiliência pode ser tomado como “[...] a fase sem cargas da curva tensão-deformação desenvolvida durante a carga de impulso que ocorre quando os veículos passam sobre o pavimento” (Nazzal e Mohammad, 2010 p.01, tradução nossa). O módulo de resiliência é determinado através do ensaio triaxial, e pode ser expresso pela Equação 1.

$$MR = \sigma_d / \epsilon_r$$

(1)

Onde:

$\sigma_d = \sigma_1 - \sigma_3$  – tensão desvio aplicada repetidamente no eixo axial, Mpa;

$\sigma_1$  = tensão principal maior, Mpa;

$\sigma_3$  = tensão principal menor ou tensão de confinamento, Mpa;

$\varepsilon_r$  = deformação específica axial resiliente (recuperável), mm/mm.

O ensaio triaxial, na aplicação da tensão desvio, simula a passagem de um veículo sobre o pavimento, gerando uma deformação que possui duas componentes sendo uma delas resiliente (elástica), que é recuperável, e a outra permanente (plástica), irre recuperável. É a parcela de deformação elástica que condiciona a vida de fadiga das camadas mais rígidas do pavimento e que estão expostas a flexões sucessivas.

### 2.2.3 Considerações de fadiga

Sabe-se que o tráfego em um pavimento gera deformações na sua estrutura, por sua vez, essas deformações são compostas por parcelas permanentes (irrecuperáveis) e resilientes (recuperáveis). A fração resiliente da deformação, quando repetida um número suficiente de vezes pode levar as camadas do pavimento à fadiga. Levando em consideração que camadas mais superiores da estrutura (camadas betuminosas e cimentadas) estão mais próximas da região de passagem dos veículos, essas áreas são mais afetadas pois recebem as tensões maiores.

O trincamento por fadiga do revestimento asfáltico é o tipo de defeito mais comum nas rodovias brasileiras e segundo Gao *et al.* (2012) indica ruptura estrutural, sendo causada por repetições das cargas geradas pelo tráfego. Pinto (1991), na época, também apontou a elevada flexibilidade das bases e sub-bases granulares como um dos condicionantes do trincamento por fadiga. Esse problema estrutural inicia-se mais comumente nas fibras inferiores do pavimento e aumenta ao longo da espessura do revestimento. Gontijo, citado por Pinto (1991), realizou ensaios de flexão em placas apoiadas em lâminas metálicas e notou quatro estágios de fadiga, a saber: formação de fissuras na base da placa, crescimento progressivo das fissuras e formação de malhas, formação de fissuras reais e ruptura completa da estrutura.

### 2.3 Métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis

Dimensiona-se um pavimento para que a repetição de carga causada pelos eixos dos veículos não cause um trincamento excessivo na camada de revestimento devido à fadiga dentro do período de vida do projeto. Além disso, visa-se garantir que as camadas que compõem o pavimento tenham espessura suficiente para que não haja afundamento nas trilhas das rodas (FRANCO, 2007).

Para todos os métodos de dimensionamento o fator ruptura é considerado essencial para o projeto e, portanto, seu significado deve ficar bastante claro quando a proposição de uma estrutura é feita.

Há dois tipos de ruptura de pavimentos: estrutural e funcional. A ruptura estrutural é o colapso total, ou de uma camada, da estrutura do pavimento. Quando um pavimento sofre ruptura estrutural, o mesmo se torna incapaz de sustentar qualquer tipo de carregamento na superfície. Por outro lado, ruptura funcional pode ou não vir acompanhada da ruptura estrutural, e é caracterizada pelo desconforto quando os veículos se deslocam no pavimento, além da diminuição da segurança, aumento

da probabilidade de aquaplanagem e trincamentos excessivos (YODER E WITCZAK, 1975 *Apud* FRANCO, 2007).

Muitos são os determinantes para que um pavimento sofra algum tipo de ruptura, a saber: sobrecarga do pavimento, a pressão exercida pelos pneus dos veículos na estrutura, o excessivo número de repetições de cargas e ainda fatores ambientais, como a temperatura e umidade (FRANCO, 2007).

### 2.3.1 Métodos Empíricos

Os métodos empíricos são baseados em observações e correlações de experimentos realizados diversas vezes para a determinação de espessuras para cada camada. Tal determinação deve seguir o critério de ruptura por deformações permanentes.

Para Mattos (2014), geralmente os métodos empíricos não precisam de muitos *inputs*, apenas o valor de CBR, que é o valor mais conhecido para tais métodos, e o volume de tráfego para o projeto, conhecido como número N.

Utilizando esses valores, protege-se excessivamente o pavimento à ruptura por cisalhamento ou às deformações oriundas do subleito e não se considera em momento algum a fadiga do revestimento asfáltico. Portanto, dimensionar um pavimento por métodos empíricos não garante que a estrutura esteja livre da ocorrência de fadiga, ou trincamento de umas ou mais de camadas que o constituem (PINTO, 1991).

#### 2.3.1.1 Método do DNER

O método tem como fonte o trabalho escrito por W. J. Turnbull, C. R. Foster e R. G. Ahlvin, *Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume*, e também resultados obtidos na Pista experimental da AASHTO (Brasil, 2006). Foi elaborado e apresentado pelo professor Murilo Lopes de Souza, do Instituto Militar de Engenharia, por volta de 1960, com última edição em 1981. Atualmente, é o método utilizado para dimensionamento no Brasil.

O método do DNER dimensiona o pavimento para que não venha a sofrer qualquer tipo de ruptura devido ao cisalhamento ou por acúmulo de deformações permanentes, mas não considera em momento algum o mecanismo de fadiga do revestimento asfáltico (PINTO, 1991).

Para o dimensionamento de um pavimento pelo método descrito, são utilizados os seguintes passos:

- Capacidade do subleito;
- Tráfego;
- Fator de carga (FC);
- Fator de eixo (FE);
- Fator regional (FR);
- Espessura do revestimento;
- Espessura das camadas.



### 2.3.2 Métodos Mecanísticos-empíricos

O termo mecanístico faz alusão às propriedades dos materiais e envolve o cálculo da deformação do pavimento bem como a resposta às tensões a ele impostas pelas cargas de tráfego e pelo ambiente externo (Stroup-Gardiner et al., 2007). Por definição de Bezerra (2004) um método é mecanístico quando utiliza teoria elástica para prever as tensões e deformações geradas pelo tráfego e pelo clima em pontos críticos ao longo da estrutura e as compatibiliza com as tensões resistentes dos materiais que serão empregados na construção da do pavimento. O método utiliza funções de transferências para relacionar as respostas da estrutura às cargas de tráfego, que geram tensões, deformações e deflexões, com o surgimento de defeitos.

Ao utilizar esse método de dimensionamento, tem-se uma visão geral de como a estrutura do pavimento trabalha e é solicitada. Tal atributo permite que modificações sejam feitas na estrutura para que um desempenho melhor e mais adequado seja atingido para cada material que constitui o pavimento, e para que todas as camadas sejam solicitadas equilibradamente, diminuindo o risco de ruptura precoce caso uma das camadas constituintes seja solicitada demasiadamente (BEZERRA, 2004).

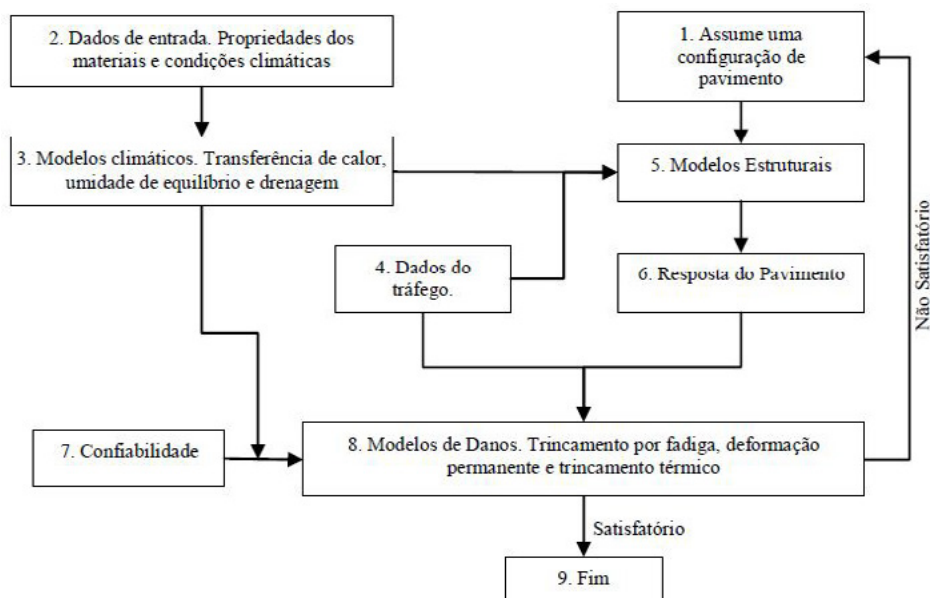
A utilização de métodos mecanísticos no dimensionamento de um pavimento é capaz de gerar uma estrutura que seja economicamente viável e ao mesmo tempo dure o tempo proposto em projeto. Segundo Mattos (2014), as vantagens da utilização de métodos mecanísticos são a maior confiabilidade no projeto, o melhor uso dos materiais devido às suas características e a previsão de defeitos na estrutura dimensionada.

Para o dimensionamento de um pavimento utilizando conceitos mecanísticos-empíricos, usualmente seguem-se os seguintes passos enumerados por Franco (2007):

- 1- Coletar dados referentes aos materiais que serão utilizados na estrutura, ao tráfego e condições do ambiente;
- 2- Correlacionar dados de resistência dos materiais e tráfego e o comportamento dos materiais em função do tipo de carregamento;
- 3- Escolher as espessuras das camadas e calcular as tensões e deformações;
- 4- Relaciona os valores de tensão críticos e as deformações com os danos que as cargas repetidas poderão causar através de modelos de previsão;
- 5- Verificar se as espessuras anteriormente selecionadas satisfazem as condições de dimensionamento.

A figura 1 mostra um fluxograma completo seguido para o dimensionamento de pavimentos utilizando-se dos conceitos mecanísticos-empíricos.

Figura 1 - Fluxograma de dimensionamento mecanístico-empírico



Fonte: Franco, 2007.

### 3. Metodologia

Para o dimensionamento do pavimento pelo método do DNER, amostras de solo foram coletadas para a realização de ensaios de classificação, caracterização, compactação, módulo de resiliência e CBR. O solo foi retirado da obra de duplicação da RSC 287 sendo sua localização geográfica latitude  $-29^{\circ}41'14''$  e longitude  $52^{\circ}25'08''$  e elevação de 189 metros, conforme Figura 2 (Google Earth, 2014).

Figura 2 - Origem das amostras de solo



Fonte: Google Earth. Adaptado pelos autores, 2015.

#### 3.1 Ensaios de caracterização

Foram realizados ensaios de granulometria por peneiramento e por sedimentação no solo coletado para que posteriormente a curva granulométrica pudesse ser plotada. Os ensaios foram executados de

acordo com a norma ABNT NBR 7181/1984 – Análise granulométrica. Além do ensaio de granulometria, realizou-se procedimentos para encontrar os limites de Atterberg qualificados como limite de liquidez e limite de plasticidade. De posse dos limites de Atterberg e da curva granulométrica procedeu-se para a classificação do solo em estudo de acordo com as metodologias tradicionais – SUCS e AASHTO.

### **3.1.1 Ensaio de granulometria**

A análise granulométrica tem como principal objetivo a obtenção da curva de granulometria do solo que está sendo analisado. Os ensaios são realizados de acordo com os procedimentos da ABNT NBR 7181/1984 – Análise granulométrica.

O ensaio de peneiramento é dividido em duas etapas: peneiramento grosso, com material retido na peneira de abertura 2 mm, e peneiramento fino, realizado com aproximadamente 70 g de material passante na peneira de abertura 2 mm.

A sedimentação, segundo a norma, é realizada com a massa de solo (70 g) retirada do material passante na peneira 2 mm. Adiciona-se defloculante e deixa-se a mistura em repouso por no mínimo 12 horas. Após, coloca-se a mistura em um béquer e leituras são feitas em intervalos de tempo, determinados por norma, com a ajuda de um densímetro.

### **3.2 Ensaio de compactação**

Realizou-se o ensaio de acordo com a norma ABNT NBR 7182/1986. O presente ensaio tem como finalidade a determinação da umidade ótima do solo bem como o seu peso específico aparente seco máximo. A umidade ótima do solo corresponde ao teor de água onde o solo alcança compactação máxima.

A execução do ensaio se dá pela adição de uma crescente quantidade de água e posterior compactação do corpo de prova executada na energia normal com 26 golpes em cada uma das três camadas constituintes do corpo de prova.

### **3.3 Ensaio de Índice de Suporte Califórnia**

O ensaio de Índice de Suporte Califórnia (CBR) mede a capacidade de suporte de solos compactados utilizados em obras de pavimentação fornecendo a pressão necessária para que aconteça uma penetração de um pistão de 49,6 mm de diâmetro em um corpo de prova relacionando-a com uma pressão previamente obtida em um corpo de prova padrão.

Seguindo as diretrizes da ABNT NBR 9895/1987 o ensaio divide-se em três etapas. A primeira é a compactação do solo, seguido do ensaio de expansão do corpo de prova e, por fim, o ensaio de penetração.

### **3.4 Ensaio triaxial de cargas repetidas**

O ensaio triaxial é executado para a obtenção do módulo de resiliência dos solos que serão empregados na estrutura do pavimento. A norma brasileira para o ensaio de carga repetida é DNIT 134/2010 – ME.

Após moldados os corpos de prova foram levados à câmara triaxial onde passaram por uma fase de condicionamento para regularizar o material para o ensaio. Uma série de pares de tensões foi então



aplicada ao solo através de um sistema pneumático de ar comprimido. O registro das pressões foi feito por um computador que automaticamente calcula os módulos de resiliência do solo para cada par de tensões. Um dispositivo, o LVDT, era responsável por registrar as diferenças de altura quando o corpo de prova sofria deformação.

### 3.5 Análise de tráfego

Para que o pavimento possa ser dimensionado pelo método do DNIT o número N deve ser previamente determinado de acordo com um estudo de tráfego. O número "N" representa as operações, ou repetições, de um eixo simples padrão (ESP) com roda dupla de 8,2 t durante o período de projeto que foi escolhido para a estrutura. Muitos fatores podem vir a influenciar na determinação de tal fator, pois ele é baseado em índices diretamente ligados ao volume de tráfego na rodovia que será ampliada ou construída, sendo esse um parâmetro bastante volátil que pode mudar de acordo com a situação econômica do país e até mesmo com o estado de conservação de outras rodovias que fazem parte do sistema.

### 3.6 Dimensionamento do pavimento

Após a obtenção dos parâmetros físicos e mecânicos do solo, o dimensionamento do pavimento poderá ser realizado. Para o dimensionamento do pavimento pelo método do DNER primeiramente define-se a espessura do revestimento asfáltico de acordo com o número N encontrado previamente, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Espessura mínima do revestimento asfáltico (BRASIL, 2006)

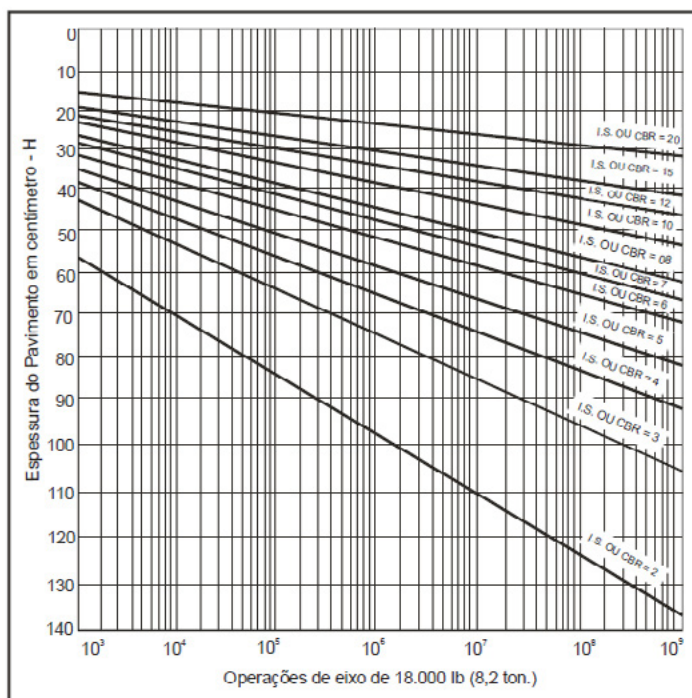
N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: Dos autores.

Com o ábaco da Figura 3 definem-se as espessuras das demais camadas componentes da estrutura do pavimento.



Figura 3 - Âbaco para dimensionamento das camadas do pavimento



Fonte: BRASIL, 2006.

#### 4 Apresentação e Análise dos Resultados

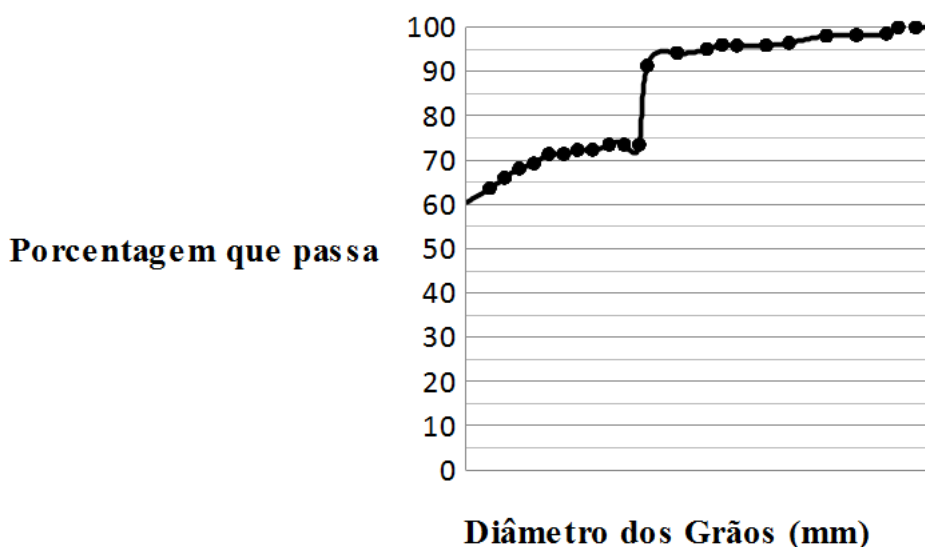
Após a realização dos ensaios para a caracterização do solo, iniciou-se a etapa de análise dos resultados. Os ensaios de granulometria e Limites de Atterberg permitiram a classificação do solo através das metodologias tradicionais, SUCS e AASHTO, além o índice de plasticidade.

O ensaio de compactação Proctor forneceu a umidade ótima do solo estudado bem como o peso específico aparente seco máximo do mesmo. Realizado após o ensaio Proctor, o ensaio CBR determinou a resistência do solo em relação a um material padrão e também a expansão sofrida pelo solo quando saturado. Por último, foi realizado o ensaio triaxial de cargas repetidas para determinar o módulo de resiliência do solo a ser utilizado como subleito na estrutura de pavimento.

##### 4.1 Ensaios de caracterização

A fim de classificar o solo os ensaios de granulometria e limites de Atterberg foram realizados. O ensaio de granulometria consistiu em peneiramento grosso, fino e sedimentação. A curva granulométrica é apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Curva granulométrica para o solo estudado



Fonte: Dos autores.

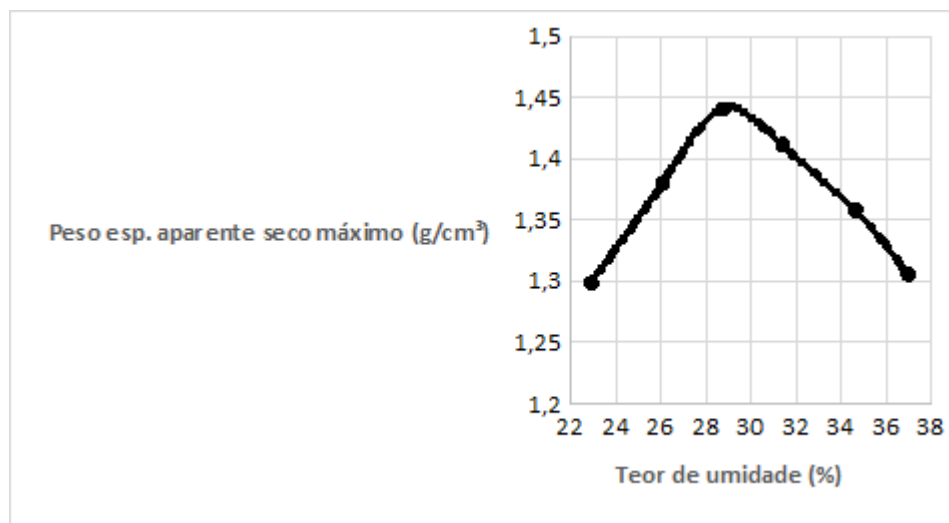
Os Limites de Atterberg compreendem os limites de liquidez e plasticidade, além do índice de plasticidade. O limite de liquidez corresponde à umidade em que o solo possui comportamento líquido e para o solo estudado tem valor de 61%. Já o limite de plasticidade representa a umidade onde o solo começa a apresentar comportamento plástico e foi de 36,89%. A diferença entre os limites citados anteriormente fornece o índice de plasticidade de 24,11%.

Realizados os ensaios, pode-se classificar o solo de acordo com as metodologias SUCS e AASHTO. No SUCS o solo se enquadra na classificação MH, sigla que representa silte, já que possui mais de 50% de material passante na peneira de malha 200, limite de liquidez superior a 50% e índice de plasticidade de 24,11%. Já acordo com a AASHTO o solo é classificado como A-7-5, solo argiloso, possuindo desempenho satisfatório a fraco para a utilização como subleito de pavimentos.

#### 4.2 Ensaio de compactação

Como citado anteriormente, o ensaio de compactação foi realizado de acordo com a NBR 7182 (NBR, 1986). O ensaio permite encontrar a umidade ótima e também a massa específica aparente seca máxima do solo. A Figura 5 apresenta a curva de compactação do solo analisado. Encontrou-se valores de 29,5% para umidade ótima e 1,442 g/cm<sup>3</sup> para massa específica aparente seca máxima.

Figura 5 - Curva de compactação



Fonte: Dos autores.

#### 4.3 Ensaio de Índice de Suporte Califórnia

O ensaio de CBR fornece a expansão do solo em estudo bem como o valor da pressão exercida por um pistão para penetrar 0,1" e 0,2". Na tabela 2 são apresentados os valores de CBR e expansão do solo utilizado no trabalho.

Tabela 2 - Resultados dos ensaios de CBR

CBR			Expansão		
CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
6,95	8,28	8,356	0,96%	0,94%	0,99%
Média	7,862		Média	0,96%	

Fonte: Dos autores.

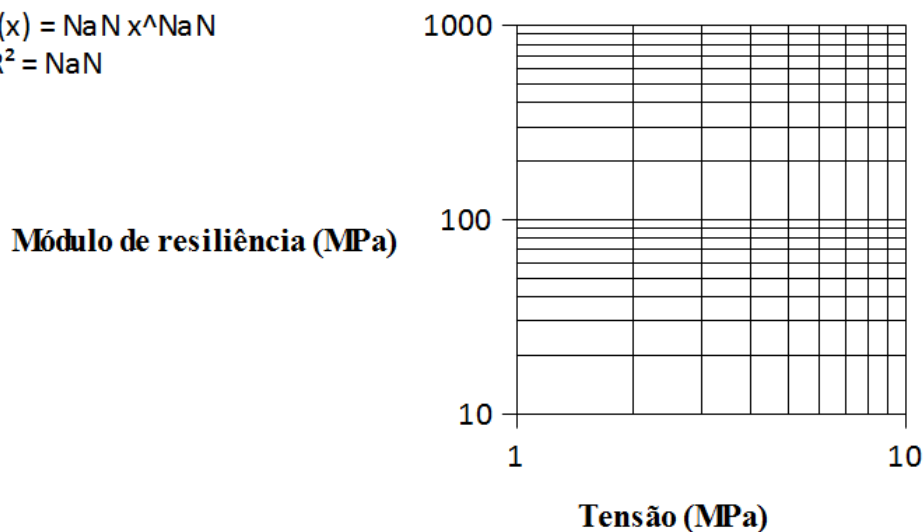
#### 4.4 Ensaio triaxial de cargas repetidas

Após a realização do ensaio triaxial de cargas repetidas, obteve-se como resultado o gráfico mostrado na Figura 6. O ensaio triaxial consiste em moldar um corpo de prova com dimensões 10x20 cm, de acordo com a norma DNIT134/2010 ME, e submetê-lo a uma série de pares de tensões em câmara triaxial. A medida das deformações sofridas pelo corpo de prova é feita através de LVDT's instalados no equipamento. O valor de módulo de resiliência para cada par de tensões é fornecido automaticamente pelo computador.

Figura 6 - Gráfico de módulo de resiliência para o solo estudado

$$f(x) = \text{NaN} x^{\text{NaN}}$$

$$R^2 = \text{NaN}$$



Fonte: Dos autores.

#### 4.5 Análise de tráfego

Um estudo de tráfego foi realizado a partir de dados de contagens disponíveis no site da Empresa Gaúcha de Rodovias (EGR), concessionária responsável pelo trecho da RSC-287 em Santa Cruz do Sul/RS, na praça de pedágio de Venâncio Aires/RS dos meses de Abril/2014 a Abril/2015.

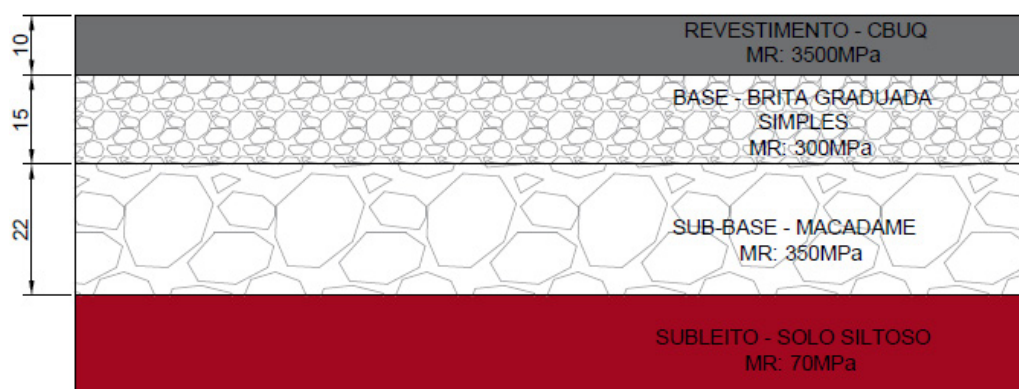
Após o cálculo dos fatores envolvidos para a determinação do número N chegou-se ao valor de  $4,6 \times 10^7$ . Esse fator será utilizado para o dimensionamento da estrutura de pavimento a ser analisada neste trabalho.

#### 4.6 Resultados da análise da estrutura

Após a obtenção do número N e do valor de CBR, utilizou-se da tabela 1 e do ábaco da figura 3 para a obtenção da estrutura de pavimento a ser analisada. Um esquema do pavimento é mostrado na figura 4 com os materiais empregados em cada camada, bem como suas respectivas espessuras e módulos de resiliência. A estrutura representa o pavimento a ser utilizado na duplicação da RSC-287 na cidade de Santa Cruz do Sul.



Figura 7 - Estrutura do pavimento dimensionado



Fonte: Dos autores.

Com a ferramenta AEMC do programa SisPav, desenvolvido por Franco (2007), foram analisadas as tensões e deformações no ponto correspondente à fibra inferior do revestimento asfáltico para que fosse possível a análise através do modelo desenvolvido por Salomão Pinto, mostrado na equação 2, onde  $N_L$  representa o número de repetições do eixo padrão para que haja ruptura do revestimento em laboratório.

$$N_L = 1,21 \times 10^{-8} \left( \frac{1}{\epsilon_i} \right)^{2,66} \quad R^2 = 0,96 \quad (2)$$

Para que fosse determinada a deformação específica de tração, a estrutura dimensionada pelo método do DNER foi transferida para o software de análise. Após configuração do programa com a carga do eixo padrão rodoviário deu-se início ao processo de análise. Obteve-se a deformação de tração de  $198 \mu\text{m}$  que, aplicado no modelo de Pinto (1991) fornece um número  $N$  de  $8,58 \times 10^6$ . O valor obtido citado anteriormente é um produto entre número  $N_L$  da equação do modelo e um fator de conversão laboratório-campo de  $10^5$ .

O resultado encontrado mostra que o pavimento dimensionado pelo método brasileiro vigente, de acordo com o modelo de previsão de desempenho utilizado, terá uma vida de fadiga inferior a dois anos. Percebe-se que tal valor é bastante abaixo da vida útil de dez anos para qual a estrutura foi dimensionada através do método empírico, mas é compatível com a vida útil observada em rodovias brasileiras semelhantes.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6459: *Solo – determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 6p;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7180: *Solo – determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro: ABNT, 1984;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7181: *Solo – análise granulométrica*. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 13 p;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7182: *Solo – Ensaio de compactação*. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 10p;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 9895: *Solo – Índice de Suporte Califórnia*. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 14p;

BALBO, José Tadeu. *Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BENEVIDES, S. A. De SÁ e. *Análise Comparativa dos Métodos de Dimensionamento dos Pavimentos Asfálticos: Empírico do DNER e da Resiliência da COPPE/UFRJ em rodovias do Estado do Ceará*. Tese de doutorado - Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

BEZERRA NETO, Rogerio Silveira. *Análise comparativa de pavimentos dimensionados através dos métodos empíricos do DNER e mecânico e proposta de um catálogo simplificado de pavimentos para a região de Campo Grande (MS)*. 2004. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2004.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Manual de pavimentação*. 3. Ed. Rio de Janeiro: Ipr. Publ., 719, 2006. 274p. Disponível em: <[http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual\\_de\\_Pavimentacao\\_Versao\\_Final.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf)>. Acesso em: 21 mar. 2015.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2014. PESQUISA – CNT, Pesquisa CNT de Rodovias 2014. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relGeral.aspx>>. Acesso em ago. de 2015.

DNIT, NORMA 134/2010 ME - Pavimentação – Solos – Determinação do módulo de resiliência. Departamento nacional de Infraestrutura de transportes, Rio de Janeiro, 2010.

FRANCO, F. A. C. P. *Método de dimensionamento mecânico-empírico de pavimentos asfálticos - SisPav*. Tese de doutorado - Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

GAO, L.; AGUIAR-MOYA, J.; ZHANG, Z. *Bayesian Analysis of Heterogeneity in Modeling of Pavement Fatigue Cracking*. In Journal of Computing in Civil Engineering, 2012. Vol. 26, pp. 37-43.

MATTOS, J. R. G. *Monitoramento e análise de desempenho de pavimentos flexíveis da ampliação da Rodovia BR-290/RS – A implantação do Projeto Rede Temática de Asfalto no Rio Grande do Sul*. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia) - PPGEC, UFRGS, Porto Alegre, 2014.

PERAÇA, Vinícius. *Qualificando solos para revestimentos primários de rodovias: uma abordagem baseada nas mecânicas dos solos e dos pavimentos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

PINTO, S. *Estudo do comportamento à fadiga de misturas betuminosas e aplicação na avaliação estrutural de pavimentos*. Tese de doutorado – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1991.

STOUP-GARDINER, M.; TUROCHY, ROD E.; CARTER, A.. *Influence of Various Material and Traffic Inputs on Flexible Pavement Design Methods for Alabama Roadways*. In Journal of Transportation Engineering, 2007. Vol. 133, pp. 455-461.

# ESTUDO DE CASO: DIAGNÓSTICO DAS PROVÁVEIS CAUSAS DA RUPTURA DE UM TALUDE LOCALIZADO NA CIDADE DE RIO PARDO – RS

Mariana da Silva Carretta<sup>1</sup>, Leandro Olivio Nervis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias – UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul – RS – Brasil

*marianacarretta@mx2.unisc.br, leandron@unisc.br*

**Abstract:** The present work aims at introducing the diagnosis obtained by the probable causes from rupture of a slope located in Rio Pardo-RS city. Researches had involved field surveys, soil samples collection, laboratory tests (characterization and direct shearing) and stability analysis of slopes on its pre-rupture geometry, trying to find what is the hypothetical position from NA that would lead to rupture. Through the achieved results, it is concluded that the main cause of occurrence from slope collapse studied was the apparent loss of cohesion caused by ground saturation. Sealing and drainage solutions have been shown appropriated to the problem.

**Resumo:** O presente trabalho tem por finalidade apresentar o diagnóstico obtido das prováveis causas da ruptura de parte de um talude localizado na cidade de Rio Pardo-RS. Os estudos envolveram levantamento de campo, coleta de amostras de solo, ensaios de laboratório (caracterização e cisalhamento direto) e análises de estabilidade do talude na geometria pré-ruptura, buscando-se encontrar qual a hipotética posição do NA que conduziria à ruptura. Através dos resultados obtidos, conclui-se que a causa principal da ocorrência do colapso do talude estudado foi a perda da coesão aparente gerada pela saturação do solo. Soluções de vedação e drenagem se mostram adequadas ao problema.

## 1. Introdução

Tem sido bastante frequente a ocorrência de rupturas de taludes de escavação e encostas naturais no meio tropical brasileiro. Esses eventos de instabilização podem ocorrer devido à pluviosidade, à geometria representada pela alta declividade, entre outros fatores naturais e/ou antrópicos que impõe a superfície terrestre a constante modificação e a subsequente movimentação. Conforme caracterizado por Caputo (1987), um talude representa qualquer superfície inclinada em um maciço de solo ou rocha. Segundo Gerscovich (2013), a ruptura de um talude em si é caracterizada pela formação de uma superfície de cisalhamento contínua de massa de solo. Em um caso de ruptura existe uma camada de solo em torno dessa superfície que tem suas características alteradas durante o processo, formando uma zona cisalhada. Inicialmente essa zona se forma e em seguida é desenvolvida a superfície de cisalhamento.

A crescente urbanização das cidades brasileiras tem gerado o aumento das ocupações em áreas de alta declividade do terreno. Tendo em vista que um evento de ruptura pode resultar em perdas de vidas humanas, perdas econômicas e prejuízos ambientais, a conduta ideal seria a realização de estudos técnicos prévios a tais ocupações. Desta forma, caso fosse necessário, seria possível adotar as medidas cabíveis em nível de projeto, propiciando a racionalidade da ocupação. Entretanto, em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, essa prática não tem sido comum, sendo empregadas medidas reparadoras somente após a ocorrência de eventos de rupturas.

O projeto de estabilização de um talude deve procurar agir diretamente sobre os mecanismos de instabilização. Por exemplo, se o problema for unicamente percolação de água, são aplicáveis soluções



de vedação e de drenagem superficial e profunda. Já se for preponderante a ação gravitacional, as soluções de drenagem empregadas de forma isolada são insuficientes, devendo ser adotadas medidas como retaludamento e/ou contenções.

Desta forma, é imprescindível que, de maneira prévia à elaboração de um projeto de estabilização, se tenha a clareza de qual(is) o(s) provável(is) mecanismo(s) que gera(m) a instabilização, pois assim, as chances de serem empregadas soluções que sejam adequadas do ponto de vista técnico e econômico serão bem maiores.

Os estudos de estabilidade de taludes também se aplicam à análise de maciços já rompidos, uma vez que apresentam informações relevantes sobre os parâmetros de resistência dos materiais envolvidos e são capazes de fornecer auxílio nas medidas de correção do evento. Desta forma, os parâmetros necessários para culminar a ruptura podem ser obtidos através da retroanálise e comparados a parâmetros de resistência ideais (GERSCOVICH, 2013).

Conforme Guidicini e Nieble (1983), a retroanálise consiste num método apropriado, rápido e de baixo custo para a avaliação da estabilidade de maciços de terra ou de rocha de um caso de colapso já ocorrido. Dada ruptura de um talude, é possível, através do método do equilíbrio limite, determinar que o fator de segurança no momento da ruptura tenha reduzido seu valor ao da unidade. A partir daí, deve-se reconstituir as condições do talude anteriormente à ruptura, como geometria e principais tensões atuantes. Dessa forma, é possível definir as características de resistência do maciço em estudo. São basicamente três incógnitas existentes na análise da estabilidade de um talude já rompido através da retroanálise. São elas a coesão, o ângulo de atrito interno ao longo do plano de movimentação e as pressões exercidas pela água no interior do talude.

Sendo assim, o presente estudo compreende a realização do diagnóstico das prováveis causas da ruptura de uma porção de um talude localizado na cidade de Rio Pardo-RS. Essa investigação foi embasada em torno da teoria pertinente ao assunto constante na literatura técnica, sendo verificada sua aplicabilidade no estudo de caso em questão. A partir das conclusões obtidas, será possível, além de demonstrar o emprego do conhecimento teórico num caso prático, posteriormente prever soluções de estabilização adequadas que impeçam a progressão espacial da ruptura do talude estudado.

## **2. Caracterização do problema**

### **2.1. Descrição geral do talude em estudo**

O talude em estudo, cuja seção está representada na Figura 1, teve o evento de ruptura observado na data de 24/07/14. Na ocasião, de acordo com os dados constantes no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET para a estação meteorológica de Rio Pardo-RS, o índice pluviométrico acumulado em aproximadamente 24 horas entre os dias 23/07/14 e 24/07/14 foi de 111mm. Anteriormente, nos dias 17/07/15 e 18/07/15 havia ocorrido uma precipitação acumulada de 23mm.

Observou-se que a área atingida pela ruptura foi de aproximadamente 100m<sup>2</sup>. Não houve ocorrência de vítimas, sendo necessária, entretanto, por questões de segurança, a remoção de uma habitação localizada a montante da ruptura. Em torno de 3 a 4 árvores de porte baixo a médio foram arrancadas devido ao movimento da massa de solo (Figura 2). Nas regiões laterais ao deslizamento, tem-se a existência de várias edificações, tanto na região de pé do talude como na região da crista, assim como a presença de mata nativa densa de porte médio.

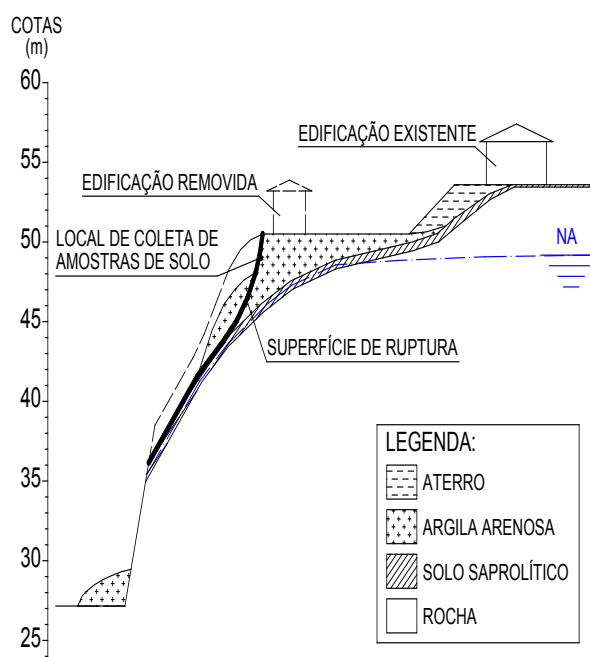


Por se tratar de uma região de alta declividade, escorregadia e com forte presença de vegetação nativa de porte médio (Figura 2), tornou-se praticamente inviável a realização de um levantamento topográfico preciso do talude com o emprego de equipamentos como estação total, por exemplo. Por esse motivo, optou-se por realizar um levantamento de campo expedito que possibilitasse a elaboração da seção aproximada do talude representada na Figura 1. Nesse levantamento, utilizou-se trena métrica e a laser, GPS de mão e inclinômetro digital de 1,2m de comprimento para medir distâncias, coletar coordenadas de pontos de interesse e para medir declividades, respectivamente.

Através da realização de sondagens a trado, foi possível obter a estratigrafia do terreno, a posição normal do nível d'água e a posição da linha de ruptura. Projetando-se a superfície lateral da ruptura, foi possível estimar a provável superfície original do terreno antes da ruptura (Figura 1).

Todos os supracitados levantamentos de campo, assim como a coleta de amostras de solo que serão descritas posteriormente, foram realizados na data de 19/12/14.

Figura 1 - Seção transversal do talude em estudo.



Fonte: Dos autores.

Figura 2 - Fotografia frontal do talude em estudo.



Fonte: Dos autores.

Verificou-se que o perfil do terreno na posição de interesse (próximo à região da ruptura, vide Figura 1) é composto por uma camada de argila arenosa, cor vermelha, localizada logo abaixo de uma camada de areia com matéria orgânica de espessura pouco representativa, sendo que por tal motivo não foi possível representá-la na escala do desenho. Sob a camada de argila arenosa, tem-se uma esbelta camada de solo saprolítico (horizonte C), cor rosada, oriundo da intemperização da rocha de origem que se encontra logo abaixo dessa camada. Estimou-se que a espessura média da camada de argila arenosa antes da ocorrência do colapso era de aproximadamente 1,10m (correspondente a 1,71m quando medida na vertical), apresentando uma espessura um pouco maior logo acima da região da ruptura e deixando de existir no topo do talude, onde tem-se a camada de solo saprolítico assente diretamente sobre a rocha de origem. Na região do topo, tem-se ainda a presença de um pequeno aterro, sobre o qual foi apoiada parte de uma construção pertencente à concessionária de fornecimento de água da cidade. Na região do pé, tem-se que no passado foi executada um corte com declividade de aproximadamente 76º avançando para o interior da rocha, sendo que sobre sua superfície se encontravam depositados os detritos oriundos da ruptura do talude (Figuras 1 e 2). Na zona de ruptura a declividade média do talude é de 50º. A altura total da encosta é de aproximadamente 27m, sendo aproximadamente 12m a altura da antiga escavação e 12m a altura do talude na zona de ruptura.

Com relação ao nível d'água – NA, constatou-se que na região de ruptura, por ocasião da data do levantamento, o mesmo se encontrava na linha de transição entre a rocha e a camada de solo saprolítico (Figura 1). Avançando para a região do topo do talude, não foi mais possível atingir o NA com a sondagem a trado, então estima-se que ele se encontre a alguma profundidade no interior da rocha.

Quanto ao tipo de movimento, observou-se que a superfície de ruptura se iniciou com um formato côncavo até atingir a linha de transição entre a camada de argila arenosa e o solo saprolítico, seguindo então através dessa linha até a porção inferior do talude (Figura 1). Nesse caso, flagra-se um escorregamento ou deslizamento do tipo composto, ou seja, um misto entre o movimento do tipo rotacional e do tipo translacional.

## 2.2. Descrições física, geomorfológica, geológica e pedológica do local

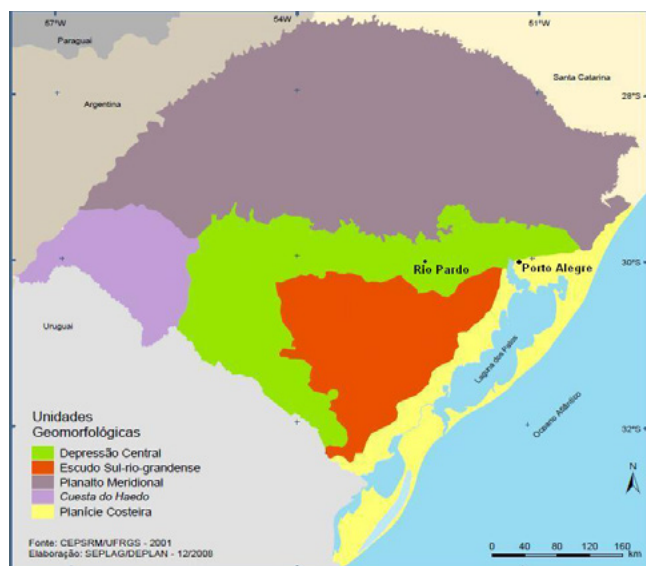
O local de estudo está situado no município de Rio Pardo-RS, no Vale do Rio Pardo, região central do estado do Rio Grande do Sul, a aproximadamente 150 km da capital Porto Alegre (Figura 3). O talude objeto do estudo está localizado no bairro Fortaleza, próximo a margem do Rio Jacuí. Possui localização geográfica na Latitude -29°59'39", Longitude -52°22'40" e altitude de aproximadamente 49 metros em relação ao nível do mar.

Através de consultas aos Mapas de Clima (2002) e de Biomas (2004) disponibilizados no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, tem-se que o clima do estado do Rio Grande do Sul é classificado como Temperado, Mesotérmico Brando, super úmido, com temperatura anual média entre 10°C e 15°C e que o local está inserido no bioma Mata Atlântica. De acordo com o Mapa de Isoietas (2006) elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, a média pluviométrica anual do local é de 1.600 a 1.700 mm/ano.

De acordo com o Mapa Geomorfológico elaborado pela Secretaria de Orçamento e Gestão do Rio Grande do Sul – SEPLAG (2004), o local recai na unidade geomorfológica denominada depressão central (Figura 3). Essa unidade é formada por rochas sedimentares e é caracterizada por terrenos de baixa altitude.

Através de consulta ao Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul (2006) elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, verificou-se que o local de estudo está inserido na formação representada pelo símbolo T1sc (Figura 4), a qual corresponde à Formação Sanga do Cabral, pertencente ao éon Fanerozóico, era Mesozóica, período Triásico. Segundo a descrição do referido mapa, nessa formação podem estar presentes em corpos tabulares ou lenticulares alongados, brecha e conglomerado intraformacional, siltito e raro argilito em ambiente continental, fluvial entrelaçado, contendo fragmentos de vertebrados fósseis (répteis e anfíbios).

Figura 3 - Localização da cidade de Rio Pardo sobre o mapa geomorfológico do Rio Grande do Sul.



Fonte: Dos autores.

Figura 4 - Local do estudo sobre o mapa geológico do Rio Grande do Sul



Fonte: Dos autores.

Com relação à pedologia, através de consulta ao mapa de solos apresentado por Streck et al. (2008), tem-se que o local de estudo se situa na classe denominada de argissolo vermelho-amarelo típico, unidade Rio Pardo. Segundo os autores, os argissolos são geralmente profundos a muito profundos variando de bem drenados a imperfeitamente drenados, sendo que as cores vermelha e amarela indicam ambientes bem drenados. Apresentam um perfil com uma sequência de horizontes A-Bt-C ou A-E-Bt-C, onde o horizonte Bt é do tipo B textural, o qual é significativamente mais argiloso que os superiores. No caso presente, verifica-se a ocorrência da primeira sequência, onde o horizonte A



é a camada de espessura reduzida de areia com matéria orgânica, o Bt é a camada de argila arenosa e o C é o solo saprolítico.

### **3. Metodologia**

#### **3.1. Levantamento de dados e características do talude a ser estudado**

O levantamento do solo componente do perfil, bem como da posição da rocha na composição do talude e os níveis de lençol freático foram avaliados através da realização de furos de sondagem executados com o auxílio de trado manual. A descrição das características do movimento a campo e a coleta de amostras de solo componente do talude também foram fatores de considerável importância para a execução da pesquisa. Através do levantamento, foi possível constituir um banco de dados de qualidade suficiente para a realização da análise do movimento em estudo.

Frente às condições que levam um talude a se apresentar em estado de estabilidade, a geologia e a pedologia são fatores preliminares de extrema importância contemplados nas análises de um talude rompido. São eles que determinam, através da composição mineralógica do material, a presunção das características geomecânicas do mesmo. Em vista disso, foram consultados mapas geológicos e pedológicos, para extração dos respectivos enquadramentos da área em estudo, sempre confrontando as informações com as observações de campo, de forma a realizar uma adequada interpretação sobre a formação geológica do maciço e as camadas de solo que compõe a subsuperfície, buscando-se algumas informações preliminares básicas úteis para a previsão de comportamento do solo.

Realizou-se, ainda uma pesquisa visando encontrar dados pluviométricos do local que datem do período de ocorrência de ruptura do talude. Assim, foi possível estimar um estado de saturação no qual o solo se encontrava no instante do evento, podendo assegurar e definir se a água presente no solo foi ou não um dos fatores que contribuíram para a instabilização do talude.

#### **3.2. Coleta de amostras**

Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas, para a realização de ensaios de caracterização e de cisalhamento direto, respectivamente, do solo correspondente à camada de argila arenosa, na posição indicada na Figura 1. Os estudos experimentais se restringiram a essa camada, por ser essa a de interesse, uma vez que a ruptura do talude em estudo ocorreu através da mesma.

As amostras deformadas foram coletadas com auxílio de pá e picareta e embaladas em sacos plásticos vedados, os quais foram transportados ao laboratório.

Para a coleta das amostras indeformadas foram utilizados os anéis amostradores do tamanho padrão da caixa bipartida do equipamento do ensaio de cisalhamento direto a ser utilizado, os quais possuem seção circular e extremidade biselada. Assim, cada amostra coletada correspondeu a um corpo de prova a ser submetido ao ensaio. Foi aberto um entalhe na face do talude rompido e para a coleta de cada amostra o anel foi posicionado na superfície horizontal desse entalhe (Figura 5). Então, o solo foi minuciosamente esculpido com ferramentas cortantes (faca e espátula), sendo exercida leve pressão de tal forma que o solo ocupasse o volume do anel biselado com a mínima perturbação possível. Ao final, os excessos nas extremidades foram aparados e cada anel foi vedado com utilização de plástico tipo insulfilm e acondicionado em caixa de isopor com a finalidade de proteger contra a perda de umidade e aos impactos durante o transporte até o laboratório, o qual foi realizado com o máximo de cuidado.



Figura 5 - Coleta de amostra indeformada do solo



Fonte: Dos autores.

### 3.3. Ensaios de caracterização

Após a coleta de amostras foi realizada a caracterização do solo através da execução de uma série de ensaios, baseados nas normas da ABNT, constituída pelos ensaios de massa específica dos grãos do solo, granulometria, subdivido em peneiramento grosso, peneiramento fino e sedimentação, e limites de Atterberg. A caracterização tem início com o ensaio de massa específica dos grãos do solo, a qual denota uma relação entre massa e volume dos grãos, sendo o valor obtido utilizado para a obtenção dos resultados da granulometria por sedimentação, uma vez que esse tem influência direta nas partículas em suspensão a serem sedimentadas.

Após foi realizado o ensaio de granulometria por peneiramento grosso e peneiramento fino, de onde se subtraem os valores de porcentagem passante pelas peneiras e diâmetro dos grãos retido. A etapa de peneiramento grosso abrange a classificação dos diâmetros dos grãos de solo até 2,00 mm e a etapa de peneiramento fino engloba partículas entre 2,00 mm e 0,075 mm. O ensaio de granulometria por sedimentação, por sua vez, faz a definição dos diâmetros das partículas menores que 0,075 mm.

Os ensaios de limites de Atterberg foram realizados para que fosse possível definir o índice de plasticidade do solo estudado, isto é, a faixa de teor de umidade na qual o solo se comporta de maneira plástica. Sendo assim, realizaram-se os ensaios de limite de liquidez, o qual corresponde ao teor de umidade com o qual uma ranhura padrão, feita por um cinzel, se fecha em aproximadamente 13 mm, ao serem desferidos 25 golpes em uma concha contida num equipamento padrão, denominado aparelho de Casagrande. Enquanto que o ensaio de limite de plasticidade foi obtido através da moldagem de um cilindro de solo, semelhante a um cilindro padrão de 3 mm de diâmetro em maior teor de umidade ao qual consiga ser moldado sem apresentar fissuras.

### 3.4. Ensaios de resistência ao cisalhamento

Para a realização da pesquisa, com as amostras indeformadas coletadas foram realizados os ensaios de cisalhamento direto para determinar os parâmetros de resistência do solo. Visando-se estudar diferentes condições, os parâmetros foram avaliados para corpos de provas inundados e na umidade natural de campo, obtendo-se uma envoltória de Mohr-Coulumb para cada situação.

Para os ensaios com corpos de prova inundados, foi realizada a saturação prévia do solo após a montagem do equipamento e a colocação da caixa de cisalhamento, através do acréscimo de água na caixa do equipamento até o volume de água atingisse aproximadamente 5 mm acima da altura da caixa bipartida que contém a amostra a ser ensaiada. Após este procedimento, o corpo-de-prova permaneceu em repouso de pelo menos 24 horas, almejando-se atingir a condição de saturação completa da amostra submetida ao ensaio.

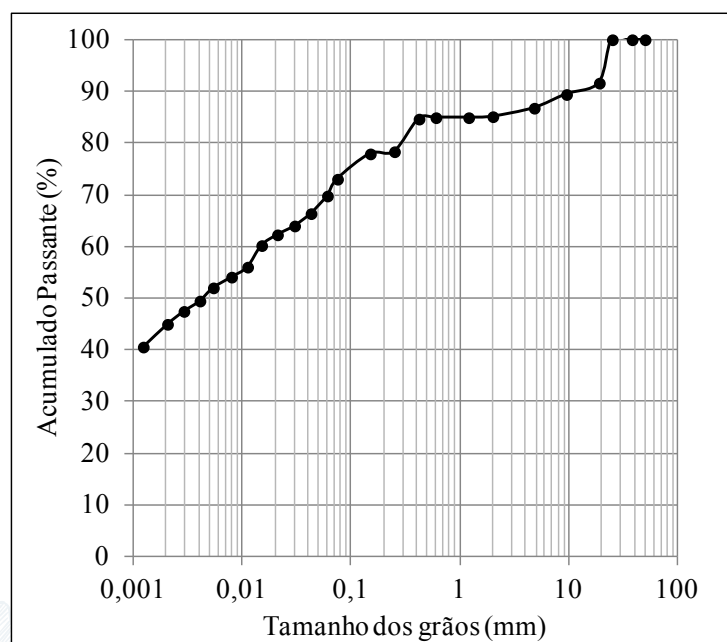
Para o ensaio foi utilizado o equipamento de cisalhamento direto com velocidade constante que ensaia corpos de prova de 63 mm de diâmetro por 20 mm de altura, posicionados dentro de uma caixa bipartida que se desloca ao longo do ensaio, ocasionando o cisalhamento da amostra de solo.

## 4. Resultados

### 4.1. Ensaios de caracterização

Os ensaios de caracterização (granulometria, limites de Atterberg e peso específico real dos grãos) foram realizados no Laboratório de Solos do curso de Engenharia Civil da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Na Figura 6 é apresentada a curva de distribuição granulométrica do solo e nas tabelas 1 e 2 são apresentadas suas principais características geotécnicas.

Figura 6 - Curva de distribuição granulométrica do solo



Fonte: Dos autores.

Tabela 1 - Composição granulométrica do solo\*

Fração	Porcentagem
Pedregulho ( $2 \text{ mm} < \phi \leq 60 \text{ mm}$ )	15%
Areia ( $0,06 \text{ mm} < \phi \leq 2 \text{ mm}$ )	16%
Silte ( $0,002 \text{ mm} < \phi \leq 0,06 \text{ mm}$ )	14%
Argila ( $\phi \leq 0,002 \text{ mm}$ )	55%
Classificação	Argila arenosa

\* Conforme NBR 6502 (ABNT, 1995)

Fonte: Dos autores.

Tabela 2 - Características gerais do solo

Características	Resultados
Peso específico real ( $\gamma_s$ ) - $\text{g/cm}^3$	2,611
Limite de Liquidez (LL)	41%
Limite de Plasticidade (LP)	23%
Índice de Plasticidade ( $IP = LL - LP$ )	18%
Classificação quanto à plasticidade (BURMISTER, 1949 <i>apud</i> DAS, 2011)	plasticidade média
Classificação SUCS	CL
Classificação AASHTO	A-7-6

Fonte: Dos autores.

Analisando-se a curva de distribuição granulométrica tem-se que o material se trata de uma argila arenosa, porém as porcentagens de pedregulho e silte são apenas ligeiramente inferiores as de areia, quase se equivalendo. O índice de plasticidade é compatível com as características granulométricas do solo, apresentando, portanto, coerência com o que seria previamente esperado.

#### 4.2. Ensaios de cisalhamento direto

Com as amostras indeformadas, foram realizados no Laboratório de Agrohidrologia do Curso de Engenharia Agrícola da UNISC ensaios de cisalhamento direto para determinar os parâmetros de resistência do solo, seguindo-se as prescrições da norma da ASTM D3080:2011 – Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.

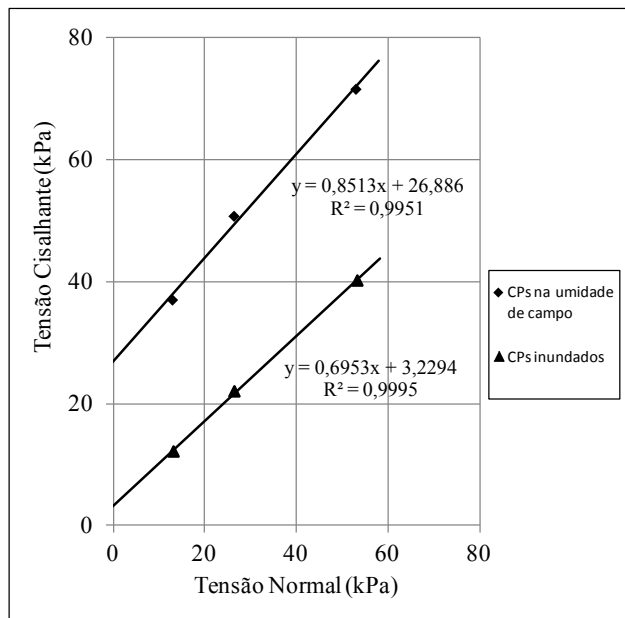
Visando-se estudar diferentes condições, foram realizados 3 ensaios em corpos de provas – CPs inundados e 3 na umidade natural de campo, obtendo-se uma envoltória de Mohr-Coulumb para cada situação. O equipamento utilizado ensaia corpos de prova de 63 mm de diâmetro por 20 mm de altura. Empregaram-se tensões normais de 12,5; 25 e 50kPa, conduzindo-se os ensaios a velocidade constante. Essas tensões foram escolhidas buscando-se representar os níveis de tensão atuantes no maciço estudado.

Por se tratar de solo com alto teor de finos, adotou-se velocidade lenta (0,025mm/min), seguindo recomendação da norma citada acima para solos de classificação SUCS CL, de forma a garantir a condução do ensaio na condição drenada, sem gerar poro-pressões. Para a inundação dos corpos de

prova, o procedimento utilizado foi o de posicionar os mesmos na caixa de cisalhamento e preencher a mesma com água, deixando-os submersos por 24h, para só então ser realizado o ensaio.

No gráfico da figura 7, são apresentadas as envoltórias de Mohr-Coulumb obtidas e nas Tabelas 3 e 4 são apresentados os índices físicos de cada CP e os parâmetros de resistência do solo.

Figura 7 - Gráfico contendo as envoltórias de resistência ao cisalhamento do solo



Fonte: Dos autores.

Tabela 3 - Índices físicos dos CP's ensaiados na umidade de campo e respectivos parâmetros de resistência do solo

CP	Tensão Normal (kPa)	Peso específico $\gamma_{sp}$ (kN/m <sup>3</sup> )	Umidade w (%)	Grau de saturação S (%)
1	12,5	17,23	19,42	62,62
2	25	15,93	18,53	51,34
3	50	16,76	13,37	45,58
Peso específico médio (kN/m <sup>3</sup> ):				<b>17</b>
Parâmetros de resistência			Coesão c (kPa):	<b>27</b>
			Ângulo de atrito $\phi$ (°):	<b>41</b>

Fonte: Dos autores.



Tabela 4 - Índices físicos dos CP's ensaiados na condição inundada e respectivos parâmetros de resistência do solo

CP	Tensão Normal (kPa)	Peso específico $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Umidade w (%)	Grau de saturação S (%)
4	12,5	19,54	24,15	95,70
5	25	19,35	24,69	94,53
6	50	19,90	23,15	98,27
Peso específico médio (kN/m <sup>3</sup> ):				<b>20</b>
Parâmetros de resistência			Coesão c' (kPa):	<b>3</b>
			Ângulo de atrito $\phi'$ (°):	<b>35</b>

Fonte: Dos autores.

Analisando-se os dados constantes nas Tabelas 3 e 4, verificou-se que, através do processo de inundação, conseguiu-se atingir um grau de saturação próximo a 100% para os 3 CP's ensaiados. Como resultado dessa saturação, observou-se uma queda considerável nos parâmetros de resistência do solo, em especial da coesão, que teve seu valor reduzido de 27kPa para 3kPa. Isso demonstra a existência de uma parcela importante de coesão aparente, provavelmente devido ao efeito do fenômeno de sucção dos solos, que contribui para a resistência ao cisalhamento quando o material se encontra não saturado, mas que se perde com o aumento expressivo da umidade.

O peso específico médio sofre um aumento importante quando o solo é saturado, passando de 17kN/m<sup>3</sup> para 20kN/m<sup>3</sup>, conforme demonstrado nas Tabelas 3 e 4.

### 4.3 Análises de estabilidade

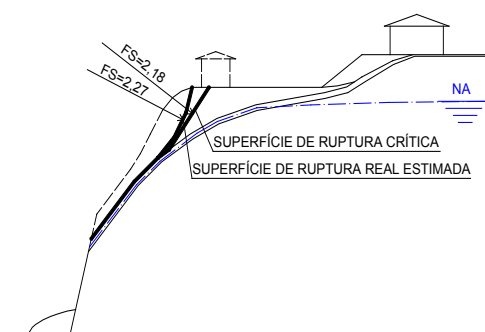
As análises de estabilidade foram realizadas tomando como base a hipotética geometria do talude na fase anterior à sua ruptura, representada na Figura 1. Essas análises tiveram dois propósitos. O primeiro foi de verificar o fator de segurança para a posição normal do nível d'água NA. Nesse caso consideraram-se os parâmetros totais de resistência. O segundo foi de buscar encontrar qual a hipotética posição do NA que conduziria a ruptura do talude, e então, nesse caso, considerou-se os parâmetros totais de resistência para a porção não saturada e os efetivos para a saturada, os quais foram obtidos por meio dos ensaios de cisalhamento direto, conforme apresentado na Tabela 3. O peso específico adotado foi de 17kN/m<sup>3</sup> para o solo não saturado e de 20kN/m<sup>3</sup> para o solo saturado, de acordo com os resultados apresentados nas tabelas 3 e 4.

Por se tratar de um movimento do tipo composto, conforme descrito anteriormente, procedeu-se dois tipos de análises, ambas com base nas teorias do equilíbrio limite, porém uma considerando o método do talude finito com ruptura côncava ou em cunha e outra considerando o método do talude infinito.

Para a primeira análise utilizou-se a ferramenta computacional Slope/W do pacote GeoStudio 2012, versão 8.0.10.6504. Dentre os vários métodos de cálculo disponibilizados por essa ferramenta, utilizou-se o método de Bishop Modificado. No caso do talude com o NA na posição normal, empregaram-se duas abordagens. Numa delas, fixou-se uma única superfície de ruptura, correspondente àquela inferida dos levantamentos de campo e na outra, fez-se com que o programa pesquisasse a superfície de ruptura

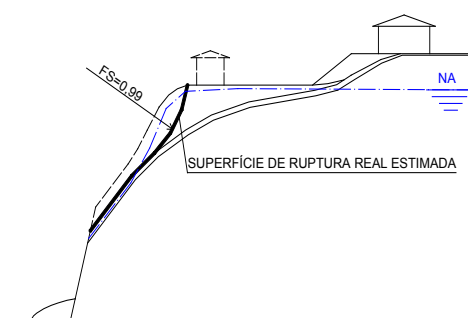
crítica, com a finalidade de confrontar os resultados. No caso da consideração do NA na posição elevada, procurou-se por tentativas, num processo de retroanálise, a posição do NA que gerasse uma superfície crítica de ruptura coincidente com a levantada a campo, com um fator de segurança ligeiramente abaixo de 1,00. Nas figuras 8 e 9 são apresentados os resultados obtidos.

Figura 8 - Fatores de segurança para o talude com NA na posição normal numa análise pelo método do talude finito de Bishop Modificado



Fonte: Dos autores.

Figura 9 - Posição do NA que levaria a ruptura do talude através da superfície real estimada numa análise pelo método do talude finito de Bishop Modificado.



Fonte: Dos autores.

Observa-se que, segundo os resultados apresentados acima, o talude quando não saturado, se encontra estável com um fator de segurança FS mínimo de 2,18 e igual a 2,27 na superfície estimada por onde teria ocorrido a ruptura. Então, segundo as análises, para que ocorresse a ruptura através da superfície estimada, boa parte do maciço na porção superior teria que sofrer saturação, conforme representado na Figura 9. Isso seria uma condição plenamente possível, tendo em vista a existência de rocha a baixa profundidade, a qual possui baixa taxa de absorção de água, fazendo com que o NA se elevasse em razão da intensidade de chuva de 111mm em aproximadamente 24 horas. Além disso, a presença de edificações contribuiria com o acúmulo de água oriunda dos telhados que acabava por ser despejada talude abaixo.

Na análise em que se considerou o talude infinito, os cálculos, por serem mais simples, foram realizados manualmente. Considerando o maciço na umidade natural, obteve-se um FS de 2,61. Elevando-se o NA simplesmente até a superfície de ruptura (transição da camada de argila com a

camada de solo saprolítico), portanto sem considerar a atuação de poropressões e nem o aumento do peso específico do talude, mas considerando apenas a queda dos parâmetros de resistência na superfície de deslizamento, em especial da coesão, tem-se que o FS atinge um valor de 0,80.

Analisando-se os resultados obtidos, conclui-se que a ruptura ocorreu sobretudo pelo fato de que uma saturação parcial do maciço, promoveu a eliminação da coesão aparente, a qual até então estava garantindo a estabilidade do talude. Embora não seja possível precisar a forma exata em que ocorreu o colapso, uma possibilidade que não pode ser descartada é a ocorrência de várias rupturas progressivas, iniciando-se pela região mais próxima do pé e avançando para a crista.

## 5. Conclusões propostas

Com base nos resultados obtidos, abstrai-se as seguintes conclusões.

- Observa-se que a saturação do solo que compõem o maciço estudado ocasiona uma queda expressiva na coesão total relativa ao solo na umidade de campo (de 27kPa para 3kPa), ou seja a coesão efetiva é próxima de zero;
- Essa grande diferença entre a coesão total e a efetiva, indica a forte presença de uma coesão aparente, explicada pelo efeito da sucção nos solos, sendo que sua perda implica numa diminuição drástica da resistência ao cisalhamento do maciço estudado;
- Através dos cálculos de análise de estabilidade, verificou-se que a coesão aparente era determinante para a estabilidade do maciço, sendo pouco significativo o efeito do aumento da poropressão quando da saturação do maciço;
- A presença de uma camada relativamente esbelta de solo sobre uma camada impermeável facilitou a elevação do NA pela ocorrência de 111mm de chuvas num período de aproximadamente 24h, gerando uma saturação parcial do maciço, a qual foi suficiente para causar sua ruptura;
- Soluções de vedação e drenagem que fossem eficazes para impedir a saturação do maciço teriam sido úteis para evitar a ruptura ocorrida e podem ser aplicáveis para impedir a progressão espacial da ruptura do talude estudado.

## 6. Referências

American Society for Testing and Materials. ASTM D3080: Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. Montgomery County, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6502: Rochas e Solos. Rio de Janeiro, 1995.

Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Mapa de Clima do Brasil, 2002. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em 29 mai. 2015.

Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Mapa de Biomas do Brasil, 2004. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em 29 mai. 2015.

Brasil. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Ministério de Minas e Energia. Mapa de Isoietas Anuais Médias, 2006. Disponível em: < <http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em 29 mai. 2015.

Brasil. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Ministério de Minas e Energia. Mapa Geológico do estado do Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: < <http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em 29 mai. 2015.

Caputo, Homero Pinto. Mecânica dos solos e suas aplicações. 6. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: LTC, 1987-1988. 2.v.

Das, Braja M. Fundamentos de engenharia geotécnica. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

Gerscovich, Denise M. S. Estabilidade de taludes. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

Rio Grande do Sul. SEPLAG - Secretaria de Orçamento e Gestão RS. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Mapa Geomorfológico, 2004. Disponível em [www.seplag.rs.gov.br/atlas](http://www.seplag.rs.gov.br/atlas), acesso em 29 mai. 2015.

Streck, E. V. et al. Solos do Rio Grande do Sul. 2. ed. EMATER/RS-ASCAR, Porto Alegre, 2008.



# USO DE NANOBIOSENSORES ENZIMÁTICOS NA ÁREA ALIMENTAR - REVISÃO

Joseane P. Mafioleti<sup>1</sup>, Lucélia Hoehne<sup>1</sup>, Rosecler Ribeiro<sup>1</sup>, Daniel Kuhn<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário Univates. Rua Avelino Tallini, 171 – Bairro Universitário– Lajeado – RS – Brasil

*joseane.parizzi@gmail.com, luceliah@univates.br, roseclerr@universo.univates.br, danielkuhn@universo.univates.br*

**Abstract:** This work describes a short review of articles related to nanotechnology and consequently the use of enzymatic nanobiosensors applied favorable with healthy eating. This technology is based on the enzymatic activity before and after the inhibition and can be reversible or not reversible. Because of developments in research, the nanobiosensors become great allies in pesticide detection. They are applied in the food safety because it has features like high sensitivity, high selectivity, reliability, durability, speed in issuing the results, simplicity of operation and ability to perform multiple and low cost.

**Resumo:** Este trabalho descreve uma breve revisão de artigos relacionados à nanotecnologia, e conseqüentemente ao uso de nanobiossensores enzimáticos aplicados a favor da alimentação saudável. Essa tecnologia baseia-se na atividade enzimática antes e depois da inibição e podendo ser reversível ou irreversível. Devido evolução das pesquisas, os nanobiossensores tornam-se ótimos aliados na detecção de pesticidas. Eles são aplicados na área de segurança alimentar por possuir características como alta sensibilidade, alta seletividade, confiabilidade, durabilidade, rapidez na emissão dos resultados, simplicidade de operação e capacidade de realizar múltiplas análises e baixo custo.

## 1. Introdução

Biossensores são dispositivos que combinam reações biológicas e que por meio de um transdutor, os sinais químicos ou físicos, são convertidos em uma resposta mensurável do analito detectado. No intuito de aperfeiçoamento, das análises, diminuição de custos e de tempo tem-se estudado várias alternativas de biossensores. Quando esses sensores biológicos estão em escala de nanômetros, eles são denominados de nanobiossensores. Esses pequenos dispositivos utilizam reações biológicas para detecção de analitos-alvo [Wang, Lu e Chen 2014], combinando o componente biológico em questão e interagindo o substrato de interesse a um transdutor físico que, por fim, converte os processos de biorreconhecimento em uma resposta quantitativa [Wang, Lu e Chen 2014; Pathak, Katiyar e Giri, 2007]. O uso dessa tecnologia traz uma série de vantagens, pois, são altamente sensíveis e seletivos, relativamente fáceis em termos de desenvolvimento, além de acessíveis e prontos para uso [Furtado et al., 2008].

Para detecção de contaminantes, os nanobiossensores que utilizam enzimas como a acetilcolinesterase estão sendo desenvolvidos, principalmente para análise de pesticidas organofosforados [Dyk e Pletschke, 2010]. Além disso, os nanobiossensores podem ser muito promissores também na detecção de doenças e no controle de qualidade dos alimentos [Rai et al., 2012; Knop, 2011]. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é fazer uma breve revisão para melhor entender a funcionalidade dos biossensores, bem como suas aplicações.

## 2. Referencial teórico

A nanotecnologia é uma área científica multidisciplinar que consiste na criação e utilização de materiais, dispositivos e sistemas através da manipulação de matéria à escala do nanômetro (nm, nano-escala) [Neves, 2011]. Dentro dessa tecnologia, está inserida a nanobiotecnologia, que por sua vez, aplica ferramentas e processos de nanofabricação à construção de dispositivos para estudar e compreender os sistemas dos processos biológicos e as propriedades físico-químicas das moléculas [Bueno, 2013; Faria-Tischer e Tischer, 2012].

A detecção rápida, precisa e sensível de parâmetros bioquímicos e moleculares utilizando os nanobiossensores são as vantagens de seu uso, pois em seu mecanismo ele converte um evento biológico como um distúrbio genético, metabólico ou uma infecção (viral ou bacteriana) em um sinal mensurável e processável [Bueno, 2013]. Os nanobiossensores incorporam um elemento biológico. Esse biorreceptor pode ser proteína (enzimas ou anticorpos, ácidos nucleicos, canais iônicos ou células inteiras) que por sua vez, fará o reconhecimento do analito pela sua interação com ele [Parreira e Leitão, 2010]. A interação dessas substâncias gera uma perturbação bioquímica (calor transferido ou absorvido, emissão de luz na reação, etc) no nanobiossensor que é convertida em um efeito detectável e mensurável [Knop, 2011].

Quando pretende desenvolver um biossensor, devem-se levar em consideração as constantes de afinidade, constantes de equilíbrio, fenômenos de interface relacionada à enzima e ao substrato para obter maior sensibilidade e exatidão na análise [Carvalho, Rath e Kubota, 2003]. Para melhor entender, os nanobiossensores são classificados em função: do tipo de interação (entre o elemento de reconhecimento e o analito), do método utilizado para detectar esta interação, da natureza dos elementos de reconhecimento e o tipo de sistema de transdução [Rumayor et al., 2005].

A classificação conforme os elementos de reconhecimento podem ser utilizados: as enzimas, organelas, receptores biológicos, anticorpos e ácidos nucleicos. Quanto à natureza do elemento de reconhecimento compreende dois grandes grupos: biossensores de afinidade (bioafinidade) e biossensores catalíticos (biocatalítico) [Rasooly, 2005]. Os biossensores de afinidade estão os: antígenos, anticorpos e fragmentos de ácido desoxirribonucleico (DNA) [Oliveira et al., 2013]. Os biossensores catalíticos, as macromoléculas catalisam as reações, a imobilização do reconhecedor biológico na superfície do sensor é responsável pelo consumo contínuo de substrato, neste grupo estão as enzimas, células ou tecidos [Porfírio, 2014].

Quanto ao tipo de sistema de transdução, o sistema transforma a energia gerada pela interação entre o reconhecedor biológico e o analito alvo, gerando um sinal mensurável. Dependendo do tipo de interação ainda pode ser subdividido em quatro classes: o sistema de transdução eletroquímico, óptico, termométrico e piezoelétrico [Mehrvar e Abdi, 2004; Rumayor et al., 2005].

O modelo eletroquímico, a interação é avaliada pela produção de um sinal eletroquímico fornecido pela perda ou ganho dos elétrons. Dentro desse grupo enquadram-se os amperométricos, potenciométricos e condutimétricos. O sistema óptico, o índice de refração, luz absorvida das substâncias dão a informação da interação. Para o termométrico, a variação da entalpia, ou seja, liberação ou consumo de calor produzido pela interação é proporcional à formação de produtos. E do tipo piezoelétrico, baseia-se na interação do reconhecedor biológico e oscilações do cristal piezoelétrico imergidos no líquido que contém o analito [Porfírio, 2014]. Um exemplo desse último modelo citado

é a determinação de doping genético em atletas que é fundamentado na aplicação do piezoelétrico [Bairros; Prevedello; Moraes, 2011].

Entre algumas das aplicações de nanobiossensores, pode-se citar: a detecção de microrganismos patogênicos, aditivos, toxinas e resíduos em produtos alimentícios [Rumayor et al., 2005; Malheiros et al., 2010; Parreira e leitão, 2010]. Para isso, os biossensores que são aplicados na área de segurança alimentar devem possuir características como: alta sensibilidade, alta seletividade, confiabilidade, durabilidade, rapidez na emissão dos resultados, simplicidade de operação, poucas exigências de condições de preparação do meio, automação, facilidade de transporte, miniaturização e capacidade de realizar múltiplas análises com baixo custo [Rumayor et al., 2005].

De acordo com Porfírio 2014, os biossensores podem ser usados no controle da qualidade de bebidas, como por exemplo o a determinação da lactose no leite por meio de um eletrodo revestido com a enzima  $\beta$ -lactosidade e oxidase. O autor comenta também o uso de um conjunto de biossensores para avaliar a qualidade da cerveja, vinho, suco de frutas e bebidas não alcoólicas, incluindo análises microbiológicas como a presença de *Escherichia coli*, teor de glicose, frutose, álcool, pesticidas entre outras [Porfírio, 2014].

Dentre os biossensores, destacam-se as enzimas que são largamente utilizadas como elemento de reconhecimento para analisar carboidratos, aminoácidos, alcoóis, entre outros [Razzino, 2007]. O funcionamento dessa técnica baseia-se na avaliação da atividade antes e depois da inibição. Denomina-se inibição enzimática quando a substância interfere na catálise enzimática, além disso, o processo de inibição é classificado em dois tipos: reversível e irreversível [Marques e Yamanaka, 2008].

A inibição reversível forma um complexo em um sistema em equilíbrio, a enzima apresenta grau definido de inibição, pois como a reação depende das concentrações dos reagentes no meio e o sistema tende a ficar constante depois de um determinado tempo [Marques e Yamanaka, 2008].

Na inibição irreversível, o inibidor liga-se ao sítio ativo de forma irreversível e inibição aumenta gradativamente até atingir seu o ponto máximo. Ela ocorre pela ligação do inibidor ao sítio ativo da enzima de forma que é impossível retornar a substância que deu origem, pois muitas vezes, são formadas ligações covalentes, podendo destruir os grupos funcionais da enzima [Marques e Yamanaka, 2008]. A enzima é uma proteína que catalisa, isto é, intervém e acelera uma reação química e fisiológica, sendo que todos os processos bioquímicos a nível celular dependem delas para ocorrer [Bueno, 2013].

As enzimas são utilizadas como elemento de reconhecimento em biossensores por ser muito convenientes e devido à variedade de produtos de reação mensuráveis de um processo catalítico, incluindo prótons, elétrons, luz e calor. Os métodos mais comuns de biossensores de enzimas são classificados em dois tipos, de acordo com a interação entre as moléculas de enzima e o analito: Se a enzima metaboliza o analito, a concentração deste pode ser determinada por meio de medição catalítica. Agora, se a atividade da enzima é inibida pelo analito, é detecta a diminuição enzimática da formação de produto [Wang, Lu e Chen, 2014].

Neste contexto, destaca-se a enzima do tipo urease que tem sido muito utilizada como um sensor de biorreconhecimento, haja vista que, o que influenciou seu uso foi à necessidade de determinação e monitoramento da ureia tanto em aplicações médicas quanto ambientais [Chambers et al, 2008]. A urease também tem tido aplicação na agricultura, pois ela catalisa a hidrólise da ureia em dióxido de carbono e amônia, sendo que a concentração da urease tem importância em vista do uso de ureia no cultivo de plantas [Lanna et al., 2010].



No Brasil, a quantidade e o tipo de aditivos que são adicionados em alimentos são regulamentados por órgãos oficiais do Governo Federal como: a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Para avaliação dessas substâncias, os nanobiossensores podem ser uma importante ferramenta, pois assim, pode-se controlar o uso dos aditivos nos alimentos que em excesso provoca intolerâncias, alergias e outras reações adversas aos consumidores [Rumayor et al., 2005].

Na área da agricultura, os pesticidas desempenham um papel importante na produtividade de culturas devido ao controle de pragas. No entanto, os pesticidas são intencionalmente tóxicos, muitas vezes, em direção a organismos não-alvo e sua liberação no meio ambiente tem sérias consequências ambientais. Estas substâncias são frequentemente muito persistentes e com meias-vidas de décadas podendo ser transportados por longas distâncias [Dyk e Pletchke, 2010]. Nesse sentido, o desenvolvimento de um biossensor amperométrico para identificar pesticidas organofosforados em amostras de água é uma excelente alternativa de análise, pois, são altamente sensíveis, e o funcionamento é baseado na inibição da enzima acetilcolinesterase (AChE), além disso, o mesmo não sofre interferência da matriz biológica [Pereira, 2013].

Na cultura de alimentos, os pesticidas, os organofosforados e carbamatos são os mais utilizados porque tem alta atividade inseticida [Pereira, 2013]. Os pesticidas organofosforados têm sido muito usados para repelir pragas, mas por ter toxicidade aguda, tem trazido preocupações quanto à segurança alimentar e ambiental mesmo que em quantidade muito pequena [Lima et al, 2007].

Os organofosforados estão sendo utilizados em substituição aos organoclorados como o Dicloro Difetil Tricloroetano (DDT) e Aldrin [Guan et al., 2012]. Dentre eles, podem ser citados o parathion, malathion, methyl parathion, clorpirifos, diazinon, diclorvos, tetraclorvinphos, triazofos, oxidemetão e azinfos metilo como pesticidas organofosforados [Dyk e Pletchke, 2010]. O principal sítio de ação dos inseticidas organofosforados é o sistema nervoso, na junção neuromuscular, interagindo com a acetilcolinesterase, cuja função é catalisar a hidrólise da acetilcolina (ACh) em ácido acético e colina, interrompendo a transmissão dos impulsos nervosos nas sinapses dos neurônios colinérgicos dos sistemas nervosos central e periférico [Ribeiro et al, 2013].

Entre os agrotóxicos mais difundidos atualmente, encontram-se o fungicida ditiocarbamatos (DTC's), Lima e colaboradores propõe um método de determinação usando a enzima aldeído, conforme os autores a inibição da enzima ocorre de forma irreversível e essa reação depende de fatores como: pH, temperatura, tempo de reação e concentração do cofator  $\beta$ -nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD<sup>+</sup>) [Lima et al, 2007].

A determinação rápida, eficiente e confiável das concentrações de pesticidas organofosforados é cada vez mais importante para a segurança pública e proteção da saúde [Li et al, 2011]. Embora os métodos de análise como a cromatografia e a espectrometria de massa forneçam uma avaliação precisa e confiável destes pesticidas, estas técnicas sofrem algumas desvantagens como a baixa especificidade, a sensibilidade de detecção e o custo de análise [Guan et al., 2012]. Além disso, estes métodos envolvem demorados passos, tais como: coleta de amostra de campo, extração de fase sólida em laboratório e comparação de picos espectrais obtidos como referência [Khot et al., 2012].

Nesse raciocínio, os biossensores baseados nas enzimas como a acetilcolinesterase, butirilcolinesterase, fosfatase alcalina, hidrolase e tirosinase têm encontrado aplicações na detecção de poluentes como os pesticidas organofosforados [Guan et al, 2012]. Os pesticidas ativam ou inibem as



enzimas proporcionalmente a concentração em que se encontram na água, solo alimentos ou bebidas, por isso enzimas estão sendo utilizados em biossensores para detecção de pesticidas [Dyk e Pletchke, 2010]. A fim de detectar pesticidas organofosforados com baixo custo, Mendonça e colaboradores desenvolveram o biossensor a base da enzima acetilcolinesterasa contendo macroalgas estuarina na superfície do eletrodo e obtiveram bons resultados [Mendonça et al., 2012].

Em adição, para detectar os pesticidas organofosforados, biossensores a base de enzimas tem sido utilizada em conjunto com nanomateriais (nanotubos de carbono; grafenos) para construção de nanobiossensores [Wang, Lu e Chen, 2014]. Os nanotubos de carbono são formados por arranjos hexagonais de carbono dispostos em folhas de grafeno, que são enroladas em formatos cilíndricos com diâmetros na ordem de nanômetros [Moraes, 2010]. Existem vários estudos que usam os nanotubos de carbono, pois é uma tecnologia em que consiste em simplicidade e facilidade de renovação de superfície para cada medida. Essas pastas de carbono podem ser usadas, por exemplo, na determinação de pesticidas do tipo organofosforados e carbanamatos devido a inibição enzimática [Martinez, 2011]. Neste contexto, a adição, o biossensor de carbono com base na substância peroxidase (derivada do nabo) pode ser usado na determinação de triglicerídeos não reagidos no biodiesel [Mendes et al, 2014a]. Com isso, se vê um amplo campo de pesquisa em sistemas integrados aos biossensores que combinam as propriedades dos nanotubos de carbono com capacidade de reconhecimento molecular no desenvolvimento de nanobiossensores [Souza filho e Fagam, 2007]. Uma alternativa de melhoramento de detecção, de acordo com Oliveira, é o uso de polímeros conjugados em biossensores, pois isso melhora no processo de interação receptor analito e na transdução do sinal em menor tempo, sensibilidade e o limite de detecção, além de favorecerem a miniaturização de sensores [Oliveira et al., 2013].

Alguns trabalhos podem ser citados usando nanobiossensores em revisões, como o herbicida mesotriona, que pode inibir a 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenase (HPPD) a substância que é responsável pela síntese de carotenoides. Baseado nessa informação, o desenvolvimento de um nanobiossensor à base de HPPD na detecção do mesotriona demonstrou-se eficiente, pois o agente de reticulação de cloridrato de N-(3-dimetilaminopropil)-N'-etilcarbodi-imida é responsável por preservar adequadamente a enzima [Soto et al., 2015].

Os nanobiossensores possuem como elemento de reconhecimento um material biológico. Dessa forma, a seletividade dos herbicidas que são inibidores da enzima acetil-coenzima A carboxilase (ACCase), evidenciaram que as melhores interações de energias ocorrem com os herbicidas ariloxifenoxipropionatos (fops) e as ciclohexanodionas (dime) [Mendes et al, 2014 b]. Em outro trabalho, a enzima acetil coA carboxilase foi aplicada na identificação do herbicida diclofop, a imobilização da enzima foi realizada com o herbicida [Amarante, 2013].

É possível também sintetizar nanopartículas de prata (AgNPs) utilizando o extrato aquoso proveniente das folhas de *Brosimum gaudichaudii* Trécul (Moraceae). Essa técnica diminui o impacto biológico, pois elemento tóxico geralmente usado no método convencional é substituído pelo extrato da planta citada [Albernaz, 2014].

Outro biossensor com base em vegetal é o uso da enzima tanase, que apresentou excelentes resultados na identificação de taninos hidrolisáveis. Essa substância de origem vegetal, presente nos alimentos, como por exemplo, cerveja, chás, vinho deve ter o controle do teor de taninos, pois esses fenóis influenciam diretamente na qualidade do alimento, uma vez que, é responsável pelo sabor, adstringência e formação de precipitados [Melo, 2008].

### 3. Conclusão

Com o desenvolvimento de nanobiossensores, muitas empresas agroalimentares estão investindo nessa tecnologia para obter alimentos mais seguros, nutritivos e mais saborosos. Apesar de ser um campo vasto, a revisão apresentada possibilitou ter um breve conhecimento sobre as classificações e funcionamento dessa ferramenta no desenvolvimento de técnicas eficientes como os nanobiossensores enzimáticos, que podem ser usados em várias áreas da ciência juntando a biotecnologia ao seu favor.

Dessa forma, percebeu-se que o desenvolvimento de novas tecnologias usando enzimas tem muito que ser descoberto, pois, as análises que usam a nanobiotecnologia é a excelente ferramenta na detecção de substâncias, além disso, visa ao baixo custo, facilidade e rapidez nos resultados. Para isso, é fundamental importância combinar metodologias eletroquímicas no reconhecimento da resposta biomolecular.

### Referências

- Amarante, A. M. Desenvolvimento da microscopia de força química usando modelagem molecular. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, SP, 2013.
- Albernaz, V. L. Síntese verde de nanopartículas de prata com extrato aquoso de folhas de *Brosimum gaudichaudii*, caracterização físicoquímica, morfológica e suas aplicações no desenvolvimento de um nanobiossensor eletroquímico. Dissertação de mestrado Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2014.
- Bairros, A. V.; Prevedello, A. A.; Moraes, L. S. Doping genético e possíveis metodologias de detecção. rev. bras. ciênc. esporte, Florianópolis, v. 33, n. 4, p.1055-1069, out./dez. 2011.
- Bueno, C. C. Desenvolvimento de um nanobiossensor para o monitoramento da qualidade ambiental no setor agrícola. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, 2013.
- Carvalho, R. M.; Rath, S.; Kubota L. T. SPR- Uma nova ferramenta para biossensores. *Quim. Nova*, Vol. 26, No. 1, 97-104, 2003
- Chambers, J. P.; Arulanandam, B. P.; Matta, L. L.; Weis, A., Valdes, J. J. Biosensor Recognition Elements||. *Current Issues in Molecular Biology*, v.10, p. 1-12., 2008.
- Dyk, j. S. V.; Pletschke, B. Review on the use of enzymes for the detection of organochlorine, organophosphate and carbamate pesticides in the environment. South Africa: *Chemosphere*, 2010.
- Faria-Tischer, P. C. S.; Tischer, P. Nanobiotecnologia: plataforma tecnológica para biomateriais e aplicação biológica de nanoestruturas. BBR, *Biochemistry and Biotechnology Reports*. DOI 10.5433/2316-5200. 2012. v.1, n.1, p32.
- Furtado, R. F.; Dutra, R. F.; Alves, C. R.; Pimenta, M. G.R.; Guedes, M. I. F. Aplicações de biossensores na análise da qualidade de alimentos. Embrapa agroindústria tropical, Fortaleza, CE 2008.
- Guan, H.; Zhang, F.; Yu, J.; Chi, D. The novel acetylcholinesterase biosensors based on liposome bioreactors–chitosan nanocomposite film for detection of organophosphates pesticides. China: *Food Research international*, 2012.
- Knop, L. B. Avaliação do Sistema de Leitor de Circuito Integrado *Biochip Reader* da PPC/mBio Inc. para o Diagnóstico de Infecção por HIV/HCV: Análise Preliminar do Método – Salvador, Monografia (mestrado), Instituto de Ciência da Saúde (ICS) da Universidade Federal da Bahia, 2011.
- Khot, L. R.; Sankaran, S.; Mari M., Joe; Ehsani, R.; Schuster, E.W. Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: A review. USA: *Crop Protection*, 2012.

Lanna, A. C.; Silveira, P. M.; Silva, M. B.; Ferraresi T. M.; Kliemann, H. J. Atividade de urease no solo com feijoeiro influenciada pela cobertura vegetal e sistemas de plantio. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:1933-1939, 2010.

Li, H.; Guo, J.; Ping, H.; Liu, L.; Zhang, M.; Guan, F.; Sun, C.; Zhang, Q. Visual detection of organophosphorus pesticides represented by mathamidophos using Au nanoparticles as colorimetric probe. *Talanta* 87 (2011) 93– 99

Lima, R. S. L.; Nunes, G S.; Nogueira, T.; Marty, J. Biossensor enzimático para detecção de fungicidas ditiocarbamatos. Estudo cinético da enzima aldeído desidrogenase e otimização do biossensor. *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 1, 9-17, 2007.

Marques, P. R. B. O.; Yamanaka, H. Biossensores baseados no processo de inibição enzimática. *Quim. Nova*, Vol. 31, No. 7, 1791-1799, 2008.

Malheiros, P. S.; Daroit, D. J.; da Silveira, N. P.; Brandelli, A. Effect of nanovesicle-encapsulated nisin on growth of *Listeria monocytogenes* in milk. *Food Microbiology*, London, v. 27, n. 1, p. 175-178, 2010.

Martinez, M. T. Desenvolvimento de biossensores de pasta de carbono e de pasta de nanotubos de carbono modificados com a enzima acetilcolinesterase para detecção de pesticidas da classe dos carbamatos. Dissertação do Instituto de Química de São Carlos. USP, São Paulo, 2011.

Mehrvar, M.; Abdi, M. Recent developments, characteristics, and potencial applications of electrochemical biosensors. *Anal. Sci.*, 20, 1113–1126, 2004.

Melo, A. F. Desenvolvimento preliminar de um biossensor enzimático para determinação de taninos hidrolisáveis. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ / EQ RJ), 2008.

Mendes, R. K., Moino, B. P., Guilherme, J. P. P., Nogueira, A. B. Desenvolvimento de um biossensor eletroquímico obtido com extrato vegetal para a determinação de triglicerídeos em biodiesel. *Rev. Virtual Quim.* Vol 6, No. 4, 1033-1046, Julho-Agosto 2014.

Mendes, C. C. A., Júnior, O. A., Guilardi, S., Franca, E. d. F. Estudo teórico da seletividade e do solvente em um nanobiossensor de herbicidas inibidores da acetil-coenzima a carboxilase. Universidade Federal de Uberlândia, 2014.

Mendonça, C. D.; Verbinnen, R. T.; Marques, P. R. B. O.; Nunes G. S. Construção de biossensores amperométricos à base da enzima acetilcolinesterase contendo macroalga de ambiente estuarino para a detecção do agente anticolinesterase paration metílico. *Cad. Pesq.*, São Luís, v. 19, n. especial, jul. 2012.

Moraes, F. C. Nanotubos de carbono no desenvolvimento de sensores eletroquímicos. Tese de doutorado Pós-graduação em Química Universidade Federal de São Carlos. São Paulo: 2010.

Neves, R. B. S. Nanotecnologia aplicada à indústria de alimentos: o uso de biossensores. Seminário apresentado na Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, 2011.

Oliveira, J. E.; Consolin-Filho N.; Paterno L. G.; Mattoso, L. H. C.; Medeiros E. S. Uso de polímeros condutores em sensores. Parte 3: Biossensores. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos / ISSN 1809-8797 / v.8.1 (2013) 1 – 11.*

Parreira, D. B.; Leitão, T. G. Nanobiossensores. INPI Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Brasil). (Org.). Brasília, DF: INPI, 2010. 21p.

Pathak, P.; Katiyar, V. K.; Giri, S.; *J. Nanotechnol. Online*. 2007, DOI: 10.2240/azojono0116.

Pereira, N. M. Desenvolvimento de um biosensor à base de enzima acetilcolinesterase empregando NTCPM/CoTSPc para determinação de pesticidas organofosforados. Dissertação (mestrado). Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2013.

Porfírio F. F. O. Aplicação de biossensores na análise da qualidade de bebidas: Revisão. Monografia de TCC, Química Bacharelado, UFSJ, 2014.

Rasooly, A. Biosensor technologies. *Methods*, Orlando, v. 37, n. 1, p. 1-3, 2005.

Rai, M.; Gade, A.; Gaikwad, S.; Marcato P. D.; Durán, N. Biomedical Applications of Nanobiosensors: the State-of-the-Art *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 23, No. 1, 14-24, 2012.

Razzino, C. A. Desenvolvimento, caracterização e utilização de um nanobiossensor enzimático para a determinação de carbaril. Dissertação (mestrado), Instituto de Química de São Carlos, SP, 2007].

Ribeiro, F. S.; Luiz, A. S.; Bonini, E. A.; Tanimoto, S. T. Padronização De Método Enzimático Para Detecção De Pesticidas Organofosforados Em Alimentos. *Anais do VIII EPCC, Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar*. Ed. CESUMAR Maringá, Paraná, Brasil, 2013.

Rumayor, V. G.; Iglesias, E. G.; Galán, O. R.; Cabezas, L. G. Aplicaciones de biosensores en la industria agroalimentaria. *Madri: Elecé Industria Gráfica*, 2005.

Soto G. P.; Moreau, A. L. D.; Magalhaes I. J. C.; Araujo V. A. C.; Higa, A. M.; Oliveira, G.S.; Camargo A. F.; Hausen, M.; Leite, F.L., A Nanobiosensor Based on 4-Hydroxyphenylpyruvate Dioxygenase Enzyme for Mesotrione Detection, in *Sensors Journal, IEEE*, vol.15, no.4, pp.2106-2113, April 2015.

Souza Filho, A. G.; Fagan, S. B. Funcionalização de nanotubos de carbono. *Química Nova*, Vol 30. Santa Maria – RS. 2007.

Wang, X; Lu, X; Chen, J. Development of biosensor technologies for analysis of environmental contaminants. *China: Trends in Environmental Analytical Chemistry*, 2014.



# ESTABILIZAÇÃO QUÍMICA DE UM SOLO FORMADO NO VALE DO RIO PARDO ATRAVÉS DA INCORPORAÇÃO DE CAL E CIMENTO PARA VERIFICAÇÃO DO GANHO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES E TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Mariana da Silva Carretta<sup>1</sup>, Fernanda Ines Schwingel<sup>1</sup>, Cintia Martins de Oliveira<sup>1</sup>, Guilherme Ebani Jacques<sup>1</sup>, Débora Aline Grasel<sup>1</sup>, João Rodrigo Guerreiro Mattos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul – RS – Brazil

*marianacarretta@mx2.unisc.br, fines@hotmail.com, cmartins@mx2.unisc.br, guilherme.ebani@gmail.com, debora.grasel@outlook.com, joaorodrigomattos@gmail.com*

**Abstract:** Considering soil stabilization as a viable practice under the economic and environmental point of view in the improvement of the mechanical strength conditions and durability of pavements, this paper deals to evaluate the performance of a soil from the Vale do Rio Pardo region when added cement and lime. The study began with the mechanical and physical characterization of the soil, definition of additives weight percentages, molding and uniaxial compression resistance tests as well as the Brazilian test. Noticing strength gain of the specimens it was possible to confirm the reliability of the application of this type of stabilization on soils to be used as grade and subgrade materials in pavements.

**Resumo:** Considerando a estabilização de solos como prática viável do ponto de vista econômico e ambiental na melhoria das condições de resistência mecânica e consequente durabilidade dos pavimentos, a presente pesquisa objetiva avaliar o desempenho de um solo do Vale do Rio Pardo acrescido de cimento e cal. O estudo se deu através da caracterização física e mecânica do solo, da definição das dosagens de aditivo, moldagens e ensaios de resistência à tração e compressão. Notabilizando o ganho de resistência dos corpos de prova moldados, foi possível firmar a viabilidade da aplicação deste tipo de estabilização para uso do solo como material de base e sub-base de pavimentos.

## 1. Introdução

Conferir maior resistência ao solo através da estabilização química significa atribuir a ele maiores condições de suporte às cargas oriundas do tráfego de veículos sobre a superfície que compõe o pavimento. Esse tipo de estabilização é realizada através da interação das partículas do solo com aditivos capazes de melhorar as condições mecânicas do mesmo. Além de ser uma das técnicas mais difundidas no Brasil nos últimos tempos, a estabilização química se mostra como alternativa de grande viabilidade econômica, gerando um pavimento que apresenta bom desempenho e durabilidade.

Por conseguinte, a presente pesquisa objetiva, como foco principal a avaliação da influência concedida pelo acréscimo de cal e cimento em amostras de um solo da cidade de Vera Cruz – RS nas propriedades mecânicas através da verificação do ganho de resistência à compressão simples e tração por compressão diametral para diferentes teores de aditivo e tempos de cura. A jazida de onde o solo é proveniente tem como coordenadas geográficas latitude de 29°41'43.40" Sul e longitude de 52°29'55.51" Oeste.

## 2. Estabilização química

A estabilização química de solos é caracterizada quando se confere ao mesmo significativo ganho de resistência com o emprego de aditivos químicos. Entre as formas mais disseminadas na atualidade para fins viários, encontra-se a estabilização de solos com o uso de cimento, cal, betume, cloretos e polímeros. Devido ao baixo custo inicial e grande durabilidade de sua aplicação, os métodos mais utilizados ainda são as misturas solo-cimento e solo-cal.

A estabilização de solo com o uso do cimento como aditivo é uma das mais antigas técnicas utilizadas para fins rodoviários. O cimento provoca ligações mecânicas e químicas entre os grãos de solo e o material, fazendo com que haja fixação entre os pontos de contato com o grão. O produto resultante da mistura solo-cimento é um material com ganho de resistência à compressão, boa durabilidade e baixa condutividade hidráulica.

A cal, por sua vez, é um estabilizante químico de maior aplicabilidade a solos de granulometria fina, tais como solos pertencentes aos grupos A-5, A-6 e A7 da classificação da AASHTO bem como solos classificados como SC, GC, GM, CH, entre outros, pelo SUCS. O material produz reações químicas que induzem o solo a melhorias na trabalhabilidade e plasticidade, logo após a mistura e reações pozolânicas capazes de conferir ao solo significativos aumentos de resistência quando verificados a longo prazo. Além disso, a adição de cal reduz significativamente a expansão do solo aumentando a umidade ótima (CROFT, 1967 *Apud* ASGARI, 2013).

O processo de estabilização com ambos os materiais em questão acontece através de reações pozolânicas. Segundo Asgari (2013), os dois materiais possuem o cálcio necessário para que a reação seja realizada, porém a sílica necessária provém de diferentes origens. Na estabilização utilizando cal ela provém da quebra do grão de argila, já na estabilização com cimento a sílica já está contida na mistura, não necessitando da quebra da partícula de argila, e somente necessita que o solo contenha umidade para que a reação ocorra. Constata-se então, que a estabilização com a utilização de cimento normalmente não depende das propriedades do solo.

## 3. Procedimento experimental

Para a realização da pesquisa foi necessário, inicialmente, realizar a coleta do solo a ser analisado, o qual é oriundo da cidade de Vera Cruz – RS para que assim fosse iniciado o procedimento de caracterização física e mecânica do solo, classificação pelos métodos SUCS e AASHTO, bem como classificação MCT e moldagens dos corpos de prova a serem submetidos aos ensaios de compressão simples e tração por compressão diametral. Os ensaios em laboratório, nessa fase da pesquisa, seguiram normas e definições da ABNT, AASHTO e DNIT.

Em composição à caracterização física do solo, foram realizados ensaios de massa específica dos grãos do solo, granulometria, limites de Atterberg e MCT. O ensaio de granulometria resulta na designação própria das partículas do solo, podendo ser pedregulho (dimensões das partículas variando entre 76 e 4,8 mm), areia (entre 4,8 e 0,05 mm), silte (entre 0,05 e 0,005) e argila (partículas inferiores a 0,005 mm de diâmetro), sendo que este foi realizado em duas etapas - peneiramento para a fração grossa e sedimentação para os grãos finos. Os limites de Atterberg, caracterizados pelos ensaios de limite de liquidez e de plasticidade, permitem a definição de uma faixa de umidade a qual o solo tem comportamento plástico, obtida através do índice de plasticidade do solo. Ainda para compor a classificação do solo, foram realizados os ensaios que constituem a classificação MCT (Miniatura,

Compactado, Tropical), metodologia desenvolvida por Nogami e Villibor objetivando o melhor aproveitamento dos solos finos lateríticos em bases de pavimento, uma vez que esses eram considerados inapropriados para os métodos usuais de classificação internacional.

Para realização da caracterização mecânica do solo em análise, realizaram-se os ensaios de compactação e de Índice de Suporte Califórnia (ISC). O primeiro corresponde ao ensaio de Proctor, executado na energia normal e padronizado por norma da ABNT, que visa a obtenção de uma curva de compactação, através da moldagem de cinco corpos de prova em umidades diferentes, que apresente nas ordenadas uma massa específica aparente seca máxima do solo e, nas abscissas, um teor de umidade considerado ótimo. Já o ensaio de ISC define a capacidade de suporte de materiais empregados em pavimentação. O ensaio permite a obtenção da pressão necessária para que haja a penetração de um pistão no corpo de prova moldado relacionada a mesma penetração em um corpo de prova padrão. Em outra fase do ensaio ainda é possível auferir dados de expansão do solo quando estiver em imersão.

Após realizadas as etapas de caracterização e classificação do solo, sucedeu-se a realização da análise dos teores de dosagem dos aditivos das misturas. Para isso, foram realizados ensaios de ICL (*Initial Consumption of Lime*) proposto por Rogers *et al* (1997), que consiste em encontrar a quantidade de aditivo suficiente para que seja atingido um valor máximo de pH constante. Assim definidas as dosagens através desses ensaios, iniciou-se a etapa das moldagens dos corpos de prova a serem ensaiados.

Os corpos de prova cilíndricos, de tamanho  $50 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$  de diâmetro por  $100 \text{ mm} \pm 1,00 \text{ mm}$  de altura (para resistência à compressão simples) e  $50 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$  de diâmetro por  $90 \text{ mm} \pm 0,9 \text{ mm}$  de altura (para resistência à tração por compressão diametral), foram moldados com os valores de umidade ótima do solo e de massa específica aparente seca máxima, sendo aceitos somente aqueles que atingissem de 99% a 101% desse valor. As moldagens se realizaram por meio dos processos de preparação da amostra, mistura do aditivo, acréscimo de umidade e homogeneização da mistura solo-cal ou solo-cimento a compor o corpo de prova. Moldados em um cilindro de ferro fundido bipartido, os corpos de prova foram constituídos de três camadas, devidamente pesadas e compactadas para que atingissem a faixa de dimensões e massa específica, aparente seca, aceitáveis. Uma vez considerados aptos, os corpos de prova eram depositados em sacos plásticos, devidamente vedados e armazenados em câmara úmida, para que fosse evitada a perda de umidade ao longo do tempo de cura, conforme demonstrado na figura 1.

Figura 1 - Corpos de prova moldados e acondicionados em sacos plásticos



Fonte: Dos autores.



Os corpos de prova, após moldados e submetidos ao tempo de cura, foram aos ensaios de resistência à compressão simples e tração por compressão diametral. O primeiro executado na prensa universal de ensaios, automática com capacidade para 50 kN tem aplicação da pressão axial, e segue as definições do DNIT. O segundo, também chamado de tração indireta, utiliza o pórtico de Lottman, disposto na mesma prensa universal de ensaios, onde se aplica pressão axial distribuída ao longo da superfície do corpo de prova no sentido diametral, tal como ilustrado na figura 2. A ruptura, dada por tração, ocorre no sentido vertical do corpo de prova.

Figura 2 - Disposição do corpo de prova submetido à tração por compressão diametral na prensa



Fonte: Dos autores.

Segundo orientações da norma do DNIT, os corpos de prova deveriam ser imersos 24 horas antes do ensaio de resistência à compressão para saturação, no entanto, os mesmos não resistiram à imersão e acabaram por se desintegrar completamente, sendo impossível ensaiá-los e descartando essa etapa da pesquisa. Dessa forma, chama-se a atenção que uma parcela dos resultados de resistência obtidos nos ensaios corresponde ao efeito da sucção.

#### 4. Apresentação e análise dos resultados

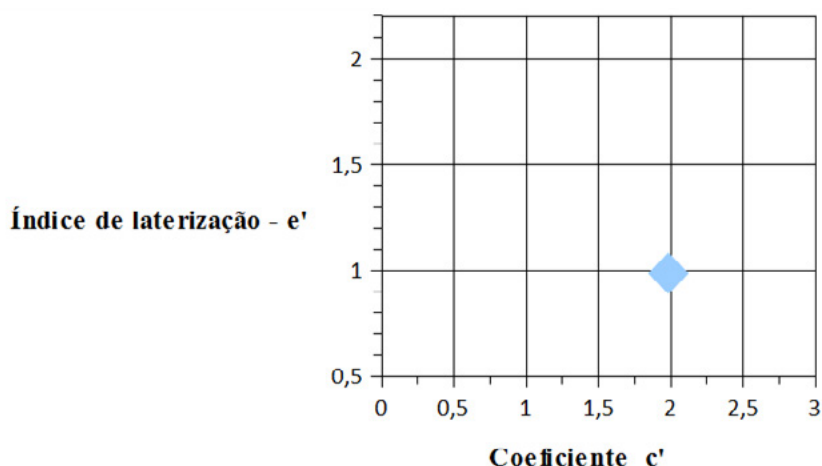
Vencidas as etapas do procedimento experimental da presente pesquisa, passou-se a analisar os resultados obtidos. A série de ensaios que deveria delinear a etapa de caracterização e classificação do solo teve início com os ensaios de massa específica dos grãos do solo. Após, foram realizados os ensaios de granulometria do solo que originou a pesquisa, executados em duas etapas: granulometria por peneiramento e por sedimentação. Foram feitos também os Limites de Atterberg (limite de liquidez e limite de plasticidade), visando a obtenção do índice de plasticidade. A partir daí, pode-se proceder a classificação do solo pelos métodos de classificação SUCS e AASHTO. Ainda na etapa de classificação do solo, realizou-se o ensaio de mini MCV e perda de massa por imersão, para que se fosse realizada a classificação MCT do solo em estudo.

Compondo a etapa de caracterização mecânica do solo, por fim, foram realizados os ensaios de compactação e ISC. E então, realizados os procedimentos para definição dos teores de aditivos a serem estudados, as moldagens e rompimentos dos corpos de prova tanto à compressão simples quanto à tração por compressão diametral.





Figura 4 - Classificação MCT do solo



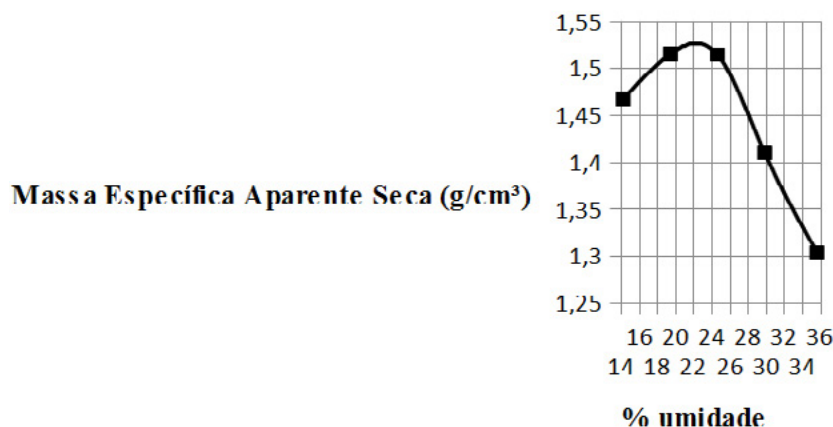
Fonte: Dos autores.

Tendo os resultados de caracterização física do solo, foi possível classificar através do método de classificação rodoviária da AASHTO e do Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS). Uma vez que o solo apresentou mais do que 50% do material passante na peneira de malha 200, limite de liquidez de 42,27% e índice de plasticidade de 13,5 1%, pode-se classificá-lo pelo método SUCS como CL, ou seja, argila de baixa plasticidade. Já conforme a AASHTO, apresentando as características mencionadas, o solo pode se classificar como A-7-6, solo argiloso, com qualidade de aplicabilidade como subleito caracterizada como satisfatória a deficiente. Da classificação MCT, o solo caracterizado como pertencente ao grupo LG' classifica-se como sendo um solo laterítico, do grupo das argilas e argilas arenosas.

#### 4.2. Caracterização mecânica do solo

Importante para definição da umidade e massa específica aparente de moldagens dos corpos de prova a serem ensaiados à tração por compressão diametral e à compressão simples, o ensaio de compactação do solo ainda permite que sejam determinados os valores de massa específica aparente seca máxima e teor de umidade ótima do solo em estudo. Dessa forma, executou-se o ensaio de compactação do solo com base na NBR 7182 (NBR, 1986). A figura 5 ilustra a curva de compactação obtida para o solo analisado, tendo sido encontrados os valores de umidade ótima do solo de 22 % e massa específica aparente seca máxima de 1,52 g/cm<sup>3</sup>.

Figura 5 - Curva de compactação do solo



Fonte: Dos autores.

O ensaio de ISC (Índice de Suporte Califórnia), normatizado pela NBR 9895 (ABNT, 1987) foi realizado para avaliação das características de expansão e capacidade de suporte do solo. Dois corpos de prova foram moldados na umidade ótima e massa específica aparente seca máxima encontrada no ensaio de compactação e posteriormente foram submetidos a imersão durante quatro dias para mensurar a expansão do solo. Passados os quatro dias, os corpos de prova foram retirados da imersão e submetidos à aplicação de carga para verificação da resistência. O resultado de ambos os corpos de prova estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Resultados ensaio de ISC

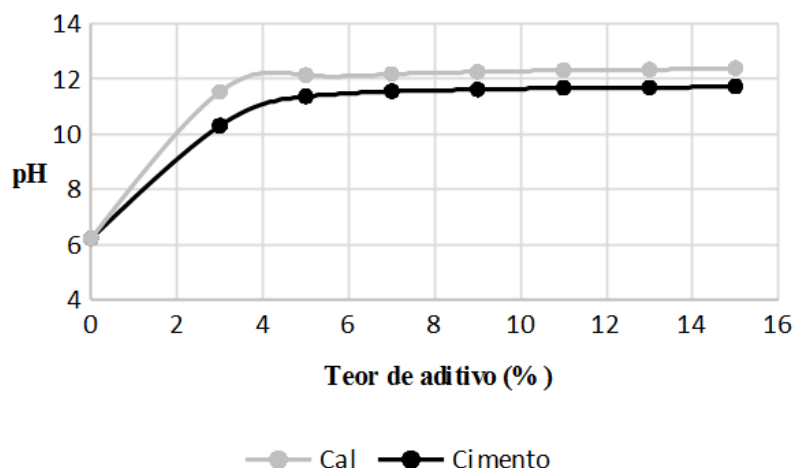
Corpo de prova	ISC (%)	Expansão (%)
CP1	7,03	0,19
CP2	6,08	0,18
Média	6,55	0,18

Fonte: Dos autores.

### 4.3. Dosagem e moldagem dos corpos de prova

A partir da classificação e caracterização do solo estudado, passou-se à definição da dosagem de cal e cimento a ser adotada na moldagem dos corpos de prova. Através do ensaio de ICL, baseado na variação do pH, admitindo que o aditivo reage no teor suficiente para estabilizar o valor de pH de uma amostra de solo acrescido de aditivo, obteve-se os dados para definição da dosagem de aditivo, conforme ilustrado na figura 6. Analisando as curvas de pH das misturas solo-cal e solo-cimento, percebe-se que nitidamente começa a ocorrer estabilidade a partir do teor de aditivo equivalente a 5%, entretanto, para fins de verificação, trabalhou-se também com um teor abaixo de 5% para verificar se o ganho de resistência era realmente pequeno.

Figura 6 - Gráfico de variação do pH em função do acréscimo de aditivo



Fonte: Dos autores.

Através do gráfico, admitiu-se para moldagem o emprego dos teores de 3%, 5%, 7% e 9% de aditivo, além dos corpos de prova de solo puro, ou seja, com 0% de aditivo. Nessa etapa, também foram definidos os tempos de cura dos corpos de prova até que fossem submetidos aos ensaios de resistência. Ficaram definidos os tempos de cura em 7, 14 e 28 dias após a moldagem, com base na definição da norma rodoviária DNER-ME 180/94.

Foram moldados para cada teor de aditivo cinco corpos de prova, sendo aceitos apenas três para a determinação das resistências. Considerando os três períodos de cura diferentes e os quatro teores de aditivo a serem acrescentados, foram moldados no total 75 corpos de prova para resistência à compressão simples e 60 corpos de prova a serem submetidos aos ensaios de tração por compressão diametral com aditivo acrescentado. Ao longo da pesquisa foram moldados 270 corpos de prova de cal e cimento acrescentados ao solo. As tabelas 2 e 3 apresenta um esquema das moldagens, teores e tempos de cura.

Tabela 2 - Esquema moldagem dos corpos de prova com adição de cal

Teores (%)	Ensaio	Dimensões (mm)	7 dias	14 dias	28 dias	Total
0%	RCS	50 x100	5	5	5	15
0%	RTCD	50 x 90	5	5	5	15
3%	RCS	50 x100	5	5	5	15
3%	RTCD	50 x 90	5	5	5	15
5%	RCS	50 x100	5	5	5	15
5%	RTCD	50 x 90	5	5	5	15
7%	RCS	50 x100	5	5	5	15
7%	RTCD	50 x 90	5	5	5	15
9%	RCS	50 x100	5	5	5	15
9%	RTCD	50 x 90	5	5	5	15
Total de corpos de prova moldados						150
RCS: Resistência à compressão simples						
RTCD: Resistência à tração por compressão diametral						

Fonte: Dos autores.



Tabela 3 - Esquema moldagem dos corpos de prova com adição de cimento.

Teores (%)	Ensaio	Dimensões (mm)	7 dias	14 dias	28 dias	Total
3%	RCS	50 x100	5	5	5	15
3%	RTCD	50 x 90	5	5	5	15
5%	RCS	50 x100	5	5	5	15
5%	RTCD	50 x 90	5	5	5	15
7%	RCS	50 x100	5	5	5	15
7%	RTCD	50 x 90	5	5	5	15
9%	RCS	50 x100	5	5	5	15
9%	RTCD	50 x 90	5	5	5	15
Total de corpos de prova moldados						120
RCS: Resistência à compressão simples						
RTCD: Resistência à tração por compressão diametral						

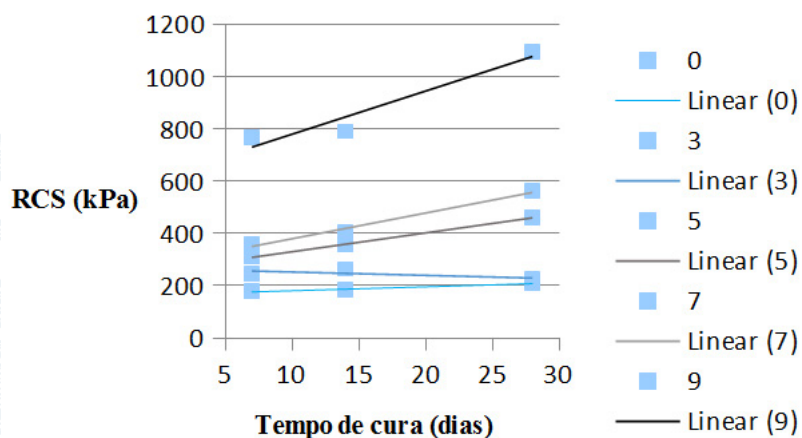
Fonte: Dos autores.

Os corpos de prova foram moldados no teor de umidade ótima do solo de 22% e a massa específica aparente seca máxima característica do solo de  $1,52 \text{ g/cm}^3$ . Aqueles que ultrapassaram a faixa de 99% a 101% do valor de massa específica aparente seca ou as dimensões em 1% do seu tamanho conforme estabelecido na tabela foram consequentemente descartados. Após moldados, os corpos de prova foram armazenados em sacos plásticos e conservados em câmara úmida para que não houvesse significativa perda de umidade que pudesse vir a influenciar nos resultados dos ensaios.

#### 4.4. Ensaio de resistência à compressão simples

Após o período de cura, os corpos de prova foram submetidos aos ensaios de resistência à compressão simples. Foram rompidos os cinco corpos de prova moldados, no entanto, para otimização dos resultados foi utilizado o método estatístico do desvio padrão, descartando dois dos corpos de prova ensaiados. Dos três remanescentes foi considerado o valor médio da resistência para fins comparativos aos tempos de cura e porcentagem de aditivo.

Figura 7 - Gráfico de resistência à compressão simples para os corpos de prova estabilizados com cimento

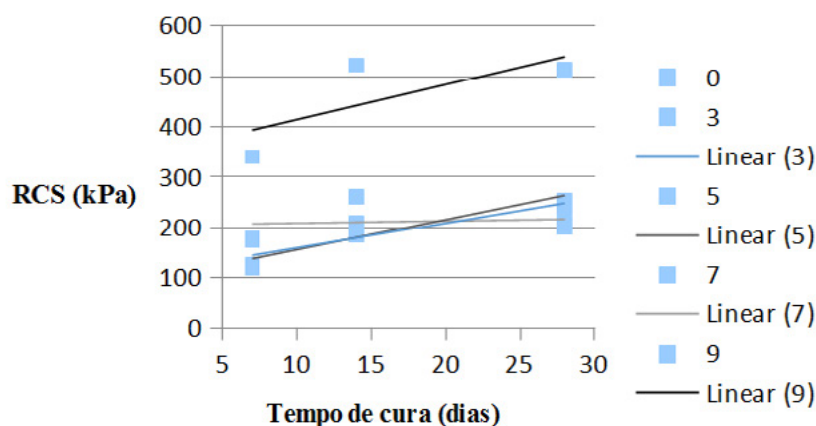


Fonte: Dos autores.

Considerando os resultados obtidos para os corpos de prova estabilizados com cimento, constata-se que a medida que o teor de aditivo aumenta, há maior ganho de resistência dos corpos de prova. Percebe-se também que o valor de resistência máxima atingida por um corpo de prova com 9% de aditivo chega a ser 5 vezes maior do que a resistência de um corpo de prova de solo puro. Não obstante, pode-se observar o ganho de resistência ao longo do tempo de cura, tendo os corpos de prova apresentado ganhos de resistência de até 150% dos 7 aos 28 dias de cura, sendo que o teor com maior representatividade no aumento da resistência foi o de 7% de cimento acrescentado ao solo.

O corpo de prova com teor 0%, ou seja, solo puro, apresenta menor ganho de resistência ao longo do tempo por não haver nenhum aditivo com propriedades cimentantes que pudessem contribuir com o aumento da sua resistência. O pequeno aumento ocorrido pode se dar devido às ações das forças capilares no corpo de prova oriundas da sucção.

Figura 8 - Gráfico de resistência à compressão simples para os corpos de prova estabilizados com cal



Fonte: Dos autores.

Os corpos de prova com adição de cal não apresentaram resultados muito satisfatórios. À exceção das resistências relativas ao maior teor de cal incorporado (9%), os corpos de prova não apresentaram ganhos expressivos de resistência, apresentando valores muito próximos sem distinção de tempo de cura e teores de aditivo incorporado. Ainda assim, pode-se conceder notoriedade ao fato de que houve aumento da resistência em aproximadamente 2 vezes, ao comparar os corpos de prova com o menor teor de adição de cal (3%) e os com 9% de aditivo. Os corpos de prova submetidos à compressão apresentavam características de fissura semelhantes durante o rompimento. Conforme ilustra a figura 9, os modelos 50 mm x 100 mm com fissura de rompimento a 45 graus ao longo do corpo de prova.

Figura 9 - Corpo de prova submetido à compressão simples

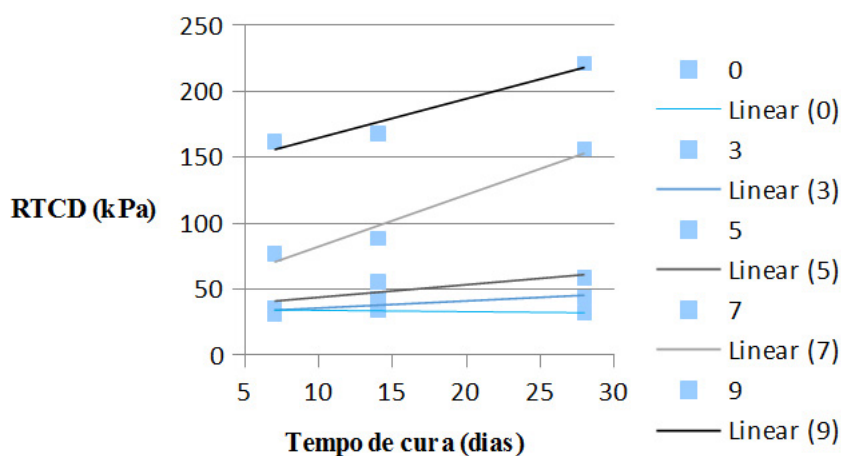


Fonte: Dos autores.

#### 4.5. Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

Da mesma forma que para os ensaios de compressão simples, os corpos de prova de dimensões 50 mm x 90 mm, após o tempo de cura especificado, foram submetidos à tração por compressão diametral.

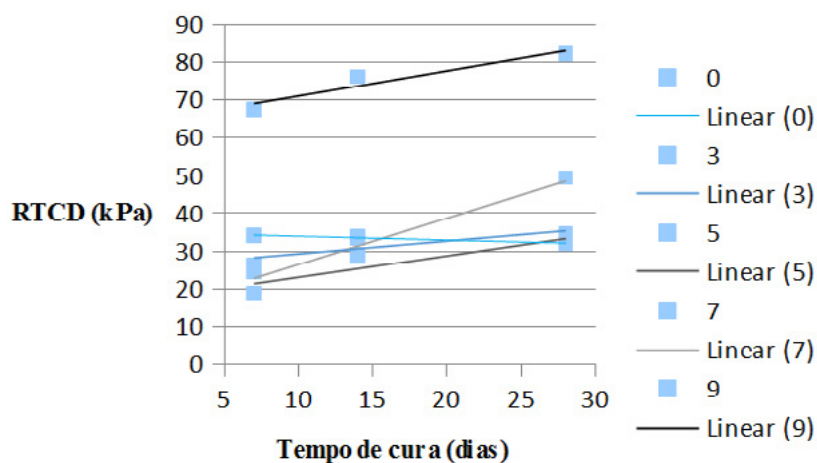
Figura 10 - Gráfico de resistência à tração por compressão diametral para os corpos de prova estabilizados com cimento



Fonte: Dos autores.

Para resistência à tração por compressão diametral, os corpos de prova de solo puro (0% de aditivo) apresentaram resistência constante ao longo do tempo de cura, conforme esperado. Da mesma forma que os ensaios realizados para obtenção da resistência à compressão simples, os corpos de prova comprimidos diametralmente expressaram significativos ganhos de resistência com o acréscimo de aditivo em maior porcentagem concomitantemente com o passar do tempo de cura. Os corpos de prova, em relação aos tempos de cura de 7 e 28 dias, apresentaram ganhos de em média 60%, sendo que o maior ganho ocorreu para o teor de 7% de cimento acrescentado na mistura, ampliando para o dobro a resistência do corpo de prova.

Figura 11 - Gráfico de resistência à tração por compressão diametral para os corpos de prova estabilizados com cal



Fonte: Dos autores.

Seguindo a mesma característica dos ensaios de resistência à compressão simples, os corpos de prova da mistura solo-cal apresentaram resultados dispersos e inconclusivos. As maiores resistências apresentadas ocorreram ao acrescentar 9% de aditivo no solo, sendo que o ganho de resistência em relação ao solo puro foi de aproximadamente 150%. Observou-se nessa análise ganho de resistência somente ao longo do período de cura – de 7 a 28 dias - nos corpos de prova de 3% (aumento de 30%), 5% (70% mais resistência), 7% (ganho de 100% de resistência) e 9% (20% de aumento na resistência).

Os corpos de prova rompidos apresentavam fissura central ao longo do seu diâmetro, conforme ilustra a figura 12.

Figura 12 - Corpo de prova rompido por compressão diametral.



Fonte: Dos autores.

## 5. Considerações finais

A partir da análise dos resultados dos corpos de prova ensaiados à compressão simples e tração por compressão diametral, visando considerar a influência do acréscimo de aditivo cimentante no solo para viabilidade de aplicação em rodovias, pode-se concluir que a estabilização química através do



uso de cal e cimento fornece maior resistência ao solo em ambos os aspectos (tração e compressão). Esse fato atesta que o solo estabilizado é capaz de ser empregado como materiais de sub-base e base de pavimentos, além de camadas de terraplenagem, quando a ele forem empregados maiores teores de aditivo. Observou-se também, através da pesquisa que a quantidade de aditivo mais eficiente no desempenho do ganho de resistência é o teor de 7%, tanto de cal como de cimento, sendo que os resultados da estabilização com cimento mostraram-se mais satisfatórios do ponto de vista mecânico.

Quanto aos resultados inconsistentes dos ensaios realizados com a mistura solo-cal, pode-se atribuir como justificativa de tal, o fato de que a cal retém água, retrai a massa de solo e dificulta a moldagem, extração e compactação do corpo de prova, bem como é capaz de alterar os parâmetros de umidade de moldagem. Isso resulta em corpos de prova moldados com possíveis deficiências que possam levar o mesmo a apresentar menor resistência quando ensaiado.

Para a aplicação real desse estudo, seria ideal realizar a análise do comportamento de ISC (Índice de Suporte Califórnia) para os corpos de prova moldados com aditivo. Ainda a verificação da intervenção da sucção matricial atuante no interior dos corpos de prova seria elemento capaz de agregar conclusões categóricas ao estudo.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6459: Solo – determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 6 p;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6508: Solo – Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 8p;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7180: Solo – determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1984;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7181: Solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 13 p;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7182: Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 10p;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 9895: Solo – Índice de Suporte Califórnia. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 14p;

ABCP. (2009) Associação Brasileira de Cimento Portland. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/aplicacoes/solo-cimento>>.

Araújo, A.F. (2009) Avaliação de Misturas de Solos Estabilizados com Cal, em Pó e em Pasta, para Aplicação em Rodovias do Estado do Ceará. UFC: Fortaleza.

Asgari, M. R., Baghebanzadeh Dezfuli, A., Bayat, M. (2013) Experimental study on stabilization of a low plasticity clayey soil with cement/lime. In Arabian Journal of Geosciences, 2015, Vol.8(3), pp.1439-1452

Caputo, Homero Pinto, 1923 - Mecânica dos solos e suas aplicações, volume 1: fundamentos / Homero Pinto Caputo. – 6ed.ver. E ampl., (9. impr.). – Rio de Janeiro: LTC, 2008.

Dalla Rosa, A. (2009) Estudos dos Parâmetros-chave no Controle da Resistência de Misturas Solo-cinza-cal. UFRGS: Porto Alegre;

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNER ME 256/94 – Solos compactados com equipamento miniatura – determinação da perda de massa por imersão, 1994;

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNER ME 258/94 – Solos compactados em equipamento miniatura – Mini MCV, 1994;

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNER ME 181/94: Solos estabilizados com cinza volante e cal hidratada – determinação da resistência à tração por compressão diametral, 1994;

DNIT, NORMA 142/2010 - Pavimentação – Base de solo melhorado com cimento - Especificação de serviço. Departamento nacional de Infraestrutura de transportes, Rio de Janeiro, 2010.

# DESENVOLVIMENTO DE UMA SOLUÇÃO PARA ISOLAMENTO ACÚSTICO EM MÁQUINAS E AMBIENTES

Ivan Junior Mantovani <sup>1</sup>, Andrei Fiegenbaum <sup>1</sup>, Claudio dos Santos da Silva <sup>1</sup>, Fernanda Tassotti Marchesan <sup>1</sup>, Antonio Carlos Valdiero <sup>1</sup>, Luiz Antonio Rasia <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias (DCEEng) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ) – Caixa Postal 121 – 98.280-000 – Panambi – RS – Brasil

*ivan.mantovani@gmail.com, {andrei.fig, prof.claudiosant, fer.marchesan}@hotmail.com, {valdiero, rasia}@unijui.edu.br*

**Abstract:** This work presents the development of a solution for protections of machines and environments in order to obtain the acoustic insulation. Many equipments expose operators to different agents that can be harmful to health, including, noise, depending on the intensity that leads to gradual loss of hearing sensitivity. The development of research project is supported by CAPES/FAPERGS and also aims to arouse the interest of students for the creation and innovation of engineering solutions. The experimental prototype was developed and tested in Câmpus Panambi UNIJUÍ University. The protection proposed solution proved capable of reducing up the noise level about 20 dB.

**Resumo:** Apresenta-se o desenvolvimento de uma solução para proteções de máquinas e ambientes com a finalidade de isolamento acústico. Muitos equipamentos expõem os operadores a diferentes agentes que podem ser nocivos à saúde, dentre eles, o ruído, que dependendo da intensidade, leva à perda gradual da sensibilidade auditiva. O desenvolvimento do projeto de pesquisa é apoiado financeiramente pela CAPES/FAPERGS e também tem o propósito de despertar o interesse de estudantes para a criação e inovação de soluções de engenharia. O protótipo experimental foi desenvolvido e testado na UNIJUÍ, Câmpus Panambi. A solução proposta de proteção mostrou-se capaz de reduzir o nível de ruído em cerca de 20 dB.

## 1. Introdução

Através da participação no projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de título “Desenvolvimento de Tecnologias Criativas para Conforto Térmico e Acústico” (Processo: nº 01628-2551/14-6, Edital CAPES/FAPERGS 03/2014: Programa de Iniciação em Ciências, Matemática, Engenharias, Tecnologias Criativas e Letras – PICMEL), desenvolvido no Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, buscou-se uma solução para proteções de máquinas e ambientes com a finalidade de isolamento acústico, a fim de testar sua eficiência e viabilidade para tais tipos de aplicação. O presente artigo demonstra uma metodologia para a concepção de um protótipo de isolamento acústico de máquinas e ambientes, e a realização de testes e análise dos resultados.

Na seção 2 é apresentada uma revisão bibliográfica do processo de propagação do som num meio, bem como a medida de sua intensidade. Em seguida, são demonstradas as curvas isoaudíveis que representam a maneira com que o ser humano sente o som, a partir da relação entre a frequência e a potência sonora, e desta forma os aparelhos de medição sonora são configurados com quatro curvas de compensação, tendo assim resultados similares ao da sensação da audição humana [Gerges 1992], [Bistafa 2011] e [Saliba 2011].

Na seção 3 é apresentada a metodologia para o enclausuramento de máquinas, onde inicialmente se considera o balanço energético sonoro em uma parede, em seguida os fatores que influenciam a boa eficiência do enclausuramento, os quais são três. Primeiro o acesso e ventilação da clausura, onde se apresenta a maneira de se construir a barreira de absorção e cita-se sua utilização. O segundo fator é a absorção sonora do ruído, onde é descrito o mecanismo de absorção usado na clausura, além das especificações citadas pela literatura científica a fim de obter o máximo de eficiência. Por último, tem-se a perda de transmissão que trata da capacidade dos materiais de não transmitir o som, demonstrando-se ainda o comportamento do som em diversas frequências [Gerges 1992], [Bistafa 2011].

A seção 4 trata da construção do protótipo, onde especifica-se os materiais utilizados e a forma como foram dispostos.

A seção 5 aborda a metodologia utilizada nos testes, onde se destacam as recomendações da norma NBR 10151 que especifica os procedimentos para avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade, junto com métodos de apresentação de resultados [NBR 10151 2000].

Por fim, tem-se a descrição dos testes com uma fonte de ruídos e os resultados que ilustram a eficiência da solução proposta para isolamento acústico de máquinas e ambientes.

## **2. Revisão bibliográfica relacionada à avaliação do nível de ruídos**

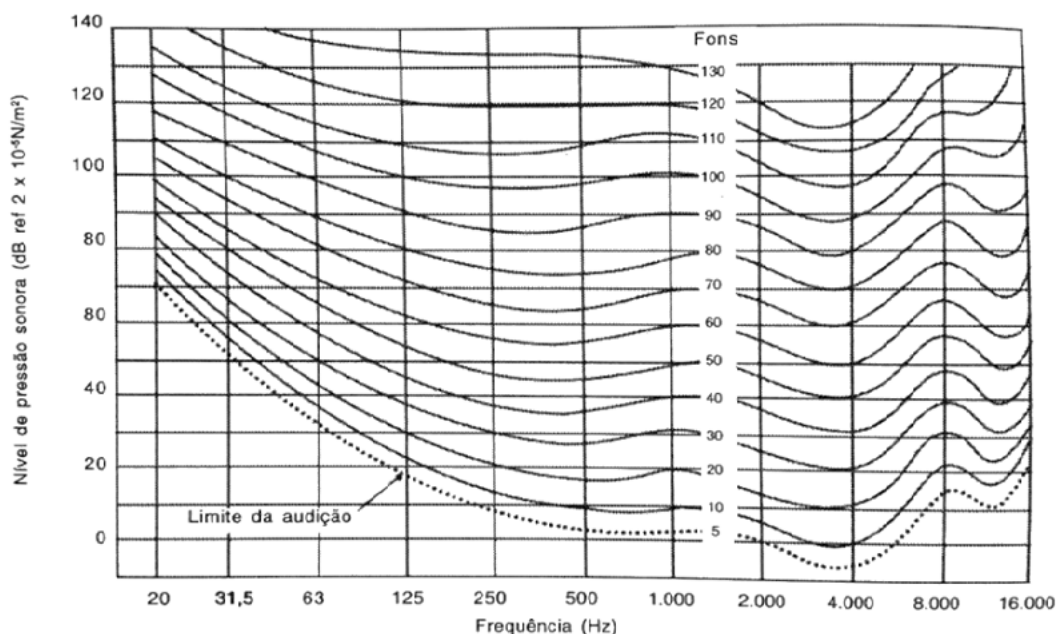
O som ou ruído se caracteriza por uma flutuação de pressão em um meio compressível, ou seja, ele necessita de um meio para se propagar, mas nem todas as flutuações de pressão geram a sensação de audição nos seres humanos. Uma analogia usada para facilitar o entendimento da propagação das ondas sonoras é a água em um tanque com ondas na superfície. A propagação da onda sonora se dá pela colisão das moléculas do meio umas nas outras sucessivamente, apesar de que não há um deslocamento permanente da molécula, para representar este fenômeno usando a analogia mostrada anteriormente é colocado uma rolha na superfície da água, assim as ondas se propagam e a rolha sobe e desce, mas não se desloca longitudinalmente [Gerges 1992].

O ouvido humano responde a uma larga faixa de intensidade acústica, desde o limiar da audição até o limiar da dor, sendo esta faixa compreendida na ordem de grandeza de  $10^{-5}$  Pa até  $10^2$  Pa [Gerges 1992]. Como esta faixa de pressão é muito ampla, usa-se uma escala logarítmica para o nível de pressão sonora, baseado na equação desenvolvida pelos engenheiros da Bell Telephone Laboratories e nos estudos de Weber-Fechner, chega-se a unidade chamada de decibel (dB) para representar o nível de pressão sonora, que é a medida física preferencial para caracterizar a sensação subjetiva da intensidade do som [Bistafa 2011].

O decibel é apenas uma aproximação, pois outros fatores influenciam na percepção do som, especialmente a frequência. Fechner em 1933 estabeleceu uma série de curvas em espaço métrico de nível de pressão sonora contra frequência. Assim percebe-se que o ouvido humano não tem sensações iguais em todas as frequências. Em 1956 estas curvas foram revisadas por Robinson e Dadson, e também adotadas para a ISO 226 que em 2003 foi atualizada [Saliba 2011]. Na Figura 1 tem-se as curvas isoaudíveis em um gráfico onde a abscissa é a frequência e a ordenada é o nível de pressão sonora.



Figura 1 - Gráfico dos níveis de audibilidade



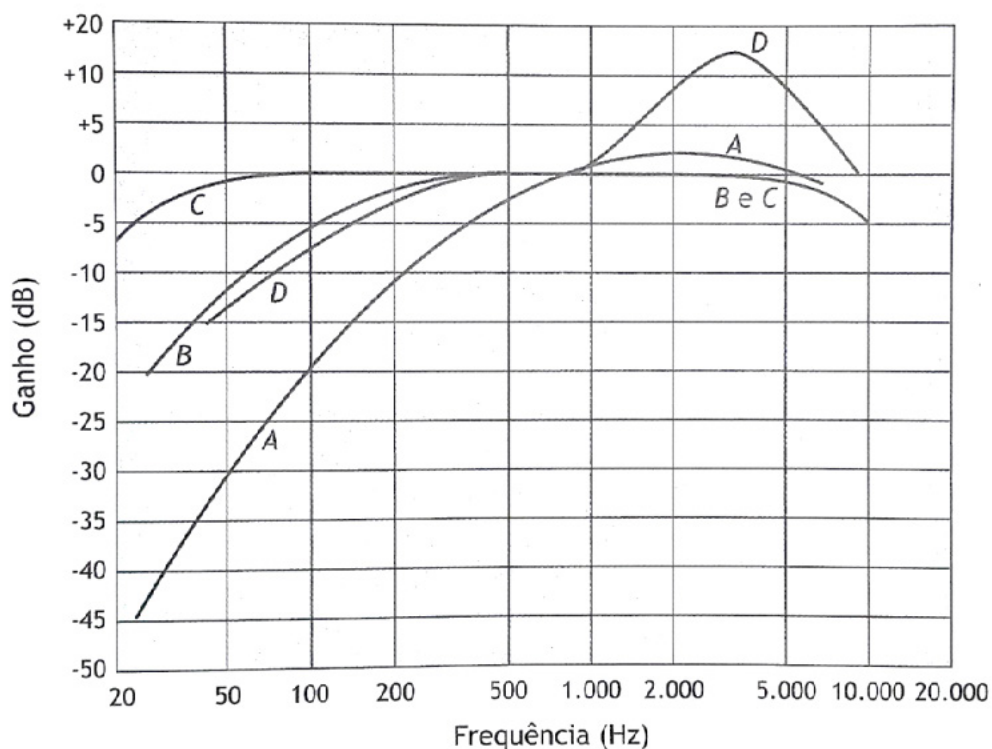
Fonte: ISO 226:2003.

Como se pode observar no gráfico das curvas isoaudíveis, o ouvido humano tem uma maior sensibilidade em alta frequência, ou seja, o ruído em alta frequência dá um maior desconforto ao ser humano do que um ruído de mesmo nível de pressão sonora em baixa frequência.

Os fatores que determinam a audibilidade subjetiva de um som são tão complexos que ainda é objetivo de muitas pesquisas. Devido ao ouvido humano ter sensibilidades diferentes em diversas frequências, a construção de aparelhos para simulação do comportamento do ouvido humano necessitou a criação de circuitos de compensações [Gerges 1992], que nos equipamentos são conhecidos como filtros ponderadores [Bistafa 2011]. Existem quatro tipos de curvas de compensação que são "A", "B", "C" e "D". Na Figura 2 pode-se observar os ganhos de níveis de pressão sonora para cada frequência nas quatro curvas.

O circuito "A" aproxima-se das curvas de igual audibilidade para baixos níveis de pressão sonora, o "B" para médios, e o "C" para altos, mas o circuito "A" é largamente o mais utilizado devido ao fato de que o "B" e o "C" não fornecem boa correlação em testes subjetivos [Gerges 1992]. O circuito "D" foi padronizado para medições em aeroportos. Desta maneira, na realização dos testes experimentais neste trabalho de pesquisa e desenvolvimento foi utilizada somente a curva de compensação "A".

Figura 2 - Gráfico comparativo dos circuitos de compensação A, B, C e D



Fonte: Bistafa (2011).

### 3. Metodologia de projeto para isolamento acústico

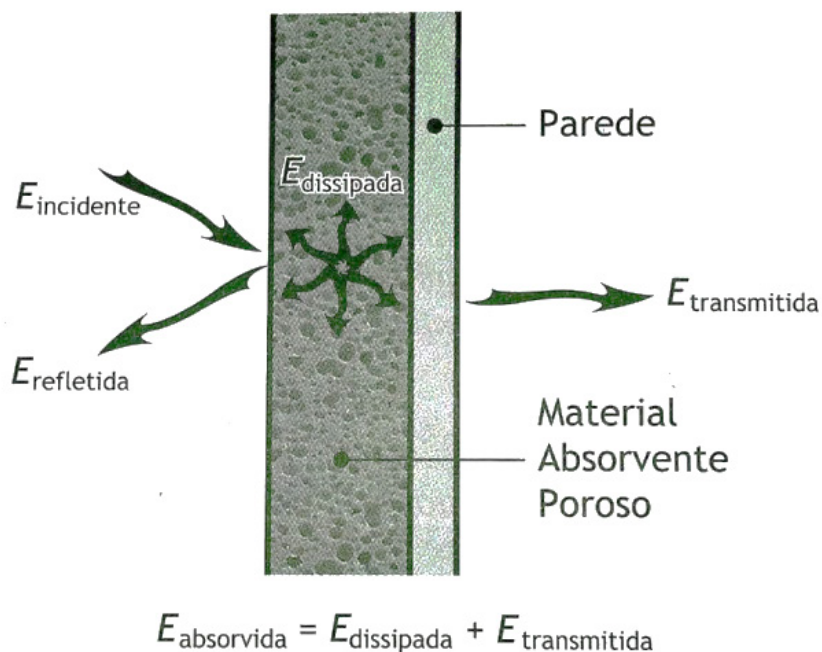
O enclausuramento é a solução de isolamento acústico para o controle de ruídos, através do bloqueio parcial da trajetória de propagação do som. Normalmente o enclausuramento é aplicável para o controle de ruído de máquinas e equipamentos, os quais estão localizados em ambientes que não se podem ultrapassar limites de níveis de pressão sonora. Através de um balanço energético, mostrado na Figura 3, percebe-se que para um bom enclausuramento baseia-se em manter a energia sonora por reflexão dentro do enclausuramento, e também dissipar parte desta energia em um revestimento interno de material absorvente [Gerges 1992].

A eficiência e o comportamento de um enclausuramento depende de três fatores principais:

- O volume e o número de aberturas necessárias;
- Energia de ruído absorvida dentro de enclausuramento pelos materiais de revestimento;
- Perda de transmissão nas paredes do enclausuramento.

Buscando uma eficiência máxima no estudo do enclausuramento, propõe-se uma análise detalhada de cada um destes fatores.

Figura 3 - Desenho esquemático do balanço de energia do som em uma parede



Fonte: Bistafa 2011.

### 3.1. Abertura e ventilação do volume enclausurado

Praticamente em todas as clausuras, necessita-se de algum tipo de ventilação bem com entradas e saídas. Uma abertura para ventilação mal estudada pode comprometer o enclausuramento [Gerges 1992]. O tratamento destas aberturas deve prever algum tipo de silenciador, o qual deve ser estruturado de maneira compatível com as paredes. Quando há necessidade de ventilação natural ou forçada, a entrada deve se localizar na parte inferior da clausura e a saída de ar na parte superior da mesma [Bistafa 2011].

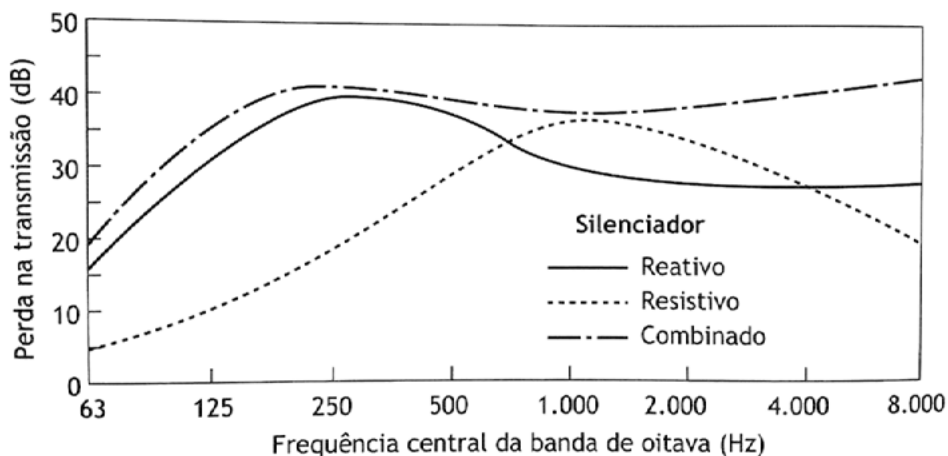
Os silenciadores são projetados para atenuar e/ou absorver a energia sonora que se propaga no escoamento de fluxos. Apesar do grande número de configurações e denominações, eles podem ser classificados em três categorias fundamentais: o reativo, o resistivo e o combinado. O silenciador reativo consiste de segmentos de tubulação que se interconectam com um certo número de câmaras maiores, cujos elementos são câmara de expansão, ressonadores, e tubos perfurados [Bistafa 2011].

Para o presente trabalho é utilizada uma entrada e uma saída de ar com silenciador do tipo resistivo, que tem uma perda de transmissão considerável e melhor do que os reativos entre 1000 a 4000 Hertz, conforme mostrado na Figura 4.

O funcionamento do silenciador resistivo se dá pela transformação de energia sonora em energia térmica, esta transformação ocorre em meio poroso ou fibroso, onde as partículas oscilantes do som colidem no material absorvente [Bistafa 2011]. A solução de isolamento acústico proposta neste trabalho é composta por um duto com feixes de chapa perfurada com material absorvente internamente, e que tem uma construção similar a das paredes descritas posteriormente.



Figura 4 - Curvas típicas de atenuação de diferentes tipos, de silenciadores

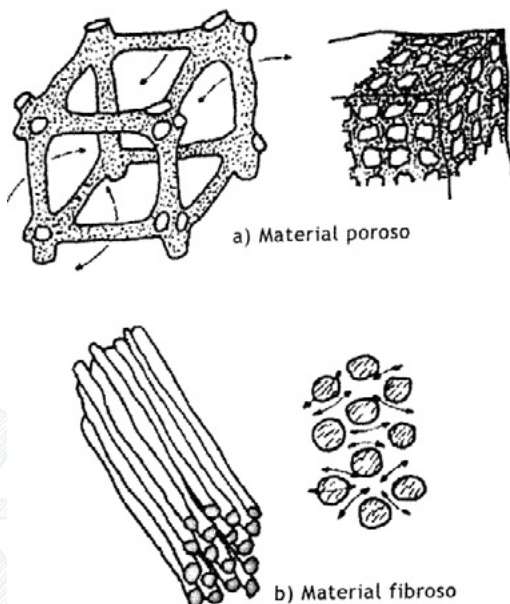


Fonte: Bistafa (2011).

### 3.2. Absorção de ruídos e potência sonora

O funcionamento da absorção sonora em materiais absorventes é simples. A energia sonora passa pelo mesmo, com isso as moléculas atiram no material ocasionando uma transformação de energia sonora para térmica, ou seja, ocorre uma dissipação de energia devido ao atrito. Para promover este fenômeno, existem materiais absorventes de som que são fibrosos (lã de rocha, lã de vidro, etc) e outros que são porosos (espuma de poliuretano, etc). Na Figura 5 pode-se observar a estrutura dos mesmos [Gerges 1992].

Figura 5 - Estrutura do material poroso (a) e fibroso (b)



Fonte: Gerges 1992.

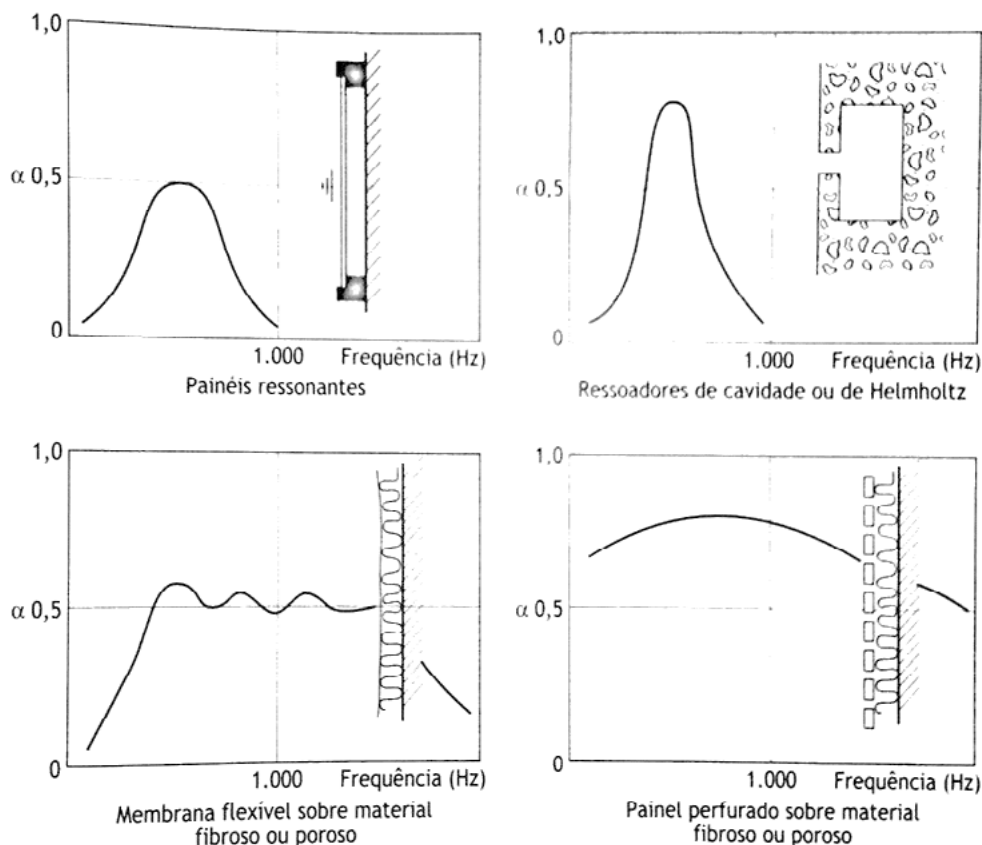
Um dos fatores importantes quando se fala em absorção sonora por materiais fibrosos e porosos é que a estrutura do material não impede que a energia sonora passe através de sua manta. Para que os materiais possam adquirir a capacidade de dissipar energia sonora eles devem estar aplicados em uma



superfície sólida, desta maneira a onda refletiva combina-se com a onda incidida, gerando assim uma onda estacionária na frente da superfície que interage com o material absorvente [Bistafa 2011].

Sabe-se que a maneira com que o material absorvente é montado interfere no coeficiente de absorção, pois o mesmo varia muito conforme varia a frequência para diferentes montagens construtivas. A Figura 6 mostra os tipos construtivos de dispositivos especializados em absorção sonora.

Figura 6 - Dispositivos para absorção sonora e suas curvas de absorção.



Fonte: Bistafa (2011).

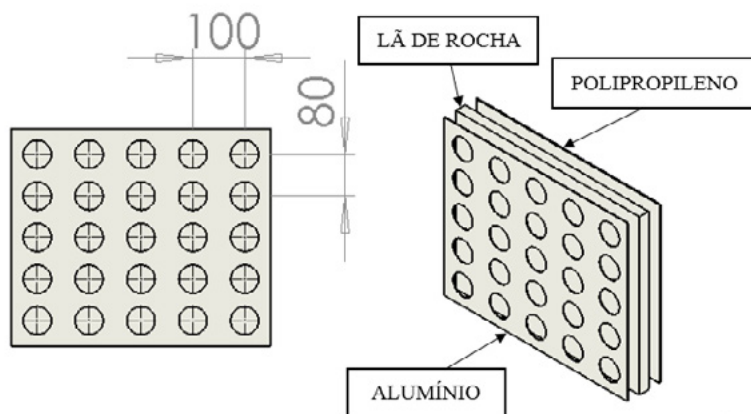
Ao final da pesquisa sobre os dispositivos, escolheu-se o painel perfurado sobre material fibroso ou poroso. Este dispositivo é composto por um painel perfurado na região onde há emissão de som, no meio há uma camada de material absorvente, e para finalizar o dispositivo tem-se uma superfície sólida.

A chapa perfurada é apenas um mecanismo de proteção do material absorvente pois se trata de um material frágil, ela deve ser rígida, de metal, madeira ou plástico, com no mínimo 20% da área perfurada para a absorção sonora do conjunto seja controlada somente pelo material absorvente [Bistafa 2011]. No protótipo desenvolvido é usada uma chapa de alumínio com 1,5 mm de espessura, com furos de diâmetro de 54 mm com espaçamento de 100 mm por 80 mm, obtendo-se cerca de 22% de área perfurada.

Com relação ao material absorvente a escolha foi a lã de rocha, devido ao fato de que ela tem ótimas propriedades de isolamento acústico, quimicamente neutra, resistência à água, não inflamável e possui um amplo mercado consumidor, tornando-se um excelente material absorvente para a aplicação em carenagem de máquinas e paredes de ambientes. A lã de rocha adotada tem 25 mm de espessura.

Na última camada do dispositivo tem-se uma parede de polipropileno de 3 mm de espessura, que é a superfície rígida para a ocorrência de ondas sonoras estacionárias. Na Figura 7 observa-se a estrutura do dispositivo projetado para uso no protótipo construído.

Figura 7 - Estrutura da parede do dispositivo de isolamento acústico proposto



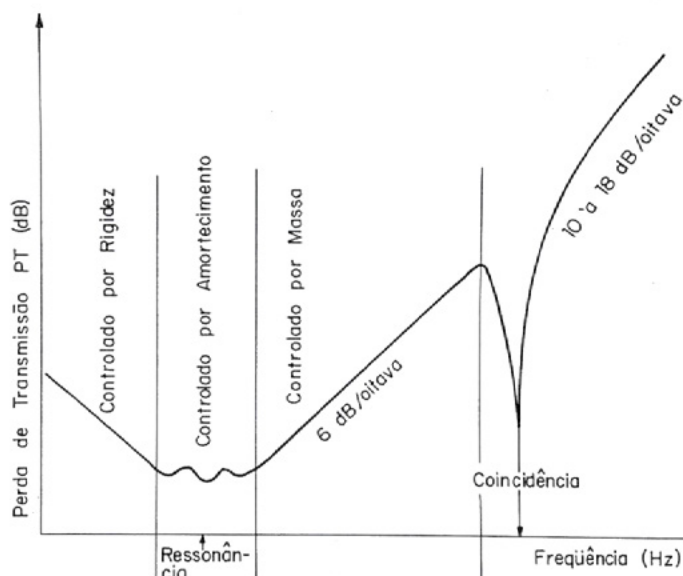
Fonte: Dos autores.

### 3.3. Perda de transmissão

Perda de transmissão é a capacidade que um material tem de isolar o som, ou seja, não transmitir parte do mesmo. Uma onda ao incidir em uma parede sólida, encontra um meio material diferente do ar, desta maneira a onda se propaga sobre o material sólido até encontrar o outro lado onde está o ar externo. Toda vez que mudam as características do meio de propagação, há uma redução na intensidade sonora transmitida para o meio seguinte. Sendo assim, as propriedades do material, sua espessura e a sua fixação interferem na perda de transmissão [Bistafa 2011].

Neste trabalho utiliza-se o mecanismo de parede simples que é uma superfície onde o material absorvente se acondiciona internamente. Este mecanismo sofre influência da frequência do ruído, como mostrado na Figura 8.

Figura 8 - Curva típica de perda de transmissão para paredes simples



Fonte: Gerges 1992.

Como se pode observar na Figura 8, tem-se três situações importantes para análise: a de transmissão controlada por massa, onde se faz o controle do ângulo de incidência, reflexão e transmissão da onda sonora; a transmissão sonora em frequências acima da frequência de onda coincidente, onde o isolamento acústico é dado pela rigidez do material; e a última análise é na transmissão do som na coincidência, onde o isolamento acústico é controlado pelo amortecimento da estrutura [Gerges 1992].

Baseando-se nas recomendações de Gerges (1992) e em outros fatores como a escolha polipropileno como material da parede simples externa, tem-se um caráter inovador na presente pesquisa e no desenvolvimento do protótipo de isolamento acústico.

#### 4. Construção do protótipo

A construção do protótipo foi realizada nas instalações laboratoriais do Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) da UNIJUÍ Câmpus Panambi com a participação de bolsistas CNPq de iniciação científica e tecnológica do curso de Engenharia Mecânica e também de bolsistas FAPERGS de iniciação científica júnior das escolas públicas de ensino médio parceiras nos projetos de pesquisa “Desenvolvimento de Tecnologias Criativas para Conforto Térmico e Acústico” (Processo: nº 01628-2551/14-6) e “Desenvolvimento de um Sistema Didático de Geração de Energia Fotovoltaica” (Processo: nº 1651-2551/14-2) no âmbito do Edital CAPES/FAPERGS 03/2014 (Programa de Iniciação em Ciências, Matemática, Engenharias, Tecnologias Criativas e Letras – PICMEL).

Os materiais utilizados para a construção do enclausuramento foram madeira de pinos com perfil de 40 mm de largura, 20 mm de espessura (estrutura), chapa de alumínio ASTM 1050 com 1,5 milímetro de espessura, cantoneira de aço SAE 1020 de 1 polegada de aba com 1/8 de espessura, lâ de rocha com tela de 25 mm de espessura, chapa de polietileno de 3 mm de espessura e coxim nº 1 - 5/16 para a fixação do compressor no protótipo.



A estrutura do modelo foi constituída pelos perfis de madeira, tendo um quadro de cantoneira para posicionar o compressor, a parede do enclausuramento é composta sobre uma vista do interior para o exterior, inicialmente a chapa de alumínio perfurada, em seguida com uma camada de lã de rocha com a largura da madeira dando a dimensão, e para finalizar a chapa de polietileno, na Figura 9 estão dispostas algumas fotos da construção do protótipo, e na Figura 10 estão dispostas fotos do protótipo já pronto.

Figura 9 - Fotografia da construção do protótipo da solução para isolamento acústico



Fonte: Dos autores.



Figura 10 - Fotografia do protótipo da solução para isolamento acústico com a fonte de ruído não padronizada no interior (compressor de ar)



Fonte: Dos autores.

## 5. Metodologia utilizada nos testes

A NBR 10.151 sugere que as medições devem ser efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,2 m do piso (chão) e pelo menos 2 m do limite da propriedade e de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros e paredes no exterior dos ambientes que contêm a fonte de ruído. Na impossibilidade de atender alguma destas recomendações, a descrição da situação medida deve constar no relatório do teste.

Seguindo as orientações da norma associadas com orientações da área metrologia industrial, o teste se deu conforme o seguinte procedimento: primeiramente mediu-se o nível de pressão sonora do compressor de ar (fonte de ruídos) sem o isolamento acústico e com a curva de compensação "A", e com o aparelho de medição regulado em nível de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ), de 1 a 5 metros com intervalos de 1 metro (para cada distância foram realizadas 12 medições sendo eliminada a mais alta e a mais baixa) e com o cálculo da média das medições; em seguida foi colocada a fonte de ruídos (compressor de ar) dentro do protótipo de isolamento acústico desenvolvido e o procedimento de

medição foi realizado conforme já descrito para o caso sem isolamento. Como resultados, obtêm-se as tabelas mostradas na seção seguinte.

O aparelho utilizado para medição é da marca Sonambra® modelo ITPM 600 Environment Multimeter, que de acordo com seu manual tem uma resolução de 0,1 dB, e uma precisão de 1,5 dB. Nos testes considerou-se uma resolução de 0,5 dB, arredondando-se os valores 0,3, 0,4, 0,8 e 0,9 para cima e os valores 0,1, 0,2, 0,6 e 0,7 para baixo, devido ao fato dos valores de medição apresentarem oscilação.

## 6. Resultados dos testes

Para testar o protótipo de solução para isolamento acústico não foi utilizado um gerador de ruído padrão, mas uma fonte de ruído comum em aplicações de automação industrial tal qual um compressor de ar alternativo de 1,5 kW. Para o isolamento de vibrações entre a base do compressor de ar e a estrutura do protótipo foram utilizados coxins.

Os testes foram realizados conforme a norma NBR 10151, numa área isolada do estacionamento da UNIJUÍ Câmpus Panambi sem a presença de ruídos externos. Para assegurar altura recomendada de 1,2 m do instrumento de medição foi usado um suporte do tipo tripé. Na Figura 11-A mostra-se o ajuste de 1,2 m de altura do instrumento de medição e nas Figuras 11-B e 11-C mostram-se respectivamente as fotografias dos testes sem e com o protótipo de isolamento acústico.

Figura 11 - Fotografias dos testes experimentais: (A) ajuste de regulagem de altura do instrumento de medição, (B) teste sem isolamento e (C) teste com isolamento



Fonte: Dos autores.

Através dos procedimentos citados foram executados os testes, cujos resultados estão apresentados na forma dos valores dispostos nas Tabela 1 e 2.



Tabela 1 - Resultado de testes sem isolamento acústico

Teste sem isolamento acústico - valores em dB(A)						
1	Distância em metro					
	2	3	4	5		
Número de medição	1	80,5	77	74,5	73,5	71,5
	2	82,5	78	75	72,5	72
	3	82,5	77,5	74,5	73	70
	4	81,5	77	74	73	70
	5	81,5	77,5	74,5	73	70,5
	6	81,5	77	74	72	70
	7	81	77,5	74,5	72	69,5
	8	81	77,5	74,5	72	69,5
	9	81	77,5	75	72	69
	10	81	78	75	72	69,5
	11	81	77,5	74	71,5	69
	12	81	77	74	72	69
Média Aritmética		81,3	77,4	74,45	72,35	69,85

Fonte: Dos autores.

Tabela 2 - Resultado de testes com isolamento acústico

Teste com isolamento acústico - valores em dB(A)						
	Distância em metro					
	1	2	3	4	5	
Número de medição	1	58	55	54	50,5	52
	2	58,5	57	55	52,5	53
	3	59	56,5	55,5	53	53,5
	4	59	56	53	51,5	51,5
	5	60	56,5	55	52,5	52,5
	6	58,5	56,5	54	51,5	51,5
	7	59	56,5	54,5	52	51,5
	8	59	56	55,5	52,5	51,5
	9	59	56,5	54	52	52
	10	59	56,5	55	53,5	52,5
	11	58,5	56,5	55	54	51
	12	58	55,5	55,5	50	50,5
Média Aritmética		58,75	56,3	54,75	52,15	51,9

Fonte: Dos autores.

Os resultados ilustram as características obtidas da aplicação da metodologia proposta neste trabalho, onde foi construído o protótipo de uma solução para o isolamento acústico de fontes de ruídos provenientes de máquinas similares ao compressor. Foram utilizadas paredes compostas por três camadas: chapa de alumínio perfurada, lã de rocha e chapa de polipropileno para isolamento sonoro. Para a chapa perfurada foi utilizado o alumínio com espessura de 1,5 mm como material, tendo mais

de 20% da sua área aberta com furos de 54 mm em um espaçamento de 100 por 80 mm. Na segunda camada como material absorvente foi utilizado a lã de rocha com uma espessura de 25 mm, e na última camada foi utilizado chapas de polipropileno de 3 mm de espessura.

Após a construção do protótipo foram realizados testes conforme uma metodologia pré-estabelecida, além disso optou-se pela realização 12 medições, posteriormente eliminando a maior e a menor, e a partir disso obtendo a média para cada distância determinada.

Com os dados em mãos para a execução de cálculos e para a obtenção de redução em cada distância, cujo resultado foi a média aritmética com uma redução em torno de 20 dB (A) com notável percepção da melhoria do conforto acústico externo.

## 7. Conclusão

Tendo em vista o fato de que muitos equipamentos expõem os operadores e o ambiente externo a diferentes agentes que podem ser nocivos à saúde e à qualidade de vida, o presente trabalho de pesquisa e desenvolvimento (P&D) contribui a solução deste problema seguindo orientações da literatura científica e propondo um protótipo nesta disposição construtiva, para proteções de máquinas e ambientes com a finalidade de isolamento acústico.

Com a solução proposta obteve-se resultados que demonstram uma redução de aproximadamente 20 dB (A) no nível de ruído em uma dada aplicação industrial com compressor de ar, utilizando-se uma metodologia fundamentada na experiência e a um custo relativamente baixo. Com base nestes resultados, pode-se dizer que obteve-se uma redução considerável, o que faz desta metodologia uma boa opção para o isolamento de máquinas e ambientes, isso levando-se em consideração apenas o seu desempenho como isolador acústico. Como perspectivas futuras, pretende-se estudar e testar novos materiais e novas disposições construtivas para a composição deste método de isolamento acústico, além do desenvolvimento de novas aplicações nas áreas urbanas, industriais e de maquinário agrícola.

## 8. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil. Os autores são agradecidos às escolas públicas de ensino médio pela boa receptividade, participação e colaboração, e aos órgãos de fomento à pesquisa pelo auxílio financeiro nos projetos “Desenvolvimento de Tecnologias Criativas para Conforto Térmico e Acústico” (Processo: nº 01628-2551/14-6, Edital CAPES/FAPERGS 03/2014: Programa de Iniciação em Ciências, Matemática, Engenharias, Tecnologias Criativas e Letras – PICMEL) e “Desenvolvimento de um Sistema Didático de Geração de Energia Fotovoltaica” (Processo: nº 1651-2551/14-2, Edital CAPES/FAPERGS 03/2014: Programa de Iniciação em Ciências, Matemática, Engenharias, Tecnologias Criativas e Letras – PICMEL).

## 9. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2000) “NBR 10.151: Acústica – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, Visando o Conforto da Comunidade”, Rio de Janeiro.

Basso, S. (2015) “Desenvolvimento de Uma Solução Tecnológica para Conforto Térmico e Acústico”, f. 54, Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca avaliadora do curso de Engenharia Mecânica



da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Bistafa, S. R. (2011) “Acústica Aplicada ao Controle do Ruído”, 2.ª edição, Blucher, São Paulo, p. 380.

Gerges, S. N. Y. (1992) “Ruído: Fundamentos e Controle”, 1.ª edição, Samir N. Y. Gerges, Florianópolis, p. 600.

Saliba, T. M. (2011) “Manual Prático de Avaliação e Controle do Ruído”, 6.ª edição, LTr, São Paulo, p. 136.

## ESTUDO DE TECNOLOGIAS PARA ADUBAÇÃO A TAXA VARIÁVEL

Ronei Osvaldo Ziech<sup>1</sup>, Mauricio da Silva Pinto<sup>1</sup>, Roberta Goergen<sup>1</sup>, Vânia Luisa Behnen<sup>1</sup>, Antonio Carlos Valdiero<sup>1</sup>, Luiz Antonio Rasia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias (DCEEng) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ) – Caixa Postal 121 – 98.280-000 – Panambi – RS – Brasil

{roneiziech,mauriciospinto,betinhmtm,vania.behnen}@gmail.com, {valdiero,rasia}@unijui.edu.br

**Abstract:** This study aimed to present a literature making references technologies employed in the dispensing of seeder-fertilizer in precision agriculture. Different research linking the models used in the domestic market, and a discussion of the implementation of dispensers at a variable rate controlled by electric and / or hydraulic actuators were analyzed . It is also presented a proposal to build a prototype for the dosage of fertilizer at a variable rate, as an alternative to minimize the cost of production.

**Resumo:** Com este trabalho, objetivou-se apresentar uma pesquisa bibliográfica fazendo referências às tecnologias empregadas nos dosadores de semeadoras-adubadoras na agricultura de precisão. Foram analisadas diferentes pesquisas que relacionam os modelos utilizados no mercado nacional, e uma discussão sobre a implantação de dosadores à taxa variável controlados por atuadores elétricos e/ou hidráulicos. Também é apresentada uma proposta de construção de um protótipo para a dosagem de adubo à taxa variável, como alternativa de minimização dos custos com a produção.

### 1. Introdução

O crescente número de habitantes do planeta levanta uma discussão sobre a necessidade do desenvolvimento de tecnologias para a produção de alimentos. Diante desta realidade, estima-se que atualmente a população mundial gira em torno de 6,5 bilhões de pessoas e, segundo relatório das Nações Unidas (ONU), esse número poderá chegar aos nove bilhões até 2050, ou seja, um aumento populacional de 38%. Considerando que as áreas de cultivo do planeta estão em sua grande maioria ocupadas, necessita-se desenvolver tecnologias para uma maior produtividade, visando atender a demanda dessa crescente população.

Considerando essa realidade, este trabalho busca discutir algumas alternativas utilizadas atualmente no sistema de plantio, em especial na agricultura de precisão. Para isso, uma pesquisa bibliográfica foi realizada com o objetivo de retratar alguns avanços tecnológicos das máquinas agrícolas, abordar a eletrônica adotada nas semeadoras-adubadoras e os diferentes tipos de dosadores utilizados para controlar a taxa de variação da aplicação de adubos ao solo.

Buscando diminuir os custos de produção, a modelagem matemática pode ser uma importante ferramenta para auxiliar na construção de alternativas para a solução de problemas específicos, de acordo com as especificidades regionais.

Analisando as tecnologias disponíveis no mercado, serão apresentados alguns modelos de atuadores utilizados em semeadoras-adubadoras e será proposto um desafio voltado para a indústria local, que consiste em um protótipo apropriado as semeadoras/adubadoras para aperfeiçoar os controles de automação à taxa variável.

Essas tecnologias inovadoras que inclua conhecimentos de diferentes áreas, contribuindo assim para o avanço da Agricultura de Precisão e a produção de tecnologias de mecanização apropriadas e com custo acessível.

## 2. Agricultura de precisão

A agricultura de precisão pode ser definida por um sistema de gerenciamento agrícola que se utiliza da variação espacial de propriedades do solo e das plantas encontradas nas lavouras e tem como objetivo a otimização do lucro, sustentabilidade e proteção do ambiente (Brasil, 2011).

Neste viés, o sistema de posicionamento global por satélite (GPS) foi a principal inovação tecnológica para impulsionar a incorporação de equipamentos eletrônicos nos equipamentos agrícolas, qualificando o controle na produção e gerenciamento das propriedades.

Além do GPS, os equipamentos à taxa variável, como os atuadores vieram consolidar os sistemas de gerenciamento com o objetivo de aperfeiçoar o controle agrícola através de uma interface capaz de fornecer dados precisos para a aplicação de fertilizantes ou sementes. Podem ser citados como exemplo os dosadores de fertilizantes, que são equipamentos exclusivos para aplicação de adubos/corretivos desconectados de equipamentos de semeadura. Esse tipo de tecnologia implica no trânsito de mais máquinas no cultivo do solo, o que pode ocasionar maior compactação do terreno cultivado.

Dentro das inovações agrícolas, destacam-se as semeadoras-adubadoras, máquinas que realizam o plantio de sementes consorciado com a aplicação de fertilizante/adubo no solo. Essas máquinas possuem algumas particularidades, principalmente quanto ao tipo de plantio convencional ou direto. O plantio convencional é aquele que há uma preparação prévia do solo, movimentando toda a área que será cultivada, já o plantio direto é realizado sem a preparação do solo, movimentando somente a área aonde será depositada a semente.

American Society of Agricultural Engineers (1996f) e Coelho (1996) definem que os componentes fundamentais em uma semeadora-adubadora são: chassi, depósitos de sementes e de adubo, mecanismos dosadores de sementes e de adubos, discos cortadores de resíduos, sulcadores para sementes e para adubo, mecanismos de cobertura de sementes, rodas compactadoras, rodas de controle de profundidade de semeadura, rodas de sustentação e acionamento dos mecanismos dosadores e marcadores de linhas.

De acordo com Siqueira (2008), algumas semeadoras-adubadoras o chassi possui um sistema de paralelogramo (pantógrafo) com duas barras verticais, uma fixa e outra articulada e duas horizontais paralelas articuladas, permitindo à unidade semeadora se adequar às irregularidades do solo, assegurando a uniformidade no posicionamento dos sulcadores, mantendo a profundidade do sulco de fertilizante e a colocação das sementes, uma vez que as unidades só se deslocam paralelamente à superfície do terreno.

Para Siqueira & Casão Jr (2004), uma semeadora-adubadora deve:

- Cortar a palha;
- Abrir sulco com pequena remoção de solo e palhas;
- Dosar fertilizante e sementes;
- Depositar fertilizante e sementes em profundidades adequadas;
- Cobrir sementes com solo e palha;

- Compactar solo lateralmente à semente.

Segundo Furlani et al.(2008), as semeadoras-adubadoras se utilizam da própria velocidade para adição de adubos e sementes no solo, ou seja, o acionamento é feito através do giro da roda. Essa tecnologia é predominante no mercado, pois atende as características de diferentes sistemas de cultivo.

Esse modelo de tecnologia vem se desenvolvendo há alguns anos. Pois Kurachi (1989), buscava alternativas para o melhoramento do sistema de controle dos dosadores das semeadoras-adubadoras. Em seu trabalho discutia mecanismos que otimizassem a dosagem de sementes e fertilizantes, utilizando-se de diferentes mecanismos de regulagem.

Para Siqueira (2008), a utilização correta das semeadoras-adubadoras está diretamente ligada a rentabilidades na cultura e à diferenciação de produtores, ou seja, o uso correto da máquina é diretamente proporcional à produtividade alcançada, sendo que os diferentes modelos de semeadoras-adubadoras disponíveis no mercado são para cada tipo de cultura, de acordo com a particularidade de cada propriedade.

Figura 1 - Fotografia de uma semeadora-adubadora



Fonte: Dos autores.

De acordo com Silva et al. (2007) as semeadoras-adubadoras podem ser classificadas de acordo Índice de Adequação (IA), através de pesquisa em um conjunto de catálogos técnicos com o objetivo de propor um IA a ser utilizado por produtores, para escolha do equipamento mais apropriado a cada propriedade.

## 2.1 Semeadoras-adubadoras: instrumentalização

Os dosadores utilizados nas semeadoras-adubadoras são responsáveis em capturar os fertilizantes em doses pré-definidas e encaminhá-los até a tubulação de descarga. Eles são formados por aletas rotativas ou rotores dentados que levam o adubo a um compartimento de saída, à taxa variável (Casão Jr & Siqueira, 2006).

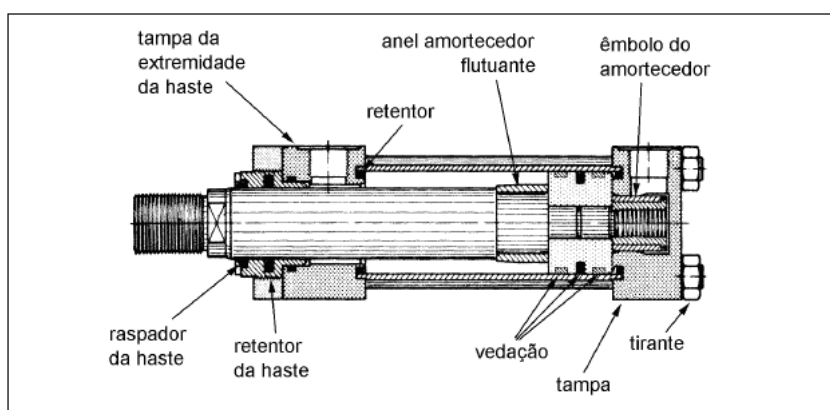


Neste tipo de sistema, há regulagens que fazem ajustes mecânicos para a troca de engrenagens responsáveis pelos dosadores, e que são responsáveis pelo controle da taxa de aplicação dos produtos no solo.

Existem diferentes tipos de atuadores<sup>1</sup> que possibilitam o controle a uma taxa variável, principalmente, hidráulicos, elétricos e pneumáticos. Para isso, cada modelo possui características distintas de transformação de energia necessária para o funcionamento das semeadoras-adubadoras.

Dentre os modelos de atuadores, os hidráulicos têm como objetivo gerar movimentos baseados na introdução de um fluido mineral ou sintético sob alta pressão em um recipiente selado, onde se localiza uma haste, pistão ou eixo.

Figura 2 - Desenho esquemático de um atuador hidráulico



Fonte: Dos autores.

Os atuadores elétricos são dispositivos que transformam energia elétrica em energia mecânica. A energia é produzida através da rotação de um eixo girando em determinada velocidade e torque.

Figura 3 - Fotografia de um atuador elétrico



Fonte: Dos autores.

Já os atuadores pneumáticos possuem propriedades bem semelhantes aos hidráulicos, diferenciando-se pela utilização de ar comprimido no lugar dos fluidos líquidos. Existem tanto pistões quanto motores para gerar a energia.

1 Atuador é um elemento que produz movimento, atendendo a comandos que podem ser manuais, elétricos ou mecânicos.

Figura 4 - Imagem de um atuador pneumático



Fonte: Dos autores.

### 3 Aplicações e comparações

De acordo com os diferentes sistemas de atuadores, há diferentes tecnologias a serem empregadas. Essas aplicações dependem da particularidade a que se destinam, podendo variar entre motores hidráulicos e/ou elétricos. Podemos citar algumas destas aplicações: guindastes, esteiras, serras, carros, máquinas agrícolas. Contudo, existem fatores que influenciam na utilização de motores hidráulicos em detrimento aos elétricos.

Para que se possa esclarecer um pouco a escolha quanto ao tipo de motor, traça-se um paralelo entre o elétrico e o hidráulico.

O motor elétrico apresenta algumas deficiências quando utilizado em determinadas aplicações, em especial, quando elas necessitam de paradas e partidas constantes com carga ou quando necessitam de uma conversão de torque, reversão no sentido de rotação, controle de velocidade.

Por causa dessas deficiências que a introdução de motores hidráulicos e pneumáticos vem ganhando espaço, utilizando o lugar antes ocupado pelos motores elétricos. Apresentamos a seguir alguns fatores.

#### 3.1 Comparação entre Peso e Tamanho

Um motor hidráulico apresenta uma relação peso/potência bem menor que a de um motor elétrico, pois a potência por quilo que o primeiro oferece é muito superior à do último. Logo, se o motor elétrico é mais pesado, seu tamanho também será maior que o do hidráulico, considerando a mesma potência. Portanto, se é necessário uma aplicação com espaço reduzido, o motor hidráulico é o mais indicado, pesando apenas 5,4 kg por HP, em detrimento do elétrico, que pesa em torno de 13,6 kg.

### 3.2 Trabalho em Condições Adversas

Motores hidráulicos conseguem trabalhar em locais complexos que, por suas especificidades, seriam perigosos ou impossíveis para a utilização de motores elétricos comuns. Esses motores admitem trabalhar submersos em uma vasta diversidade de fluídos, sem afetar sua funcionalidade. Também conseguem operar em atmosferas corrosivas ou, mesmo, explosivas. Para atender essas mesmas condições, um motor elétrico teria de ser projetado com adaptações específicas. Portanto, as aplicações hidráulicas respondem bem em ambientes superaquecidos, que seriam perigosos para os motores elétricos.

Por outro lado, motores elétricos apresentam pouca variação de velocidade em relação à variação de carga a eles aplicada. Sua variação de velocidade fica abaixo de 3%. Já os motores hidráulicos apresentam uma variação de velocidade na ordem de 10 a 15% com a variação da carga.

Contudo, o controle de velocidade de um motor hidráulico é bem simples de ser ajustado, com a introdução de uma válvula reguladora de vazão no sistema. Esta alternativa não se aplica aos motores elétricos comuns de corrente alternada, pois implica em defeito de trava. Já os motores elétricos de corrente contínua têm a possibilidade de controle preciso da velocidade por meio de um reostato, porém esta solução eleva o custo de investimento.

### 3.3 Características de Performance

Os motores hidráulicos têm em sua grande maioria a possibilidade de manter um torque praticamente constante, bem como, a alternância de torque com a utilização de uma válvula reguladora de pressão. Esses motores respondem bem ao trabalho intermitentemente, com paradas e partidas constantes, sem superaquecimento.

### 3.4 Reversibilidade Instantânea

Considerando que um motor hidráulico é bem mais leve que um motor elétrico de mesma potência, em caso de aplicações que necessitam de reversão instantânea, a energia empregada é inferior, principalmente em altas velocidades.

Os motores elétricos, no momento da reversão, atuam numa corrente muito elevada, logo, apenas motores especialmente projetados suportariam condições com ciclos de reversão muito altos.

### 3.5 Fonte de Alimentação

Motores elétricos são de fácil alimentação, pois dependem única e exclusivamente de corrente elétrica. Porém, em caso de máquinas móveis, o motor elétrico se limita aos de corrente contínua, pois a alimentação nesse caso é feita por um gerador desse tipo.

Dessa maneira, considerando os fatores expostos – as condições de trabalho, as características de projeto, o sistema de controle –, sabe-se que o uso de motores hidráulicos é recorrente em máquinas móveis.

## 4. Modelagem matemática e a agricultura de precisão

A necessidade de produzir mais em espaços menores vem se consolidando na agricultura brasileira, em especial nas últimas décadas com a introdução da agricultura de precisão. Para isso,

existem importantes áreas que podem contribuir para potencializar a produção de alimentos no país, a fim de desenvolver produtos e métodos que auxiliem no aproveitamento dos recursos naturais e possibilitem uma viabilidade econômica do meio rural, reduzindo os custos.

Assim, a modelagem matemática tem como objetivo ser uma ferramenta para o desenvolvimento das pesquisas, proporcionando um incremento sustentável através do uso de tecnologias de controle e informática avançadas. Além disso, pode-se buscar o melhoramento de máquinas agrícolas utilizadas na agricultura de precisão, como as semeadoras-adubadoras.

Diante desse desafio, a proposta de modelagem matemática é desenvolver os controles de automação das semeadoras-adubadoras, focando-se nos dosadores que são responsáveis pela liberação de adubos para o solo. Para isso, busca-se desenvolver uma tecnologia de acionamento hidráulico e/ou elétrico para elevar a precisão na aplicação dos adubos, a uma taxa variável, ou seja, podendo ser alterada rapidamente assim que necessário diminuindo os custos de produção.

O principal problema abordado é a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação de um sistema dosador a taxa variável, inteligente e versátil à agricultura composto de módulos: estrutural; de dosagem; de potência; de programação, comando e interface; de segurança; e de geogerenciamento, sensoriamento e comunicação, adequados ao contexto da agricultura de precisão. A Figura 5 ilustra um esquema de funcionamento de uma semeadora-adubadora a taxa variável.

Figura 5 - Esquema de sensoriamento e controle de uma semeadora-adubadora a taxa variável.



Fonte: dos autores.

## 5. Desafio proposto voltado para a indústria regional de máquinas agrícolas

O desafio proposto é o desenvolvimento e a construção do protótipo de um sistema modular para dosagem de adubo a taxa variável apropriada às semeadoras/adubadoras da indústria local, de fácil programação, com regulagens apropriadas, fácil operação e manutenção, baixo custo, resistente e versátil, e que inclua ainda um sistema de geogerenciamento (GPS, sensores e eletrônica embarcada desenvolvida pelo grupo e de baixo custo). Na abordagem do problema, utilizar-se-á a

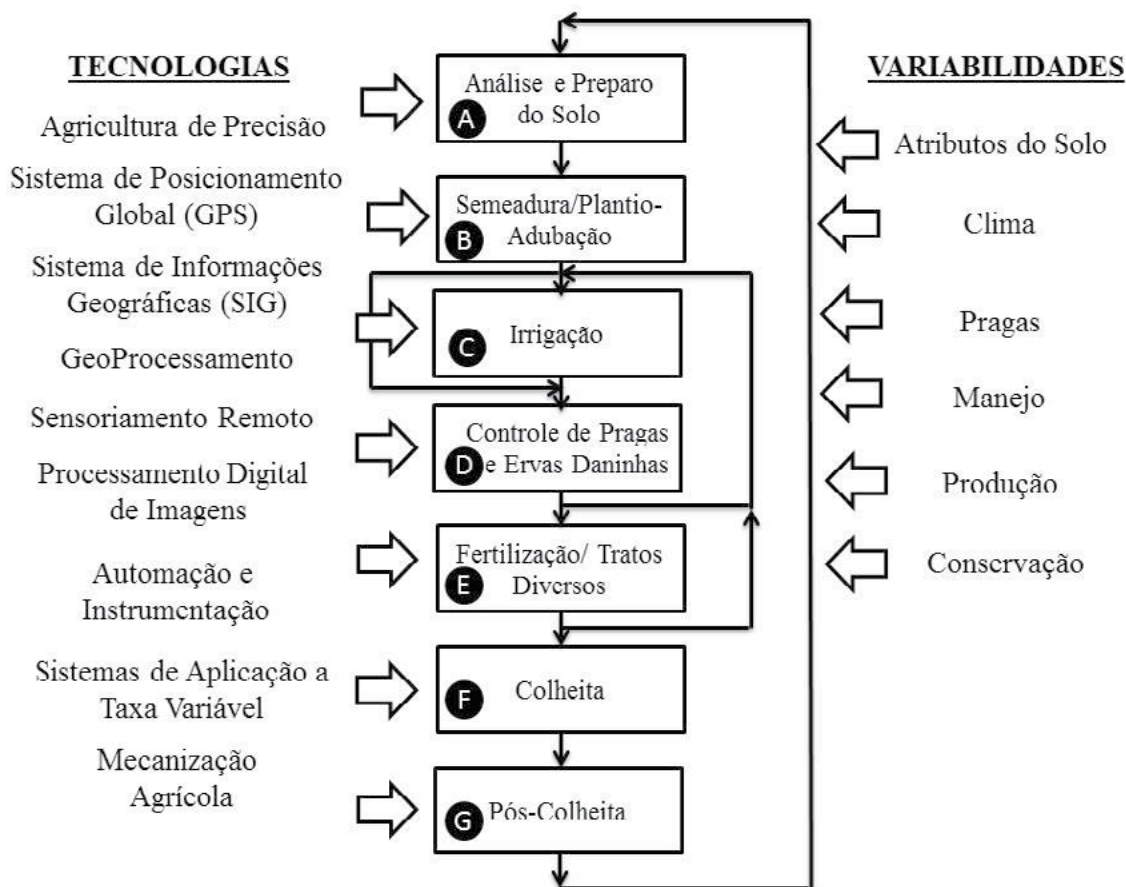


integração e sinergia de conhecimentos em Engenharia Mecânica, Engenharia Eletrônica, Ciências da Computação, Agronomia, Gerenciamento Agrícola e Administração, sistematizando os conceitos modernos de Metodologia de Projeto de Produtos, de Agricultura de Precisão e de Sistemas Produtivos Conservacionistas na forma de tecnologias adequadas à realidade da Agricultura. Para que o projeto alcance o sucesso de suas iniciativas, prevê-se a interação com a indústria local, fabricante do setor Metal-Mecânica de máquinas agrícolas, para transferência tecnológica dos protótipos e patentes com o objetivo da produção e comercialização dos equipamentos para os agricultores através de programas de financiamento. Incentivar-se-á a participação de acadêmicos de graduação e pós-graduação no desenvolvimento e inovação dos módulos da máquina. Como resultado, pretende-se contribuir no atendimento das necessidades da propriedade agrícola brasileira, principalmente quanto à falta de tecnologias de mecanização apropriadas e de custo acessível.

Como perspectivas futuras, pretendem-se desenvolver outras inovações voltadas para as diferentes etapas da produção agrícola, pois é grande o potencial de aplicação de tecnologias que podem ser utilizadas em sistemas agrícolas para o aumento da produção com a redução de custos e a proteção dos recursos naturais e da saúde humana. A agricultura de precisão é uma forma moderna de gerenciamento agrícola das etapas e atividades da produção de uma cultura. Ela permite a aplicação e a integração modular das diversas tecnologias inovadoras para o tratamento localizado das culturas, uma vez conhecida a variabilidade espacial dos fatores determinantes da produtividade.

De acordo com Valdiero et al (2015), a Figura 6 ilustra um exemplo de fluxo de trabalho dividido em etapas e tarefas características de um sistema agrícola, onde se faz um paralelo da diversidade de tecnologias modernas integráveis e aplicáveis a cada etapa, mesmo diante das variabilidades casual e sistemática dos atributos do solo, do clima, das pragas e das condições de manejo, produção e conservação. A aplicação de tecnologias em sistemas agrícolas inicia-se com a humanização do trabalho pesado e repetitivo por meio da mecanização agrícola desde a etapa (A) de análise e preparo do solo, onde se desenvolvem equipamentos para coleta de amostras, para determinação da estrutura do solo e da camada compactada, para a análise dos atributos do solo (pH, nutrientes, matéria orgânica, etc.) e sua devida correção; até a etapa final (G) de beneficiamento, armazenagem e transporte, que também pode incluir a certificação do produto agrícola (impurezas, orgânicos, etc.). A mecanização agrícola pode ser feita na sua forma mais simples composta de mecanismos, de sistemas de produção e transmissão de potência e comandos manuais, ou desenvolvida em alto nível tecnológico com módulos de eletrônica embarcada, sistema de posicionamento global (GPS), automação e robotização, sistemas de aplicação de taxa variável, sistemas de controle automático, sensoriamento, processamento digital de imagens, sensoriamento remoto e/ou sistemas informatizados de geoprocessamento, de informações geográficas e de planejamento agrícola.

Figura 6 - Diagrama esquemático de um exemplo de fluxo de trabalho num sistema agrícola e o potencial de aplicação de tecnologias no contexto da variabilidade dos atributos do solo, do clima, das pragas e das condições de manejo, produção e conservação



Fonte: Dos autores.

Prevê-se também a socialização dos resultados através de demonstrações de campo, palestras e publicações em eventos.

## 6. Conclusão

A utilização da tecnologia na agricultura vem se consolidando nas últimas décadas, sendo que ainda há espaço para novas aplicações. Nesse sentido, as semeadoras-adubadoras vêm se desenvolvendo e melhorando através dos anos, contudo o controle de dosadores merece uma atenção especial, principalmente no tocante à possibilidade de controle preciso desses equipamentos.

A dosagem correta em uma sementeira é um dos fatores mais importantes da produção, seja no custo, seja na produtividade. Então, se fosse possível controlar com eficácia a dosagem para uma determinada área e alterar esta dosagem em uma segunda área e assim sucessivamente, possivelmente, os custos seriam minimizados e a produção otimizada.

A necessidade de controle preciso de dosadores à taxa variável se faz cada vez mais eminente, e quando aliada a tecnologias que facilitem este controle, trazem resultados satisfatórios para quem os aplica. Sendo assim, a utilização de atuadores elétricos e/ou hidráulicos podem ser aliados do produtor para um melhor desempenho e aproveitamento da área cultivada.

De acordo com a pesquisa realizada, as tecnologias existentes no mercado utilizam sistemas de dosagem vinculados ao eixo da roda. Analisando este panorama, nota-se a possibilidade de diferentes modelos de atuadores. Por fim, os resultados apresentados na literatura apontam para a utilização de motores hidráulicos e/ou elétrico por sua precisão de controle.

### Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil. Os autores são agradecidos pela disponibilidade da infraestrutura laboratorial do Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias (DCEEng) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), instalado a partir do apoio financeiro do FINEP, SEBRAE, CNPq, CAPES, FAPERGS e de empresas parceiras do Arranjo Produtivo Local (APL) Metal-Mecânica de cidade polo em Panambi/RS.

### Referências

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Terminology for soil-engaging components for conservation-tillage planters, drills and seeders. In: \_\_\_\_\_. ASAE standards 1996: standards engineering practices data. San Joseph, 1996c. (ASAE D477. 2 DEC93).

BRASIL. Agricultura de precisão. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS, 2011. ISBN 978-85-99851-90-6.

CASÃO JR, R. & SIQUEIRA, R. Máquinas para manejo de vegetações e semeadura em plantio direto. In: CASÃO JR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y.R. (ed). Sistema plantio direto com qualidade. Iapar / Itaipu Binacional, Londrina / Foz do Iguaçu, 2006.

FURLANI, Carlos Eduardo Angeli et al. Semeadora-adubadora: exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. 2008, vol.32, n.1, pp. 345-352. ISSN 1806-9657.

KURACHI, Sérgio Augusto Hiroaki et al. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. Bragantia [online]. 1989, vol.48, n.2, pp. 249-262. ISSN 1678-4499.

ROSA, Daniel. Atuadores Hidráulicos. [ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec\\_NOTURNO/TM372/Conte%FAdos/3%20Atuadores/ATUADORES%20-%20Cap%203%20Danni.pdf](ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM372/Conte%FAdos/3%20Atuadores/ATUADORES%20-%20Cap%203%20Danni.pdf), agosto 2015.

SILVA, Marcos R. da; DANIEL, Luiz A. and PECHE FILHO, Afonso. Uso da teoria de números índices para adequação de semeadoras-adubadoras de precisão. Rev. bras. eng. agríc. ambient. [online]. 2007, vol. 11, n. 2, pp. 222-229. ISSN 1807-1929.

SIQUEIRA, Rubens. Milho: Semeadoras-adubadoras para sistema plantio direto com qualidade. Londrina-PR: XXVII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2008.

SIQUEIRA, R.; CASÃO JUNIOR, R. Trabalhador no cultivo de grãos e oleaginosas: Máquinas para manejo de coberturas e semeadura no sistema de plantio direto. Curitiba: SENAR-PR, 2004.

VALDIERO, Antonio Carlos; Heck, Thiago Gomes ; Silva, José Antonio Gonzalez da. Tecnologias Inovadoras aplicadas em Sistemas Agrícolas. In: Sistemas Agropecuários e Saúde Animal. Ijuí: UNIJUÍ. 2015.



# PRODUÇÃO DE GELEIA DE CHUCHU (*SECHIUM EDULE*): PROCESSAMENTO, PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E AVALIAÇÃO SENSORIAL

Everton Maciel Horlle, Felipe Davies, Rodrigo Baseggio, Claucia Fernanda Volken de Souza.

Curso de Química Industrial - Centro Universitário UNIVATES – Lajeado – RS – Brasil

**Abstract:** The jelly part of the breakfast table much of the population, mainly in the southern region where this culture of using fruit for the production of jams and jellies is quite common among the descendants of Germans and Italians who colonized these regions. The intent of the study is to find an alternative use of chayote (*Sechium edule*) in formulations of jelly, which were produced with five different formulations based on 50% of chayote squash and the other 50% with brown sugar and crystal different proportions. For quality assessment we use physical tests and chemical and sensory analysis finding a formulation that achieves a potential purchase among consumers in the range of 70%.

**Resumo:** A geleia faz parte da mesa do café da manhã de grande parte da população, principalmente na região sul onde essa cultura de utilizar frutas para a produção de doces e geleias é bastante comum entre os descendentes de alemães e italianos que colonizaram essas regiões. A intenção do estudo é buscar uma alternativa de utilização do chuchu (*Sechium edule*) em formulações de geleia, onde foram produzidas cinco diferentes formulações com base de 50% de polpa de chuchu e os outros 50% com açúcares mascavo e cristal em proporções diferentes. Para a avaliação de qualidade utilizamos ensaios físico-químicos e análise sensorial a fim de encontrar uma formulação que alcance um potencial de compra entre os consumidores de, pelo menos 70%.

## 1. Introdução

A elaboração de geleias é uma das formas mais empregadas para a conservação de frutas, visto que seu processamento baseia-se no emprego de um tratamento térmico com adição de açúcar. A concentração diminui a disponibilidade de água presente no meio, dificultando assim processos bioquímicos e microbiológicos, garantindo um aumento na vida útil do produto [Santos, Silva *et al.* 2012]. Estudo realizado pela Secretaria Nacional de Economia Solidária, do Ministério do Trabalho e Emprego, com dados de 2005 a 2007, mostram um grande potencial do mercado de geleias, com um faturamento anual de mais de R\$ 25 milhões / ano, e com expectativas de crescimento do mercado interno e externo [MTE, 2007].

Conforme ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005, geleia de fruta é o produto preparado com frutas e/ou sucos ou extratos aquosos das mesmas, podendo apresentar frutas inteiras, partes e/ou pedaços sob variadas formas, devendo tais ingredientes ser misturados com açúcares, com ou sem adição de água, pectina, ácidos e outros ingredientes permitidos pelas normas; tal que a mistura será convenientemente processada até uma consistência semissólida adequada e, finalmente, acondicionada de forma a assegurar sua perfeita conservação.

O mercado consumidor tem se interessado por novos produtos saudáveis elaborados com diferentes matérias-primas, com o intuito de enriquecer a dieta, com foco nessa demanda o presente trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma geleia de chuchu com diferentes



concentrações de açúcar cristal e açúcar mascavo. Uma matéria prima de fácil acesso em vista do baixo custo e do aproveitamento desse produto na culinária em geral [Gomes, Belo *et al.*2013].

O chuchu é uma fonte de vitaminas, sais minerais e aminoácidos livres, com interessante valor energético e excelente qualidade de fibras, é recomendado particularmente para as pessoas que estão sob dietas e que precisam de um alimento de fácil digestão [Caetano *et al.* 1994].

O chuchu (*Sechium edule*), espécie da família das Cucurbitáceas cultivada como olerícola, é nativo da América Latina e em muitos países é conhecido como chayote. Os frutos de Cucurbitáceas são ricos em água e não são particularmente nutritivos e apesar de reduzido valor nutritivo, as Cucurbitáceas desempenham um importante papel na alimentação humana, especialmente nas regiões tropicais onde o consumo é muito elevado [CENTRO DE QUALIDADE HORTIGRANJEIRO – CEAGESP/SP].

O Brasil é o maior produtor do mundo de chuchu que é uma das dez hortaliças mais consumidas no país [CENTRO DE QUALIDADE HORTIGRANJEIRO – CEAGESP/SP].

Ao se falar em chuchu, o que vem a mente é um alimento sem gosto definido e com grande quantidade de água. Mas as pessoas desconhecem o seu verdadeiro valor. O chuchu pertence à família das hortaliças-fruto, um vegetal da categoria dos frutos que se adaptou muito bem ao clima da região, sendo fácil sua aquisição e/ou plantio, o baixo custo também é um fator positivo na utilização dessa matéria prima, além de ser uma ótima fonte de vitaminas, aminoácidos, sais minerais, rico em fibras e possuir poucas calorias. Pensando nessas características se pensou no desenvolvimento de uma geleia a base de chuchu [EMBRAPA, CNPH, SPI, 1994].

O açúcar mascavo apresenta diferenças em relação ao açúcar cristal, principalmente pela sua cor escura e menor quantidade de sacarose. O açúcar Mascavo ainda é rico e sais minerais e diversas vitaminas, que não são encontradas, ou estão em pequenas quantidades no açúcar cristal [Coenders, 1996].

Por todos os aspectos apresentados, o objetivo deste trabalho foi desenvolver, analisar e avaliar as características físico-químicas e sensoriais de formulações de *geleias de chuchu* com diferentes concentrações de açúcar cristal e mascavo.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Elaboração das geleias de chuchu.

Preparou-se cinco formulações de geleia de chuchu (identificadas com as letras A, B, C D e E), com diferentes concentrações de açúcar mascavo e açúcar cristal, conforme especificado na Tabela 1.

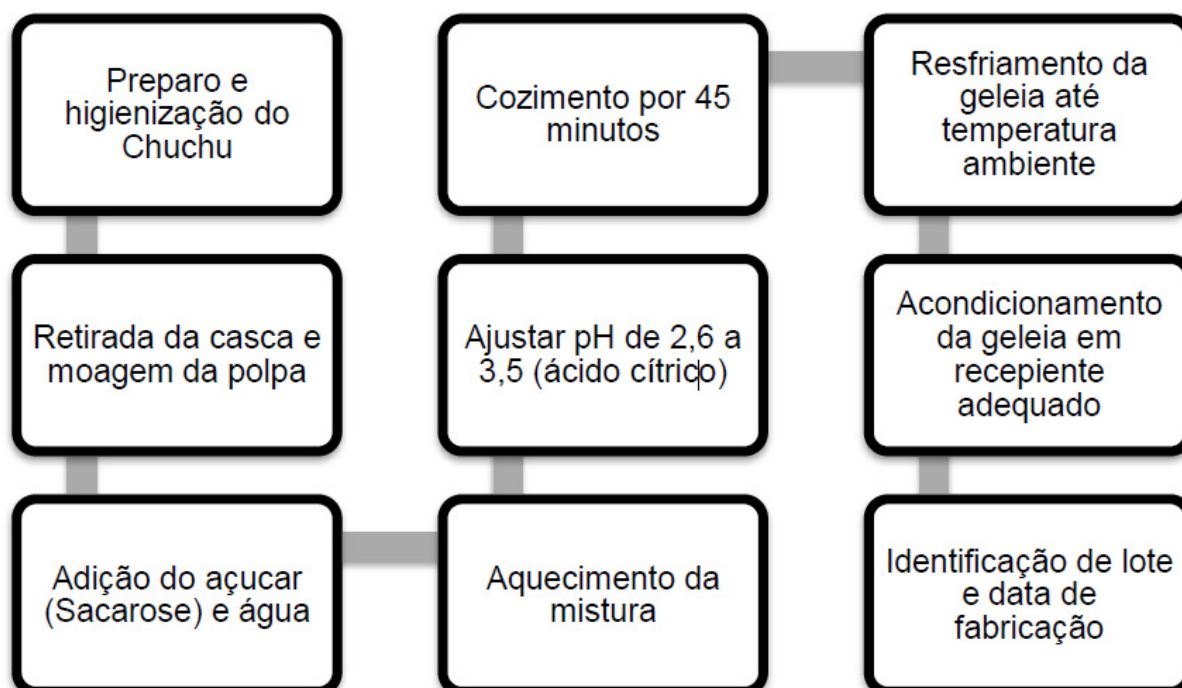
Tabela 1 - Formulações de geleia de chuchu com diferentes concentrações de açúcar cristal e açúcar mascavo

Formulação	Polpa de chuchu (%)	Açúcar cristal (%)	Açúcar mascavo (%)
A	50	50	0
B	50	37,5	12,5
C	50	25	25
D	50	12,5	37,5
E	50	0	50

Fonte: Dos autores.

As principais etapas do processo de elaboração da geleia de chuchu estão, resumidamente, ilustradas na Figura1.

Figura 1 - Fluxograma das principais etapas de elaboração das amostras de geleia de chuchu com diferentes concentrações de açúcar cristal e mascavo



Fonte: Dos autores.

As formulações foram preparadas, seguindo as etapas mostradas no fluxograma da Figura 1, a polpa foi triturada em processador de alimentos, o açúcar foi adicionado quando a polpa já estava em cozimento e perdera parte da água, o tempo de cozimento foi em torno de 45 minutos a 150 °C, em seguida utilizamos ácido cítrico para ajustar o pH na faixa ideal de 2,6 a 3,5, essa medida é extremamente importante visto que o pH ácido impede o desenvolvimento de microrganismos que interferem nas características organolépticas e no *shelf life* desses alimentos. O processo foi realizado seguindo as condições de boas práticas de fabricação, com higienização de todos os utensílios e embalagens onde as geleias foram posteriormente conservadas.

## 2.2. Determinações físico-químicas

As análises físico-químicas, foram realizadas nos laboratórios de Química industrial no Centro Universitário UNIVATES, seguindo metodologias certificadas para esse tipo de produto, conforme Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. O pH por método potenciométrico, utilizando medidor de pH de bancada (Digimed DM-22, São Paulo, SP) previamente calibrado; teor de lipídios pelo método do butirômetro; teor de proteínas por meio da determinação do teor de nitrogênio total pelo método de Macro-Kjeldahl; e acidez por titulação de neutralização.

As determinações do teor de umidade em estufa e do teor de resíduo mineral fixo (cinzas) por incineração em mufla (Marconi MA 385/2, Piracicaba, SP) a 550 °C foram realizadas segundo Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Os teores de açúcares redutores e totais pelo método de titulação, e dos açúcares não redutores pelo cálculo de subtração dos açúcares redutores dos açúcares totais. O teor de carboidratos totais foi determinado pelo cálculo da diferença de 100 gramas de amostra e a soma total dos valores encontrados de proteínas, lipídios, cinzas e umidade. A atividade de água foi determinada no equipamento AquaLab Lite (Decagon, São José dos Campos, SP).

Todas as análises foram realizadas em triplicata.

## 2.3. Análise sensorial

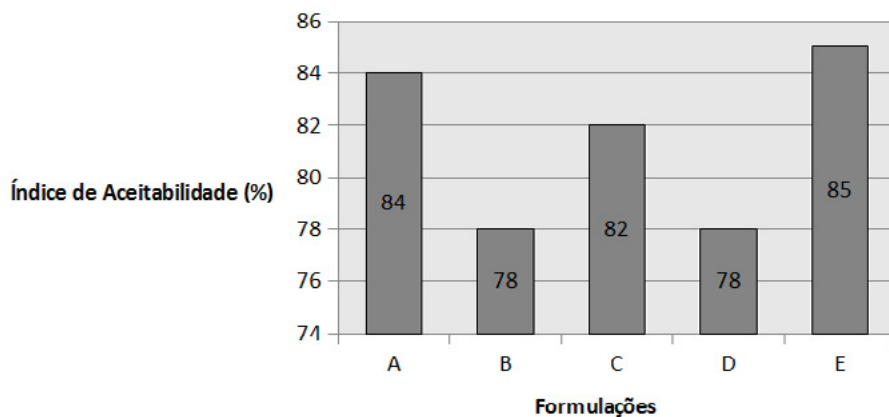
As amostras em porções padronizadas (aproximadamente 5 g) foram numeradas com três dígitos aleatórios e apresentadas aos consumidores. Junto com as amostras foi servida bolacha água e sal, um copo de água mineral à temperatura ambiente para limpeza da boca e a ficha do teste contendo a escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando de 1 “desgostei muitíssimo” à 9 “gostei muitíssimo” nos aspectos: aparência, sabor, textura, odor e aceitação global. A análise sensorial foi realizada por quarenta e sete provadores não treinados, recrutados entre os estudantes e colaboradores do Centro Universitário UNIVATES. Os provadores também foram questionados quanto à intenção de compra para cada amostra, variando de 1 “certamente não compraria” à 5 “certamente compraria”. Para determinar o índice de aceitabilidade (IA) das amostras de geleia de chuchu foi adotada a expressão  $IA (\%) = A \times 100/B$ , em que, A = nota média obtida para o produto e B = nota máxima dada ao produto, conforme Peuckert et al. (2010).

A Figura 2 apresenta o índice de aceitabilidade (em %) das formulações de geleia de chuchu com diferentes concentrações de açúcar cristal e açúcar mascavo.

Os resultados do índice de aceitabilidade, calculados a partir da avaliação sensorial das cinco formulações de geleia de chuchu, elaboradas com diferentes concentrações de açúcar cristal e açúcar mascavo, apresentaram valores superiores a 70% (Figura 2), indicando potencial de comercialização.

Segundo Teixeira et al. (1987) para que o produto seja considerado aceito por suas propriedades sensoriais é importante que obtenha um índice de aceitabilidade de no mínimo 70%.

Figura 2 - Resultados do índice de aceitabilidade das formulações de geleia de chuchu, com diferentes concentrações de açúcar cristal e mascavo



Fonte: Dos autores.

### 3. Resultados e discussão

A Tabela 2 apresenta os resultados físico-químicos das formulações de geleia de chuchu.

Tabela 2 - Resultados físico-químicos das amostras de geleia de chuchu com diferentes concentrações de açúcar cristal e açúcar mascavo

Análise	Formulações				
	A	B	C	D	E
Umidade (% m/m)	27,43 ± 0,21	31,16 ± 0,03	25,06 ± 0,18	31,44 ± 0,22	27,42 ± 0,22
Sólidos solúveis (% m/m)	71,3 ± 0,11	69,51 ± 0,13	71,45 ± 0,12	64,73 ± 0,07	71,27 ± 0,09
pH	3,53	3,71	3,90	3,45	4,02
Lipídios (% m/m)	0,15 ± 0,07	0,17 ± 0,07	0,15 ± 0,07	0,17 ± 0,04	0,16 ± 0,04
Cinzas (% m/m)	0,17 ± 0,02	0,30 ± 0,01	0,22 ± 0,05	0,30 ± 0,01	0,46 ± 0,19
Acidez (% em ácido cítrico)	12,37 ± 0,12	14,19 ± 0,09	10,72 ± 0,03	13,18 ± 0,08	13,77 ± 0,07
Atividade de água	0,782	0,821	0,780	0,821	0,784
Proteína bruta (% m/m)	0,78 ± 0,15	0,38 ± 0,03	0,78 ± 0,18	0,16 ± 0,00	0,78 ± 0,22
Açúcares Redutores (% m/m)	5,97 ± 0,17	10,64 ± 0,11	6,68 ± 0,15	13,51 ± 0,19	5,97 ± 0,11
Açúcares Totais (% m/m)	39,36 ± 0,23	40,78 ± 0,13	40,78 ± 0,16	39,36 ± 0,13	44,18 ± 0,17
Açúcares Não-Redutores (% m/m)	33,39 ± 0,21	30,14 ± 0,19	34,18 ± 0,12	25,85 ± 0,12	38,21 ± 0,22
Carboidrato total (% m/m)	39,36 ± 0,23	40,78 ± 0,13	40,78 ± 0,16	39,36 ± 0,13	44,18 ± 0,17



Kcal (porção de 20g)	32,06	33,24	33,16	31,92	35,84
----------------------	-------	-------	-------	-------	-------

Fonte: Dos autores.

Os valores de pH das formulações de geleia de chuchu variaram de 3,45 a 4,02 ficando em uma faixa ideal e dentro dos padrões estabelecidos por legislação, sem o risco de crescimento de microorganismos patogênicos (pH acima de 4), e sem a chance de ocorrer a sinerése, que é a exsudação de líquido pelas geleias, o que ocorre em pH inferior a 3,00 [JACKIX,1988].

Os teores de cinzas variaram de 0,17 a 0,3 %, mostrando baixa quantidade de sais minerais presentes.

O teor de proteína variou de 0,16 a 0,78%, uma quantidade também considerada pequena quando comparada a outros tipos de produtos.

O teor de lipídios variou de 0,15 a 0,17%, comprovando o baixo teor de gordura desse alimento.

Todas as análises realizadas obtiveram resultados dentro dos padrões exigidos pela ANVISA (2009), e não foi possível observar nenhuma variação significativa entre as amostras utilizando o açúcar mascavo e o açúcar cristal quanto aos seus resultados físico-químicos, também não foi observada nenhuma tendência de comportamento ao se alterar a quantidade de açúcares.

Em relação à atividade de água, as formulações apresentaram valores entre 0,780 a 0,821. Os resultados foram ideais visto que a atividade de água superior a 0,900 [Neto et al. 2005] contribui para o desenvolvimento dos microrganismos degradam o produto ou mesmo produzem toxinas prejudiciais à saúde pública. Com isso podemos afirmar que a geleia de chuchu é um produto de baixíssima perecibilidade.

Conforme demonstrado acima, na figura 2, pode-se notar um índice de aceitabilidade superior para as amostras contendo apenas um tipo de açúcar ( A e E), ou seja, as geleias produzidas apenas com açúcar cristal ou apenas com açúcar mascavo, obtiveram as melhores avaliações no índice de aceitabilidade, com leve vantagem para a formulação contendo apenas açúcar mascavo. A formulação C contendo metade de açúcar mascavo e metade de açúcar cristal obteve um índice de aceitabilidade de 82, sendo a intermediária entre as cinco formulações produzidas. Já as amostras contendo os dois tipos de açúcar, porém, com um tipo em uma proporção maior que o outro, obtiveram as piores avaliações no índice de aceitabilidade, atingindo a média de 78. Vale lembrar que um produto deve atingir pelo menos média maior ou igual a 70 para ter um bom potencial de mercado.

#### 4. Conclusões

A Formulação D obteve melhores notas na análise sensorial atingindo notas acima de 7 para todos os parâmetros (Aparência, Textura, Odor, Sabor e Impressão Global) e a formulação D atingiu melhores resultados na intenção de compra, com os resultados podemos afirmar que as formulações com quantidade maior de açúcar mascavo tiveram notas baixas devido ao alto poder adoçante e tornando as amostras “enjoativas”.

#### 5. Referências

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) - Ministério da Saúde.

Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Dispõem sobre os princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos.

BRASIL (2005). ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005, Aprova o “REGULAMENTO TÉCNICO PARA PRODUTOS DE VEGETAIS, PRODUTOS DE FRUTAS E COGUMELOS COMESTÍVEIS” D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo, 1985.

FERREIRA, V. L. P. Análise Sensorial: testes discriminativos e afetivos. Manual: Série qualidade. Campinas, SP: CBCTA, 2000.

GAVA, A. J.; **Princípios de Tecnologia de Alimentos**, 7. ed. NOBEL. 1985. 241p

BORGSTROM, G. **Principles of Food Science**. 1. ed. Connecticut: Food and Nutrition Press, 1968.

FENNEMA O. R. **Food Chemistry**. 3. ed. MARCEL DEKKER, INC. 1996. 1067p.

JOSE CARLOS GOMES; Análises Físico Químicas de Alimentos, 1ª ed., 2011.

JULIO CESAR REDONDO, Análises dos Alimentos, 1. Ed. 2000.

Teixeira, E., Meinert, E. M. and Barbeta, P. A. (1987) Análise sensorial de alimentos. Florianópolis: UFSC.

BRASIL, ISBN 978-85-62830-10-5 VII CONNEPI, (2012), ELABORAÇÃO E ANÁLISE SENSORIAL DE GELÉIA DE BACUPARI (*Garcinia sp.*) Adriana dos Santos Silva, Maria Aparecida de Melo Alves, Girleide de Araujo Cerqueira, 1Graduandas do Curso de Laticínios – IFAL – Campus Satuba.

BRASIL (2013), Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. Ronald Belo Gomes<sup>1</sup>, Marcos Brito Santos<sup>3</sup>, Ricardo Luís Cardoso<sup>2</sup>, José Torquato de Queiroz Tavares<sup>2</sup>, Diego da Silva Cunha, ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICO E SENSORIAL DE GELEIA DE MARACUJÁ COM CENOURA. Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – BA Brasil.

BRASIL (2012), Brazilian Journal, Campinas, v. 15, n. 3, p. 191-197, jul./set. 2012, Priscilla Kárim CAETANO Rogério Lopes VIEITES, Érica Regina DAIUTO, Priscilla Kárim CAETANO, Característica físico-química e sensorial de geleia elaborada com polpa e suco de acerola, Faculdade de Ciências Agrônômicas (UNESP) Departamento de Gestão e Tecnologia de Alimentos Botucatu-SP, Brasil.

Coenders A. Química culinária. Zaragoza; Editorial Acribia, S.A., 1996.

# A TRANSMISSÃO DE DADOS PELA REDE ELÉTRICA COMO ALTERNATIVA ÀS REDES DE PAR TRANÇADO

Cristian Cleder Machado<sup>1</sup>, Darlan dos Santos<sup>1</sup>, Glaciane Grellmann<sup>1</sup>, Lucas Bolis Meuchel<sup>1</sup>, Maurício Júnior Palombit<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharias e Ciência da Computação - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Frederico Westphalen (URI) – 98.400-000 Frederico Westphalen – RS – Brasil

{cristian, inf22772, inf22799, inf22250, inf22287}@uri.edu.br

**Abstract:** This paper aims to provide a comparison of the Technologies Power Line Communication (PLC) and the twisted-pair network. The experimental evaluation were performed on an LAN with a peer-to-peer connection. Low cost of implementation and high data rates, the PLC causes the data to be transmitted over the grid, avoiding parallel wiring, and causing, each power output to be used as an access point. Through this study we conclude that the PLC is quite feasible and also serves as an alternative to data transmissions in home and business networks, however, the superior performance of twisted pair network was noticeably better.

**Resumo:** O presente artigo tem por finalidade um estudo comparativo entre a tecnologia que utiliza a rede elétrica para transmissão de dados (PLC) e a rede de par trançado. Os testes foram realizados em uma rede interna, com uma conexão ponto a ponto. De baixo custo de implementação e com altas taxas de transmissão de dados, a PLC faz com que os dados sejam transmitidos pela rede elétrica, dispensando um cabeamento paralelo, e fazendo com que, cada saída de energia seja utilizada como ponto de acesso. Através do presente estudo é possível concluir que a PLC é bastante viável e serve também como alternativa às transmissões de dados em redes domésticas e empresariais, no entanto, o desempenho superior da rede de par trançado foi visivelmente melhor.

## 1. Introdução

O processo de comunicação desde o princípio, é de extrema importância para todas as pessoas, por ser uma ferramenta de integração, instrução e desenvolvimento, torna o ato de comunicar uma atitude fundamental para a convivência em sociedade. Esse procedimento consiste na transferência da informação entre um emissor e um receptor que decifra ou interpreta uma certa mensagem [Serra, J. P. 2007].

Pode-se traduzir o conceito de comunicação como a ligação entre dois pontos, como por exemplo, os meios de transportes que fazem a comunicação, como também meios técnicos de comunicação, chamados também de telecomunicações [Perles, J. B. 2007].

Historicamente, a comunicação por rede convencional (cabeadas) se tornou pioneira das telecomunicações, sendo que, posteriormente, após grande avanço dos meios comunicacionais, surge-se a PLC (do inglês *Power Line Communication*), que utiliza a rede elétrica como meio de transmissão, não necessitando de uma cablagem específica, o que a torna um tipo de comunicação com menor custo de implementação [Antunes, J. M. P. B. O. et al. 1995].

Por não necessitar de uma cablagem específica, a comunicação via PLC dispensa instalações de fios e cabos, e cada tomada elétrica de um ambiente, com um adaptador/transmissor de sinal, torna-se um ponto de acesso [Antunes, J. M. P. B. O. et al. 1995].

## 2. Transmissão de Dados

A comunicação pode ocorrer de diversas maneiras em diferentes meios de comunicação. Neste caso, o objeto de estudo será a comunicação utilizando uma rede cabeada (par trançado), bem como, outra rede utilizando PLC.

### 2.1 Transmissão de dados via cabo

Indicadas para conexões em pequenas distâncias, os cabos de par trançado geralmente constituem as redes locais. Os cabos de par trançado normalmente são formados por dois filamentos isolados de cobre, enrolados entre si. Muitas vezes, um número variável de pares é fechado e unido por uma capa protetora para que forme apenas um cabo. Esta torção dos pares faz com que todo ruído elétrico, gerado por um terceiro equipamento, ou, até mesmo dos pares vizinhos, seja eliminada [Barbosa, M. A. da S.].

Não é indicado que se utilize este meio de transmissão de dados em ambientes cujo campo eletromagnético seja grande, devido à interferência que pode ocorrer na transmissão dos dados [Barbosa, M. A. da S.].

### 2.2 Transmissão de dados via rede elétrica (PLC)

A tecnologia também conhecida por BPL (*Broadband over Power Lines*), banda larga via rede elétrica, utiliza a rede de energia elétrica para o transporte de informações, serviços de telecomunicações, transmissão de dados banda larga (acesso à Internet), VoiP, através do aproveitamento do vasto cabeamento de energia elétrica existente em qualquer ambiente, tanto em vias urbanas ou rurais, usando as redes elétricas de baixa e média tensão como meio físico para propagar os sinais digitais sobre os fios de cobre ou alumínio [Andrade, R. T. 2010].

## 3. Funcionamento das redes PLC

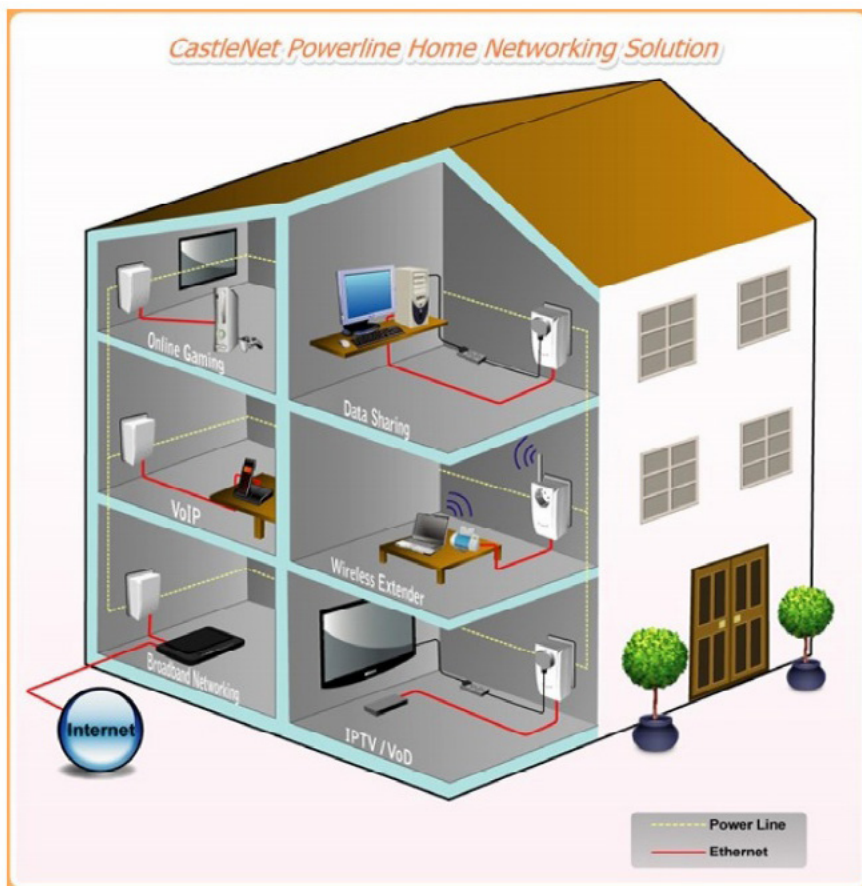
O funcionamento de uma rede PLC se dá pela transmissão de dados por fios de cobre, que caracterizam a energia elétrica. Os dados são transmitidos pelo meio físico das redes de baixa e média tensão (Figura 1). Esta tecnologia utiliza uma velocidade de tráfego bastante elevada, mas, aprimorou-se bastante nos últimos anos [Franco, M. S. e Vieira, S. 2010]. Segundo a fabricante de equipamentos PLC – TP-link – a velocidade já é capaz de chegar na casa dos 500 Mb, transmitindo *streaming* de HD e até filmes em blu-ray [TP-link].

A velocidade da internet pela rede PLC é igual no envio e recebimento de dados, e como tem-se uma transmissão na frequência de 1 a 30 Mhz, é possível que se tenha uma conexão sem interferência. Da mesma forma que, a taxa de transferência de dados, se comparada a outros meios de acesso é bem superior [Franco, M. S. e Vieira, S. 2010].

O modelo da PLC está baseado no conceito de aproveitamento da rede elétrica, pois é possível conectar máquinas uma a outra pela mesma saída, como não demanda nenhuma instalação elétrica nova, e a rede não adiciona nenhum valor na conta de energia. E, tendo em vista a dispensa de um novo cabeamento, a tecnologia PLC é a mais acessível para se conectar computadores em cômodos distantes [Lima, M. X. de].



Figura 1 - Estrutura da rede PLC



Fonte: [Franco, M. S. e Vieira, S. 2010]

#### 4. Segmentos da tecnologia PLC

Existem dois tipos de segmentos do PLC que são: *Last Mile Access* e *Last Inch Access*.

##### - *Last Mile Access (outdoor)*

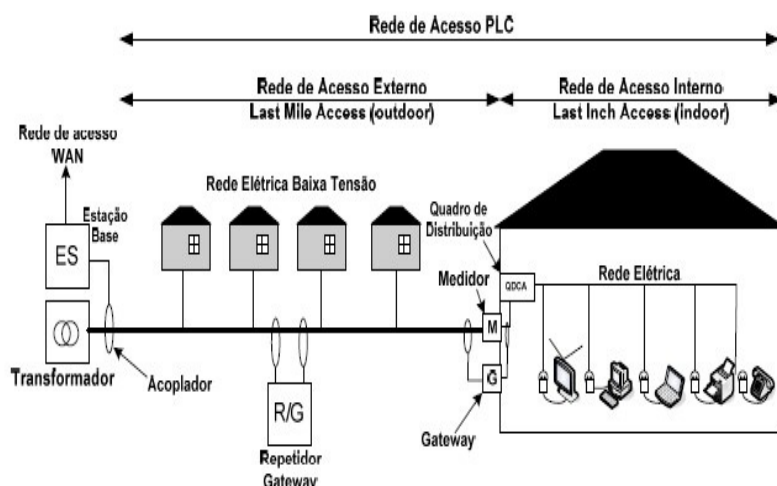
Este tipo de rede é aquela em que conecta os usuários aos provedores de acesso à Internet. Este setor de transmissão é vislumbrado pelas concessionárias de energia por utilizar a rede destas para a transmissão de dados, fato que, originaria uma nova fatia do mercado de telecomunicações [Junior, A. R. de M. 2010].

A (Figura 2) representa a forma de como é feita a geração da rede PLC, no segmento *outdoor*.

##### - *Last Inch Access (indoor)*

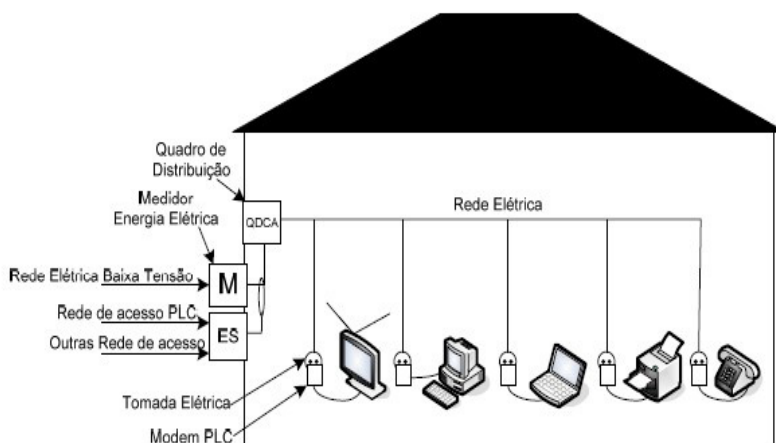
Este tipo de rede é aquela intradomiciliar (Figura 3). Ou seja, é a rede que se constitui dentro das edificações, atrás do contador individual de energia elétrica [Junior, A. R. de M. 2010]. Este tipo de rede foi o utilizado para a resolução e criação deste trabalho, uma vez que, todos os cenários de testes foram aplicados na rede interna do domicílio.

Figura 2 - Rede de acesso PLC



Fonte: [Silva, A. 2008]

Figura 3 - Rede elétrica



Fonte: Silva, A. 2008.

## 5. Elementos básicos de uma rede PLC

Os elementos básicos da rede PLC, são equipamentos que permitem o uso de dados pela rede elétrica, sua principal tarefa é a preparação, conversão, transmissão e recepção dos sinais nos padrões PLC [Silva, A. 2008]. São eles: PLC estação base e o PLC modem.

A função do PLC estação base é converter, concentrar, gerenciar e transmitir os dados em uma rede PLC. É conectado próximo a transformadores de baixa tensão em caso de uso em aplicações externas (outdoor), de um lado é ligado a cabos de energia elétrica de baixa/média tensão e do outro lado é ligado à rede de acesso WAN. Basicamente esse elemento recebe conexão de dados de uma central e a converte para que possa ser transmitida em cabos de energia elétrica, chegando às edificações [Sores, R. R. F. e Santos, Y. G. dos e Carbonaro, K. B. 2007].

O PLC modem é o aparelho que comunicará com todos os dispositivos que serão ligados a rede de dados por meio de energia elétrica. De um lado do PLC modem terá uma interface de rede na qual

serão conectados os dispositivos que queiram entrar na rede (computadores, notebooks, impressoras, modems, etc.). O outro lado será conectado à rede de energia elétrica no qual permite sua alimentação, a transmissão e recepção de sinais PLC. Ele deverá assegurar uma separação de tecnologias e filtrar as comunicações que operem acima da frequência de 50 a 60 Hz [Sores, R. R. F. e Santos, Y. G. dos e Carbonaro, K. B. 2007].

## 6. Vantagens e desvantagens

A tecnologia PLC é bastante promissora. Já comprovada por diversos países. Quando implantada nos EUA, apenas dois anos após colocada em funcionamento, já detinha cerca de 10% do mercado de telecomunicações estadunidense [Martins, F. D. 2006]. As principais vantagens de se utilizar PLC são [Queiroz, N. P. 2009]:

- Pelo fato da infraestrutura dos cabos e fiação existentes pode ser aproveitada para a comunicação de dados, a mesma é uma rede autônoma não necessitando de fios adicionais;
- Cobertura de grandes distâncias, quanto às redes elétricas de baixa e média tensão;
- Para o usuário final é fácil a instalação e utilização. Bastando conectar o modem na tomada;
- Os equipamentos possuem criptografias (segurança na transmissão dos dados);
- Por utilizar-se de uma fiação já existente no ambiente, este tipo de tecnologia se torna de baixo custo de implementação.

No entanto, a PLC não deixa de estar em constante desenvolvimento, e isso, pelo motivo de que ainda existem alguns fatores que a tornam desvantajosa se comparada a outros tipos de comunicação convencionais. São alguns deles [Queiroz, N. P. 2009]:

- Demasiados níveis de ruídos: aparelhos eletrodomésticos, interruptores;
- Grande atenuação em frequências usadas em comunicações;
- Atraso pelo fato de diversas pessoas estarem conectadas a uma mesma estação utilizando a largura de banda disponível;
- *Half-duplex* (canal único de comunicação, a transmissão e recepção é uma de cada vez);
- Instalações e fiação elétrica velha, não funcionará corretamente, havendo perdas na comunicação.

## 7. Desafios

A transmissão de dados utilizando uma rede PLC tem alguns empecilhos que a fazem, muitas vezes, ficar mais lenta. No entanto, cabe ressaltar que os estudos e pesquisas tem se desenvolvido a fim de minimizá-los ou até mesmo, eliminá-los. Estes desafios são pontos de discrepância entre diversos autores quando a discussão é PLC.

### 7.1. Ruído e Atenuação

Em uma rede PLC, qualquer dispositivo ligado à rede elétrica pode originar um tipo de ruído diferente, pois esses dispositivos são compartilhados em um mesmo ambiente e em uma mesma rede [Morimoto, C. E. 2005].



O ruído é provocado pela interferência que pode acontecer entre os fios, fator prejudicial para as transmissões em taxas elevadas. Ruídos podem causar falhas em arquivos de dados, bem como em programas executáveis [Morimoto, C. E. 2005].

Mais um grande problema que pode prejudicar nas transmissões com velocidade elevada é a atenuação do sinal, devido às cargas que são conectadas e desconectadas na rede elétrica, está associado à frequência, distância percorrida e o tempo [Cunha, A. F. 2009].

Vários fatores como a topologia da rede, fios emendados, interruptores, tomadas, transformadores e a quantidade de conexões, fazem com que essa atenuação altere muito, logo, uma rede PLC poderá ter seu desempenho afetado com a diminuição do sinal ao longo do caminho [Cunha, A. F. 2009].

## 8. Testes realizados

Com fins de comparação, foram efetuados alguns testes em uma rede intradomiciliar, num estudo comparativo de diversos cenários com uma rede de par trançado e outra rede PLC.

### 8.1 Ambiente/equipamentos de testes

Para os testes foram utilizados 2 (dois) notebooks (Figura 4), rede doméstica cabeada (par trançado) convencional, 1 (um) roteador Intelbras WRN 240, 1 (um) kit PLC TP-Link AV200 (Figura 5). Os testes foram realizados em um ambiente doméstico de aproximadamente 116m<sup>2</sup> (Figura 6), com a transferência de arquivos contendo mídia e texto num tamanho total de 68.243.218 bytes, sendo que, para averiguação, captura e análise dos pacotes de dados foi utilizado o *software open source* Wireshark 1.12.5 (Figura 7).

Figura 5 – Equipamentos utilizados



Fonte: Dos autores.



Figura 6 - Tp-link.com/hu/products/details/?model=TL-WPA2220KIT



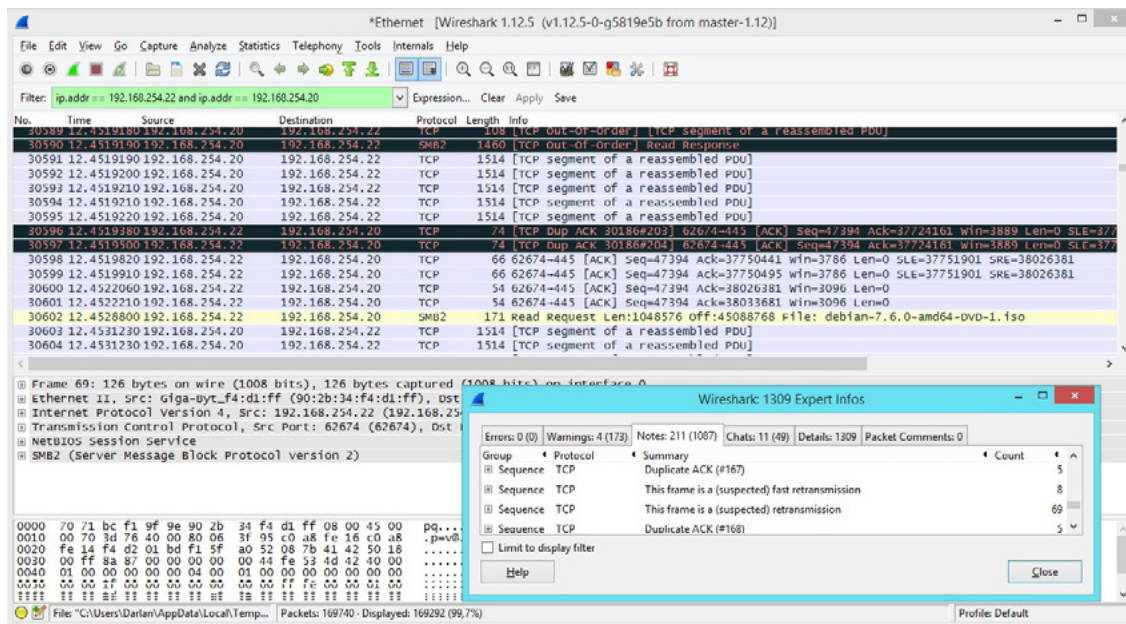
Fonte: [tp-link.com/hu/products/details/?model=TL-WPA2220KIT]

Figura 7 - Teste/conexão PLC



Fonte: Dos autores.

Figura 8 - Captura de pacotes



Fonte: Dos autores.

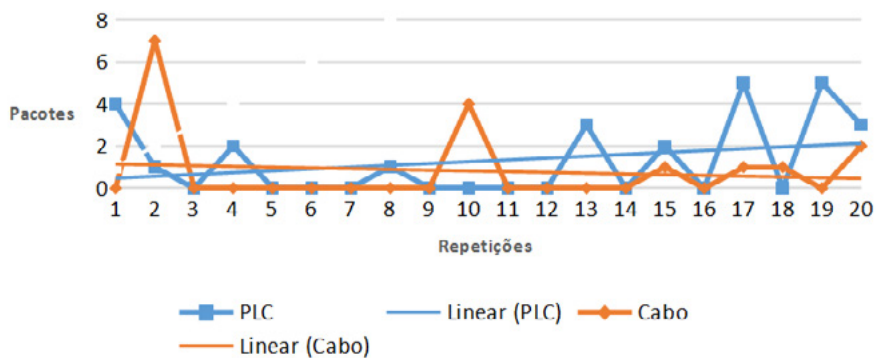
## 8.2 Cenários de testes

Com base na transmissão de pacotes e nos dados capturados, foi possível fazer um comparativo entre as duas tecnologias diferentes.

Para a criação de todos os gráficos tivemos a transmissão do mesmo tipo de arquivos (tamanho e dados) para ambos os casos. Com base nisso, o (Gráfico 1) traz um comparativo da malformação de pacotes ao longo dos testes. E através desse gráfico podemos ver que a malformação de pacotes não seguiu um padrão para ambos os casos, mas, oscilou diferentemente em ambos os casos. Contudo, através do estudo tendencioso, levando em conta todos os casos de testes efetuados, a linearidade tendenciosa do gráfico indica uma pré-disposição ao aumento da malformação dos pacotes ser maior na estrutura que utilizou PLC. No entanto, neste caso, o gráfico explicita a similaridade possível entre os dois modos, pois em diversos momentos houve um aumento ou uma decadência da malformação – mesmo que não significativo à percepção real humana de navegação – em ambos os modelos de comunicação analisados.

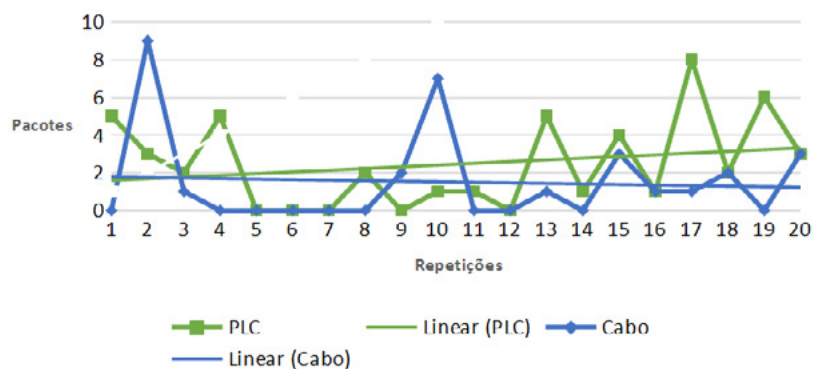
Da mesma maneira, foram analisados todos os pacotes que precisaram ser retransmitidos, por qualquer motivo. Fato que, podemos analisar no (Gráfico 2) que a retransmissão de pacotes aconteceu de uma maneira similar à malformação, fazendo com que houvesse uma grande oscilação de retransmissão quando comparado um modo ao outro. Contudo, a linearidade tendenciosa aponta que com a tecnologia PLC a retransmissão possa ser maior em futuras e contínuas retransmissões de dados. No entanto, paralelamente à malformação, esse número de retransmissões não foi suficientemente notório à percepção humana de atraso, ou seja, não houve uma lentidão perceptível ocasionada por essas retransmissões. Mas, cabe salientar que em uma rede com mais dispositivos, bem como, com um volume de dados e tráfego maiores, essas retransmissões de pacotes podem ser superficialmente desvantajosas à tecnologia PLC.

Gráfico 1 - Pacotes malformados



Fonte: Dos autores.

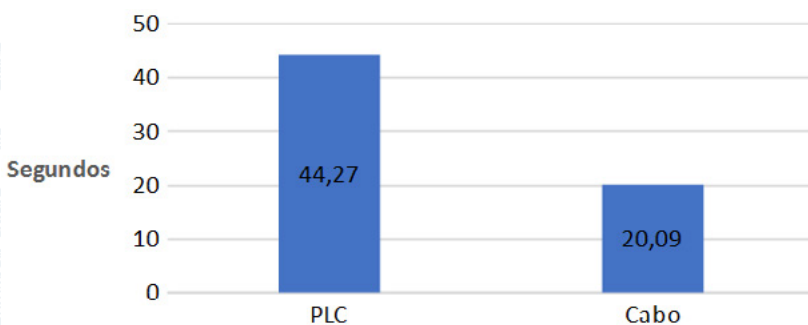
Gráfico 2 - Retransmissão de pacotes



Fonte: Dos autores.

Outrossim, foi feita uma análise e, conseqüentemente um gráfico para demonstrar a média do tempo para transmissão total dos pacotes de dados (Gráfico 3) bem como, uma média do número total de pacotes transmitidos (Gráfico 4), sendo que, neste último, o resultado foi arredondado 1 (uma) casa decimal para cima. No (Gráfico 3) é possível analisar que a média de transmissão dos dados via rede PLC foi o dobro mais lenta se comparada à rede cabeada. Já, a diferença da média de pacotes transmitidos não foi tão exacerbada quanto à velocidade, porém, o número de pacotes transmitidos na rede PLC foi significativamente maior.

Gráfico 3 - Média do tempo de transmissão dos pacotes



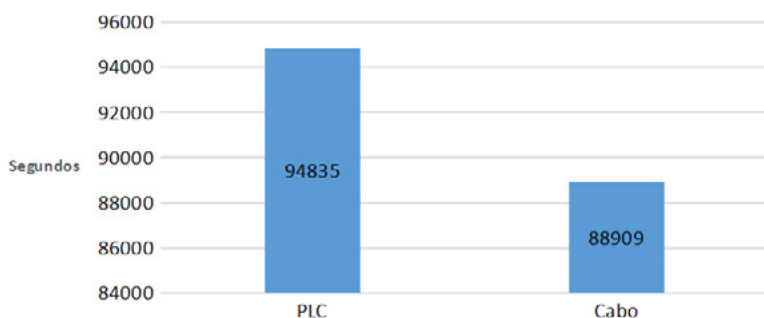
Fonte: Dos autores.

Por fim, foram feitas mais duas capturas e análises de dados, tais como, latência da rede (Gráfico 5) e velocidade de transmissão (Gráfico 6). Em ambos os testes, a vantagem ficou a cargo da rede cabeada,



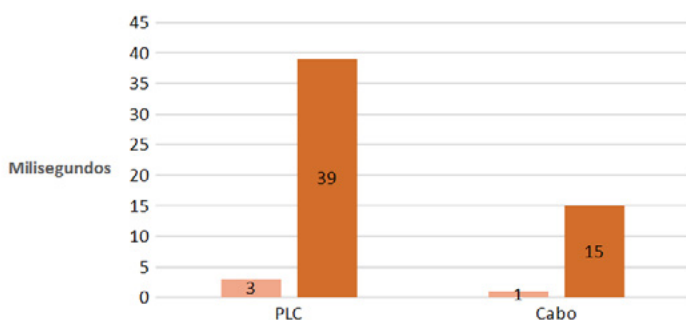
contudo, em momento algum a rede PLC demonstrou visivelmente sua desvantagem. Pela análise dos gráficos é possível perceber a diferença, no entanto, dificilmente um usuário doméstico perceberia tal.

Gráfico 4 - Média do número de pacotes transmitidos



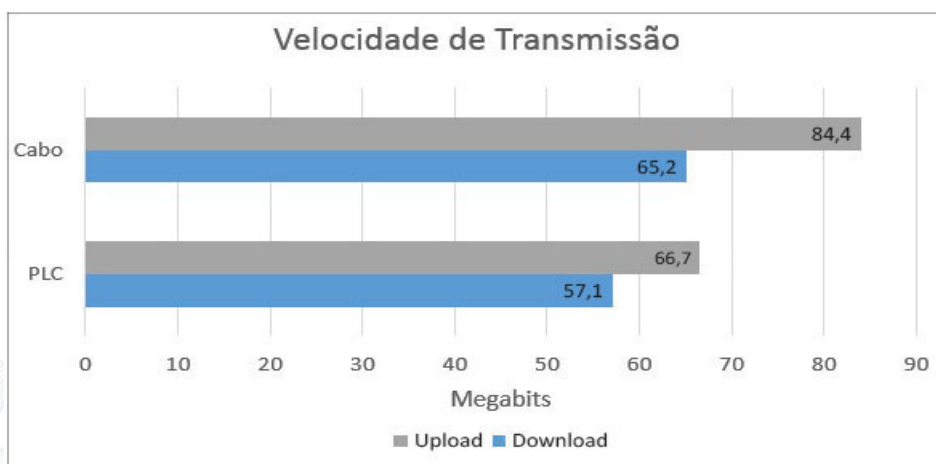
Fonte: Dos autores.

Gráfico 5 - Latência



Fonte: Dos autores.

Gráfico 7 - Velocidade de transmissão



Fonte: Dos autores.

## 9. Conclusões

Com base no estudo realizado é possível concluir que a tecnologia que utiliza PLC é bastante antiga, no entanto, foi nos últimos anos que teve um maior avanço. Da mesma forma que, mesmo nos EUA e em países da Europa ser uma tecnologia de transmissão de dados bastante utilizada, no Brasil não é muito difundida ainda.



Mesmo com todos os desafios inerentes, a PLC é bastante viável, pois tem um baixo custo de implementação, aliado a altas taxas de transmissão de dados.

Conclui-se também que em diversos momentos a retransmissão e a malformação de pacotes foram equivalentes nos dois modos testados.

Com relação à velocidade, a rede cabeada teve um melhor desempenho, contudo, a PLC não deixou de ser satisfatória. E, o tempo de transmissão de pacotes da rede cabeada foi visivelmente mais rápido.

É importante ressaltar que os testes foram realizados em uma conexão intradomiciliar (rede doméstica/ponto a ponto), e não foi analisado dados que se referem a navegação da Internet. Sugere-se em trabalhos futuros de análise a este tipo de tecnologia de transmissão de dados que seja efetuado um comparativo utilizando um meio externo, com acesso à Internet.

Com relação aos resultados gerais, conclui-se que a PLC foi bastante satisfatória e se mostra uma alternativa de conexão doméstica e empresarial; de baixo custo de implementação e com altas taxas de transmissão de dados, no entanto, a rede de par trançado se saiu satisfatoriamente melhor nos testes realizados.

## 10. Referências

Andrade, R. T. (2010). "BPL (Broadband Over Powerlines) II: Características e Aplicações", [www.teleco.com.br/pdfs/tutorialbpl2.pdf](http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialbpl2.pdf), Teleco – Inteligência em Telecomunicações.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (2009). "Resolução Normativa Nº 375, de 25 de agosto de 2009", <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2009375.pdf>, Acesso em Abril/2015.

Antunes, J. M. P. B. O., Mostardinha, Pedro M. M., Brazete, S. M., Duarte, A. M. de O. (1995). "Comunicação de Dados em Sistemas Domóticos, usando as Redes de Potência (Power Line) e a Antena Colectiva (CATV)". Revista do DETUA. Portugal. Vol. 1. Nº4.

Barbosa, M. A. da S. "Cabeamento de rede", [www.icei.pucminas.br/professores/marco/cabeamento-de-rede/](http://www.icei.pucminas.br/professores/marco/cabeamento-de-rede/), Site acadêmico. Instituto de Ciências Exatas e Informática. PUC Minas – Pontifícia Universidade Católica de Minas gerais.

Cunha, A. F. (2009). "PLC – Power Line Communication", Artigo. Revista: O setor elétrico. Ed 44.

Franco, M. S. e Vieira, S. (2010). "PLC: Internet pela rede elétrica". Artigo. Fatec – Tatuí.

Henrique, A., Ferreira M., Miranda, M. "Power Line Communication – Introdução à Telecomunicação". Disponível em: <<http://www.doctum.com.br/unidades/caratinga/graduacao/engenhariaeletrica/downloads/power%20line%20communication.pps>> Acesso em 16/05/2015.

Junior, A. R. de M. (2010). " Transmissão de dados por PLC: um estudo comparativo entre as tecnologias cabeadas e wi-fi". Artigo. Unipac – Universidade Presidente Antonio Carlos.

Lima, M. X. de. "Redes PLC", [www.projetederedes.com.br/tutoriais/tutorial\\_redes\\_plc\\_01.php](http://www.projetederedes.com.br/tutoriais/tutorial_redes_plc_01.php), Projeto de Redes. Acesso em Abril/2015.

Martins, F. D. (2006). "Proposta de arquitetura e modelo de negócios em sistemas PLC". Dissertação de mestrado. UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS.

Morimoto, C. E. (2005). "Atenuação (de sinal)", [www.hardware.com.br/termos/atenuacao-de-sinal](http://www.hardware.com.br/termos/atenuacao-de-sinal), Guia do Hardware. Acesso em Maio/2015.

Perles, J. B. (2007). "Comunicação: conceitos, fundamentos e história", [www.bocc.ubi.pt/pag/perles-joao-comunicacao-conceitos-fundamentos-historia.pdf](http://www.bocc.ubi.pt/pag/perles-joao-comunicacao-conceitos-fundamentos-historia.pdf), Acesso em Maio/2015.

Pinto, E. M. de L. (2004) “Uma análise de utilização da tecnologia PLC/BPL para inclusão digital no estado de Santa Catarina”. Dissertação de mestrado. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina.

Queiroz, N. P. (2009). “Provendo soluções de comunicação em ambientes industriais inóspitos via PLC – Um estudo de caso aplicado a uma empilhadeira de bauxita da refinaria da Alunorte”. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Pará.

Serra, J. P. (2007). “Manual de teoria da comunicação”, [www.livroslabcom.ubi.pt/pdfs/20110824-serra\\_paulo\\_manual\\_teorias\\_comunicacao](http://www.livroslabcom.ubi.pt/pdfs/20110824-serra_paulo_manual_teorias_comunicacao), Livros Labcom. Portugal.

Silva, A. (2008). “Transmissão de dados via rede elétrica”. Artigo. Senai/SC – Florianópolis.

Sores, R. R. F. e Santos, Y. G. dos e Carbonaro, K. B. (2007). “Avaliação do modem PLC 200Mbps para transmissão de dados via rede elétrica”. Artigo. Universidade Federal de Uberlândia.

TP-link. “Extensor de alcance Powerline”, [www.tp-link.com.br/products/details/?categoryid=1658&model=TL-PA4010KIT](http://www.tp-link.com.br/products/details/?categoryid=1658&model=TL-PA4010KIT), Acesso em Maio/2015.

# CONTROLE DE ESTABILIDADE DE UM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO DO TIPO QUADRIROTOR COM A UTILIZAÇÃO DE LÓGICA FUZZY

Geremias Luiz Hanauer, Cícero Zanoni

Centro de Ciências Exatas, da Natureza e Tecnologia, Engenharia Elétrica, Universidade de Caxias do Sul (UCS) – Alameda João Dal Sasso, 800, 95700-000 – Bento Gonçalves – RS – Brasil

*glhanauer@ucs.br, czanoni@ucs.br*

**Abstract:** The present work deals with the development of a stability control to be used in unmanned aerial vehicles of type quadrotor. This vehicle is characterized by having four engines that are responsible for generating platform movement. The goal of the project is the implementation of stability control system with fuzzy logic using the Arduino programming interface.

**Resumo:** O presente trabalho trata do desenvolvimento de um controle de estabilidade a ser utilizado em veículos aéreos não tripulados do tipo quadrirotor. Este veículo é caracterizado por ter quatro motores que são responsáveis pela geração do movimento da plataforma. O objetivo do projeto é a implementação do sistema de controle de estabilidade com lógica fuzzy utilizando a interface de programação Arduino.

## 1. Introdução

Desde os primórdios da humanidade o grande desafio para o homem sempre foi voar, com a evolução de alguns conceitos e tecnologias este feito foi possível. Hoje a possibilidade de realizar voos tripulados e não tripulados é aplicado para fins de transporte, diversão, segurança e estudos acadêmicos.

Nos últimos anos vem crescendo a utilização e a procura por veículos aéreos não tripulados, que possam substituir o homem em certas atividades consideradas perigosas, como reconhecimento e combate militar, investigação de fenômenos atmosféricos, investigação de zonas de difícil alcance, comunicações, vigilância e operações de salvamento, visto que estas aeronaves são controladas remotamente ou de forma autônoma (COSTA, 2008).

Neste contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento e implementação do software de controle de estabilidade do quadricóptero por lógica *fuzzy*, na qual é baseado no conhecimento humano sobre um problema e através de algoritmos é possível traduzir em números a forma imprecisa do pensamento humano voltada a tomada de decisões (MENDEL, 1995).

## 2. Veículos Aéreos Não Tripulados

Os VANT's (veículos aéreos não tripulados) podem ser classificados em dois grupos segundo Güçlü (2012): asas rotativas e asas fixas. O VANT de asas rotativas são os helicópteros de vários motores, também chamados de multicópteros. Estes veículos possuem motores idênticos operando em pares que giram em sentidos opostos. Dentre as vantagens desta topologia, tamanho da estrutura (rotores de diâmetro menor) e baixa complexidade de controle mecânico, se destacam conforme Hoffmann (2007). O quadrirotor é um tipo de helicóptero cuja propulsão é realizada por quatro motores. Havendo alteração da velocidade ou sentido de giro dos motores a posição também será alterada, Bouabdallah (2007) classifica este sistema como subatados e inerentemente instáveis.

## 2.1. Quadrirotos

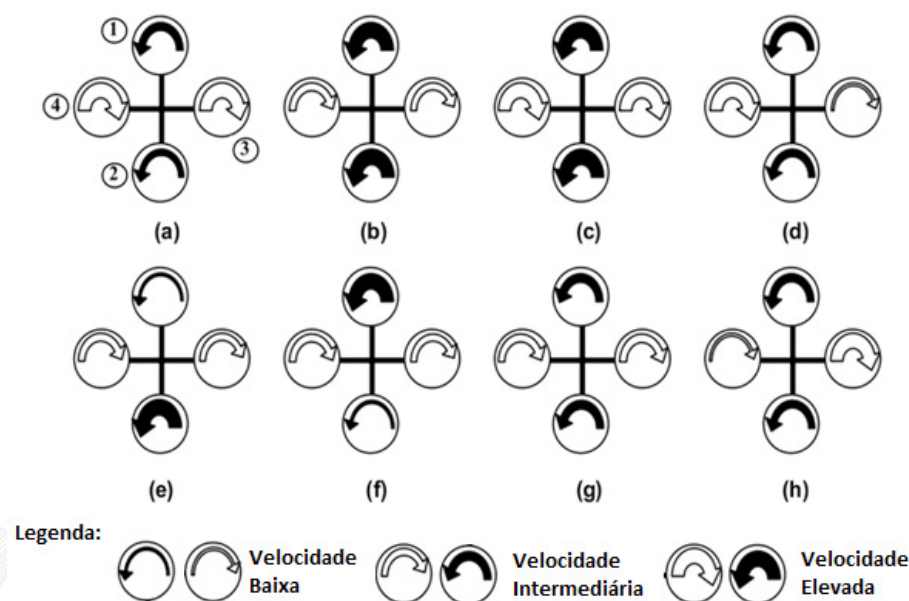
Quadrirotos são aeronaves de quatro asas rotativas, posicionadas em formato de cruz, com seus propulsores dispostos em suas extremidades. Este tipo de estrutura permite voo vertical, estacionário e de baixa velocidade, além da possibilidade de realização de diversas manobras.

### 2.1. Princípio de Funcionamento

Todos os movimentos do quadrirotor são realizados a partir da alteração da velocidade de rotação de seus rotores, entende-se por rotor o conjunto hélice mais motor.

Para que o quadrirotor consiga voar é necessário que um par de rotores gire em sentido horário, por exemplo, rotores 1 e 2, enquanto o outro par de rotores, 3 e 4, devem girar em sentido anti-horário, conforme demonstrado na Figura 01. Esta configuração tem que ser tomada para que o torque resultante, em relação ao eixo z, gerado pelos quatro rotores, seja igual a zero. Um dos dois pares de rotores deve possuir hélices com ângulo de incidência invertido (contra rotativas), já o outro par com hélices com rotativas, assim os quatro vetores de força gerados estarão apontando para baixo, gerando assim, sustentação aerodinâmica positiva.

Figura 01 - Principais movimentos quadrirotor, (a) guinada anti-horário, (b) guinada horário, (c) decolagem, (d) rolagem sentido horário, (e) arfagem anti-horário, (f) arfagem horário, (g) aterrissagem e (h) rolagem anti-horário



Fonte: Melo (2010).

## 3. Lógica Fuzzy

A lógica *fuzzy* (Lógica Difusa ou Lógica Nebulosa) permite o tratamento de expressões que envolvam grandezas de forma não exata, uma premissa desta metodologia é a variação em grau de verdade de "0" a "1", introduzindo conceitos de parcialmente verdadeira ou parcialmente falsa.



O filósofo e lógico polonês Jan Lukasiewicz, em 1930, através do estudo de termos do tipo alto, velho e quente, propôs a utilização de um intervalo de valores  $[0,1]$  que indicaria a possibilidade de uma declaração fosse verdadeira ou falsa, está sendo considerada a primeira introdução de lógica *fuzzy* (CASTILLO; MELIN, 2008).

O grande diferencial da lógica *fuzzy* para as demais metodologias de controle está relacionado a habilidade de inferir conclusões e gerar respostas baseadas em informações vagas, ambíguas e qualitativamente incompletas e imprecisas. Um controlador *fuzzy* (SIMÕES; SHAW, 2004) pode ser projetado para comportar-se conforme o raciocínio dedutivo, sendo este o mesmo processo que as pessoas utilizam para deduzir conclusões baseadas em informações que elas já conhecem.

O controlador nebuloso é apresentado na Figura 02, sendo composto basicamente pelos seguintes blocos funcionais: Interface de fuzzificação, base de conhecimento, lógica de tomada de decisões e interface de defuzzificação.

Figura 02 - Estrutura controlador lógica fuzzy



Trabalho de Conclusão de Curso I

Fonte: Bojadziev (1997).

Essa estrutura de controlador representa a transformação (FREGOSI, 1980), que ocorre do domínio do mundo real, que usa números reais, para o domínio *fuzzy*. Nessa transformação um conjunto de inferência *fuzzy* é usado para as tomadas de decisões, e, por fim, há uma transformação inversa do domínio *fuzzy* para o mundo do domínio real, para que ocorra o acoplamento entre a saída do algoritmo *fuzzy* e as variáveis de atuação (SIMÕES; SHAW, 2004).

Uma variável linguística é considerada como uma entidade utilizada para representar de modo impreciso um conceito ou um parâmetro de um dado problema. Uma variável linguística, diferentemente de uma variável numérica, admite apenas valores definidos no conjunto *fuzzy* que está utilizando-se dela.

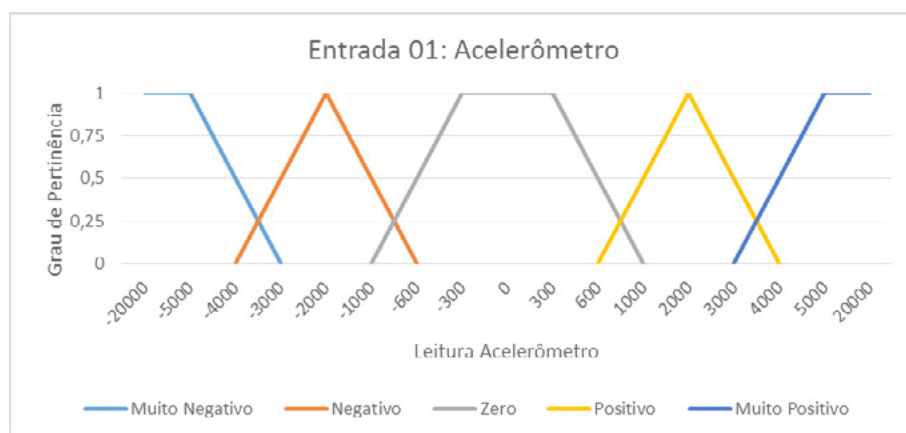
Por exemplo, a temperatura de um determinado processo pode ser uma variável linguística assumindo valores Baixa, Média e Alta. Estes valores são descritos por intermédio de conjuntos *fuzzy*, representados por funções de pertinência (SIMÕES; SHAW, 2004)

### 3.1. Funções de Pertinência: Entradas e Saídas

Cada conjunto nebuloso é caracterizado pela sua função de pertinência que é uma curva que define o grau de pertinência (valor entre 0 e 1) de cada entrada segundo Ross (2010).

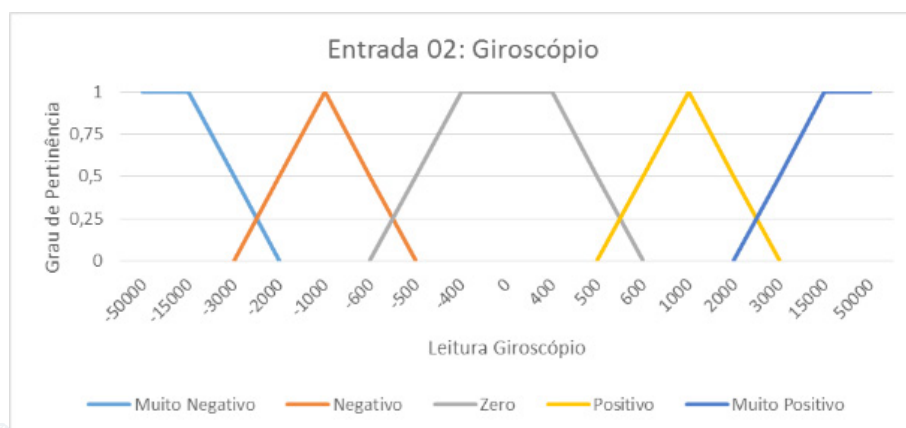
As entradas do sistema de controle para os ângulos de atitude *roll* e *pitch* são as leituras do acelerômetro (entrada 01) e do giroscópio (entrada 02), sendo que os valores do acelerômetro são mais relevantes. Para cada parâmetro de entrada foram definidas cinco variáveis de controle, muito negativo, negativo, zero, positivo, muito positivo. As Figuras 03 e 04 demonstram as funções de pertinência de entrada do sistema de controle.

Figura 03 - Funções de pertinência de entrada (acelerômetro)



Fonte: Autor (2015).

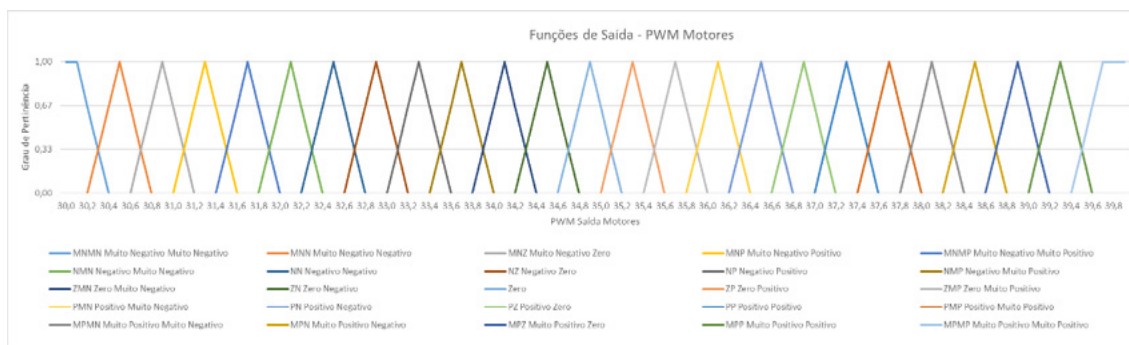
Figura 04. Funções de pertinência de entrada (giroscópio)



Fonte: Autor (2015).

A Figura 05 apresenta a função de pertinência de saída do sistema de controle, na qual varia o sinal de PWM dos motores na faixa de 30 a 40. Esta faixa de PWM permite o controle de movimento do quadricóptero, permitindo assim o seu controle de estabilidade.

Figura 05 - Funções de pertinência de saída (PWM Motores)



Fonte: Autor (2015).

### 3.2. Inferência Fuzzy

A inferência *fuzzy* é um processo de avaliação de entradas com o objetivo de, através das regras previamente definidas e das entradas, obter conclusões utilizando-se a teoria de conjuntos *fuzzy* (LOFTI, 1965).

Para análise do comportamento do sistema de controle com o aumento do número de regras na base de conhecimento do controlador *fuzzy* foram desenvolvidos 4 programas na qual variavam o número de regras linguísticas de 9, 12, 16 e 25. A Tabela 01 demonstra as 25 regras linguísticas aplicadas pela combinação das variáveis de entrada.

Tabela 1 - 25 Regras linguísticas

		Giroscópio				
		Muito Negativo	Negativo	Zero	Positivo	Muito Positivo
Acelerômetro	Muito Negativo	MNMN Muito Negativo Muito Negativo	MNN Muito Negativo Negativo	MNZ Muito Negativo Zero	MNP Muito Negativo Positivo	MNMP Muito Negativo Muito Positivo
	Negativo	NMN Negativo Muito Negativo	NN Negativo Negativo	NZ Negativo Zero	NP Negativo Positivo	NMP Negativo Muito Positivo
	Zero	ZMN Zero Muito Negativo	ZN Zero Negativo	Zero	ZP Zero Positivo	ZMP Zero Muito Positivo
	Positivo	PMN Positivo Muito Negativo	PN Positivo Negativo	PZ Positivo Zero	PP Positivo Positivo	PMP Positivo Muito Positivo
	Muito Positivo	MPMN Muito Positivo Muito Negativo	MPN Muito Positivo Negativo	MPZ Muito Positivo Zero	MPP Muito Positivo Positivo	MPMP Muito Positivo Muito Positivo

Fonte: Autor (2015).

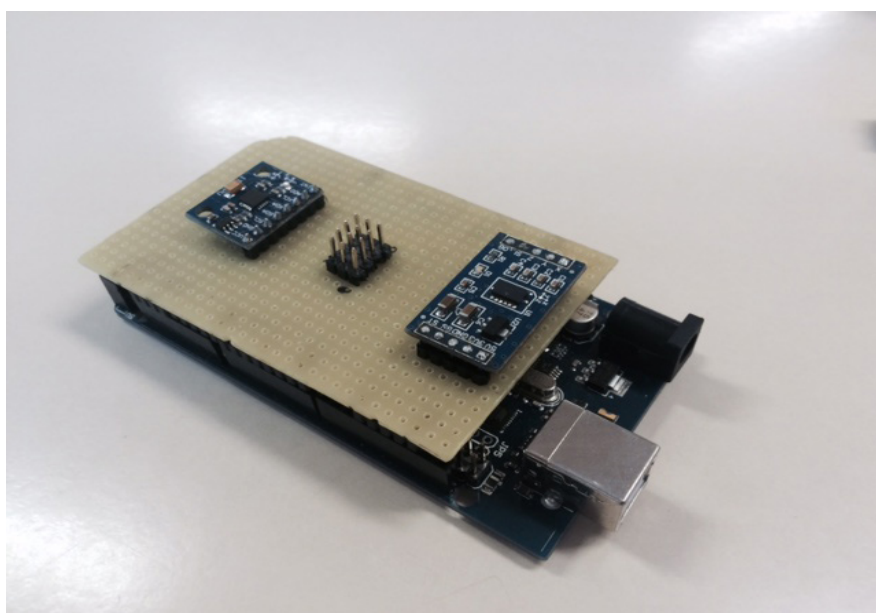
### 4. Implementação do Controle de Estabilidade

Para o desenvolvimento do software de controle de estabilidade foi utilizada a biblioteca eFLL que é descrita em C++/C, que não é destinada somente ao Arduino, mas qualquer sistema embarcado ou não que tenham seus comandos escritos em C. A biblioteca utiliza o processo (MAX-MIN) e (Mínimo

de Mamdani) para a inferência e composição e (Centro de Área) para a defuzzificação, no universo contínuo.

Para obtenção dos parâmetros de entrada do controlador, leitura do acelerômetro e do giroscópio, para os eixos *roll* e *pitch*, foi utilizado o componente MPU6050, que é um sensor capaz de estimar os três ângulos de atitude e medir a velocidade angular através do giroscópio. Além disso, possui um filtro digital passa baixa configurável que disponibiliza a leitura dos ângulos de atitude com baixa interferência a ruídos, fazendo com que o sistema de controle não necessite efetuar o tratamento dos dados diminuindo assim o processamento dos dados do microcontrolador. Para processamento do software foi utilizado a placa microcontrolada Arduino Mega 2560, conforme apresentado na Figura 06, juntamente com a plataforma de sensoriamento.

Figura 06 - Plataforma de sensoriamento do sistema de controle



Fonte: Autor (2015).

#### 4.1. Resultados Experimentais

Durante a implementação e definição do sistema completo foram realizadas diversas avaliações e constatações conforme indicado no capítulo de metodologia de validação. De maneira geral pode-se dizer que os resultados alcançados foram satisfatórios uma vez que em grande parte dos casos foi possível atingir a estabilidade do quadricóptero.

Nos itens a seguir são destacados alguns resultados importantes observados durante os testes com o objetivo de se apresentar algumas possibilidades e comportamentos do sistema implementado.

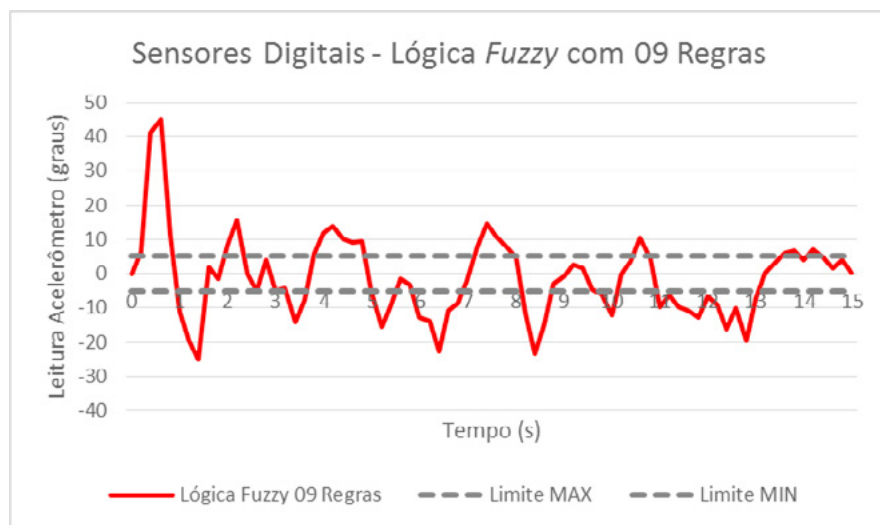
Todas as análises realizadas referem-se ao tempo de acomodação do sistema dentro de limites previamente definidos, ponderando o sistema mais eficiente o que possui menor tempo para atingir tais limites considerando uma perturbação de entrada.

A resposta do sistema de controle de estabilidade é apresentada a seguir onde foi definido o ângulo de referência em 0 (zero) graus, sendo que se considera *estável* variações dentro de um limite de 5 e -5 graus. As Figuras 07, 08, 09 e 10 apresentam os resultados obtidos para cada conjunto de regras. Para



análise dos resultados, em todos os casos foi regado uma perturbação maior que 45 graus, sendo que a estrutura na qual o quadricóptero está fixo permite variações de 50 a -50 graus.

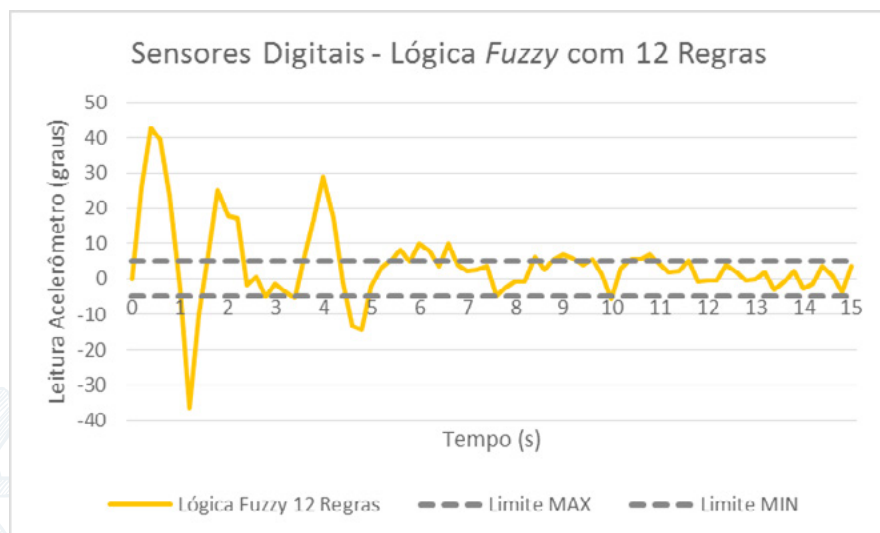
Figura 07 - Lógica fuzzy com 12 regras



Fonte: Autor (2015).

Utilizando o controlador com 9 regras na base de conhecimento, o sistema não se estabilizou dentro do período amostrado. Em comparação a outro trabalho similar, conforme Panceri (2013) com o mesmo número de regras, e sinais de entrada de um acelerômetro, denominada erro, e derivada do erro, o sistema apresentou ótimos resultados na estabilização da plataforma, porém não foram demonstrados gráficos com tempo de acomodação para conferição.

Figura 8 - Lógica fuzzy com 12 regras

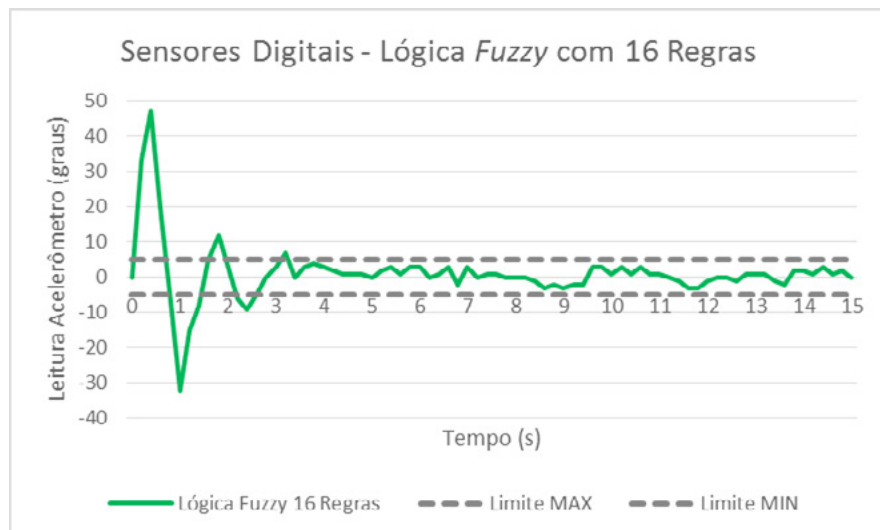


Fonte: Autor (2015).

O sistema empregando 12 regras na base de conhecimento, sendo composto por quatro funções de pertinência provenientes do acelerômetro e três funções do giroscópio, obteve resultado significativamente melhor com relação ao anterior, evidenciado na Figura 08, atingindo a estabilidade do quadricóptero com um tempo de 11 segundos.

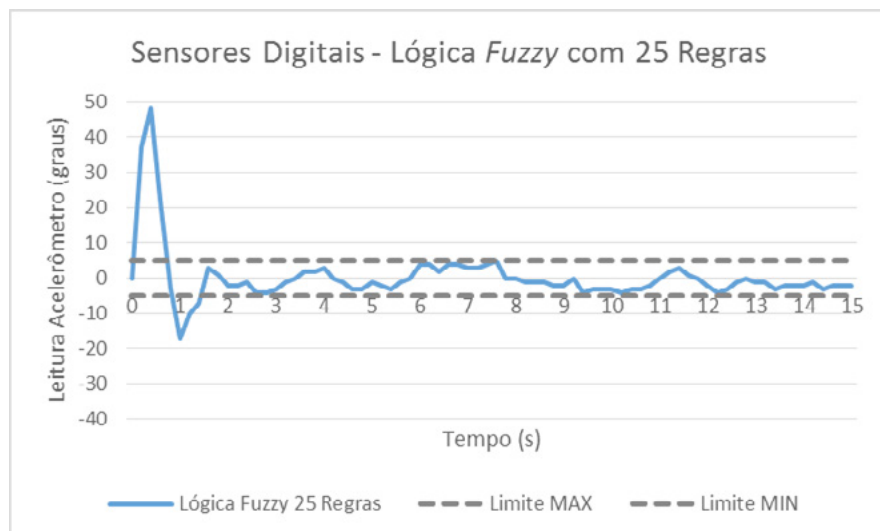
Aumentando o número de regras para 16, utilizando quatro funções de pertinência para cada sinal de entrada, o controlador *fuzzy* necessitou de 3,5 segundos, conforme Figura 09. Em comparação entre do sistema de 12 e 16 regras, houve uma diminuição de 214% no tempo de acomodação.

Figura 9 - Lógica fuzzy com 16 regras



Fonte: Autor (2015).

Figura 10 - Lógica fuzzy com 25 regras

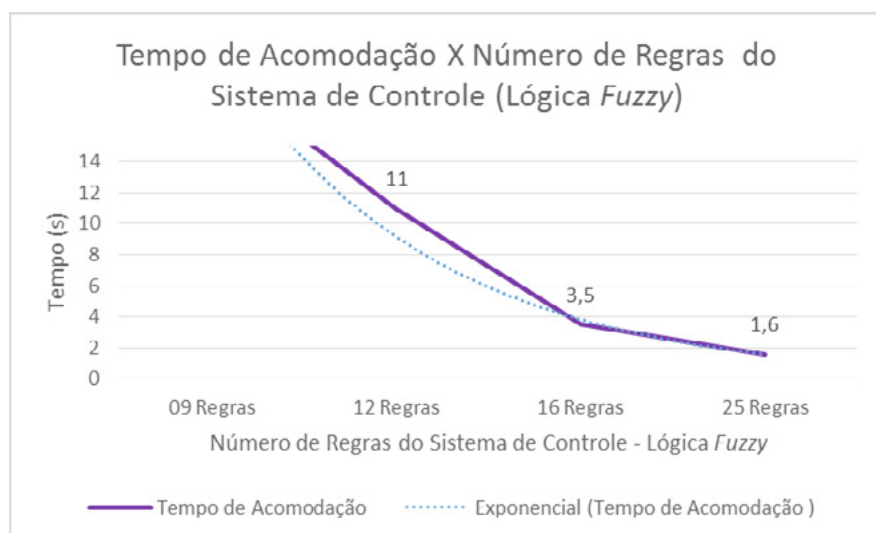


Fonte: Autor (2015).

O sistema com 25 regras na base de conhecimento explícito na Figura 10, acomoda-se com apenas 1,6 segundos, deste modo, havendo um ganho de 1,9 segundos em relação do sistema de controle anterior, isto representando uma diminuição de 118% do tempo necessário para o quadricóptero atingir os limites pré-determinados de estabilização.

A Figura 11 representa um comparativo de tempo de acomodação com o aumento das regras linguísticas do sistema de controle de estabilidade.

Figura 11 - Comparação dos resultados obtidos com aumento do número de regras do sistema de controle



Fonte: Autor (2015).

O tempo de acomodação diminui significativamente com o aumento do número de regras do sistema de controle. A linha de tendência da Figura 11 prova que aumentar ainda mais o número de regras não irá apresentar resultado tão expressivo na diminuição do tempo de acomodação do quadricóptero a uma perturbação de entrada.

## 5. Conclusões

A principal vantagem da utilização de um controlador *fuzzy* é a facilidade de implementação, por não necessitar de um modelo matemático e características mais próximas do modo de pensar humano.

O sistema nebuloso com 9 regras linguísticas não foi suficiente para estabilizar o quadricóptero dentro do período amostrado. Para as versões com 12, 16 e 25 regras, a estabilização foi possível.

No controle de estabilidade com 25 regras o tempo de acomodação do quadricóptero foi de 1,6 segundos, sendo 219% mais veloz em comparação ao sistema de 16 regras, e 687% rápido em relação ao controle com 12 regras.

A escolha da quantidade de regras linguísticas utilizadas influencia diretamente na suavidade da resposta e precisão do sistema de controle. Percebe-se que com o aumento do número de regras o tempo de acomodação para dentro dos limites estipulados diminui significativamente, conforme visualizado na Figura 11.

## 6. Referências

BOUABDALLAH, S. Design and control of quadrotors with application to autonomous flying. PhD Thesis, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2007.

CASTILLO, Oscar; MELIN, Patricia. *Type-2 Fuzzy Logic: Theory and applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.

COSTA, S. E. A. P. Controle e Simulação de um Quadrirotor Convencional. 2008. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Aeroespacial, Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

GÜÇLÜ, Anil. "Attitude and altitude control of an outdoor quadrotor". Thesis (Master of Science in Mechatronics Engineering) – The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Atilim University, Ankara (TR), 2012.

HOFFMANN, G.M. et al. "Quadrotor Helicopter Flight Dynamics and Control: Theory and Experiment", in Proc. of AIAA Conference on Guidance, Control, and Navigation, Hilton Head. South Carolina: AIAA, 2007, 20 p.

LOFTI A. Zadeh, "Fuzzy Sets Inf. Control", Vol. 8, 1965.

MENDEL, J. M., "Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial, Proc. of the IEEE", vol 83, No. 3, 1995.

PANCERI, João A. C. et al. Controle fuzzy aplicado a estabilização de um eixo de um quadricóptero com a utilização do labview. Cobenge 2013, Serra – ES, v. 1, p. 1-11, setembro de 2013.

ROSS, T. J. Fuzzy Logic with Engineering Applications. 3ª Edição. John Wiley & Sons. United Kingdom, 2010.

SIMÕES G. Marcelo; SHAW S. Ian, "Controle e Modelagem Fuzzy", Volume: 1- Reimpressão: 2, 2004.



# CONFEÇÃO DE UMA BANCADA EDUCACIONAL SOBRE GERADORES DE INDUÇÃO COMO PROJETO DE EXTENSÃO PARA CURSOS DE ENGENHARIA

Tiago Cassol Severo<sup>1,2</sup>, Dario Eberhardt<sup>1</sup>, Bruno F. Frare<sup>1</sup>, Guilherme O. Piva<sup>1</sup>, Mailson Forest<sup>1</sup>, Cleison A. Turchetti<sup>1</sup>, Carlos A. Arisi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Caxias do Sul – UCS/CARVI – Centro de Ciências Exatas da Natureza e de Tecnologia – CENT – Rua João Dal Sasso, 800 – Bairro Universitário – 95700-000 – Bento Gonçalves/RS – Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS/PGMICRO – Programa de Pós-Graduação em Microeletrônica – Porto Alegre/RS – Brasil

*{tcsevero, deberhardt, bffrare, gopiva, mforest1, caturchetti, caarisi}@ucs.br*

**Abstract:** Extension projects are not only efficient alternatives in the enlargement of knowledge for Engineering students, but also acquire great potential for both students and teachers. In this extension, students of three Engineering courses were challenged to find an alternative prototype for the explanation of electric generators. This alternative of power generation is based on Michael Faraday principle of magnetic induction. Using disposable and easily purchased electrical materials, the project participants built a low cost educational platform dedicated to the study of induction generators. In addition, the prototype was tested and analyzed from the responses obtained through the series and parallel configurations of the system.

**Resumo:** Projetos de extensão são eficientes alternativas para ampliação do conhecimento dos estudantes de engenharia. Nesta extensão, alunos de diversos cursos de engenharia foram desafiados a encontrar um protótipo alternativo para a explicação de geradores elétricos. Essa alternativa de geração de energia tem como embasamento o princípio da indução magnética de Michael Faraday. Utilizando materiais elétricos descartáveis e de fácil aquisição, os participantes do projeto construíram uma plataforma de ensino de baixo custo voltada aos estudos de geradores de indução. Além disso, o protótipo foi testado e analisado a partir das respostas obtidas através das configurações série e paralelo do sistema.

## 1. Introdução

Projetos de extensão podem ser uma alternativa interessante e desafiante tanto para estudantes do curso de engenharia como para os docentes que propõem a atividade. (Morelato, 2009) Planejamento, debate, aquisição de materiais, confecção de dispositivos, testes experimentais e aplicações em um ambiente mais casual são alguns dos caminhos que uma extensão pode propor contra a uma aula convencional (Morelato, Severo e Zanoni, 2014).

Neste artigo será relatada a experiência de um curso de extensão de trinta horas que ocorreu no segundo semestre de 2014, com um grupo de cinco alunos das engenharias elétrica, eletrônica e mecânica da Universidade de Caxias do Sul, polo de Bento Gonçalves/RS. O mesmo teve a coordenação de dois professores da instituição e resultaram em uma nova bancada para a explicação e demonstração iniciais de motores de indução magnética baseada nas teorias de Michael Faraday. Esta bancada pode ser aplicada a turmas de todas as engenharias, dependendo somente a abordagem ser diferenciada para uma turma de mecânica em relação a uma turma de elétrica e eletrônica.

## 2. Sobre o Projeto de Extensão

O projeto de extensão, nomeado como Bancada de Geração Didática, foi apresentado e divulgado para os alunos de engenharia da UCS-CARVI que se encontrassem entre terceiro e sexto semestre do curso, aproximadamente. Foram oferecidas cinco vagas e o projeto não apresentava custos de inscrição ou similares para participação.

O mesmo teve uma divulgação por convite em sala de aula durante uma semana. Quinze alunos se inscreveram e cinco foram escolhidos de acordo com a disponibilidade de dos alunos com o horário dos professores. O projeto ocorreu no laboratório de elétrica/eletrônica da UCS-CARVI durante três semanas com cinco encontros de duas horas-aula cada, totalizando as trinta horas propostas. Dois desses encontros foram dados no laboratório de mecânica, mais especificamente no setor de tornearia.

Em seu primeiro encontro, os alunos foram desafiados a desenvolver uma bancada educacional sobre geradores elétricos baseados em indução magnética e as teorias de Michael Faraday. A mesma bancada deveria ser capaz de ser aplicada as aulas mais básicas de Física Geral, como eletricidade e magnetismo, além de ser aplicada a aulas mais complexas como Eletricidade Aplicada na engenharia mecânica ou aulas mais avançadas da engenharia elétrica e eletrônica, como Conversão de Energia e Máquinas Elétricas.

Entre o segundo e terceiro encontros, as aulas foram focados em debate e/ou mesa redonda onde os estudantes eram apresentados as teorias na área de indução magnética e os mesmos tinham que apresentar sua compreensão do assunto e propor novas aplicações.

A partir do quarto encontro os alunos com participação dos professores desenvolveram um plano de atividades a serem desenvolvidos para a conclusão da bancada. O desenvolvimento da bancada foi dada até o décimo primeiro encontro. A partir do décimo segundo encontro, inúmeros testes foram aplicados e seus resultados foram debatidos no décimo quinto e último encontro.

## 3. Sobre a Bancada Didática Desenvolvida no Projeto

### 3.1 Sobre os Geradores de Indução e a Bancada Didática

Os geradores elétricos de indução são utilizados nas mais diversas áreas, como uma alternativa de geração de energia, tendo como principal característica o baixo custo de manutenção e a sua facilidade de construção (Medeiros et al, 2005).

Essa alternativa de geração de energia é baseada no princípio da indução magnética de Michael Faraday, que pode ser observada a partir da variação do campo magnético em um condutor provocando a circulação de uma corrente elétrica induzida (Silveira e Marques, 2012).

Utilizando materiais elétricos descartados e de fácil aquisição, construiu-se a plataforma de ensino a fim de obter como resultado a comprovação da teoria, gerando diversos valores de tensão elétrica, adequados à velocidade de rotação e configuração dos circuitos.

Na montagem da bancada, foram encontradas oito bobinas. As mesmas foram posicionadas a 45° umas das outras a fim de se obter um espaçamento igual entre elas. Assim, quando o rotor entrasse em movimento, a variação do fluxo magnético será igual. Os dezesseis ímãs foram fixados com ângulo de 22,5° entre eles. Isto voltado a se obter a maior variação do fluxo magnético dos ímãs a partir de uma distribuição homogênea e o número de bobinas disponíveis.

O gerador é a parte principal da bancada e é composto por duas peças de madeira, sendo uma fixa e outra móvel e de formato cilíndrico. As oito bobinas, com dimensões semelhantes, foram retiradas de relés usualmente aplicados em acionamento de dispositivos de baixa potência, como estabilizadores, e que não estavam mais sendo usados por apresentarem algum problema ou por não ter mais interesse em sua utilização pelo setor.

Além disso, foram utilizados dezesseis ímãs de neodímio cilíndricos, planos com 10 mm de diâmetro e 3,0 mm de espessura. Os mesmos podem ser adquiridos em lojas especializadas a um custo não significativo. Para fixar a parte móvel na base foi utilizado um eixo metálico e dois rolamentos, permitindo o movimento de rotação do rotor.

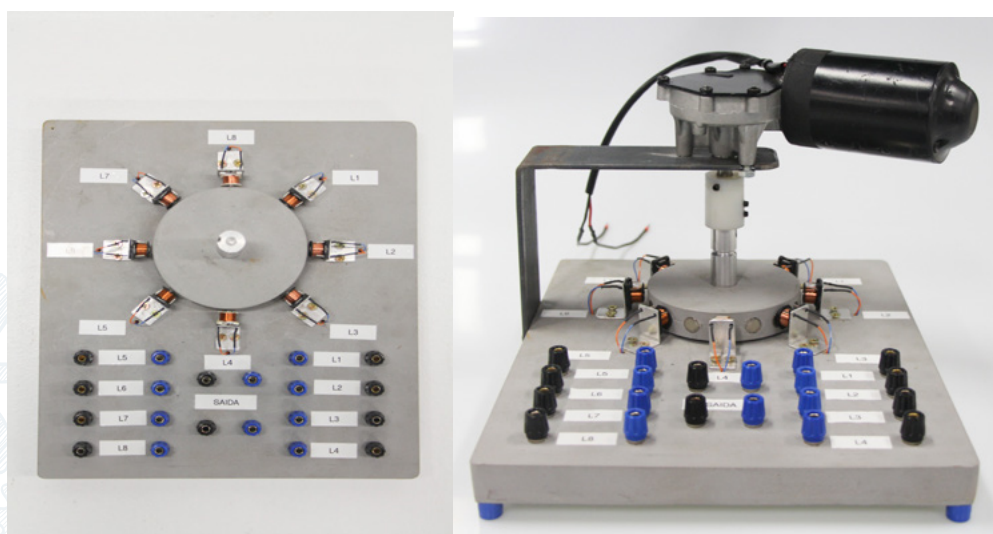
Para configurar o circuito elétrico do gerador foram distribuídos na bancada terminais que se conectam fisicamente às bobinas permitindo conexões em série, paralelo ou mista das bobinas do gerador.

Para maximizar a variação de fluxo magnético, os dezesseis ímãs foram igualmente distribuídos ao longo do perímetro da base móvel de madeira. Assim, quando um ímã deixasse de incidir campo sobre uma bobina, a mesma logo estaria sujeita ao campo magnético do próximo ímã durante o movimento.

Para acoplar o rotor na base usinou-se a mesma conforme o diâmetro dos rolamentos, minimizando a vibração entre os elementos quando o sistema sofre aceleração. A altura entre a base e o rotor foi adequada conforme a dimensão do relé. A mesma ficou na mesma linha horizontal dos ímãs e o núcleo das bobinas, além de serem distribuídas uniformemente em torno do perímetro do rotor, ficando o mais próximo possível dos ímãs.

A distribuição dos terminais foi feita de acordo com a geometria estabelecida pelo projeto e visa facilitar a organização dos circuitos elétricos série, paralelo e misto perante as conexões. Na Figura 1a é apresentada a face superior do gerador com suas conexões que são possíveis de serem feitas e na Figura 1b a próprias bancada do gerador de indução pronto para ser usado em sala de aula.

Figura 1 – (a) Visão superior do gerador e (b) visão da bancada completa



Fonte: Dos autores.



### 3.2 Testes elétricos com a bancada

Para caracterizar de forma confiável a bancada e para repassar aos alunos durante as aulas dos cursos de engenharia, as bobinas foram caracterizadas separadamente por uma ponte RLC Minipa MX1010. As mesmas apresentaram, em média, 283,5mH, com uma variância de 7% medindo 18 mm x 14 mm x 11 mm.

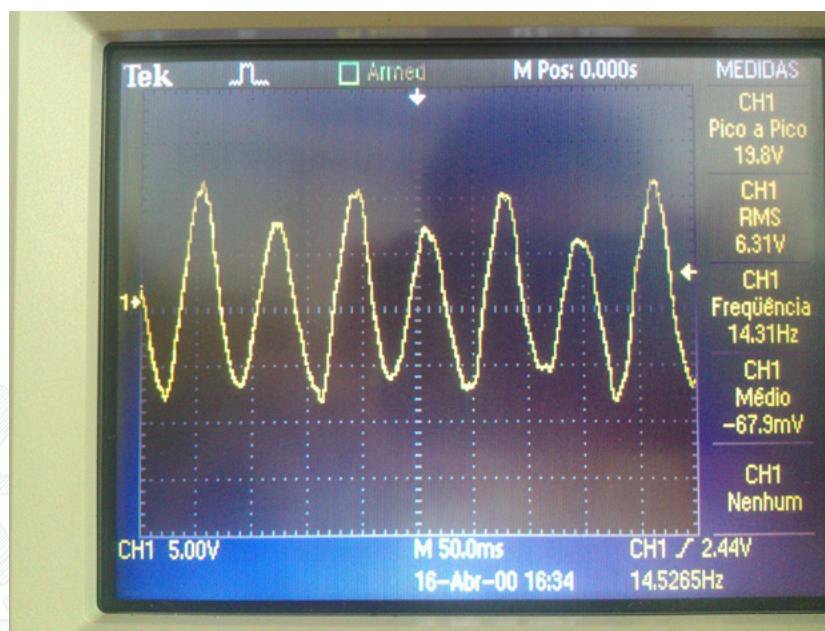
Os ímãs de neodímio, segundo o fabricante, possuem cerca de 121 T, com as dimensões de 10 mm de diâmetro por 3,0 mm espessura. Posteriormente, a bancada foi montada em conjunto a um osciloscópio Tektronix TDS-2002 e teve como objetivo analisar a saída das bobinas e a forma de onda senoidal também de saída, apresentada pelas configurações da utilização de todas as 8 bobinas, em série e outra vez em paralelo, conforme podem ser observadas na Figura 2 e seus valores conferidos na Tabela 1 e Tabela 2.

A fim de normalizar a ação do rotor no experimento, foi acoplado mecanicamente um motor 100400124 da IMOBRÁS. O mesmo é utilizado como fonte de geradora de rotação contínua. Tendo em vista que em um sistema linear e invariante, a frequência do sinal de entrada é a mesma observada na saída [LATHI, 2007], a conversão das frequências mostradas nas tabelas 1 e 2 pode ser feita pela Equação 1.

$$\text{RPM} = 60 \times \text{frequência} \quad (1)$$

A Figura 3 apresenta o valor de velocidade de rotação do motor em série (azul) e em paralelo (vermelho) frente a tensão elétrica produzida. Esses dados ratificam os resultados teóricos de bobinas em série e paralelo na concepção de um gerador.

Figura 2 – Gráfico observado no osciloscópio a partir das configurações elétricas propostas



Fonte: Dos autores.



Tabela 1 – Dados das bobinas da bancada conectadas em série

TABELA COM BOBINAS EM SÉRIE	
Tensão Saída do Motor	Frequência de Saída do Motor
2.76VPP	5.0Hz
4.20VPP	5.0Hz
5.72VPP	6.0Hz
7.84VPP	7.0Hz
8.56VPP	7.8Hz
11.20VPP	9.2Hz
12.00VPP	10.75Hz
14.00VPP	11.90Hz
16.40VPP	13.50Hz
18.18VPP	14.18Hz
19.80VPP	14.31Hz
21.40VPP	14.93Hz

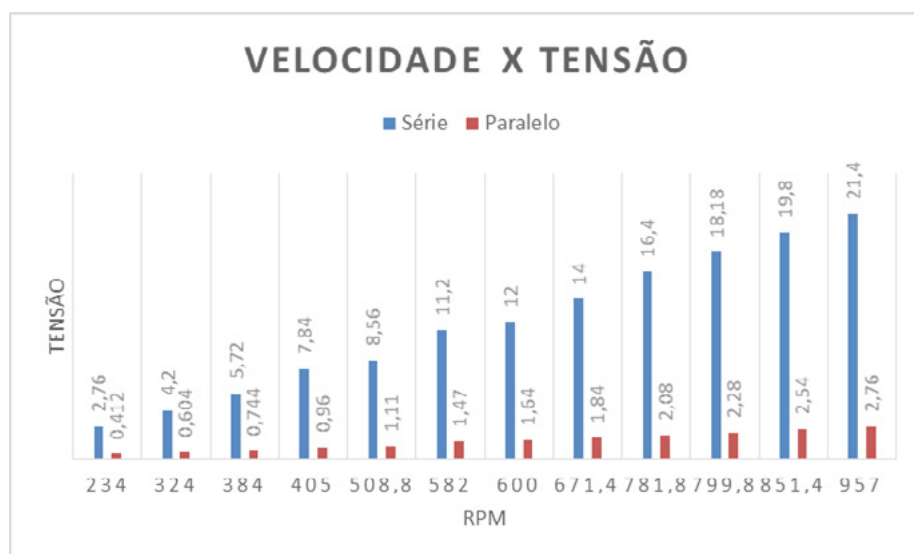
Fonte: Dos autores.

Tabela 2 – Dados das bobinas da bancada conectadas em paralelo

TABELA COM BOBINAS EM PARALELO	
Tensão Saída do Motor	Frequência de Saída do Motor
412mVPP	3.90Hz
604mVPP	5.40Hz
744mVPP	6.40Hz
960mVPP	6.75Hz
1.11VPP	8.48Hz
1.47VPP	9.70Hz
1.64VPP	10.00Hz
1.84VPP	11.19Hz
2.08VPP	13.03Hz
2.28VPP	13.33Hz
2.54VPP	14.19Hz
2.76VPP	15.95Hz

Fonte: Dos autores.

Figura 3 – Velocidade em função da tensão elétrica produzida para conexões série e paralelo



Fonte: Dos autores.

#### 4. Considerações Finais

O projeto de extensão *Bancada de Geração Didática* apresentou a instituição um novo experimento didático que pode ser utilizado em inúmeras disciplinas da engenharia e que tenham como objetivo o aprendizado de motores de indução.

O formato de desenvolvimento do projeto deixou os alunos confiantes e seguros na aplicação de seus conhecimentos e ampliação de competências como trabalho em grupo, apresentação de ideias e proposição de soluções.

Além disso, um novo equipamento didático voltado as disciplinas de elétrica e magnetismo e afins, foi apresentado e testado. O mesmo se comporta como se esperava da teoria de indução de Faraday e ainda apresenta derivações no uso das bobinas em série e em paralelo.

O próximo passo do projeto é desenvolver um guia completo para utilização em laboratório, explorando todas as potencialidades da bancada. Mais testes irão ser executados com o tipo de gerador para testar circuitos mistos ou acoplamentos mecânicos com pás eólicas ou rotores de pequenas hidroelétricas.

#### 5. Agradecimentos

A equipe que compõe o artigo e o projeto *Bancada de Geração Didática* agradece o apoio da UCS-CARVI na utilização de seus laboratórios para a confecção do instrumento didático.

#### Referências

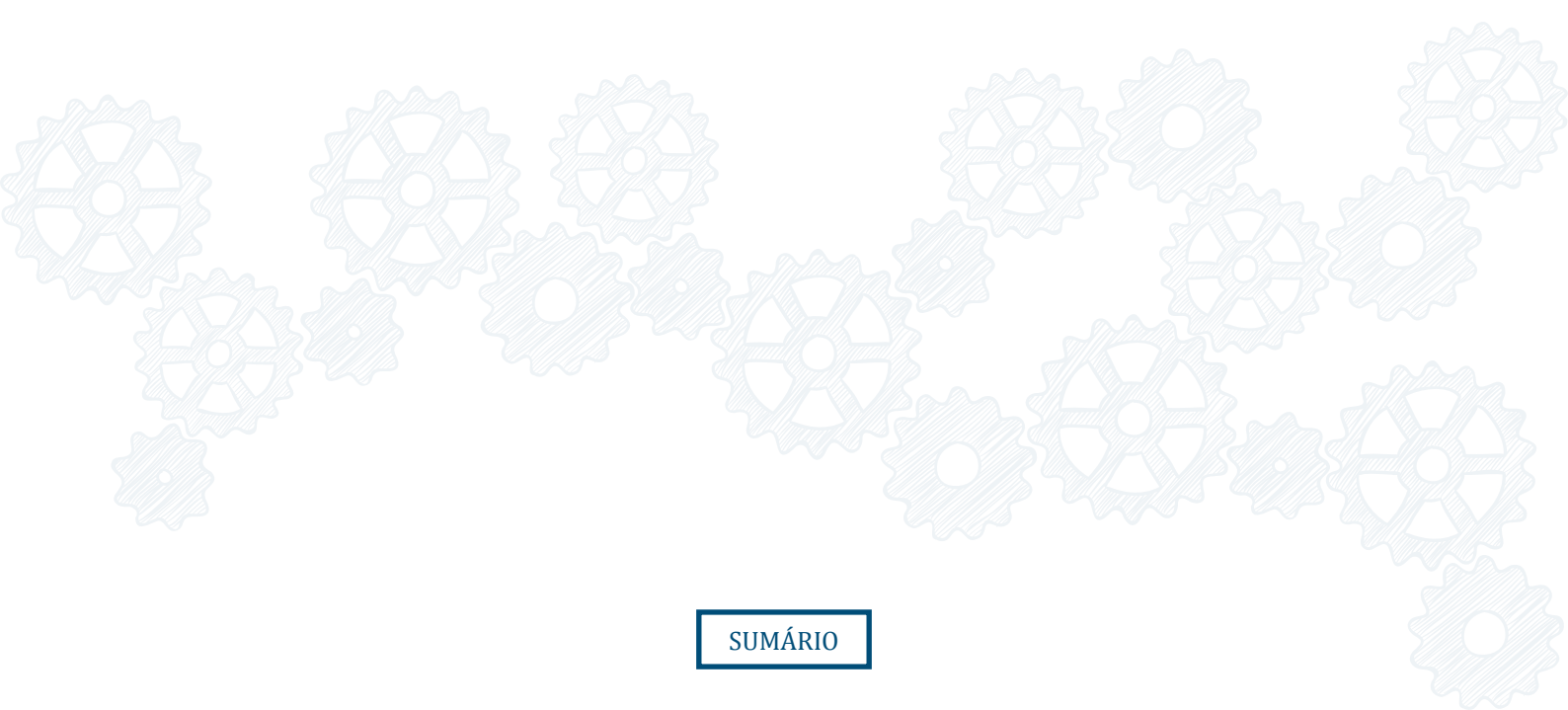
Lathi, Bhagwandas Pannalal. *Sinais e Sistemas Lineares*. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. 856 p. ISBN 9788560031139.

Medeiros, D; Viana, A; Rezek A. Estudo de Geradores de Indução na Geração de Energia Elétrica em Microcentrais Hidrelétricas. *Rev. Ciênc. Exatas*, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 9-14, 2005.

Morelato, T. GINCARVI – Gincana Tecnológica: Produto COBENGE. COBENGE 2009 XXXVII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Recife – PE, 2009.

Morelato, T.; Severo, T.C.; Zanoni, C.; Relato de uma Experiência de Trabalho voltada à Estudantes de Engenharia baseado em um Projeto de Extensão – O Projeto Gincarvi Júnior. COBENGE 2014 XLII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Juiz de Fora – MG, 2014.

Silveira, F; Marques, N. Motor Elétrico de Indução: “Uma das Dez Maiores Invenções de Todos os Tempos.” Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. 1: p. 114-129, abr. 2012.



# AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA DE PLACAS CERÂMICAS APLICADAS COMO REVESTIMENTO DE FACHADA

Paôla Valentini, Cláudio de Souza Kazmierczak

**Resumo:** Dentre as manifestações patológicas que podem ocorrer em revestimentos cerâmicos os descolamentos são considerados as mais sérias, devido aos riscos de acidentes em decorrência da queda de placas e por seu custo de reparo. Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência das propriedades de diferentes placas cerâmicas aplicadas com dois tipos de argamassa colante e submetidas a três diferentes condições de cura (estabelecidas pela norma ABNT 14.081-4:2012) na resistência de aderência do sistema de revestimento. Observou-se que o tipo de cura é a variável que apresenta influência mais significativa na resistência de aderência, seguida pelo tipo de argamassa colante, enquanto a placa cerâmica exerce pouca influência em uma análise global dos resultados.

**Palavras-chave:** Aderência. Revestimento cerâmico. Argamassa colante.

**Abstract:** The most serious pathology in ceramic tile is detachment because of the risk of accidents due to fall and the cost of repair. This research aims to evaluate the influence of ceramic plates applied with two types of adhesive mortar subjected to three different curing conditions (established by the ABNT 14081-4: 2012) on the adhesion to the coating system. It was observed that cure is the variable with higher influence on the adhesive strength, followed by the type of adhesive mortar, while the water absorption of ceramic plate have a little influence on the results.

**Keywords:** Adherence. Ceramic tiles. Adhesive mortar.

## 1. Introdução

Dentre as manifestações patológicas que podem ocorrer em revestimentos cerâmicos se destacam o descolamento de placas, as trincas, o gretamento, a eflorescência e a deterioração das juntas (Campante e Baía, 2008). Dentre as citadas, os descolamentos de revestimentos cerâmicos são considerados os mais sérios, devido aos riscos de acidentes em decorrência da queda de placas ou parte de camadas bem como o custo para o seu reparo (Campante e Baía, 2008; Mansur, 2007).

Os descolamentos têm como característica principal a perda de aderência das placas cerâmicas com o substrato ou com a argamassa de fixação, em função das tensões ocorridas no revestimento cerâmico excederem a capacidade de aderência das ligações dessas camadas (Barros e Sabatini, 2001). Segundo Antunes (2010) fatores externos como o choque térmico, a chuva dirigida, a radiação solar e a umidade são os que exercem mais influência na degradação do sistema de revestimento de fachada.

Um expressivo agente de degradação dos revestimentos cerâmicos de fachadas é a variação de temperatura (Consoli, 2006). A variação térmica em um mesmo dia, na cidade de Porto Alegre - RS, por exemplo, pode ser muito alta, gerando gradientes de temperatura na ordem de até 50°C na superfície da fachada. Chew (1992) realizou uma pesquisa onde avaliou a durabilidade de sistemas de revestimento cerâmico, realizados com placas cerâmicas e argamassas colantes aplicadas em substratos de concreto, através da indução de tensões de natureza térmica. Com isso, foi possível verificar uma redução de cerca de 20% na resistência de aderência à tração das placas, quando comparados aos sistemas que não passaram pela ação dos ciclos.

Outro importante agente de degradação das fachadas é a umidade, que se caracteriza pela existência de água nos materiais nas formas líquida, sólida ou vapor (Ribeiro, 2006). A movimentação higroscópica



é uma importante causa do descolamento de placas cerâmicas (Bauer, 1995; Ribeiro, 2006). Para limitar as movimentações higroscópicas em revestimentos cerâmicos de fachada, é recomendável a adoção de placas cerâmicas de baixa absorção de água (Goldberg, 1998). Pensando nisso, a norma britânica BS 5385 (BSI, 1991) especifica, tanto para placas cerâmicas extrudadas como prensadas, a utilização em fachadas de placas com absorção de água inferior a 3%. Em contraponto, a norma brasileira NBR 13.818 (ABNT, 1997) não apresenta limite específico. Bauer (1995) realizou ensaios em três condições de umidade distintas em placas cerâmicas: secas ao ar, com 0,2% de umidade; submetidas à passagem de brocha com água sobre o tardo, resultando em 2,0% de umidade; e imersas em água por um período de 30 segundos, sendo estas mantidas na vertical antes do assentamento, de modo a escorrer a água em excesso, resultando em 8,5% de umidade. O pesquisador verificou que a maior aderência entre placa cerâmica e argamassa colante ocorreu com peças secas e houve uma redução de aderência à medida que aumentava o teor de umidade da placa no momento da aplicação.

A durabilidade de um sistema de revestimento de fachada com placas cerâmicas depende, portanto, das condições de exposição. Os movimentos de contração e expansão decorrentes de variações na temperatura e na umidade geram tensões na interface com o substrato, que ao longo do tempo irão resultar em descolamentos. Os descolamentos de revestimentos cerâmicos de fachadas podem ocorrer por ruptura adesiva nas interfaces placa cerâmica/argamassa colante, argamassa colante/emboço, emboço/chapisco e chapisco/substrato, ou ainda por ruptura coesiva no interior de qualquer uma destas camadas (Mansur, 2007). Segundo levantamento realizado por Mansur, Do Nascimento e Mansur (2012), em 84% dos edifícios analisados, houve o descolamento com ruptura adesiva na interface placa cerâmica/argamassa colante. Isso se dá em razão que esta interface é a região do sistema de revestimento mais solicitada por esforços de cisalhamento, quando são considerados efeitos térmicos e de expansão higroscópica das placas cerâmicas (Abreu, Leitão e Lucas, 2004; Saraiva, Bauer e Bezerra, 2001).

Como as condições de exposição de determinada fachada dificilmente podem ser alteradas, a vida útil do revestimento irá depender fortemente das decisões de projeto e da qualidade da execução, que irão definir a resistência de aderência inicial do revestimento. A correta especificação da placa cerâmica, da argamassa adesiva e do procedimento de aplicação são fundamentais para este desempenho.

Neste trabalho, foi avaliada a relação entre a porosidade de placas cerâmicas (utilizando-se três tipos de placas cerâmicas com diferente absorção de água), a composição da argamassa colante (utilizando-se dois tipos de argamassa) e as condições de cura (sendo adotadas três diferentes formas de cura, estabelecidas pela norma ABNT 14.081-4:2012) na resistência de aderência do sistema de revestimento.

## 2. Materiais Utilizados

Foram avaliadas composições entre um substrato-padrão, placas cerâmicas com três diferentes teores de absorção de água, duas argamassas colantes e três condições de cura.

O substrato-padrão utilizado para os ensaios de adesão foi adquirido através de fornecedor normalizado pela ABNT, atendendo as exigências da NBR 14.081-2 (ABNT, 2012). A absorção dos blocos é de 0,3 cm<sup>3</sup> de água no decorrer de 4 horas, estando abaixo do limite de 0,5 cm<sup>3</sup> estabelecido pela norma.

Foram utilizadas placas cerâmicas prensadas com três diferentes níveis de absorção de água (IIa, IIb e III), determinados através da NBR 13.817 (ABNT, 1997). Para cada tipo de placa foram determinadas a absorção de água, segundo a NBR 13.818 (ABNT, 1997) e a absorção de água por capilaridade segundo as especificações do procedimento da RILEM TC 116 PCD (1999).

A Tabela 1 mostra os valores de absorção de água das placas cerâmicas.

Tabela 1 - Absorção de água das placas cerâmicas.

	BIIa	BIIb	BIII
Limite inferior	3,01%	6,01%	10,01%
Resultado obtido no ensaio	4,80%	7,30%	12,50%
Limite Superior	6,00%	10,00%	

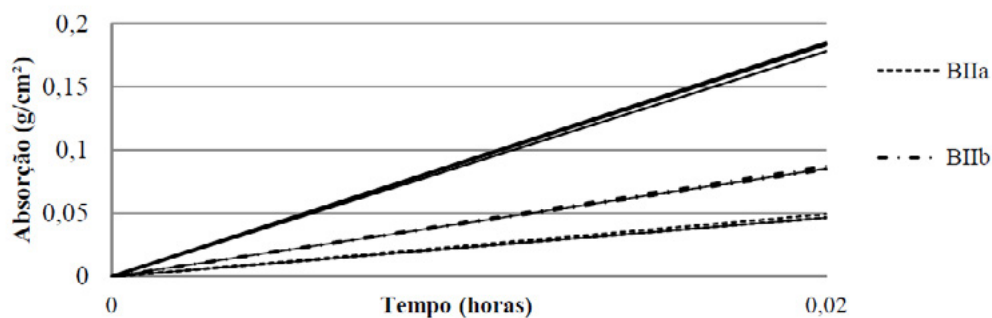
Fonte: Dos autores.

Todas as placas cerâmicas encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela NBR 13.817 (ABNT, 1997), confirmando a classificação do grupo de absorção indicado pelo fabricante.

O perfil de absorção de água (em  $\text{g}/\text{cm}^2$ ) obtido pelo procedimento da RILEM pode ser visualizado na Figura 1.

O valor médio de coeficiente de capilaridade da placa cerâmica tipo BIIa é de  $0,046 \text{ g}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$ , da placa BIIb  $0,085 \text{ g}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$  e da placa BIII  $0,185 \text{ g}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$ . As placas do grupo BIIa possuem o menor coeficiente de capilaridade, seguido pela BIIb e, por último as placas BIII, apresentando o mesmo comportamento observado nos ensaios de absorção de água.

Figura 1 - Perfil de absorção de água por capilaridade das placas cerâmicas



Fonte: Dos autores.

Foram utilizadas argamassas colantes industrializadas de dois tipos: argamassa colante industrializada tipo II (AC II) e argamassa colante industrializada tipo III (AC III).

A argamassa colante tipo AC II utilizada no estudo é composta por cimento Portland CP IV (cimento pozolânico), areia e aditivos. De acordo com o fabricante, o aditivo “Ecocecel Uno” tem a função de propiciar baixo deslizamento, trabalhabilidade e maior retenção de água. O produto “PLV 2000” é um polímero que proporciona aumento de resistência química e flexibilidade, além de melhor adesão. A argamassa colante tipo AC III, além dos materiais citados, possui formiato de cálcio. O formiato de cálcio é um acelerador de cura para sistemas a base de Cimento Portland, promovendo aceleração nas reações químicas dos aluminatos e facilitando a dissolução da cal. Proporciona aumento do tempo em aberto, menor permeabilidade e aumento significativo da resistência da argamassa.

Para a caracterização da eficiência das argamassas colantes foram realizados os seguintes ensaios: Ensaios no estado fresco: Densidade de massa aparente NBR 14.086 (ABNT, 2004); Índice de consistência – NBR 13.276 (ABNT, 2005); Retenção de água – A NBR 13.277 (ABNT, 2005); Determinação do deslizamento – NBR 14.081-5 (ABNT, 2012); Determinação do tempo em aberto – A NBR 14.081-3 (ABNT, 2012) (para a execução deste foram utilizados dois conjuntos, sendo compostos por: substrato padrão, placas cerâmicas do grupo de absorção BIII e argamassas colantes dos tipos AC II e ACIII preparadas conforme a NBR 14.081-2 (ABNT, 2012) sobre o substrato padrão na direção longitudinal). Ensaios no estado endurecido: Absorção por capilaridade – NBR 15.259 (ABNT, 2005); Absorção de água total – NBR 9.778 (ABNT, 2005); Resistência à tração na flexão – NBR 13.279 (ABNT, 2005); Resistência à compressão – NBR 13.279 (ABNT, 2005); Determinação da variação dimensional e de massa – NBR 15.261 (ABNT, 2005). Dos ensaios realizados para a caracterização no estado endurecido, apenas o ensaio de resistência de aderência à tração é previsto por norma específica de argamassas colantes. Os demais ensaios foram adaptados a partir das normas de argamassas para revestimentos. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização das argamassas no estado fresco e endurecido

Ensaio de Caracterização Argamassas Colantes:	Resultados:		Limites especificados pelas Normas
	Estado Fresco	AC II	
Densidade de massa aparente - $\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,46	1,44	-
Índice de consistência (mm) *	213	214	-
Retenção de água (%) *	99	99	-
Determinação do deslizamento (mm)	0,1	0,1	2
Estado Endurecido		AC II	AC III
Coefficiente de capilaridade (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> ) *	3,49	4,96	-
Absorção de água total (%) *	23,78	23,50	-
Índice de vazios (%) *	34,51	35,69	-
Massa específica real (g/cm <sup>3</sup> ) *	2,22	2,36	-
Resistência à tração na flexão (MPa) *	2,5	2,6	Desvio abs. máx. $\leq 0,3$ MPa
Resistência à compressão (MPa) *	3,9	4,3	Desvio abs. máx. $\leq 0,5$ MPa

\* Adaptadas das normas específicas para argamassas de revestimento

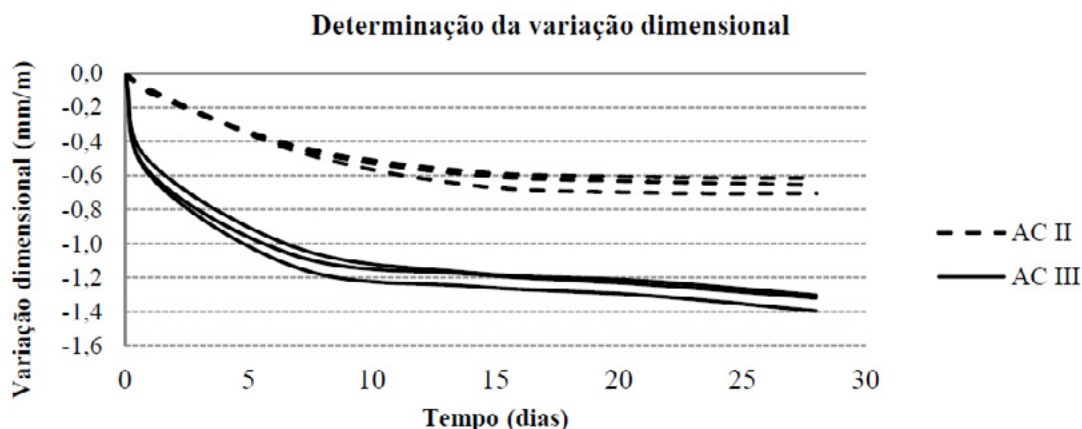
Fonte: Dos autores.

No estado fresco, tanto a argamassas AC II como a AC III obtiveram resultados muito próximos, não sendo possível distingui-las a partir das propriedades medidas nestes ensaios. No ensaio de determinação do deslizamento as argamassas apresentaram o mesmo valor, inferior ao máximo permitido pela NBR 14.081-5 (ABNT, 2012), de 2mm. Na determinação do tempo em aberto, a AC II teve como resultado de 0,50 MPa e a AC III 0,62 MPa. Os valores obtidos nos ensaios atendem a NBR 14.081-3 (ABNT, 2012), que especifica um valor mínimo de 0,50 MPa. No estado endurecido, os resultados para ambas argamassas apresentaram valores muito próximos, exceto em relação à capilaridade, onde a argamassa AC III apresentou valor superior à AC II.

A argamassa colante do tipo AC III tem uma variação dimensional superior à da AC II, com forte variação nas primeiras idades, visualizada na Figura 2.



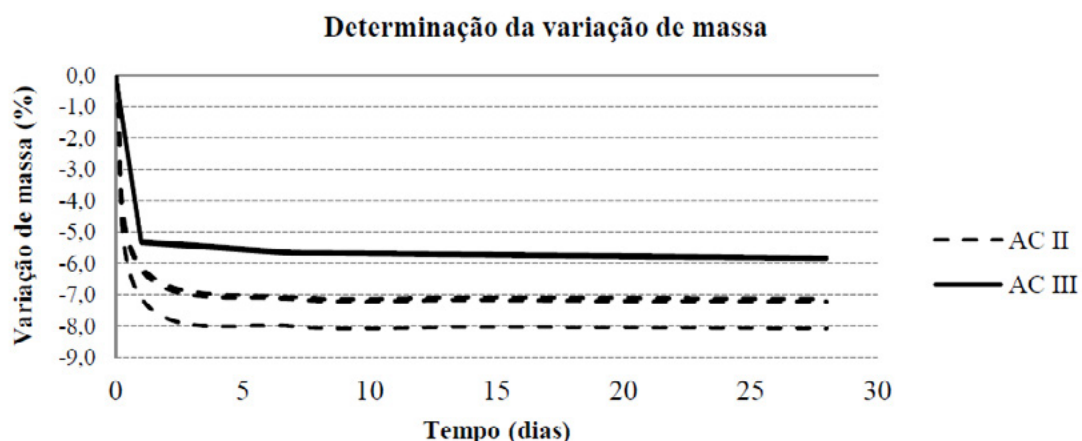
Figura 2 - Variação dimensional das argamassas colantes



Fonte: Dos autores.

Ambas as argamassas apresentam forte variação de massa nos primeiros dias (variando de 5 a 8%), porém, ao contrário do verificado na variação dimensional, a variação de massa foi maior para as argamassas colantes do tipo II. A partir do sétimo dia a variação das duas argamassas começou a se estabilizar, variando pouco até o final do ensaio, de acordo como apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Variação de massa das argamassas colantes



Fonte: Dos autores.

### 3. Resultados E Discussão Sobre A Aderência Do Sistema Substrato-Padrão/Argamassa Colante/Placa Cerâmica

Os diversos sistemas formados pelas combinações entre substrato-padrão/argamassa colante/placa cerâmica foram avaliados a partir da determinação da resistência de aderência à tração e da extensão da aderência. As composições, totalizando dezoito conjuntos de dez exemplares, foram identificados do seguinte modo:

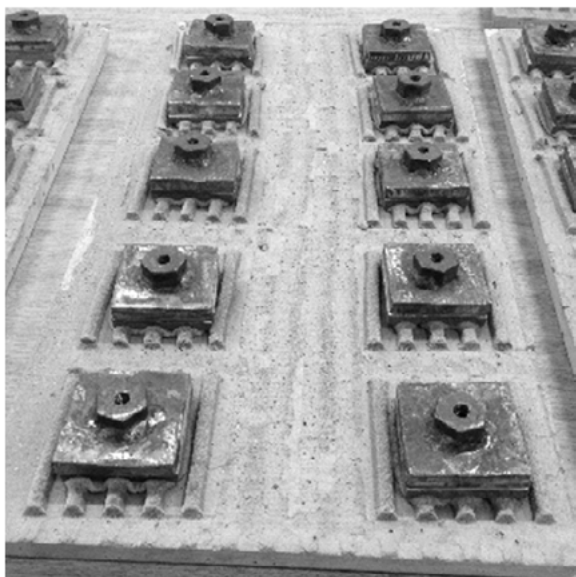
- II e III: Argamassas colantes do tipo II e III, respectivamente;
- BIIa, BIIb e BIII: Grupo de absorção de água das placas cerâmicas;
- N, IA e AE: Tipos de cura a que os conjuntos foram submetidos (normal, imersão em água e aquecimento em estufa, respectivamente).



Após o assentamento das placas cerâmicas com utilização de argamassa colante sobre o substrato-padrão, os conjuntos foram submetidos a três condições de cura. Na cura normal (N) os conjuntos permaneceram durante 28 dias em condições ambientais de laboratório (temperatura de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de ar de  $60 \pm 5\%$ ), conforme especificações da NBR 14.081-2 (ABNT, 2012). Na cura com imersão em água (IA) os conjuntos foram submetidos, durante sete dias, às condições de laboratório e, após, foram imersos em água a  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ , onde permaneceram durante vinte dias. Na cura com aquecimento em estufa (AE) os conjuntos foram submetidos durante 14 dias à condição de cura normal em ambiente de laboratório e então foram colocados em uma estufa com ventilação forçada com temperatura de  $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$  até a idade de 28 dias.

O ensaio de resistência de aderência à tração foi realizado segundo a NBR 14.081-4 (ABNT, 2012), conforme visualizado na Figura 4. Em cada substrato, foram realizados dez ensaios avaliando a resistência de aderência à tração e a extensão de aderência, logo após o período de cura dos conjuntos. Os ensaios foram realizados seguindo as especificações da NBR 14.081-4 (ABNT, 2012), utilizando o equipamento da marca Dinatest, modelo DS2-DPU-1100, com capacidade máxima de 5000N.

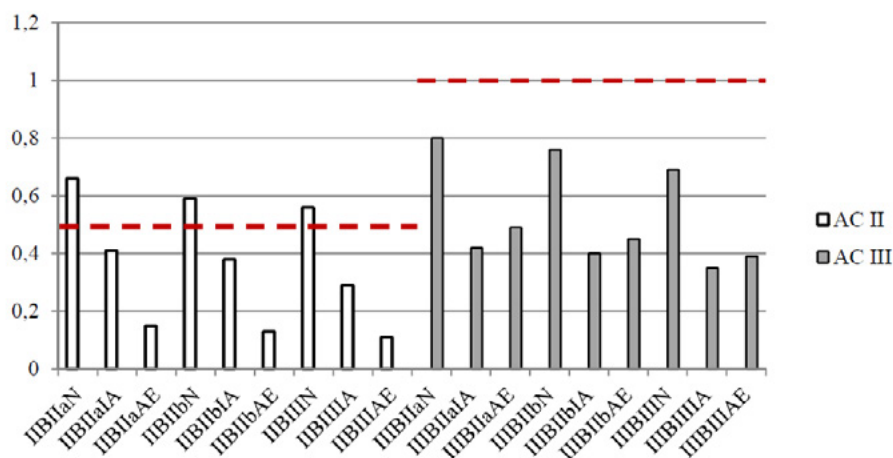
Figura 4 - Peças metálicas coladas sobre as placas cerâmicas aderidas as substratopadrão



Fonte: Dos autores.

A Figura 5 demonstra a média dos resultados obtidos no ensaio de resistência de aderência realizado nos conjuntos. Dos nove conjuntos de ensaio realizados com a argamassa colante tipo II, apenas os submetidos à cura normal atenderam ao valor de 0,5 MPa, mínimo requerido pela NBR 14.081-1 (ABNT, 2012). Apesar dos valores de resistência de aderência a tração das argamassas colantes tipo III serem superiores aos da argamassa tipo II, nenhum conjunto utilizando a argamassa colante tipo III alcançou o valor de aderência mínimo requerido pela NBR 14.081-1 (ABNT, 2012), de 1,0 MPa.

Figura 5 - Resultados da resistência de aderência à tração dos conjuntos executados e valores mínimos a serem atingidos, segundo a NBR 14.081-1 (ABNT, 2012).



Fonte: Dos autores.

A influência das propriedades dos materiais na resistência de aderência dos conjuntos foi avaliada estatisticamente. Foi avaliada a significância do efeito das variáveis estudadas (variáveis independentes) na resistência de aderência à tração dos conjuntos (variável dependente), por meio de análise de variância (ANOVA). Os resultados da análise são visualizados na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise de variância das variáveis em estudo em relação à resistência de aderência

	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Soma dos quadrados médios	Valor da variância	Nível de significância
Argamassa colante	1200,50	1	1200,50	22,5133	0,000476
Placa cerâmica	245,78	2	122,89	2,3046	0,142235
Cura	5018,11	2	2509,06	47,0530	0,000002

Fonte: Dos autores.

Considerando-se um nível de significância de 5 % ( $p < 0,05$ ), verifica-se que o tipo de cura é a variável que apresenta maior efeito significativo, seguida pelo tipo de argamassa colante.

Comparando-se as características das argamassas utilizadas, pode-se levantar hipóteses sobre o comportamento da resistência de aderência.

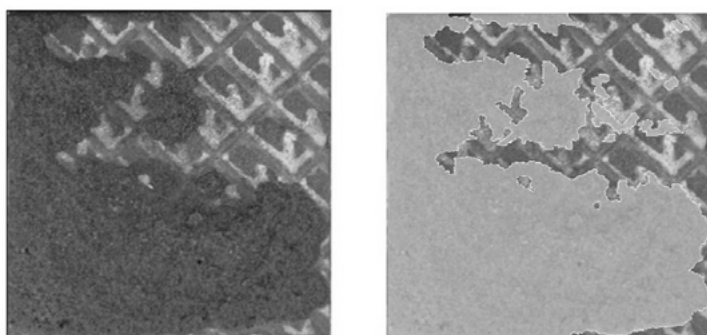
A maior resistência de aderência foi obtida no processo de cura N (cura ambiente em laboratório por 28 dias). No processo de cura IA (imersão em água) a resistência de aderência caiu para 60% na argamassa tipo AC II e 52% na argamassa AC III. Neste processo, a cura ocorre em temperatura e umidade ambiente por sete dias, e após ocorre imersão das peças. Considerando-se que as duas argamassas utilizadas no estudo são a base de cimento Portland pozolânico (com um teor de pozolanas próximo a 50%), pode-se estimar que o grau de hidratação aos sete dias ainda é pequeno, e que a saturação decorrente da imersão resulta em uma expansão diferencial da placa cerâmica e/ou do substrato, resultando em tensões de cisalhamento na interface com a argamassa, que reduzem a aderência do sistema. No processo de cura AE (com estufa) a resistência de aderência caiu para 22% na argamassa AC II e 59% na argamassa AC III. Neste processo de cura é utilizado um tempo de cura de 14 dias seguido por aquecimento em estufa até a idade de 28 dias, o que prejudica fortemente o processo de curado cimento pozolânico e ocasiona a mais baixa resistência de aderência. Na argamassa AC III,

o fato da perda da resistência de aderência da cura com imersão em água quase se igualar a perda da resistência de aderência da cura com aquecimento em estufa se dá na presença de formiato de cálcio em sua composição, que acelera o aumento da resistência de aderência nas primeiras idades.

Observa-se que em todas as argamassas e condições de cura a resistência de aderência das placas cerâmicas BIIa foi superior ao das placas cerâmicas BIIb, que também foi superior à aderência das placas cerâmicas BIII. Este resultado tem uma relação direta com a absorção de água das placas cerâmicas, indicando que o excesso de absorção de água pode prejudicar a aderência.

A face interna das placas cerâmicas utilizadas no ensaio de aderência foi fotografada para determinação da extensão de aderência. Utilizou-se o programa AutoCAD, aplicando-se o comando “polilinha” e traçando manualmente as bordas da região aderida. Ao final da execução dos traçados, estes foram hachurados e determinada a área. A Figura 6 (direita) mostra a hachura com o traçado marcado pela cor branca e com aplicação de efeito transparente.

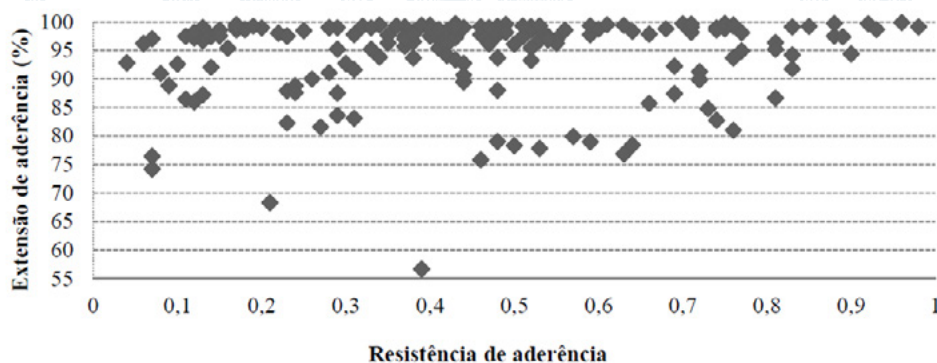
Figura 6 - Visualização da extensão de aderência de uma placa cerâmica.



Fonte: Dos autores.

A extensão de aderência foi elevada em todos os conjuntos, sendo que apenas os conjuntos IIBIIbN e IIBIIbN apresentaram um valor médio de extensão de aderência inferior a 90%. Na Figura 7 são visualizados os resultados individuais de extensão de aderência das 180 placas ensaiadas, sendo possível afirmar que não há uma relação direta entre extensão e resistência de aderência. Moura (2007) relata que a extensão de aderência pode ser influenciada pela natureza dos materiais constituintes do substrato e das argamassas, assim como as propriedades das argamassas. Pagnussat (2013) verificou, em estudo sobre a resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa aplicados em substratos de blocos cerâmicos, que uma boa extensão de aderência, embora fundamental, não é suficiente para garantir uma boa ancoragem.

Figura 7 - Extensão de aderência x resistência de aderência

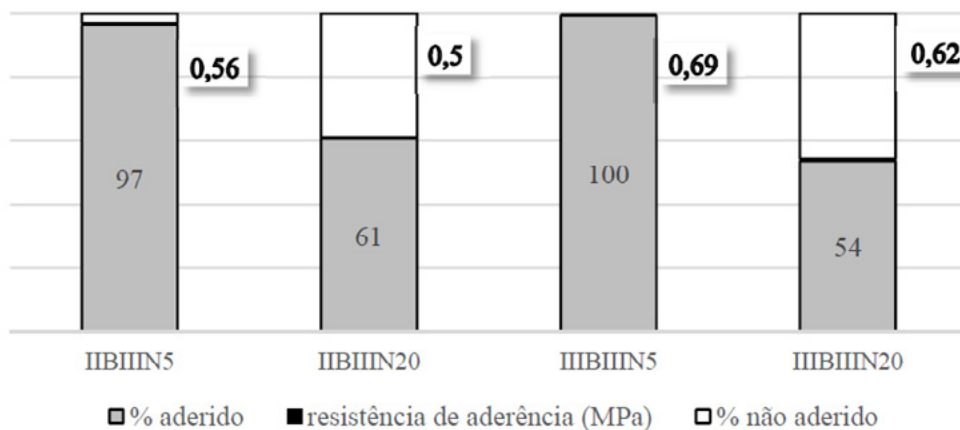


Fonte: Dos autores.



A influência do tempo em aberto da argamassa (tempo entre a mistura da argamassa com a água e a sua aplicação) na resistência e na extensão de aderência das placas cerâmicas foi avaliada nas argamassas AC II e AC III e mostrou-se significativo. Utilizou-se os tempos em aberto de 5 minutos e de 20 minutos. A resistência de aderência diminuiu cerca de 10% e a extensão de aderência diminuiu entre 40 e 50%, conforme visto na Figura 8.

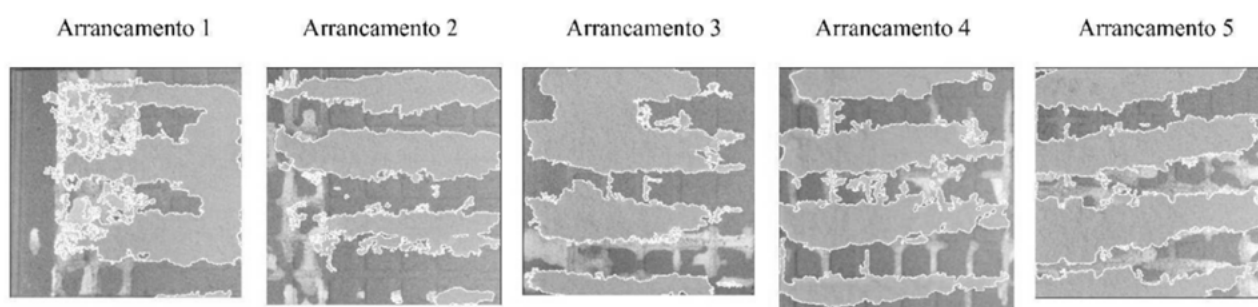
Figura 8 - Extensão de aderência em função do tempo em aberto das argamassas



Fonte: Dos autores.

Na Figura 9 pode-se visualizar a perda de extensão de aderência típica da aplicação da placa cerâmica após um tempo excessivo de espera, que resulta na perda de extensão de aderência e diminuição da resistência de aderência à tração. O fenômeno decorre do aumento da rigidez dos filetes de argamassa, que impede seu espalhamento durante a aplicação da placa cerâmica.

Figura 9 - Extensão de aderência típica de assentamento da placa cerâmica após um tempo excessivo de espera



Fonte: Dos autores.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise dos resultados dos ensaios realizados, pode-se observar que:

- Para as argamassas colantes utilizadas, todas à base de cimento Portland, a condição de cura é a variável com maior significância nos resultados de resistência de aderência à tração, seguida pelo tipo de argamassa colante. Tal fato chama a atenção para as diferenças de cura típicas do processo de aplicação de placas cerâmicas em fachadas, onde as peças são submetidas a diferenças expressivas de temperatura e umidade, além da eventual molhagem em função de precipitações durante o período de cura. A cura normal (ambiente de laboratório com temperatura de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$



e umidade relativa do ar de  $60 \pm 5 \%$ ) apresentou os melhores resultados, e foi a única condição de cura em que as argamassas colantes em estudo foram aprovadas nos conjuntos de ensaios previstos nas normas;

- As características da placa cerâmica, expressas em função da permeabilidade, não influenciam significativamente a resistência de aderência do sistema, numa análise conjunta de todos os resultados. Entretanto, considerando-se um determinado tipo de argamassa colante e uma condição de cura específica, o aumento na absorção de água da placa cerâmica implica em diminuição de resistência de aderência;
- Não há uma relação estatisticamente significativa entre a extensão de aderência e a resistência de aderência das placas cerâmicas;
- O tempo de espera entre a mistura da argamassa colante com a água e a sua aplicação exerce forte influência na extensão de aderência da placa cerâmica e diminui sua resistência de aderência. Este fato alerta para a necessidade de especificação de tempos máximos de aplicação da argamassa colante, que devem ser controlados durante a aplicação;
- Considerando os materiais utilizados, os únicos conjuntos que atingiram a resistência de aderência à tração mínima estipulada pela NBR 14.081-1 (ABNT, 2012) foram o IIBIIaN, IIBIIbN e o IIBIIIN, todos executados com a mesma argamassa colante (AC II) e submetidos ao mesmo tipo de cura (normal).

## 5. REFERÊNCIAS

ABREU, M.; LEITÃO, V.; LUCAS, J.C. Modeling the Behavior of Ceramic Tile Coverings. In: VIII WORLD CONGRESS ON CERAMIC TILE QUALITY – QUALICER 2004, 2004, Castellón, Espanha. Anais... Castellón: Logui Impresión, 2004.

ANTUNES, G. R. “Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília - sistematização da incidência de casos”. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.778: argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_. NBR 13.276: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_. NBR 13.277: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_. NBR 13.279: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_. NBR 13.817: placas cerâmicas para revestimento - Classificação. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_. NBR 13.818: placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_. NBR 14.081-1: argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_. NBR 14.081-2: argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 2: Execução do substrato-padrão e aplicação da argamassa para ensaios. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_. NBR 14.081-3: argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 3: Determinação do tempo em aberto. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_. NBR 14.081-4: argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_. NBR 14.081-5: argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 5: Determinação do deslizamento. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_. NBR 14.086: argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação da densidade de massa aparente. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_. NBR 15.259: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_. NBR 15.261: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear). Rio de Janeiro, 2005.

BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. “Produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria: diretrizes básicas”. São Paulo: EPUSP, 2001.

BAUER, R. Descolamentos em revestimentos cerâmicos, análises e recomendações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 1995, Goiânia. Anais... Goiânia, 1995.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). “Wall and floor tiling”. Part 2. Code of practice for the design and installation of external ceramic wall tiling and mosaics (including terra cotta and faience tiles) – BS5285. London, 1991.

CAMPANTE, E.D.; BAÍA, L.L. M. “Projeto e execução de revestimento cerâmico”. 2ª ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2008.

CHEW, M. Y. L. “The Study of Adhesion Failure of Wall Tiles”. Building and Environment, v 27, nº4, pp 493-499, 1992.

CONSOLI, O. J. “Análise da Durabilidade dos Componentes das Fachadas de Edifícios, Sob a Ótica do Projeto Arquitetônico”. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2006.

GOLDBERG, R. P. “Direct adhered ceramic tile, stone and thin brick facades”. Technical design manual. USA: LaticreteInternational, 1998.

MANSUR, A. A. P. “Mecanismos Físico-Químicos de Aderência na Interface Argamassa Modificada com Polímeros/Cerâmica de Revestimento”. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e Minas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2007.

MANSUR, A. A. P.; DO NASCIMENTO, O. L.; MANSUR, H. S. Mapeamento de Patologias em Sistemas de Revestimento Cerâmico de Fachadas. Construindo, v. 4, n. 01, Belo Horizonte, MG, 2012.

MOURA, C.B. “Aderência de revestimentos externos de argamassas em substratos de concreto: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco”. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2007.

PAGNUSSAT, D. T. “Efeito da temperatura de queima de blocos cerâmicos sobre a resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa”. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.

RIBEIRO, F. A. "Especificação de Juntas de Movimentação em Revestimentos Cerâmicos de Fachadas de Edifícios: Levantamento do Estado da Arte". Dissertação de mestrado em engenharia civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP, 2006.

RILEM TECHNICAL COMMITTEES. RILEM TC 116 PCD: Permeability of concrete as a criterion of its durability. *Materials and Structures*, 1999. v. 32.

SARAIVA, A. G.; BAUER, E.; BEZERRA, L. M. "Análise das tensões entre argamassa colante e placas cerâmicas submetidas a esforços de natureza térmica". *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 2, n. 2, 2001.

# CONCEPÇÃO E FABRICAÇÃO DE UM CONTROLADOR / INVERSOR APLICADO A SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÔNOMOS

Tiago Cassol Severo<sup>1,2</sup>, Rafael Ottobelli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Caxias do Sul – UCS/CARVI – Centro de Ciências Exatas da Natureza e de Tecnologia – CENT – Rua João Dal Sasso, 800 – Bairro Universitário – 95700-000 – Bento Gonçalves/RS – Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS/PGMICRO – Programa de Pós-Graduação em Microeletrônica – Porto Alegre/RS – Brasil

*tcsevero@ucs.br, rafa.ottobelli@gmail.com*

**Abstract:** This work presents the conception and fabrication of an integrated controller/inverter device for electric energy generation based on photovoltaic systems and off-grid electrical installations. Basically, this Inverter/Controller Module attends low electrical demands and isolated systems from conventional electric grid. The implementation of this device utilized an integrated circuit BQ24650, from Texas Instruments, which is an analogic device with functions towards to charge and discharge procedures of batteries from CC-CC converters. To validate the Inverter/Controller Module, a supervisory was implemented in order to monitor and acquire data through LABVIEW.

**Resumo:** Este trabalho apresenta a concepção e fabricação de um protótipo de um controlador de carga com inversor integrado para geração de energia elétrica baseado em módulos fotovoltaicos com finalidade de alimentar sistemas autônomos de energia. Basicamente, este Módulo Controlador Inversor atende pequenas cargas ou sistemas elétricos que estejam isolados da rede elétrica convencional. A implementação deste sistema de controle utilizou um circuito integrado BQ24650, da Texas Instruments, que é um dispositivo analógico com funções voltadas ao controle de carga de baterias a partir de conversores CC-CC. Para a validação do sistema desenvolvido, um supervisor para monitoração e aquisição de dados de todo o Módulo Controlador Inversor foi desenvolvido e implementado pelo software LABVIEW.

## 1. Introdução

Sistemas que aplicam energias renováveis serão cada vez mais necessários para o desenvolvimento sustentável da humanidade [Lorenzo, 1994]. Baseado no caminho da escassez dos recursos hídricos e a crescente dificuldade na aquisição dos minerais no País, é de suma importância alternativas energéticas baseadas em fontes de baixo impacto e grande suprimento.

Nestes quesitos, a energia solar fotovoltaica é um dos recursos que se enquadram como um dos mais promissores para a realidade energética atual. Enquadramento baseado em países como Alemanha, Espanha e França que já utilizam amplamente o recurso solar com níveis de radiação consideravelmente menores que o Brasil. Considerando ainda que a energia solar fotovoltaica permite um aproveitamento local, minimizando, assim, perdas com transmissão e distribuição [Foster, 2010] [Lopez, 2012]; [Green, 2014].

Com a modularidade da energia solar fotovoltaica é possível implementá-la em locais onde a rede elétrica tem seu custo elevado. Os custos de fabricação de módulos fotovoltaicos vem caindo consideravelmente permitindo assim a utilização desta tecnologia em diversas aplicações, como por exemplo: semáforos e controladores de velocidade, fornecimento de energia para telecomunicações, além de iluminação pública ou acoplado a rede elétrica.



Dados energéticos da *World Meteorological Organization* confirmam um valor para a radiação solar extraterrestre de  $1367 \text{ W/m}^2$  e  $1000 \text{ W/m}^2$  para a radiação que alcança a superfície da Terra [WMO, 2014]. Valores que corroboram a oportunidade de utilização em larga escala da energia solar fotovoltaica e, ainda, por ser um processo sem emissão de gases e poluentes em sua instalação e geração.

A conversão da radiação solar em energia elétrica é decorrida das células solares e pelo efeito fotovoltaico [Palz, 2002]. A conversão fotovoltaica pode ser obtida em todos os semicondutores, mas os semicondutores sensíveis ao espectro da luz visível são os mais apropriados para a utilização. Assim, os semicondutores que produzem o maior produto de corrente elétrica e tensão para essa faixa do espectro são os mais indicados [Green, 2014].

Neste trabalho é proposto uma arquitetura elétrica com finalidade de unir em único dispositivo, tanto um controlador de carga como um inversor, baseado em uma topografia mais simplificada e voltada a sistemas autônomos e/ou afastados de rede elétrica convencional. A partir disso, qualquer pessoa com poucos conhecimentos em instalações fotovoltaicas poderão ser capazes de instalar sistemas de pequeno porte com o mínimo de conexões e componentes. Isso simplificará instalações em áreas remotas e de difícil acesso sendo uma possibilidade de expansão de mercado.

Ao final deste trabalho é apresentado um dispositivo que agrega as funções de controlador e inversor de onda quadrada e um único componente capaz de alimentar pequenas cargas, como por exemplo lâmpadas fluorescentes, telefones celulares até televisores.

## 2. Sistema Fotovoltaico Autônomo Convencional

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em três tipos distintos e sua utilização dependerá da aplicação e/ou da disponibilidade dos recursos energéticos do local de sua implantação. Os tipos são o sistema isolado (off-grid ou autônomo), o híbrido e o conectado à rede elétrica [Lopez, 2002], [Palz 2002].

Neste trabalho é focado no sistema fotovoltaico autônomo. Este, basicamente, é dividido em quatro componentes com finalidades descritas abaixo:

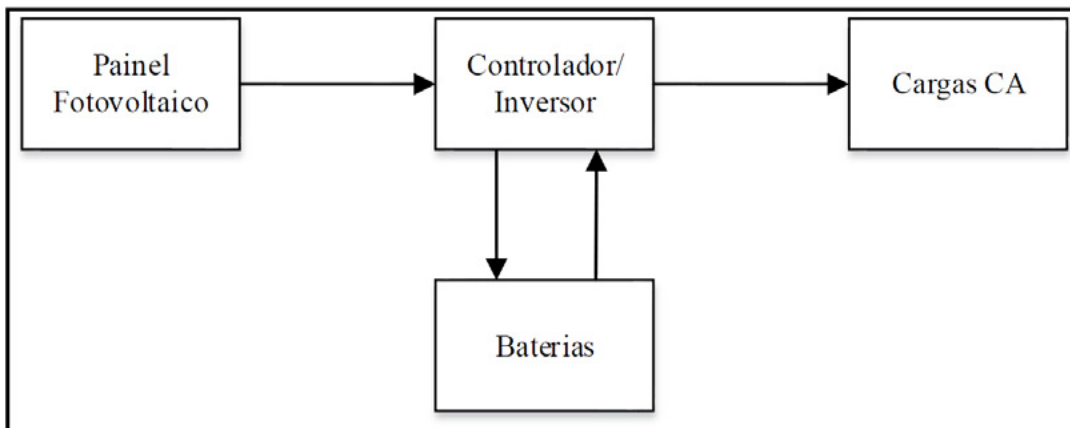
- a) *Módulo Fotovoltaico*: composto por células solares monocristalinas ou multicristalinas encapsuladas em uma estrutura de Tedlar, EVA e vidro, servindo para proteger as mesmas das intemperes como chuva, granizo e pó. Cada célula solar produz, em torno, de  $0,6 \text{ V}$ , havendo a necessidade de serem conectadas em série e paralelo para alcançar tensões e/ou correntes elétricas maiores. Esta mesma regra vale para ligação entre módulos quando existe a necessidade de aumento de potência do sistema [Lorenzo, 1994].
- b) *Controlador de carga*: com função de bloquear a corrente elétrica reversa sobre os módulos ou baterias, além de prever a sobrecarga, a descarga excessiva e sinalizar o estado de carga do banco de baterias, aumentando a vida útil do conjunto de armazenamento [Foster, 2010]. Controladores de carga são também incluídos com a finalidade de facilitar a transferência de energia dos módulos fotovoltaicos para as baterias. Os mesmos são componentes críticos pois, caso venham a falhar tanto a bateria, quanto a carga podem sofrer danos irreparáveis [Lopez, 2012].
- c) *Baterias*: armazenam energia elétrica em corrente contínua, na forma química, para uso posterior e suprir a carga para momentos que a energia fotovoltaica não é gerada como, por

exemplo, à noite ou em períodos de geração reduzida, como semanas com vários dias nublados [Lopez, 2012].

- d) *Inversor*: converte, a partir de uma fonte contínua de tensão ou corrente elétrica aplicada em sua entrada, em um sinal alternado de valor médio nulo e simétrico em amplitude e frequência constante [Barbi, 2008].

Na Figura 1, pode-se visualizar o arranjo esquemático do sistema autônomo.

Figura 1 - Diagrama do sistema fotovoltaico autônomo a ser utilizado



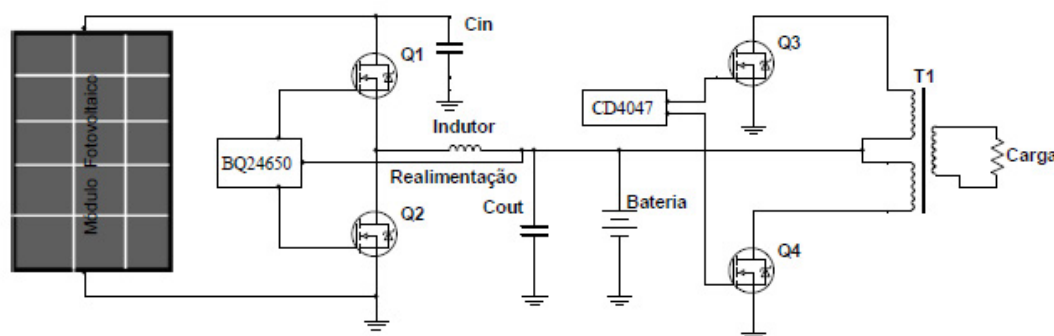
Fonte: Dos autores.

### 3. Concepção do Sistema Inversor/Controlador

A proposta deste trabalho é apresentar uma arquitetura e um protótipo de um controlador/inversor voltado para sistemas fotovoltaicos autônomos de baixa potência para implementação em locais afastados da rede elétrica e com uma instalação simplificada.

O responsável pelo controle de carga é o circuito integrado BQ24650, da *Texas Instruments*, que possui funções para o controle da tensão e corrente elétrica para carga de baterias por conversores CC-CC [Texas Instruments, 2014]. Esta configuração de controle é apresentada no manual do componente BQ24650 que apresenta este controle a partir dos disparos dos MOSFETs Q1 e Q2, indicados na Figura 2, que através da realimentação de tensão e corrente elétrica na saída do circuito, regula a tensão e corrente elétrica no ciclo de carga das baterias [Texas Instruments, 2014]. Na Figura 2, pode-se visualizar o circuito implementado de forma simplificada.

Figura 2 - Diagrama do circuito implementado de forma simplificada

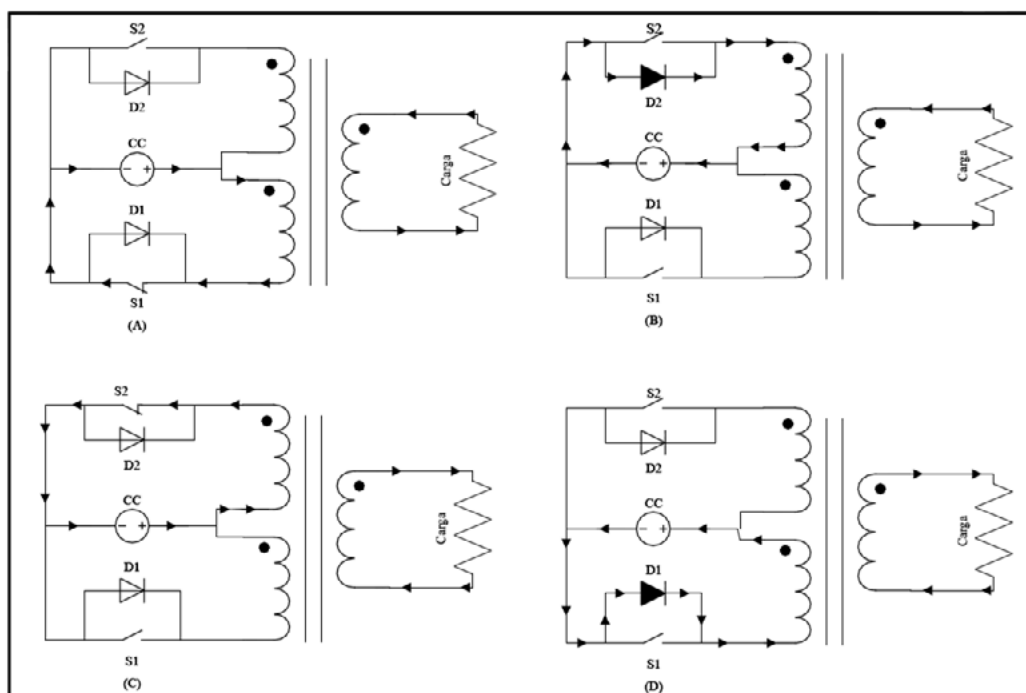


Fonte: Dos autores.

No bloco que corresponde ao inversor foi implementado uma topologia denominada *push-pull* e esta configuração foi adotada devido à simplicidade de conexão e controle em relação às outras topologias [Barbi, 2008]. O transformador T1 tem duas funções específicas no circuito, sendo uma o aumento da tensão elétrica de 12V para 220V e a outra de isolar galvanicamente a carga da fonte de tensão contínua protegendo o circuito de eventuais falhas na carga [Barbi, 2008].

Para o controle do disparo dos transistores foi utilizado o circuito integrado CD4047 que consiste de um oscilador complementar [Fairchild Semiconductor, 2014]. O funcionamento deste circuito é dividido em quatro etapas, descritas na Figura 3. Na etapa A, a chave estática S1 é ligada induzindo uma corrente elétrica de sentido anti-horário na carga, já na etapa B a chave S1 é desligada e o diodo D2 inicia sua condução mantendo o mesmo sentido de corrente elétrica na carga da etapa anterior. Na etapa C, a chave estática S2 é ligada assim induzindo uma corrente elétrica de sentido horário na carga e por fim na etapa D a chave S2 é desligada e o diodo D1 é atuado mantendo o mesmo sentido que na etapa C. Esta oscilação foi ajustada a uma frequência de 60Hz, ou seja, a mesma frequência de oscilação da rede elétrica convencional [Barbi, 2008].

Figura 3 - Etapas de funcionamento do bloco inversor



Fonte: Dos autores.

Com a concepção do circuito controlador/inversor desenvolvido, o mesmo foi construído e suas partes são apresentadas na Figura 4. Além disso, foi implementado um circuito específico para medição de corrente e tensão elétrica na entrada e saída do circuito principal de forma a condicionar o sinal para o módulo de aquisição de USB-6009 da *National Instruments*. Este módulo habilita a leitura da tensão e corrente elétrica na entrada e saída do circuito principal no supervisor implementado no programa LABVIEW.

Para facilitar o entendimento do supervisor foi criado um fluxograma de funcionamento do mesmo descrito na Figura 5 e imagens das telas do supervisor são apresentadas na Figura 6. Os

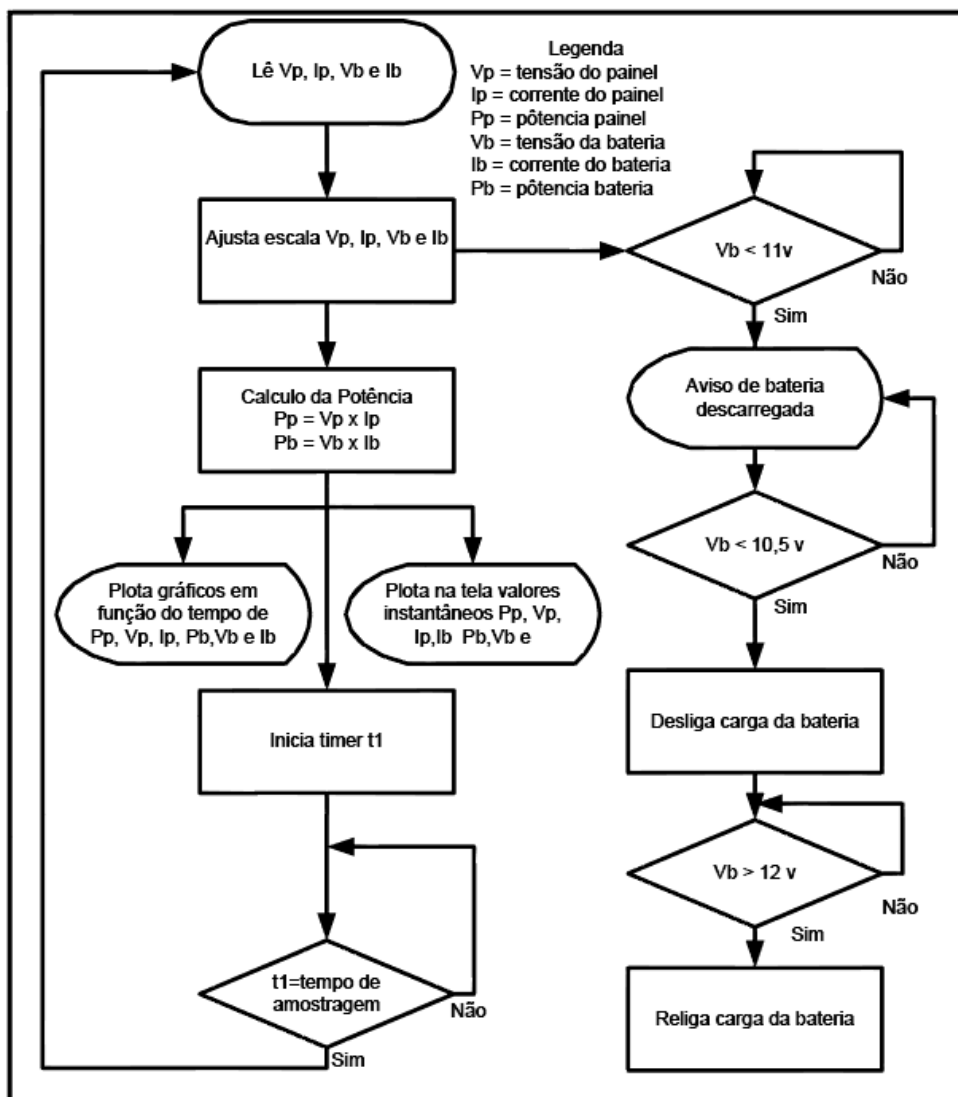
dados do sistema foram coletados em testes *out-door* e monitorado pelo supervisorio apresentado. A montagem do sistema para medições externas é apresentada na Figura 7.

Figura 4 - Módulo controlador, inversor CC-CA e circuito de sensoriamento e proteção bateria



Fonte: Dos autores.

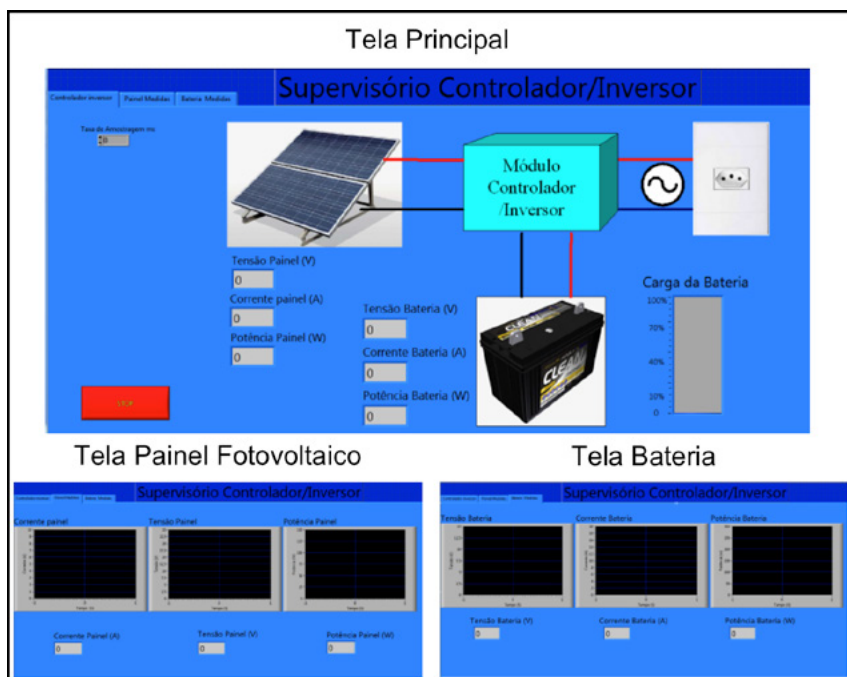
Figura 5 - Fluxograma de funcionamento do supervisorio



Fonte: Dos autores.

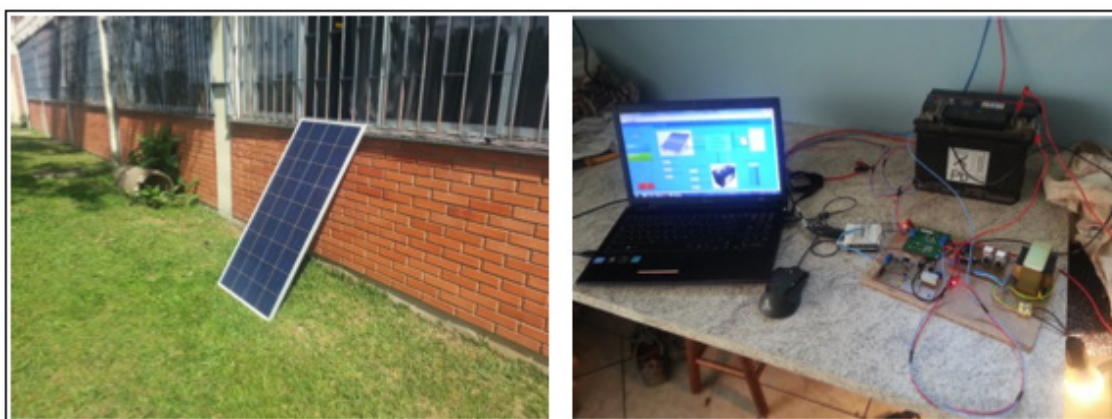


Figura 6 - Telas do supervisório baseado no fluxograma da Figura 5



Fonte: Dos autores.

Figura 7 - Sistema Controlador/Inversor em medição e instalado ao módulo fotovoltaico, carga e bateria



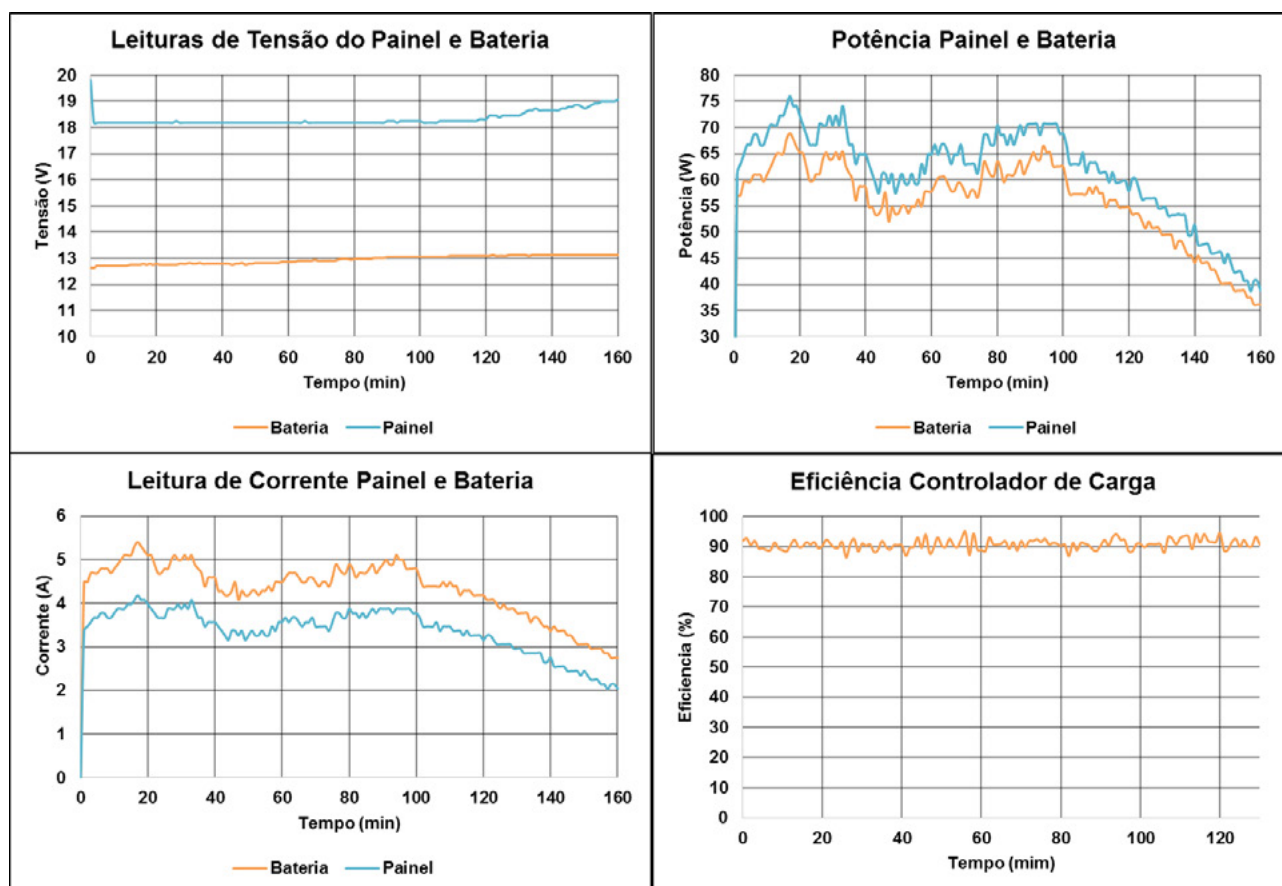
Fonte: Dos autores.

#### 4. Análise dos Resultados dos Testes Out-Doors

Inicialmente foi realizado um teste somente do circuito que compreende ao controlador de carga onde os gráficos de tensão corrente e potência elétrica no painel fotovoltaico e na bateria foram obtidos e armazenados através do supervisório implementado. Com os dados obtidos neste teste foi possível calcular a eficiência do bloco que compreende ao controlador de carga, todos os dados obtidos neste teste estão demonstrados de forma gráfica na Figura 8.

Neste teste o bloco responsável pelo controlador de carga foi ligado a um painel fotovoltaico de 140Wp e na sua saída foi ligada uma bateria estacionária de 12V e 60Ah de forma a verificar o funcionamento de todo o sistema que controla a carga da bateria.

Figura 8 - Gráficos dos testes outdoor do sistema



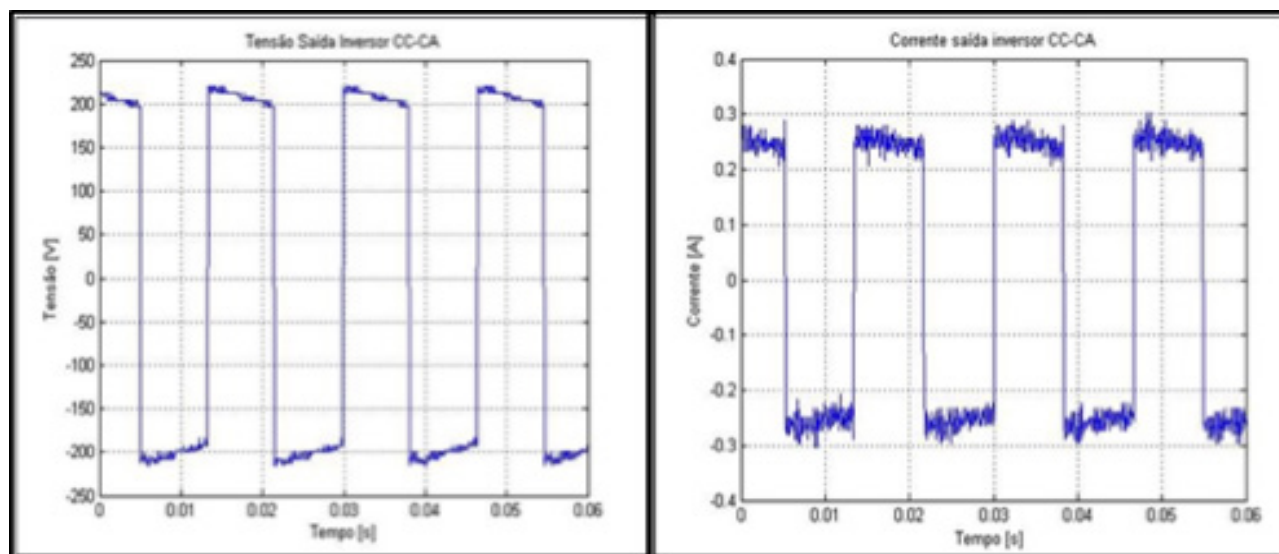
Fonte: Dos autores.

A partir dos dados pesquisados foi possível calcular a eficiência do experimento onde se obteve uma eficiência média para o circuito do controlador de carga de 90%. Por fim, foi realizado um teste de operação de todo o conjunto controlador/inversor onde foram obtidos os gráficos de tensão e corrente elétrica na carga os mesmos estão demonstrados na Figura 9.

Como no teste anterior, utilizou-se um painel fotovoltaico de 140Wp em conjunto com uma bateria estacionária de 60Ah e uma carga de 50W de potência representada por uma lâmpada. Neste experimento todo o sistema operou de forma satisfatória pelo período de 72 horas. Nota-se uma variação na borda da onda de corrente que se deve a utilização da ponteira de medição de corrente que apresenta uma variação de 100 mV/A no osciloscópio causando ruído na medição.

O bloco controlador/inversor apresentou eficiências de até 70% e se mostrou funcional com diversas cargas comuns em uma residência. Além disso, observa-se, conforme esperado, uma forma de onda quadrada e simétrica tanto para tensão quanto para a corrente elétrica na carga característica que já era esperada devido a aplicação da topologia *push-pull*. Também foi obtida uma frequência de 60Hz conforme desejado devido ao ajuste no tempo de disparo dos MOSFETs Q3 e Q4.

Figura 9 - Gráficos da tensão e corrente elétrica na carga



Fonte: Dos autores.

## 5. Conclusões

Este trabalho apresentou uma arquitetura alternativa para alimentar cargas em tensão e corrente alternada que estejam em sobre o modo de um sistema autônomos de energia elétrica e que utilizem a energia solar fotovoltaica.

O circuito apresentado e protótipo desenvolvido se mostraram capazes de atender pequenas cargas em uma residência de forma satisfatória. Com o supervisor desenvolvido em MATLAB foi possível monitorar produção e consumo de energia do sistema em tempo real e de forma fácil e didática e armazenar estes dados para posterior estudo e aperfeiçoamento do sistema.

Com a união dos blocos responsáveis pelo controle de carga da bateria e inversor em um único componente foi possível tornar a instalação deste sistema simples de forma que o número de conexões reduzidas facilita a instalação tornando possível a aplicação deste sistema por pessoas de pouco conhecimento em instalações de sistemas fotovoltaicos assim contribuindo para a difusão de sistemas de energias renováveis no país.

Para futuros projetos é necessário aperfeiçoar a forma de onda na saída do inversor de forma a tornar o mais próximo possível da forma de onda da rede elétrica convencional e assim tornar o sistema mais eficiente.

## Referências

Foster, R.; Ghassemi, M.; Costa, A.; Solar energy: renewable energy and the environment. CRC Press, 2010, 382 p.

Lopez, Ricardo Aldabó. Energia solar para produção de eletricidade. São Paulo: Artliber Editora, 2012. 229 p.

Palz, Wolfgang. Energia solar e fontes alternativas. Curitiba: Hermus Editora, 2002. 326 p.

Lorenzo, E. Electricidad solar ingenieria de los sistemas fotovoltaicos 2 ed. Sevilla: 1994, 269 p.



Barbi, I. Martins, Denizar C. Introdução ao estudo de conversores CC-CA 2 ed. Florianópolis: 2008, 490 p.

WMO. World Meteorological Organization, Measurement of Sunshine Duration. Disponível em: <[https://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/Prelim-2014Ed/Prelim2014Ed\\_P-I\\_Ch-8.pdf](https://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/Prelim-2014Ed/Prelim2014Ed_P-I_Ch-8.pdf)>. Acesso em 26 mar. 2014

Green, Martin. Progress in photovoltaics: research and applications. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pip.2525/full>>. Disponível em 14 jul. 2014.

Texas Instruments BQ24650EVM Synchronous, Switch-Mode, Battery Charge Controller for Solar Power Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ug/sl00444a/sl00444a.pdf>>. Disponível em 10 jun. 2014

Fairchild Semiconductor CD4047BC Low Power Monostable/Astable Multivibrator. Disponível em: <<http://www.fairchildsemi.com/ds/CD/CD4047BC.pdf>>. Disponível em 10 jun. 2014.



# MODELAGEM MATEMÁTICA E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UMA BANCADA EXPERIMENTAL COM ACIONAMENTO PNEUMÁTICO

Marcia Regina Maboni Hoppen Porsch<sup>1</sup>, Antonio Carlos Valdiero<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) – Av. Pioneiro Fiorentino Bacchi, 311– 99.840-000 – Sananduva – RS – Brasil

<sup>2</sup> Depto de Ciências Exatas e Engenharias, DCEEng, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ Campus Panambi - 98928-000, Panambi – RS - Brasil

*Marcia\_porsch@hotmail.com, valdiero@unijui.edu.br*

**Abstract:** This paper presents the mathematical modelling and computer simulation of the dynamics of a bench driven by pneumatic actuators for simulation of slopes, resulting in a fifth-order model, noting its main non-linear characteristics and the dynamics of the angular movement of the countertop. Mathematical modeling of dynamic systems is important in machine design, therefore, allows prediction through simulation, control design and study of the behavior of their variables in laboratory prototypes, the same conditions for oscillation found in the field. The simulation and experimental tests results allowed to evaluate the performance and efficiency of the adopted model. As well, and can contribute to future control strategies and improvements or modifications to experimental prototypes.

**Resumo:** Este artigo apresenta a modelagem matemática e a simulação computacional da dinâmica de uma bancada acionada por atuadores pneumáticos para simulação de terrenos inclinados, resultando num modelo de 5ª ordem, observando suas principais características não lineares bem como a dinâmica do movimento angular da bancada. A modelagem matemática de sistemas dinâmicos é importante no projeto de máquinas, pois permite prever através de simulações, de projetos de controladores e do estudo do comportamento de suas variáveis em protótipos de laboratório, as mesmas condições de oscilações encontradas em campo. Os resultados das simulações e ensaios experimentais permitiram avaliar o comportamento e a eficiência do modelo adotado. Assim, podendo contribuir para futuras estratégias de controle e melhorias ou modificações em protótipos experimentais.

## 1. Descrição da Bancada e do Sistema de Acionamento Pneumático

A bancada de simulação dinâmica da declividade de terrenos é muito útil para testes de laboratório, pois prevê as mesmas condições de oscilações encontradas em campo, como as variações de inclinação lateral de uma colheitadeira autopropelida de grãos.

Com a constante evolução tecnológica, tem-se no mercado a intensa necessidade de se desenvolverem técnicas de trabalho que possibilitem ao homem o aprimoramento nos processos produtivos e a busca da qualidade. Atualmente, o ar comprimido é utilizado em larga escala em máquinas e equipamentos devido às suas características como a simplicidade de manutenção, o baixo custo de implantação, a operação sem fadiga, a boa relação força e tamanho dos componentes, sua alta confiabilidade, a flexibilidade de instalação e estão disponíveis em quase todas as instalações industriais.

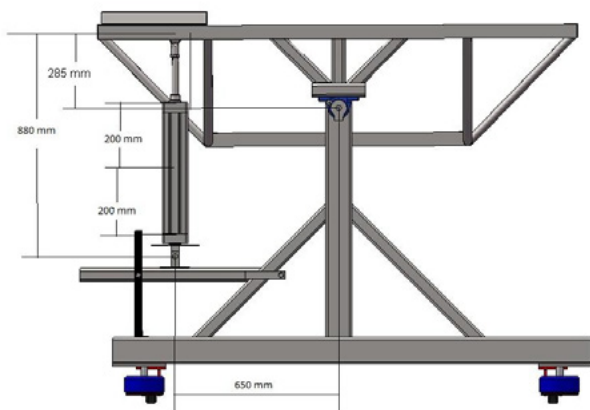
Mas existem dificuldades de modelagem e controle de acionamentos pneumáticos devido às suas diversas características não lineares, como a compressibilidade do ar, o comportamento não linear da vazão mássica nos orifícios da válvula [Endler, 2009], a não linearidade de zona morta na válvula [Valdiero *et al.* 2008], bem como o atrito nas vedações do cilindro [Perondi, 2002]. A junção destas não linearidades em um só modelo matemático é importante [Ritter, 2010]. A modelagem matemática

pode ser aplicada na simulação do comportamento do sistema dinâmico, como também em aplicações de controle ótimo como uma forma de compensar essas características não lineares e minimizar seus efeitos danosos, os quais prejudicam o desempenho do sistema.

Este trabalho propõe e descreve um modelo matemático para a bancada experimental acionada por um atuador pneumático, a partir das principais características não lineares deste sistema dinâmico, incluindo a dinâmica da bancada experimental para terrenos inclinados, bem como sua simulação computacional. Os parâmetros do sistema são escolhidos a partir de dados experimentais do protótipo da bancada de laboratório. Como principais contribuições, têm-se a modelagem matemática e um esquema de simulação computacional do comportamento dos componentes do sistema resultando em um modelo não linear de 5ª ordem.

A bancada experimental é formada por um mecanismo, composto de uma base fixa e uma plataforma móvel (movimentos angulares); um acionamento composto por uma servoválvula de controle direcional e um cilindro pneumático de haste simples; e um sistema de controle composto por uma placa de controle e aquisição de dados dSPACE 1104 que utiliza a integração dos softwares MatLab/Simulink e ControlDesk como meio de programação. A bancada realiza a tarefa de simular a inclinação angular transversal do sistema em terrenos inclinados. Na figura 1 está ilustrado o desenho esquemático da bancada experimental de aplicação do atuador pneumático e a fotografia de sua construção.

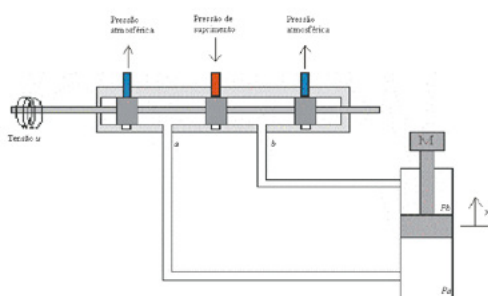
Figura 1 - Desenho da bancada experimental e Registro fotográfico da construção do protótipo experimental



Fonte: Dos autores.

A figura 3 representa o desenho esquemático de um atuador pneumático utilizado.

Figura 2 - Desenho esquemático do atuador pneumático



Fonte: Dos autores.

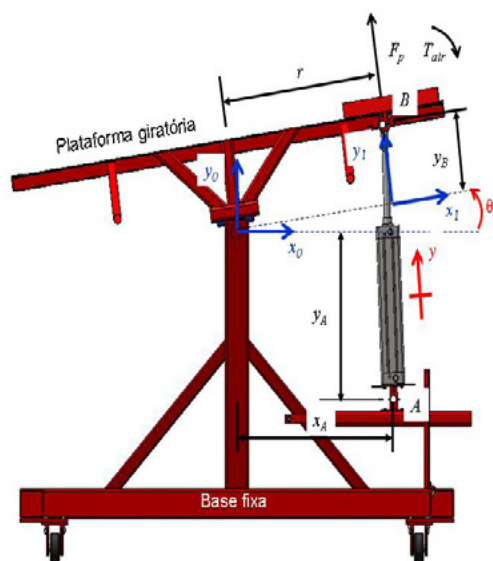
O atuador pneumático funciona com o ar comprimido que é fornecido a servoválvula a uma dada pressão de suprimento previamente regulada. Durante a operação, o sinal de controle  $u$  energiza o solenoide da válvula de modo que uma força magnética resultante é aplicada no carretel da servoválvula, produzindo o deslocamento do carretel. Este, ao ser deslocado, abre os orifícios de controle para que uma das câmaras do cilindro seja ligada a linha de pressão de suprimento e a outra seja ligada a pressão atmosférica. Dessa forma, produzindo uma diferença de pressão nas câmaras do cilindro, que dá origem a uma força pneumática resultante que move o êmbolo do cilindro e gera um deslocamento positivo ou negativo  $y$ , dependendo do sinal de entrada. O cilindro pneumático, ao deslocar linearmente sua haste, produz um deslocamento angular da bancada como consequência do torque resultante [Ritter, 2010].

## 2. Modelagem Matemática do Sistema

A modelagem matemática é a área do conhecimento que estuda a simulação de sistemas reais a fim de prever o comportamento dos mesmos, sendo empregada em diversos campos de estudo, tais como física, química, biologia, economia e engenharia. Os modelos matemáticos se subsidiam, por exemplo, das leis da física ou dados experimentais. Conforme Aguirre [2007] o ser humano baseia-se em modelos, e estes são fundamentais para o conhecimento, para a análise e para o controle. Assim, a modelagem matemática é a área do conhecimento que estuda maneiras de construir e implementar modelos de sistemas reais, podendo assim prever possíveis falhas no projeto.

Para a dinâmica de rotação presente na bancada, ilustrada aqui pela figura 04, é importante a determinação das forças externas envolvidas no sistema de atuação, pois estas forças, além de promover a rotação podem gerar a translação e ou repouso do sistema.

Figura 3 - Desenho esquemático da bancada com representação dos sistemas coordenados de referência e das forças atuantes



Fonte: Dos autores.

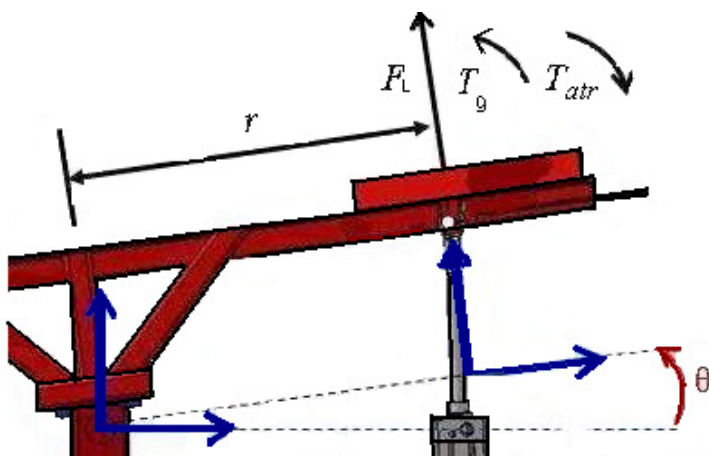
Na dinâmica de rotação, a grandeza que altera tanto o módulo da força bem como sua localização, direção e sentido é o torque [Porsch *et al.* 2011]. Aplicando-se o somatório dos torques tem-se a equação 1

$$\sum T_0 = r F_l - T_{atr} + T_g = I_0 \ddot{\theta} \quad (1)$$

onde  $F_l$  é a força de carga,  $T_{atr} (= \sigma_2 \dot{\theta})$  é o torque de atrito, e  $T_g$  representa o torque de gravidade ( $= h g M \text{sen}(\theta)$ ) que é diretamente proporcional à altura do centro de gravidade da bancada, à aceleração da gravidade ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ), à massa da bancada e a  $\text{sen}(\theta)$ , conforme está ilustrado na figura 05.



Figura 4 - Desenho esquemático das forças atuantes na parte fixa da bancada



Fonte: Dos autores.

O equilíbrio das forças no êmbolo do atuador é obtido pela aplicação da Segunda Lei de Newton. Com o somatório das forças atuando tem-se a equação 2,

$$\sum F_y = -F_{atr} - F_g - F_l + F_p = M\ddot{y} \quad (2)$$

onde  $M$  é a massa deslocada,  $\ddot{y}$  é a aceleração do cilindro,  $F_p$  é a força pneumática,  $F_l$  é a força de carga,  $F_{atr}$  é a força de atrito dinâmico, sendo aqui utilizado o modelo LuGre e  $F_g$  é a componente da força de gravidade.

Assim, isolando  $F_l$  na equação 1 e substituindo na equação 2, obtem-se a equação 3 a qual representa a dinâmica do movimento translacional da plataforma girante.

$$I_0\ddot{\theta} + T_{atr} - T_g = r(F_p - M\ddot{y} - F_{atr} - F_g) \quad (3)$$

A relação cinemática entre o movimento linear  $y$  da haste do atuador pneumático e o movimento angular  $\theta$  da plataforma girante pode ser obtida por meio da metodologia proposta por Valdiero [2005] e é dada pela equação 4:

$$y(\theta) = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 - 2|L_1||L_2|\cos(\theta - \Delta\varphi)} - L_3 \quad (4)$$

onde os parâmetros construtivos  $L_1$ ,  $L_2$  e  $\Delta\varphi$  são dados pelas expressões:

$$L_1 = \sqrt{x_A^2 + y_A^2} \quad (5)$$

$$L_2 = \sqrt{(a + x_B)^2 + y_B^2} \quad (6)$$

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (7)$$

onde  $(x_A, y_A)$  e  $(x_B, y_B)$  são as coordenadas que definem respectivamente os pontos de articulação A e B do atuador pneumático em relação aos sistemas de referência  $x_0 y_0$  (da base fixa) e  $x_1 y_1$  (da plataforma girante),  $a$  é a distância entre a origem destes sistemas de referência e  $L_3$  representa o

comprimento do atuador (seguimento AB) no ponto médio do curso do cilindro (convencionado  $y = 0$ ). Onde  $\varphi_1$  e  $\varphi_2$  são dados por:

$$\varphi_1 = a \tan 2 \left( \frac{y_A}{x_A} \right) \quad (8)$$

$$\varphi_2 = a \tan 2 \left( \frac{y_B}{a + x_B} \right) \quad (9)$$

A força pneumática  $F_p$  é dada pela equação 10:

$$F_p = A_1 p_a - A_2 p_b \quad (10)$$

onde  $A_1$  e  $A_2$  são as áreas das seções transversais das câmaras do cilindro pneumático, e  $p_a$  e  $p_b$  são as respectivas pressões nestas câmaras, cujas dinâmicas podem ser obtidas pela aplicação do princípio da conservação da energia e da leis dos gases ideais conforme apresentado [Valdiero, 2011; Perondi, 2002] e descrito nas equações 11 e 12:

$$\dot{p}_a = - \frac{A_1 \gamma \dot{y}(\theta)}{A_1 y(\theta) + V_{a0}} p_a + \frac{R \gamma T}{A_1 y(\theta) + V_{a0}} q_m(p_a, u) \quad (11)$$

$$\dot{p}_b = \frac{A_2 \gamma \dot{y}(\theta)}{V_{b0} - A_2 y(\theta)} p_b + \frac{R \gamma T}{V_{b0} - A_2 y(\theta)} q_h(p_b, u) \quad (12)$$

onde  $q_m$  e  $q_h$  são as vazões mássicas nas câmaras do cilindro,  $T$  é a temperatura do ar de suprimento em Kelvin,  $R$  é a constante universal dos gases,  $\gamma$  é a relação entre os calores específicos do ar,  $V_{a0}$  e  $V_{b0}$  são os volume nas câmaras do cilindro na posição  $y = 0$ ,  $u$  é o sinal de controle em tensão aplicado na servoválvula,  $y(\theta)$  e  $\dot{y}(\theta)$  são respectivamente a posição e a velocidade linear da haste do atuador pneumático escritas como funções dependentes da posição angular da plataforma girante.

Um estudo detalhado [Valdiero, 2011] para o equacionamento das vazões mássicas  $q_m$  e  $q_h$  resultou nas equações:

$$q_m(u, p_a) = g_1(p_a, \text{sign}(u)) \arctg(2u) \quad (13)$$

$$q_h(u, p_b) = g_2(p_b, \text{sign}(u)) \arctg(2u) \quad (14)$$

onde  $g_1$  e  $g_2$  são funções dadas pelas equações (15) e (16).

$$g_1(p_a, \text{sign}(u)) = \beta \Delta p_a = \begin{cases} (p_{\text{sup}} - p_a) \beta^{\text{ench}} & \text{se } u \geq 0 \\ (p_a - p_{\text{atm}}) \beta^{\text{esv}} & \text{se } u < 0 \end{cases} \quad (15)$$

$$g_2(p_b, \text{sign}(u)) = \beta \Delta p_b = \begin{cases} (p_{\text{sup}} - p_b) \beta^{\text{ench}} & \text{se } u < 0 \\ (p_b - p_{\text{atm}}) \beta^{\text{esv}} & \text{se } u \geq 0 \end{cases} \quad (16)$$

onde  $P_{\text{sup}}$  é a pressão de suprimento,  $P_{\text{atm}}$  é a pressão atmosférica,  $\beta^{\text{ench}}$  e  $\beta^{\text{esv}}$  são coeficientes constantes característicos respectivamente do enchimento e do esvaziamento das câmaras do cilindro.

Conforme apresentado em Valdiero et al. [2008], as servoválvulas pneumáticas de centro crítico (largura do carretel maior que o orifício de passagem) apresentam a característica não linear de zona morta, onde para uma certa faixa de valores do sinal de controle  $u(t)$  não há vazão mássica de ar na saída. O modelo matemático da não linearidade de zona morta [Ritter, 2010] pode ser descrito pela equação:

$$u_m(t) = \begin{cases} \theta_h (u(t) - zmd) & \text{se } u(t) \geq zmd \\ 0 & \text{se } z_m < u(t) < z_m \\ \theta_l (u(t) - zme) & \text{se } u(t) \leq zme \end{cases} \quad (17)$$

onde  $u$  é o sinal de entrada,  $u_m$  é o valor de saída,  $zmd$  é o limite direito da zona morta,  $zme$  o valor esquerdo da zona morta,  $\theta_h$  é a inclinação direita da zona morta e  $\theta_l$  é a inclinação esquerda da zona morta.

No modelo LuGre, o atrito é a força média de deflexão das cerdas elásticas, quando uma força tangencial é aplicada, as cerdas deflexionam-se como molas, se esta deflexão for grande o suficiente, as cerdas começarão a se deslizar, essa deflexão média das cerdas é determinada pela velocidade num movimento em regime permanente, este modelo de atrito é utilizado com muita frequência no meio científico, pois se baseia no entendimento do mecanismo microscópico do fenômeno de atrito. O atrito dinâmico utilizado se baseia no entendimento do mecanismo microscópico do fenômeno de atrito dado por:

$$F_{atr} = \sigma_0 z + \sigma_1 \dot{z} + \sigma_2 \dot{y} \quad (18)$$

onde  $\sigma_0$  representa o coeficiente de rigidez das deformações microscópicas entre as superfícies de contato,  $z$  é um estado interno não mensurável que representa a deformação média que ocorre entre as superfícies,  $\sigma_1$  é o coeficiente de amortecimento associado à taxa de variação de  $z$ ,  $\sigma_2$  é o coeficiente de atrito viscoso,  $\dot{y}$  é a velocidade relativa entre as superfícies. Portanto, a força de atrito é composta por uma parcela proporcional a média das microdeformações ( $\sigma_0 z$ ), outra proporcional a taxa de variação das deformações ( $\sigma_1 \dot{z}$ ) e pela parcela de atrito viscoso ( $\sigma_2 \dot{y}$ ). Para a dinâmica do estado  $z$ , Dupont et al. [2000] e Canudas et al. [1995] propõem a equação:

$$\frac{d}{dt} = \dot{y} \left( 1 - \alpha(z, \dot{y}) \frac{\alpha_0}{g_s(\dot{y})} \text{sign}(\dot{y}) z \right) \quad (19)$$

em que  $g_s(\dot{y})$ , representa uma função do atrito em regime permanente e é dada por:

$$g_s(\dot{y}) = F_c + (F_s - F_c) e^{-\left(\frac{\dot{y}}{\dot{y}_s}\right)^2} \quad (20)$$

onde  $F_c$  é a força de atrito de Coulomb,  $F_s$  é a força de atrito estático,  $\dot{y}$  é a velocidade e  $\dot{y}_s$  é a velocidade de Stribeck.

Escrevendo a equação 3 e as equações 11 e 12, da equação 19 e usando as variáveis de estado

$x_1 = \theta$ ,  $x_2 = \dot{\theta}$ ,  $x_3 = p_a$ ,  $x_4 = p_b$  e  $x_5 = z$   $x_1 = \theta$ ,  $x_2 = \dot{\theta}$ ,  $x_3 = p_a$ ,  $x_4 = p_b$  e  $x_5 = z$ , pode-se representar o sistema dinâmico como um modelo matemático pelo seguinte conjunto de equações diferenciais ordinárias não lineares de 5ª ordem:

$$\dot{x}_1 = x_2 \quad (21)$$

$$\dot{x}_2 = \frac{r}{I}(A_1 x_3 - A_2 x_4 - F_{atr}(x_5, \dot{y}) - F_g - M\dot{y}) - \frac{1}{I}(\sigma_2 x_2 - T_g) \quad (22)$$

$$\dot{x}_3 = -\frac{A_1 \gamma \dot{y}(x_1)}{A_1 y(x_1) + V_{a0}} x_3 + \frac{R\gamma T}{A_1 y(x_1) + V_{a0}} q_m(x_3, u) \quad (23)$$

$$\dot{x}_4 = \frac{A_2 \gamma \dot{y}(x_1)}{V_{b0} - A_2 y(x_1)} x_4 + \frac{R\gamma T}{V_{b0} - A_2 y(x_1)} q_b(x_4, u) \quad (24)$$

$$\dot{x}_5 = \dot{y} - \alpha(x_5, \dot{y}) \frac{\sigma_0}{g_s(\dot{y})} \text{sign}(\dot{y}) x_5 \quad (25)$$

onde  $x_1$  é o ângulo descrito pela plataforma,  $x_2$  é a velocidade angular,  $x_3$  e  $x_4$  as pressões nas câmaras A e B do cilindro e  $x_5$  representa a dinâmica das microdeformações.

### 3. Simulação computacional

Para a melhoria na qualidade e na produtividade dos sistemas, demanda que o desempenho de numerosas alternativas venha a ser corretamente previsto para que a economia e a efetividade do trabalho sejam realmente eficientes. Dessa forma, a simulação de sistemas é uma das ferramentas computacional voltada a esse propósito, pois permite recriar em computadores, ambientes virtuais que imitam o comportamento de praticamente qualquer tipo de sistema.

As simulações computacionais foram realizadas com subsídio do software MatLab/Simulink, e o método numérico utilizado na solução das equações é o Runge Kutta, com passo de integração 0.0001 segundos.

Dessa forma, Tabela 1 apresenta os valores dos parâmetros da plataforma girante. A Tabela 2 apresenta os valores dos parâmetros utilizados no modelo matemático do atuador pneumático adotado, incluindo-se os parâmetros do modelo dinâmico do atrito ajustados iguais para ambas às velocidades positivas e negativas.

Tabela 1 - Parâmetros da plataforma girante

Parâmetros do sistema e valor	Descrição
$I = 159.637 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	Momento de inércia
$\sigma_2 = 203.7 \text{ N.s/m}$	Coeficiente de atrito viscoso translacional
$(x_A, y_A) = (0.650 \text{ m}, -0.595 \text{ m})$	Coordenadas do ponto A



$(x_B, y_B) = (0m, 0.285m)$	Coordenadas do ponto B
$a = 0.650m$	Distância da normal comum entre os eixos
$L_3 = 0.880m$	Comprimento do atuador quando $y = 0$
$\Delta\varphi = -1.1545 \pi \text{ rad}$	Variação do ângulo entre os eixos
$M = 276.31\text{kg}$	Massa da plataforma girante

Fonte: Dos autores.

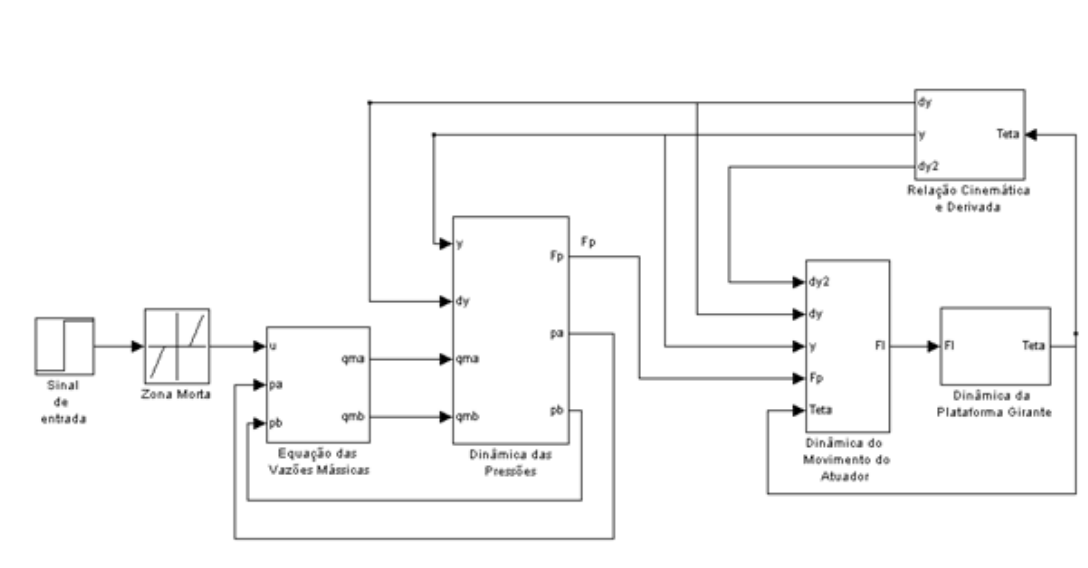
Tabela 2 - Tabela dos parâmetros utilizados no modelo matemático do atuador pneumático

Descrição	Simbologia	Valor
Diâmetro do êmbolo	D	63 mm
Curso total	L	400 mm
Áreas do êmbolo	$A_1$ e $A_2$	$3.117.0^{-3} m^2$ , $2.803.0^{-3} m^2$
Volume morto na câmara A	$V_{a0}$	$6.234.0^{-4} m^3$
Volume morto na câmara B	$V_{b0}$	$5.606 \times 0^{-4} m^3$
Atrito Estático	Fs	6 N
Atrito Coulomb	Fc	1.59 N
Atrito Viscoso	$\sigma_2$	203.71 Ns/m
Velocidade Stribek	$\dot{y}_s$	0.085 m/s
Coefficiente de rigidez das microdeformações	$\sigma_0$	$0.5 \times 0^6 N/m$
Coefficiente de amortecimento das microdeformações	$\sigma_1$	72.2 Ns/m
Deslocamento de força de quebra	Zba	$3 \times 0^{-6} m$
Massa atuador	M	2.372 kg
Coefficiente de vazão para câmara enchendo	$\beta^{ench}$	$0.69501 \times 0^{-8}$
Coefficiente de vazão para a câmara esvaziando	$\beta^{esv}$	$0.898105 \times 0^{-8}$
Pressão de suprimento	$P_{sup}$	$7 \times 0^5 R$
Pressão atmosférica	$P_{atm}$	$1 \times 0^5 R$
Constante universal dos gases	R	287 Jkg / K
Temperatura do ar	T	293 K
Relação entre os calores específicos do ar	$\gamma$	1.4

Fonte: Dos autores.

O modelo de 5ª ordem para a bancada de simulação de declividade de terrenos acionada pneumáticamente, representada pelas Equações 21, 22, 23, 24 e 25 é implementado por meio de um diagrama de blocos, conforme a Figura 06, em que o primeiro bloco representa o sinal de entrada do sistema, caracterizando um sinal de controle em degrau em malha aberta  $u$ , o segundo bloco representa a não linearidade da zona morta, uma vez que a largura do carretel é maior que a largura do orifício por onde há a passagem do ar sob pressão na servoválvula.

Figura 6 - Diagrama de blocos do modelo matemático de 5ª ordem



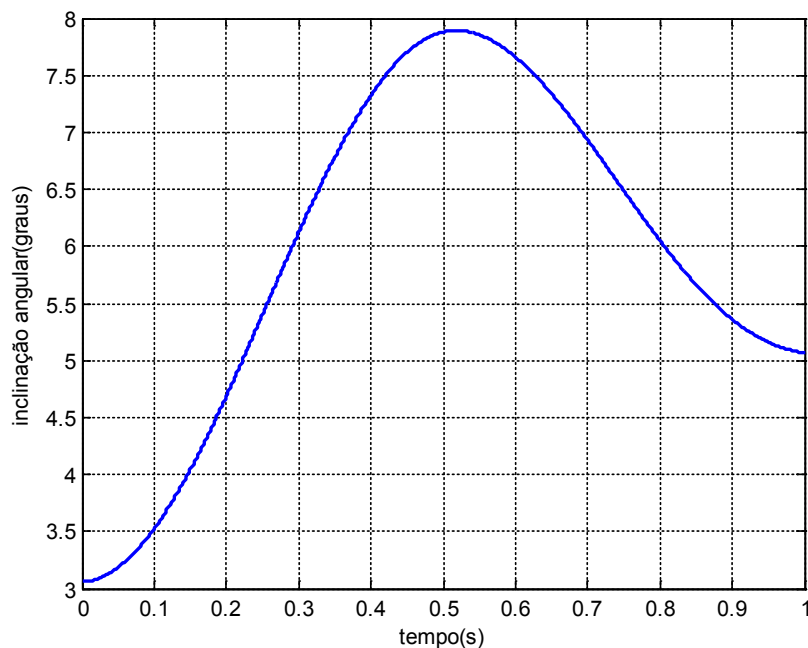
Fonte: Dos autores.

Foram realizadas simulações com entrada em degrau para analisar os resultados do modelo em malha aberta, já que este sinal de controle permite a análise do comportamento das variáveis de estado da bancada em partidas rápidas, muito comuns em situações diversas de aplicação. Para a realização destas simulações, é fundamental que os valores sejam regulados para um tempo de simulação que respeite o ângulo limite de inclinação da bancada, pois o diagrama de blocos utilizado não considera tais limites. Também foi tomado o cuidado de utilizar para a pressão inicial nas câmaras  $A$  e  $B$  do cilindro pneumático  $P_a$ ,  $P_a^i$  e  $P_b$  e ângulo de inclinação inicial da bancada  $\theta_i$ ,  $\theta_i$  os mesmos valores encontrados experimentalmente para uma posterior comparação.

#### 4. Resultado da simulação computacional em malha aberta

Para o sinal de entrada em degrau com uma entrada de 3Volts, para um tempo de simulação de 1s, resultou na figura 7, que apresenta a inclinação angular da bancada medida em graus em função do tempo.

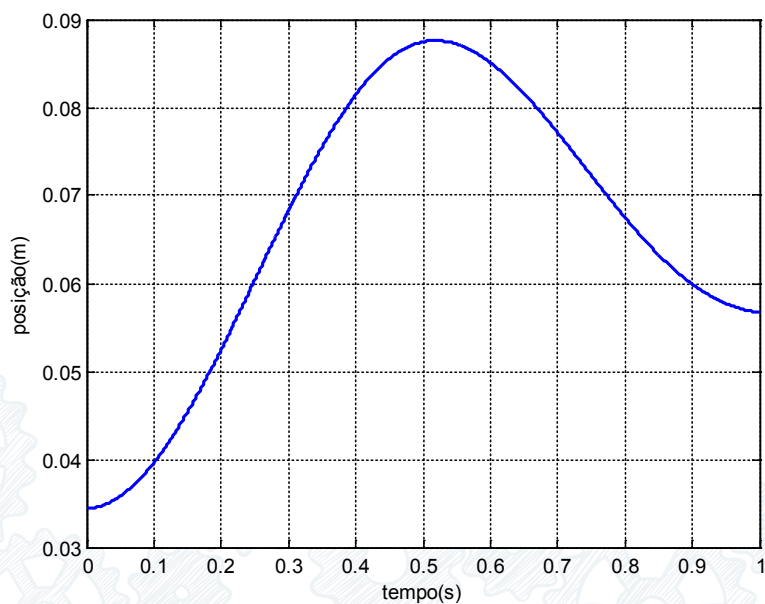
Figura 7 - Inclinação angular da bancada em graus para 3V



Fonte: Dos autores.

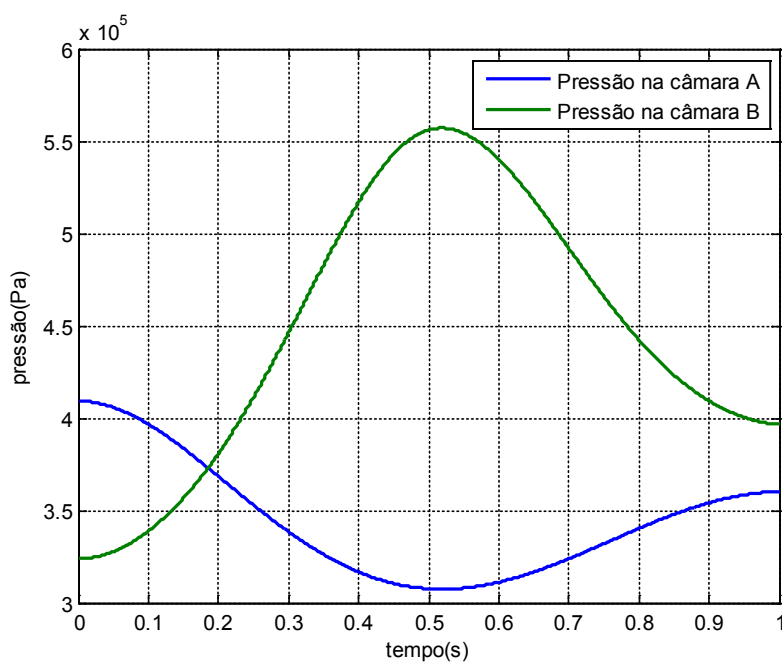
Na figura 8 está representada a posição do êmbolo do cilindro pneumático medida em metros e a figura 9 mostra a dinâmica das pressões nas câmaras A e B do cilindro pneumático a partir das pressões iniciais e sinal de entrada obtidos via experimento.

Figura 8 - Posição do êmbolo do cilindro pneumático



Fonte: Dos autores.

Figura 9 - Dinâmica das pressões nas câmaras do cilindro para 3V



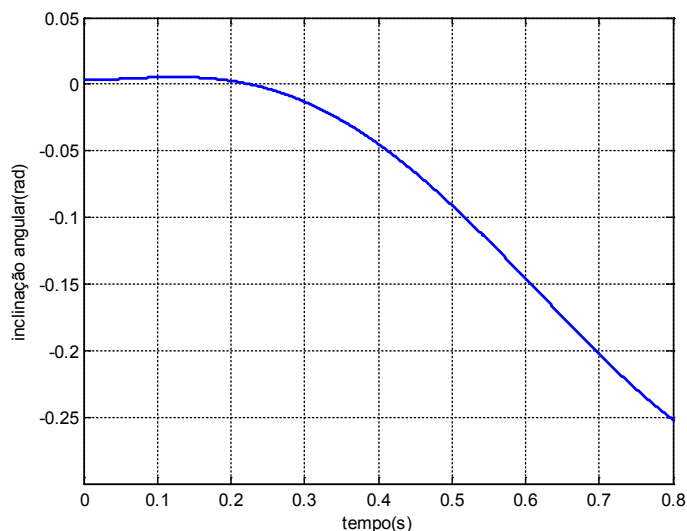
Fonte: Dos autores.

Percebe-se que tanto na figura 7, que representa a inclinação da plataforma girante da bancada como na figura 8 que mostra a posição do êmbolo do cilindro pneumático que move a plataforma, as trajetórias são as mesmas, validando a relação cinemática adotada para a realização da conversão do deslocamento angular em linear ou vice versa. Na figura 9, pode-se observar que em 0.5s quando a pressão na câmara A do cilindro for mínima e B for máxima comparando a figura 7 tem-se a inclinação máxima obtida pela plataforma girante e na figura 8 tem-se também a posição máxima do êmbolo do cilindro pneumático utilizado.

A figura 10 representa a inclinação angular medida em radianos para uma entrada em degrau de -3 Volts para um tempo de simulação regulada em 0.8s e a figura 11 ilustra a dinâmica das pressões nas câmaras do cilindro pneumático considerando inclinação angular inicial e pressões iniciais nas câmaras previamente coletadas via experimentação para um mesmo intervalo de tempo.

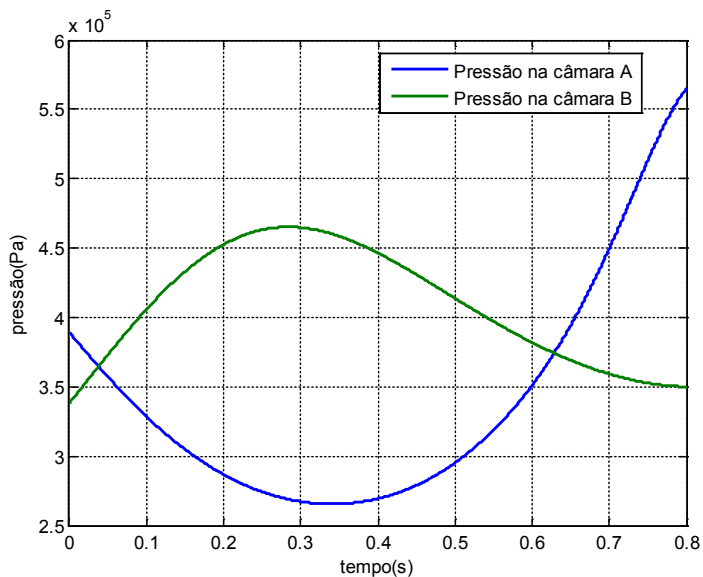


Figura 10 - Inclinação angular da bancada em radianos para -3V



Fonte: Dos autores.

Figura 11 - Dinâmica das pressões nas câmaras do cilindro para -3V



Fonte: Dos autores.

Os resultados de simulação em malha aberta apresentados ilustram a eficiência da metodologia sugerida para a implementação dos diagramas de blocos, permitindo a observação do comportamento da inclinação da bancada mediante diferentes sinais de entrada.

## 6. Conclusões

Pode-se citar como principais contribuições deste trabalho, o desenvolvimento de um modelo matemático completo para descrever o comportamento dinâmico de uma bancada de simulação de declividade de terrenos com acionamento pneumático, incluindo as principais características não lineares do mesmo. Também é contribuição a implementação computacional do modelo em malha aberta. Dessa forma, podendo o modelo desenvolvido ser utilizado, como por exemplo, na simulação

de uma aplicação de controle automático de nivelamento de sistemas de separação de grãos e palha em uma colheitadeira autopropelida

## Referências

Aguirre, L. A. Introdução à Identificação de Sistemas Técnicos Lineares e Não lineares Aplicadas a Sistemas Reais. 3ª ed, editora UFMG, 2007.

Canudas-de-Wit, C.; Olsson, H.; Åström, K. J.; Lischinsky, P. A new model for the control of systems with friction. In: IEEE Transactions on Automatic Control, Vol.40, nº 3, [S.l.], 1995, pp. 419 - 425.

Dupont, P.; Armstrong, B.; Hayward, V.; Elasto-plastic friction model: contact compliance and stiction. In: ACC, American Control Conference, Illinois, mar. 2000, pp.1072-1077.

Endler, L. Modelagem da Vazão Mássica de uma Servoválvula Pneumática e sua Aplicação no Controle Ótimo de um Servoposicionador Pneumático. 2009. 119f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2009.

Perondi, E. A. Controle não linear em cascata de um servoatuador pneumático com compensação do atrito. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

Porsch, M. H.; Valdiero, A.C.; Gonçalves, M.; Rasia, L.A.; Ritter, D. Modelagem matemática de uma Bancada Experimental Acionada Pneumaticamente para Simulação de Aclives de Terrenos. In: 10th Brazilian Conference on Dynamics, Control and Their Applications, 2011, **Águas** de Lindóia. DINCON 2011. Rio Claro: SBMAC, 2011. v. 1. p. 1-4.

Ritter, C. S. Modelagem matemática das características não lineares de atuadores pneumáticos. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2010.

Valdiero, A. C.; Ritter, C.S.; Rios, C. ; Rafikov. NonLinear Mathematical Modeling in Pneumatic Servo Position Applications, Mathematical Problems in Engineering, pp. 1-16, 2011.

Valdiero, A. C. Bavaresco, D. ; Andrighetto, P. L. Experimental Identification of the Dead Zone in Proportional Directional Pneumatic Valves, International Journal of Fluid Power, Vol. .9, pp. 27-34, 2008.

Valdiero, A. C. Controle de robôs hidráulicos com compensação de atrito. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

## ANÁLISE ESTRUTURAL DO CHASSI DE UM VEÍCULO BAJA

Guilherme Leite Lago<sup>1</sup>, Lucas Mahle<sup>1</sup>, Rafael Farias Garcia<sup>1</sup>, Júlio Damyan Imbriaco Silveira<sup>1</sup>, Marcelo André Toso<sup>1</sup>, Guilherme Cortelini da Rosa<sup>1</sup>, Carlos Henrique Lagemann<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitário UNIVATES – Caixa Postal 95900-000 – Lajeado – RS – Brasil

*gui\_llago@hotmail.com, lucas.mahle@gmail.com, rafafg1985@gmail.com, jdcuchi@hotmail.com, {marcelo.toso, guilherme.rosa, chlagemann}@univates.br*

**Resumo:** O Baja SAE é uma competição realizada entre alunos de instituições de ensino superior. Na etapa de projeto, é fundamental dimensionar um chassi que esteja de acordo com as regras estabelecidas pela organização SAE. Deseja-se que esse chassi seja leve, resistente aos impactos e ao desgaste durante as competições. Para isso foi utilizado um software de Elementos Finitos (Solid Edge). O chassi foi desenvolvido utilizando tubos redondos e perfis quadrados de aço estrutural SAE 1020. Após, o modelo numérico passou por diversos testes virtuais de impactos. Foi possível prever os esforços estruturais do chassi do veículo e efetuar as otimizações necessárias a fim de tornar o projeto mais robusto e resistente aos esforços mecânicos.

**Abstract:** The Baja SAE is a competition held among students of higher education institutions. In the design stage, it is critical scale a chassis that complies with the rules established by the SAE organization. It is hoped that this chassis be lightweight, resistant to impact and wear during competitions. For this, it was used a Finite Elements software (Solid Edge). The was developed using round tubes and structural steel profiles square SAE 1020. After, the numerical model has undergone multiple virtual test impacts. It was possible to predict the structural efforts of the vehicle chassis and perform the optimizations required to make the design more robust and resistant to mechanical stress.

### 1. Introdução

Com o crescimento de processamento dos computadores na última década, inúmeras ferramentas computacionais têm sido desenvolvidas no sentido de viabilizar a realização de simulações computacionais, visando a melhoria dos projetos e diminuindo problemas reais de engenharia, com isso, a análise de Elementos Finitos se torna indispensável em um projeto de engenharia.

O Método de Elementos Finitos (MEF) tem como objetivo a determinação da análise de tensão e de deformação do sólido analisado, sujeito a ações exteriores. Os cálculos têm por finalidade analisar uma estrutura ou peça, encontrando uma solução satisfatória em termos técnicos e também econômicos para um determinado projeto. Neste artigo, faz-se uma análise de Elementos Finitos para dimensionar o chassi de um veículo Baja. Além disso, objetiva-se obter uma redução de peso utilizando menos pontos de soldas, conseqüentemente uma estrutura mais barata para a confecção.

### 2. Revisão Bibliográfica

Durante um projeto industrial e desenvolvimento de um novo projeto, é de fundamental importância alguns critérios para diminuir o índice de falhas e melhorar o desempenho do projeto, conforme citado por Carvalho e Faria, 2010:

O projeto de produtos industriais, que atendam simultaneamente aos requisitos de durabilidade, resistência, confiabilidade e segurança e aos critérios de baixo custo e baixo peso, tem sido a força motriz dos avanços tecnológicos em veículos automotores terrestres (Carvalho e Faria, 2010).

A utilização de um modelo em elementos finitos serve para avaliar numericamente as variáveis na resistência estrutural do componente (Milione, Godinho e Souza, 2012).

Níveis de conforto considerando a suspensão de um veículo Baja foram avaliados por (Branco, 2014), utilizando a norma ISO 2631-1. Como resultado, realizou-se alterações estruturais obtendo-se maiores níveis de conforto para o piloto do veículo (Branco, 2014).

O método de elementos finitos foi utilizado por (Nayak, Prasad, Verma e Bisht 2011), para identificar os pontos críticos e regiões de concentração de tensões excessivas na estrutura de um veículo Baja. Essas regiões e pontos são as principais restrições que são mantidas no projeto para prevenir a falha estrutural. Estas análises também são úteis para preservar a vida útil do veículo. Como resultado, os autores identificam regiões de concentração de tensões no chassi durante a aplicação do carregamento frontal. Os autores sugerem alterações estruturais para evitar possíveis falhas por fadiga na região identificada como crítica.

### 3. Metodologia

Para realização deste trabalho, realiza-se um estudo de materiais, como por exemplo, perfis de tubos e suas respectivas espessuras. Avaliam-se também as soldas e dobras de tubos da estrutura do veículo. Na parte de Elementos Finitos, utiliza-se o software Solid Edge ST5, considerando elementos finitos tetraédricos de dez nós. Após realizam-se oito diferentes simulações, reproduzindo possíveis colisões e capotamentos durante os testes e competições.

Foram realizados também cálculos conforme norma da competição SAE, verificando o peso do tubo, momento de inércia, resistência à flexão e rigidez à flexão. Em relação a pontos de solda, foram realizados estudos para diminuição dos mesmos, evitando desta forma pontos de acúmulos de tensões da estrutura.

### 4. Estudos e Simulações

Durante o processo de desenvolvimento do protótipo Baja Univates, foi desenvolvido um chassi tubular, conforme a norma da SAE, que rege a competição mundial. O chassi é modelado com tubos de aço SAE 1020 de diâmetro externo 38,10 mm e espessura de 2 mm. Estes são os tubos principais da estrutura. Também se utilizam tubos de aço SAE 1020 com diâmetro 25,4 mm e espessura 0,9 mm como tubos de reforço estrutural.

Para realização dos cálculos de peso dos tubos (por metro), momento de inércia, resistência a flexão e rigidez a flexão, foram utilizadas as seguintes equações:

Peso dos Tubos

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot \gamma$$

Onde:

D = diâmetro externo do tubo

d = diâmetro interno do tubo

$\gamma$  = peso específico do material



Momento de Inércia

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$$

Onde:

D = diâmetro externo do tubo

d = diâmetro interno do tubo

Momento de Inércia

$E \cdot I$

Onde:

E = módulo de elasticidade

I = momento de inércia

Resistência a Flexão

$$\frac{S_y \cdot I}{C}$$

Onde:

S<sub>y</sub> = resistência ao escoamento do material

I = momento de inércia

C = distância entre o eixo neutro para a fibra extrema

Os resultados das equações anteriores estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados de dimensionamento considerando tubo de diâmetro 38,1 mm e espessura 2,00 mm

Resultados obtidos	Valores
Peso (kg/m)	1,78
Momento Inércia (m <sup>4</sup> )	3,70E-08
Rigidez a Flexão (N.m <sup>2</sup> )	7600
Resistência a Flexão (N.m)	763

Fonte: Dos autores.

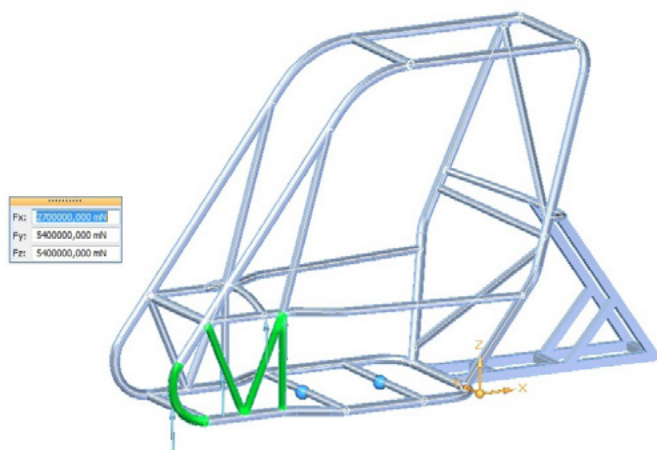
Nas simulações computacionais utilizou-se uma análise estática definindo um coeficiente de segurança de três vezes a massa do veículo (750 quilos). Considerando uma estimativa de que o carro montado pesaria 250 quilos. As condições de contorno são definidas de modo que os tubos abaixo do banco (assoalho) são engastados. Posteriormente aplica-se o carregamento estrutural conforme as análises que serão descritas a seguir.

Entre os diversos estudos, serão apresentadas três simulações realizadas.

#### 4.1. Salto dianteiro considerando impacto lateral na suspensão esquerda

Os resultados da Figura 01 consideram uma análise de impacto lateral na suspensão esquerda do veículo Baja.

Figura 01 - Impacto lateral na suspensão esquerda do veículo

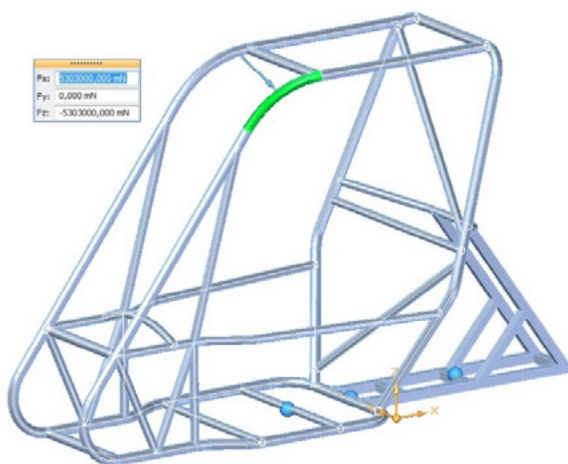


Fonte: Dos autores.

#### 4.2 Capotamento sobre barra curva superior esquerda

Os resultados da Figura 02 consideram uma análise de capotamento sobre a barra curva superior esquerda do veículo Baja.

Figura 02 - Capotamento sobre barra curva superior esquerda do veículo

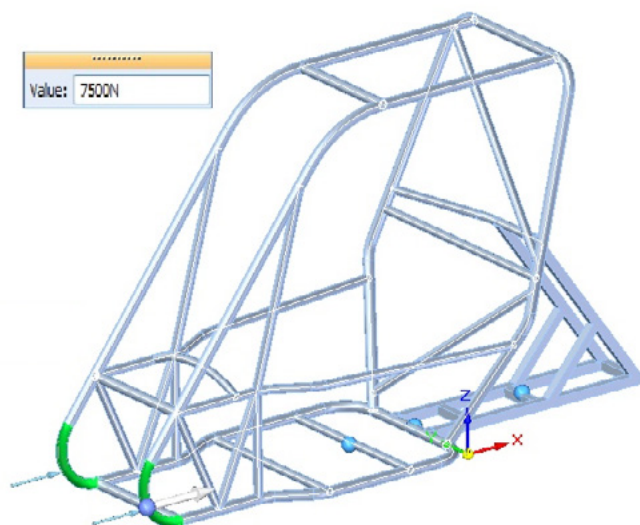


Fonte: Dos autores.

#### 4.3 Batida frontal

Os resultados da Figura 03 consideram uma análise de batida frontal do veículo Baja.

Figura 03 - Batida frontal



Fonte: Dos autores.

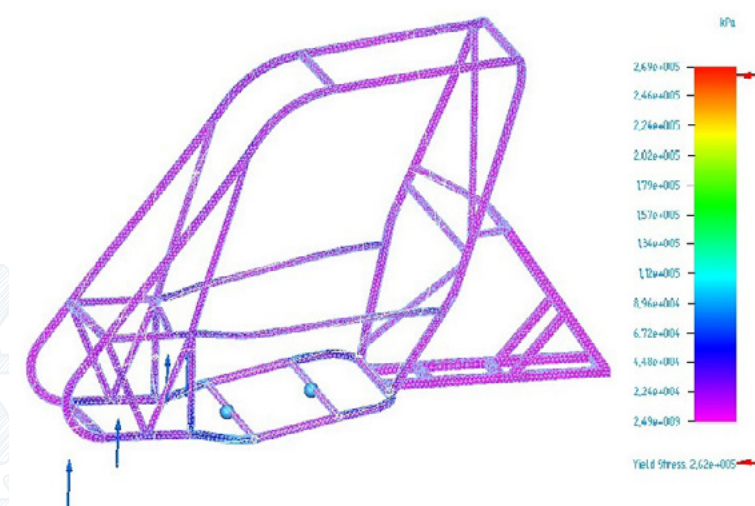
## 5. Resultados das Simulações Numéricas

Neste capítulo, apresentam-se os resultados das simulações computacionais. Avaliam-se as tensões e deslocamentos (valores máximos) em pontos críticos da estrutura do veículo.

### 5.1 Salto dianteiro considerando impacto lateral na suspensão esquerda

Os resultados da Figura 04 correspondem as tensões em Von Mises avaliadas conforme apresentado na seção 4.1. Para esta análise tem-se um valor de tensão máxima observada de aproximadamente 130 MPa.

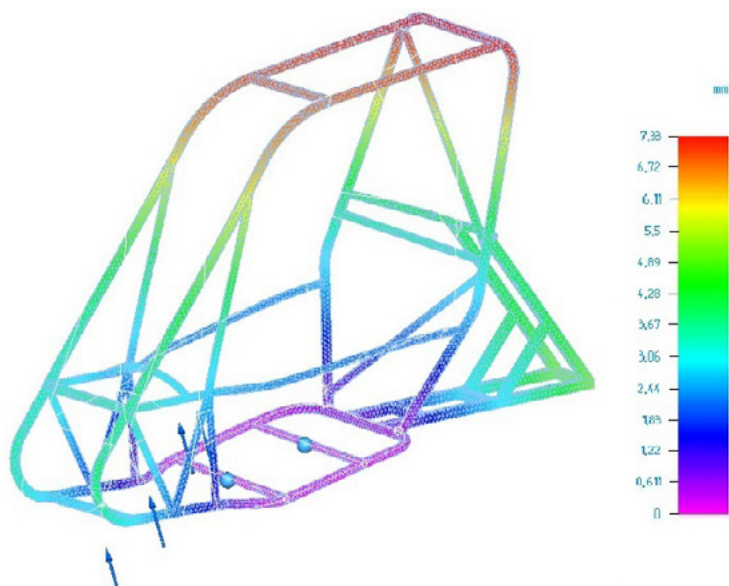
Figura 04 - Resultado da simulação de tensão



Fonte: Dos autores.

A Figura 05 apresenta os valores de deslocamento máximo estrutural:

Figura 05 - Resultado da simulação de deslocamento



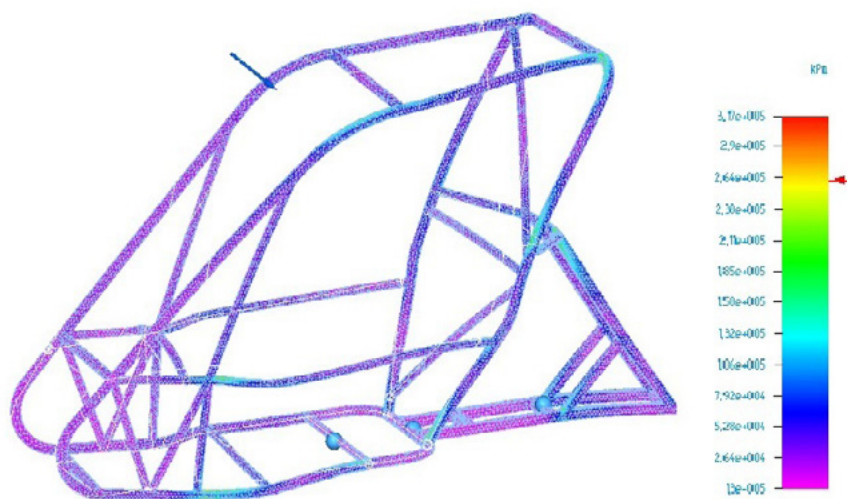
Fonte: Dos autores.

Como mostra na Figura 05, o valor máximo de deslocamento é de 7,33 mm.

## 5.2 Capotamento sobre barra curva superior esquerda

Os resultados da Figura 06 correspondem as tensões em Von Mises avaliadas conforme apresentado na seção 4.2. Para esta análise tem-se um valor de tensão máxima observada de aproximadamente 180 MPa.

Figura 06 - Resultado da simulação de tensão

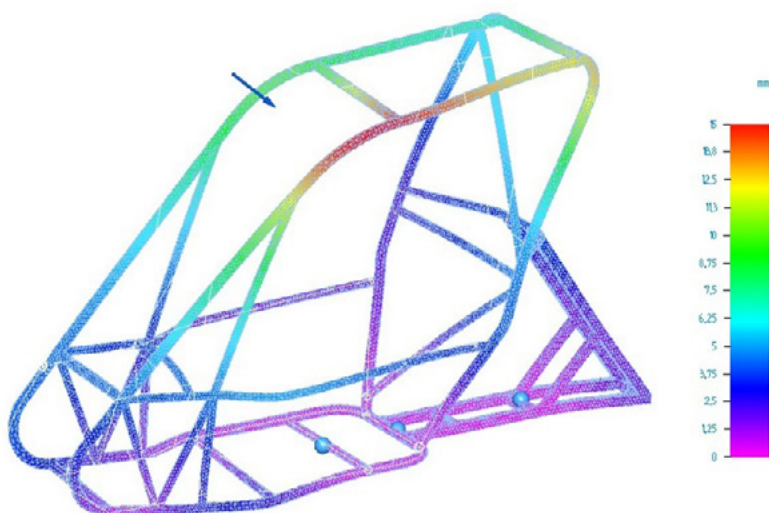


Fonte: Dos autores.

A Figura 07 apresenta os valores de deslocamento máximo estrutural.



Figura 07 - Resultado da simulação de deslocamento



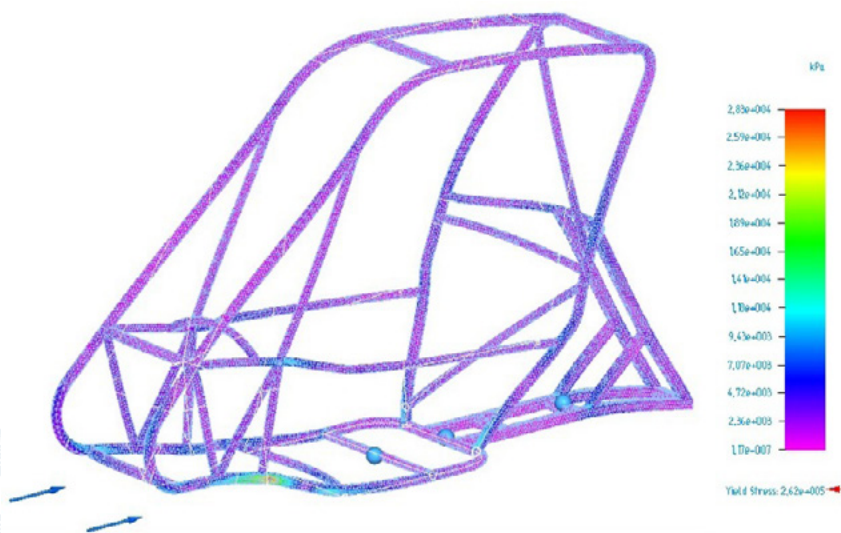
Fonte: Dos autores.

Como apresenta a Figura 07, o valor máximo de deslocamento é de 15,00 mm.

### 5.3 Batida frontal

Os resultados da Figura 08 correspondem as tensões em Von Mises avaliadas conforme apresentado na seção 4.3. Para esta análise tem-se um valor de tensão máxima observada de aproximadamente 28,3 MPa.

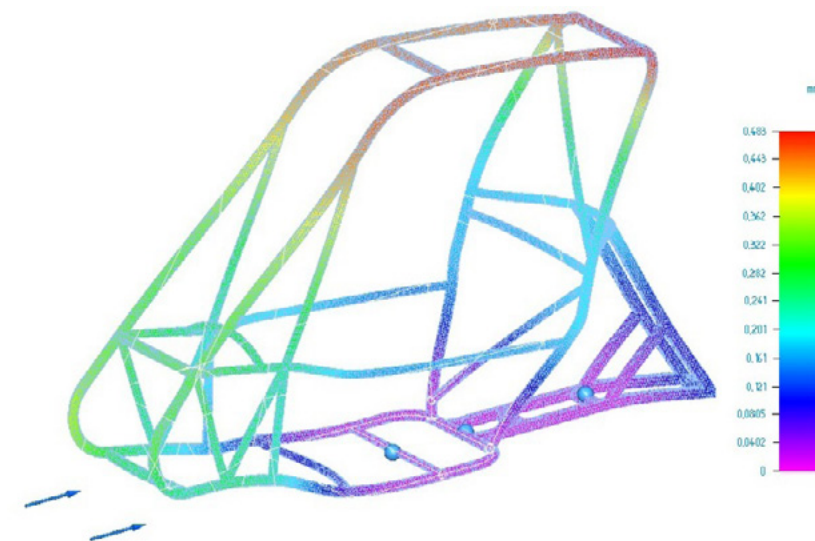
Figura 08 - Resultado da simulação de tensão



Fonte: Dos autores.

Enquanto que a Figura 09 apresenta os valores de deslocamento máximo estrutural.

Figura 09 - Resultado da simulação de deslocamento



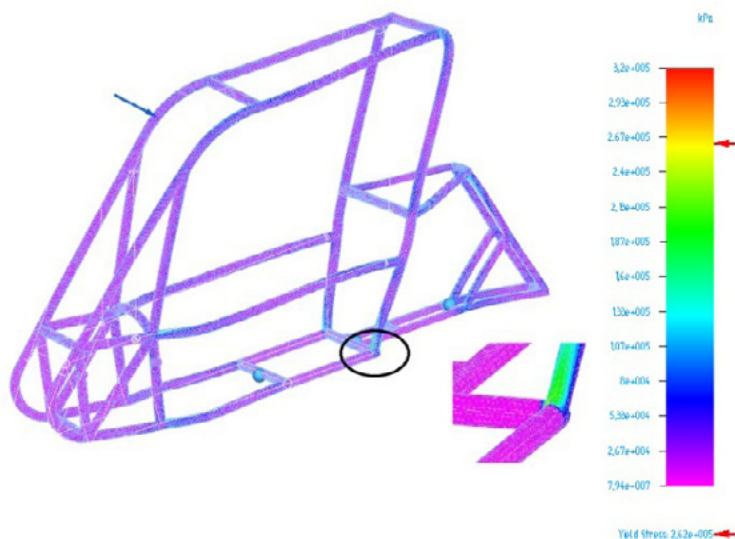
Fonte: Dos autores.

Como apresentado na Figura 09, o valor máximo de deslocamento é de 0,483 mm.

#### 5.4 Simulações anteriores

Conforme identificado previamente nas simulações numéricas, o estudo de elementos finitos indicou um ponto de fragilidade na parte inferior da estrutura do chassi, tendo um ponto de acúmulo de tensões. Com isso, foi alterada a geometria da estrutura, conforme pode ser visualizado na Figura 10.

Figura 10 - Resultado da simulação que apresentou ponto de acúmulo de tensão



Fonte: Dos autores.

#### 6. Alterações Geométricas Estruturais

Concluída a simulação numérica, foi observado que na parte traseira do veículo havia uma união com solda de três tubos, com isso, a simulação indicava fragilidade naquele ponto. Também foi possível observar que o restante do chassi estava com uma resistência elevada (superdimensionado),

conseqüentemente o peso da estrutura também estava elevado. Considerando estes aspectos, realizaram-se readequações estruturais alterando a espessura do tubo principal. Utilizou-se o mesmo material (aço SAE 1020), porém o diâmetro externo passou a ser de 31,75 mm e espessura 2 mm. A Tabela 2 apresenta os novos valores obtidos para dimensionamento do veículo após serem realizadas estas alterações estruturais.

Tabela 2 - Resultados de dimensionamento considerando tubo de diâmetro 31,75 mm e espessura 2,00 mm

Resultados obtidos	
	Valores
Peso (Kg/m)	1,47
Momento Inércia (m <sup>4</sup> )	2,08.10-8
Rigidez a Flexão (N.m <sup>2</sup> )	4260
Resistência a Flexão (N.m)	513

Fonte: Dos autores.

A Tabela 3 apresenta um comparativo dos valores da análise inicial e após a redução do diâmetro externo.

Tabela 3 - Resultados comparativos dos tubos

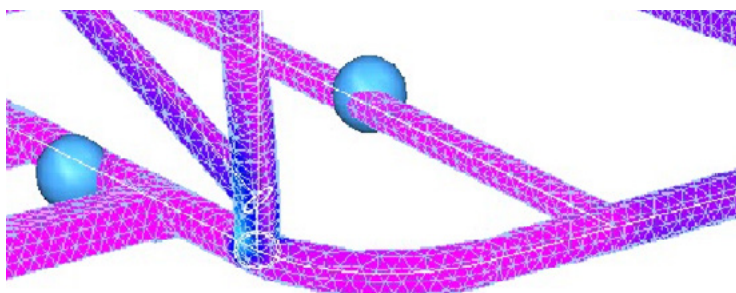
Comparativo dos Tubos			
Tubo Estrutural Aço SAE 1020	38,10 x 2,00	31,75 X 2,00	Diferença (%)
Peso (Kg/m)	1,78	1,47	-17,41
Momento Inércia (m <sup>4</sup> )	3,70E-08	2,08E-08	-43,78
Rigidez a Flexão (N.m <sup>2</sup> )	7600	4260	-43,95
Resistência a Flexão (N.m)	763	513	-32,76

Fonte: Dos autores.

Quanto aos resultados anteriores observam-se que os valores de momento de inércia, rigidez a flexão e resistência a flexão estão abaixo dos valores do tubo da primeira análise, porém os resultados estão de acordo com as exigências mínimas pré-estabelecidas pela norma SAE. Na região que apresentou fragilidade, foi adicionada uma curva no tubo. Além disso, alterou-se a posição de um dos tubos, conforme a figura 11, permitindo que a solda pudesse ser realizada no final do raio do mesmo, conseqüentemente elimina-se o acúmulo de tensão naquela região. Também foi possível reduzir os pontos de solda utilizados na estrutura do veículo.



Figura 11 - Detalhe ampliado da estrutura após alteração



Fonte: Dos autores.

## 7. Conclusões

Após o estudo, foi possível constatar que o projeto estava com algumas partes superdimensionadas, havia um ponto frágil na qual poderia colocar em risco a integridade física do piloto, bem como de todo o projeto durante a competição. Foi possível obter uma redução de 13,72% do total da massa da estrutura, que contém perfis diferentes (*cockpit* estrutural, reforço e perfis quadrados). Este estudo foi referente ao *cockpit*, que é a região mais importante para a confiabilidade do projeto, garantindo assim a integridade física do piloto. Por fim, eliminaram-se os pontos de acúmulo de tensões. Posteriormente realizou-se uma redução de 150 mm no comprimento do chassi do veículo.

## Referências

- Sankar, V. e Kim, N. (2011) "Introdução à Análise e ao Projeto em Elementos Finitos", LTC Editora Ltda., Rio de Janeiro, Brasil.
- Alves Filho, A. (2012) "A Base da Tecnologia CAE – 5º Edição", Editora Érica Ltda., São Paulo, Brasil.
- Alves Filho, A. (2012) "A Base da Tecnologia CAE – Análise Não-Linear – 1º Edição", Editora Érica Ltda., São Paulo, Brasil.
- Alves Filho, A. (2012) "A Base da Tecnologia CAE – Análise Dinâmica – 2º Edição", Editora Érica Ltda., São Paulo, Brasil.
- Shingley, J., Mischke, R. e Budynas, G. (2005) "Projeto de Engenharia Mecânica – 7º Edição", Traduzido Editora Bookman, Porto Alegre, Brasil
- Milione, Y., Godinho, P., Souza, B. (2012) "Avaliação Numérica de um Componente Automotivo em Plástico através de um Modelo de Elementos Finitos Validado Experimentalmente para Verificação da Influência de Fatores Variados na Resistência Estrutural do mesmo", Paper SAE Internacional
- Carvalho, M., Farias, M. (2014) "Análise por Elementos Finitos de Mangas de Eixos de Suspensão Automotiva sob carregamento cíclico", Paper SAE Internacional
- Branco, D. (2014) "Análise de desempenho da suspensão e conforto de um veículo fora de estrada do tipo Baja SAE.", Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET
- Nayak, H., Prasad N., Verma, D. (2011) "Finite Element Analysis of Impact on Chassi & Frame of a Mini Baja Vehicle", International Journal of emerging trends in Engineering and Development, India.



# DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA ENSINO DE ASTRONOMIA: ROTAÇÃO E TRANSLAÇÃO DO PLANETA TERRA

Estevan Luiz Junges<sup>1</sup>, Italo Gabriel Neide<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas– Centro Universitário Univates (UNIVATES)  
95.900-000 – Lajeado – RS – Brazil

*estevan.junges@universo.univates.br, italo.neide@univates.br*

**Abstract:** With the purpose of helping in the process of teaching the movements of rotation and translation, a virtual learning object that simulates the orbit of the planet Earth around its star, the Sun, was developed. The application also simulates the Sun's rays, so the students can visualize the influence of the Earth's inclination in the seasons. The focus of this tool is the student from basic school that are studying the rotation and translation of the Earth, as well as its seasons.

**Resumo:** Com o intuito de auxiliar no processo de aprendizagem dos movimentos de rotação e translação dos planetas, foi desenvolvido um objeto virtual de aprendizagem que simula a órbita do planeta Terra ao redor da sua estrela, o Sol. O aplicativo também simula os raios solares, para que os alunos consigam visualizar a influência da inclinação da Terra nas estações do ano. A ferramenta tem como foco os alunos do ensino fundamental e médio que estejam estudando a rotação e translação da Terra, e também, suas estações.

## 1. Introdução

Os processos de ensino e de aprendizagem constantemente mudam. Atualmente, acompanhando a revolução digital, os aplicativos eletrônicos começam a se inserir nesse meio, podendo trazer benefícios para o aprendizado dos alunos. Partindo desse princípio, foi abordado o fenômeno físico dos movimentos planetários, mas especificamente, o da Terra.

Entender como um planeta gira em torno de si, e se desloca em relação a sua estrela, não é uma atividade de aprendizagem simples. Geralmente, ao simplificar demais o assunto, pode-se levar a criação de dificuldades no entendimento desse fenômeno (NASCIMENTO; NEIDE; GONZATTI, 2015). Essas dificuldades podem se propagar com o aluno, de forma que, por vezes, os próprios professores de ciências exatas acabam por ter modelos científicos falhos, levando a um problema cíclico.

A principal dificuldade para compreender os dois fenômenos, rotação e translação, é o fato de que não é possível ver claramente os seus indícios diretamente na natureza. Conseguimos ver que o Sol se movimenta, de leste a oeste, todos os dias, mas não conseguimos ver que é a Terra que está girando, e não o Sol. Também não conseguimos sentir que a Terra está se movendo em relação ao Sol, e muito menos conseguimos ver a sua órbita.

Para auxiliar nesse processo de imaginação, foi desenvolvido um OVA (Objeto Virtual de Aprendizagem), um aplicativo que simula os dois movimentos da Terra. Nessa animação 3D, o estudante pode interagir com a Terra, vendo de perto seus movimentos em relação ao Sol, de uma maneira simples e intuitiva. O software foi desenvolvido em JavaScript e pode ser acessado por qualquer computador, *tablet* ou *smartphone*, que tenha acesso à *internet*, navegador compatível e suporte a aceleração gráfica.

Nesse texto será abordado, primeiramente, uma descrição dos Objetos Virtuais de Aprendizagem e a sua importância. Após, serão fundamentados os fenômenos físicos de rotação e translação da Terra

e também alguns tópicos sobre programação gráfica 3D com o JavaScript. Por fim, será apresentado o aplicativo, suas principais características e as conclusões.

## 2. Referencial Teórico

Neste capítulo serão introduzidos os principais referenciais teóricos para o desenvolvimento do software de ensino. Num primeiro momento, será conceituado o Objeto Virtual de Aprendizagem, após, será apresentado o modelo científico utilizado para a descrição das estações e dos movimentos de rotação e translação da Terra. Por fim, será abordado a linguagem de programação JavaScript.

### 2.1 Objeto Virtual de Aprendizagem

Segundo WILEY (2001), Objetos de Aprendizagem são qualquer entidade, virtual ou física, que possa ser utilizada, reutilizada ou referenciada em processos de apoio tecnológico ao ensino e aprendizagem. Uma derivação deste conceito, é o Objeto Virtual de Aprendizagem, OVA, um recurso virtual que pode ser utilizado e reutilizado com o objetivo de apoiar e favorecer a aprendizagem, de uma forma interativa, através de simulações e animações. (GALLO; PINTO, 2010).

Ainda segundo GALLO e PINTO (2010, p. 4):

Nesse sentido, idealizamos o OVA como um recurso dinâmico, em que o professor possa determinar, dentro de uma mesma estrutura, novos conteúdos e contextos de aprendizagem. Esse tipo de Objeto pode possibilitar ao aluno testar diferentes caminhos, acompanhar a evolução temporal das relações, verificar causa e efeito, criar e comprovar hipóteses, relacionar conceitos, despertar a curiosidade e resolver problemas, de forma atrativa e divertida, como uma brincadeira ou jogo.

A partir deste conceito de OVA foi elaborado um aplicativo que atenda a todos os requisitos pedagógicos listados acima.

### 2.2 Fundamentos Teóricos – Astronomia

Neste capítulo serão apresentados fundamentos teóricos que descrevem os movimentos que a Terra descreve em torno de sua estrela, o Sol. De acordo com OLIVEIRA (s/d), alguns conceitos importantes:

Equador = é o paralelo que divide a Terra horizontalmente. Representado na figura 1.

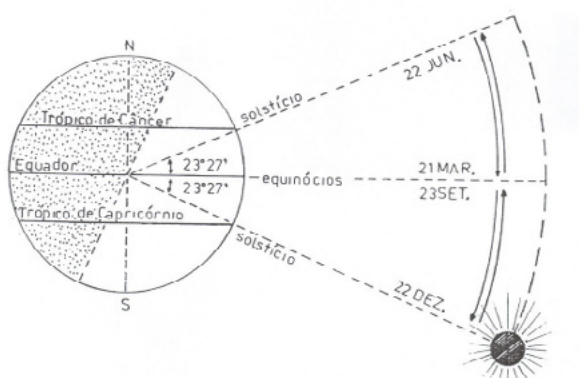
Hemisfério Sul (H.S.) = A parte ao Sul da linha do Equador.

Hemisfério Norte (H.N.) = A parte ao Norte da linha do Equador.

Afélio = Ponto da órbita em que a distância entre o Sol e a Terra é máxima.

Periélio = Ponto da órbita em que a distância entre o Sol e a Terra é mínima.

Figura 1 - Representação gráfica de conceitos importantes



Fonte VIANELLO e ALVES, 1991.

Equinócio = Ponto da órbita em que o ângulo entre o Sol e o centro da Terra é  $0^\circ$ . Representado na figura 1.

Solstício = Ponto da órbita em que o ângulo entre o Sol e o centro da Terra é máximo, aproximadamente  $23^\circ 27'$ . Representado na figura 1.

### 2.2.1 Rotação

A teoria de que a Terra gira em torno de si mesma existe a mais de 2000 anos, mas só foi comprovada com o experimento, relativamente recente, do pêndulo de Foucault em 1851 (GONZATTI, 2008). A rotação é a principal responsável pelos ciclos do dia, manhã, tarde, noite e madrugada. A volta completa ( $360^\circ$ ) leva aproximadamente 24 horas para ser concluída.

### 2.2.2 Translação

O movimento dos planetas em relação a suas respectivas estrelas foi amplamente estudado ao longo da história da humanidade, sendo Kepler, entre 1601 e 1619 que postulou três leis que descrevem com precisão o movimento dos astros (YOUNG, FREEDMAN, 2008), sendo a primeira lei a de maior relevância nessa aplicação:

“1. Cada planeta se move em uma órbita elíptica, com o Sol ocupando um dos focos da elipse” (YOUNG; FREEDMAN, p. 14)

Logo, as distâncias mais relevantes, como o afélio e o periélio, podem ser calculadas a partir da excentricidade da órbita da Terra, que é de  $e = 0,017$  (YOUNG, FREEDMAN, p. 14). Essas duas distâncias, assim como todas as outras demais, podem ser calculadas com a equação:

$$Dr = 1 + 0,033 \cos(2 * \pi * DDA / 365)$$

Onde DDA significa Dia do Ano, que significa o número de ordem do dia do ano, de 1 a 366. E Dr, adimensional, é a distância relativa entre o Sol e a Terra em função do DDA (OLIVEIRA, s/d).

### 2.2.3 Estações do Ano

Além dos movimentos, a inclinação do eixo terrestre em relação a sua órbita pode ser considerado o principal fator para explicar as estações (GONZATTI, 2008). Como a direção da inclinação da Terra permanece fixa ao longo da rotação, os raios solares atingem os hemisférios norte e sul com uma intensidade diferente, dependendo do dia do ano. Isso explica porque as estações mudam anualmente, e porque as estações são opostas nos dois hemisférios. (GONZATTI, 2008). Os equinócios demarcam o início da primavera e do outono. Já os solstícios representam o início do inverno e do verão. As suas respectivas datas são, segundo OLIVEIRA(s/d):

21/12 - Solstício de verão no H.S. e de inverno no H.N

21/03 - Equinócio de outono no H.S. e de primavera no H.N

22/06 - Solstício de inverno no H.S. e de verão no H.N

23/09 - Equinócio de primavera no H.S e de outono no H.N.

### 2.3. Fundamentos Teóricos - JavaScript

O JavaScript foi lançado em 1995 pela Netscape em parceria com a Sun Microsystems, e tem a característica de ser uma linguagem interpretada (não necessita de compilador), ser orientada a objetos e possuir uma tipagem fraca. Foi criada com o intuito de fornecer um meio de interação entre uma página web e o servidor. Atualmente, ela é classificada como tecnologia *client-side*, pois seu interpretador está sendo executado pelo navegador do usuário (SILVA, 2010).

A partir do JavaScript é possível utilizar o elemento canvas do HTML5. Esse elemento permite a criação de animações 3D através da API (Application Programming Interface) WebGL. Essa interface é baseada no OpenGL ES 2.0, que utiliza a GPU (Graphics Processing Unit) para renderizar a cena (MDN).

Foi utilizado uma biblioteca de apoio, com o intuito de auxiliar no processo de desenvolvimento da animação em 3D. A biblioteca escolhida foi a Three.js, que tem como objetivo não utilizar muitos recursos computacionais, como memória e processamento, e ser de fácil programação. Ela é de código livre está em constante desenvolvimento pelo seu autor original, através da plataforma GitHub. Essa biblioteca é uma das mais utilizadas por desenvolvedores do Google Experiments, na área de WebGL, comprovando a sua confiabilidade.

Foram utilizadas também outras bibliotecas adicionais, como a dat-gui.js, para a construção dos menus. Essa biblioteca oferece menus capazes de alterar diretamente o valor de variáveis do código e também executar funções. Já a biblioteca stats.js, que traz informações em tempo real de FPS e utilização de memória, foi utilizada como apoio ao desenvolvedor. E, por último, a biblioteca controls.js foi utilizada para processar os movimentos do mouse e controlar a câmera principal.

### 3. Desenvolvimento do Objeto Virtual de Aprendizagem

Para a aplicação atingir o seu objetivo, foram elencados todos os seus principais requisitos. A principal necessidade é de que ele fosse intuitivo e interativo. O usuário deve ser capaz de modificar a visão da câmera e também alterar alguns parâmetros, como a intensidade dos raios solares, a velocidade da terra, visualizar ou não a órbita e outras linhas de apoio e selecionar a estação do ano. Tudo isso de uma forma simples e visual.



Depois de definido os principais requisitos do software, começou-se o processo de implementação. Ele foi dividido em duas partes: gráfica e lógica. Na parte gráfica foi desenvolvida toda a interface do programa com o usuário. Isso incluiu o desenho dos menus, a programação dos objetos 3D, o controle da interação do usuário e a animação da cena. Já durante a parte lógica foi implementado as equações que representam os movimentos da Terra e a lógica responsável pelas modificações na velocidade do tempo.

O primeiro passo para construir a parte gráfica foi buscar uma biblioteca que auxiliasse nos processos de criação da geometria do objeto, na aplicação das texturas, nas transformações necessárias para a animação e na renderização da cena. A biblioteca escolhida foi a Three.js. Essa biblioteca tem como objetivo não utilizar muitos recursos computacionais, como memória e processamento, e ser de fácil programação.

Definida a biblioteca, foram implementados os dos corpos celestes. Foi utilizado uma geometria esférica tanto para a Terra, quanto para o Sol. A textura aplicada na terra é uma representação dos continentes e do oceano, sem nenhuma representação meteorológica ou política. Já a textura do Sol é uma representação de sua superfície, inteiramente coberta por chamas alaranjadas. Tanto o tamanho e as distâncias estão fora de escala, para que seja possível visualizar os dois objetos na mesma tela, já que, em escalas reais a visualização é mais difícil.

A iluminação sobre a Terra foi implementada utilizando uma luz pontual, localizada no centro do Sol, que está constantemente focando o planeta. Sendo essa a única fonte de luz da cena, o lado da Terra que não está virado para o Sol fica completamente escuro. A inclinação da Terra em relação a seu plano orbital também foi implementada, de modo que é possível ver a influência dessa inclinação nas estações do ano e na duração dos dias.

Com a parte gráfica concluída, começou-se o desenvolvimento da parte lógica. Nessa parte foi implementado toda a Orientação a Objetos do programa, visando a organização da aplicação e também possibilitar mudanças futuras, como adição de outros planetas e funções. As equações que descrevem o movimento da Terra foram introduzidas nessa fase. A translação foi implementada como:

```
this.mesh.position.x = raio*(Math.sin(PI180 * (hor * 0.0411 + dda * 0.9863)));
```

```
this.mesh.position.z = raio*(Math.cos(PI180 * (hor * 0.0411 + dda * 0.9863)));
```

Onde a primeira equação move a representação do planeta Terra no eixo x, e a segunda move no eixo z. Os valores utilizados representam as médias ponderadas de cada parâmetro na composição da posição. Foi definido que a posição da Terra tem a resolução de uma hora, então as duas variáveis temporais que influenciam são o DDA(dia do ano) e a hora (de 0 a 24) atual. O valor 0,0411 representa os 360º dividido pelo total de horas no ano, e o 0,9863 é a divisão entre 360º e os 365 dias do ano.

A equação que descreve a rotação da Terra em torno de si foi implementada da seguinte forma:

```
this.mesh.rotation.y = -halfPI + PI180 * ((min / 4) + (hor * 15) - (dda * 0.9863)) ;
```

Da mesma forma que a equação anterior, foi definido uma precisão do movimento, nesse caso, um minuto. Esta equação, diferente da anterior, altera diretamente o ângulo da rotação da Terra, porém isso não altera a forma de como foi implementada. Continua existindo uma soma ponderada dos parâmetros relevantes, no caso, o minuto, a hora e o dia do ano.

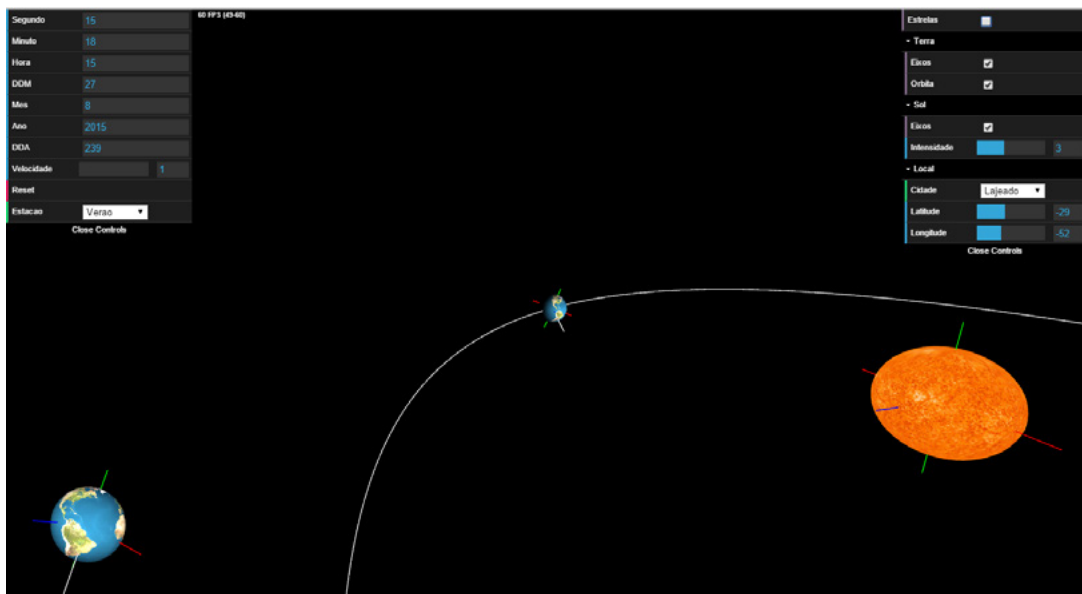
A atualização temporal foi implementada com uma soma simples da diferença de tempo entre cada frame renderizado. Ao iniciar o software, é retirado da internet o horário atual, e então o software

começa a atualizar o horário conforme explicado anteriormente. Foi utilizado a classe Date do JavaScript, que já implementa as subdivisões da data, como ano, mês, dia, hora e minutos.

A função “Velocidade”, que aumenta a velocidade com que o tempo progride no software, e, conseqüentemente, altera a velocidade da Terra se movimentando, foi implementada com uma multiplicação no tempo adicionado a cada *frame* por uma variável controlada pelo usuário.

#### 4. Resultados e Conclusões

Figura 2 - Resultado final do software



Fonte: Acervo do autor.

A figura 2 apresenta uma imagem que representa o software atualmente. O aplicativo é baseado em uma tela principal, que mostra a Terra orbitando o Sol. A câmera é interativa, de modo que o usuário pode, a qualquer momento, alterar o ângulo de visão, e também o zoom. Dessa forma o aluno pode visualizar com detalhe a superfície terrestre e a incidência dos raios solares de uma maneira intuitiva e simples. Nesta mesma tela se apresentam dois menus principais, o menu do Tempo, e o Gráfico.

No primeiro, são exibidas as variáveis relacionadas ao tempo, como a data e a hora, e também um controle para aumentar a velocidade com o que o tempo passa. Esse controle tem como objetivo possibilitar que o usuário veja o movimento de translação da Terra em um tempo muito menor do que o real, dessa forma procura-se facilitar a compreensão tanto do processo de translação quanto do processo de rotação.

Existe também, dentro do menu Tempo, uma caixa de seleção, em que o aluno pode selecionar qual estação do ano ele deseja visualizar. Ao selecionar uma delas, a data é alterada para o início da respectiva estação, movendo a Terra para o equinócio ou solstício correspondente.

Já no segundo menu, existem controles gráficos do aplicativo. São diversas funções, entre elas, mostrar os eixos da Terra e do Sol, mostrar a órbita terrestre, adicionar estrelas ao fundo da cena e alterar a intensidade dos raios solares. Existem também uma caixa de seleção que realça a posição de algumas cidades conhecidas, como New York e Tokyo. Esse módulo pode ser utilizado como apoio ao ensino de coordenadas e de geografia.

Para os autores, o software se mostrou intuitivo e de simples utilização, além de ser visualmente limpo e objetivo. O próximo passo será introduzir esse aplicativo em um sistema de testes, preferencialmente com professores de astronomia, para que eles possam testar e apontar defeitos e possíveis melhorias.

O principal resultado esperado por essa aplicação é que ela auxilie os alunos durante o processo de aprendizagem dos movimentos de rotação e translação da Terra e suas consequências no clima. Também é importante que o professor consiga dominar a ferramenta, para que possa tirar o maior proveito possível.

## 5. Referências

- Wiley, D. (2000) "Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy". Disponível em: <http://www.reusability.org/read/chapters/wiley.doc>. Acesso em 24/08/2015
- Gallo, Patrícia; Pinto Maria das Graças. (2010) "Professor, esse é o Objeto Virtual de Aprendizagem" Disponível em: <http://tecnologiasnaeducacao.pro.br/wp-content/uploads/2015/07/Art2-vol2-julho2010.pdf>. Acesso em 24/08/2015
- Nascimento, J. O. do; Neide, I. G; Gonzatti, S. E. M. Modelagem e simulação computacional no ensino de Física: Uma proposta de estudo de caso com o PROEJA. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2015, Uberlândia/MG. Anais do XXI SNEF, 2015. v. 1. p. 1-8. Disponível em: < 182 <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0527-2.pdf>>. Acesso em 04/03/2015
- Gonzatti, Sônia Elisa Marchi. Um Curso Introductório à Astronomia para a Formação Inicial de Professores de Ensino Fundamental, em nível médio. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (2008).
- Oliveira, Aureo S. de. (sem data) "Fundamentos de Meteorologia e Climatologia" Disponível em: <http://www1.ufrb.edu.br/neas/documento/category/8-cca-035-meteorologia-e-climatologia-agricola> Acesso em 24/08/2015.
- Silva, Maurício Samy (2010). JavaScript: guia do programador. Disponível em: <https://www.novatec.com.br/livros/javascriptguia/capitulo9788575222485.pdf> Acessado em 25/08/2015.
- Young, Hugh D.; Freedman, Roger A. Física II: Termodinâmica e Ondas (2008), 12 ed.
- Vianello, R. L. e Alves, A. R. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa: UFV – Imprensa Universitária. 1991. 449 p.

# RASTREADOR SOLAR: UM PROTÓTIPO PARA PROMOVER MELHORIAS NA CAPTAÇÃO DA LUZ SOLAR

Augusto Junqueira Wolf<sup>1</sup>, Daniel Buchi<sup>1</sup>, Daniel Gustavo Benvenuti<sup>1</sup>, Cláudio Roberto do Rosário<sup>1</sup>, Everson Michel Boufet<sup>1</sup>, Jader Osvino Fiegenbaum<sup>1</sup>, Maicon Ferreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário UNIVATES  
Lajeado – RS – Brasil

*awolf1@universo.univates.br, claudio.rosario@univates.br {everson.boufet,jaderfiegenbaum,eng.maiconf}@gmail.com, {dani\_buchi, daniel.benvenuti}@hotmail.com*

**Resumo:** A escassez de energias limpas e problemas de distribuição de energia justificam a busca por meios de melhor aproveitamento da energia. Um sistema que acompanhe a luz solar e obtenha o maior aproveitamento dessa luz é uma alternativa para quem preocupa-se com o meio ambiente e com os custos de energia elétrica. Desta forma, a pesquisa demonstra que um painel fotovoltaico acoplado a um sistema de rastreamento solar móvel pode ser mais eficiente que um painel convencional fixo.

**Abstract:** The clean energies' scarcity and energy's distribution problems justify the search for means of best energy's utilization. A system that accompanies the sun light and obtains the better utilization of its light is an alternative for the people who concern about the environment and electricity's costs. This way, this search shows that a photovoltaic panel coupled to a solar tracking system move can be more efficient than a conventional fixed panel.

## 1. Introdução

A energia solar que incide em nosso planeta é considerada uma fonte de energia pura e inesgotável e sempre foi alvo de pesquisas. Segundo Reis e Silveira (2012), a geração de energia solar em eletricidade pode acontecer de forma indireta, gerando calor para turbinas a vapor que acionam um gerador elétrico, ou de forma direta, através de painéis fotovoltaicos.

Conforme Castro (2002), a potência de uma única célula fotovoltaica não ultrapassa 2 W, para aumentar esta potência é necessário agrupar diversas células que formam módulos, variando o número de células de acordo com a necessidade. Ainda segundo o autor, normalmente são utilizados de 30 a 40 células ligadas em série ou paralelo.

A escassez de energias limpas e problemas de distribuição de energia justificam a busca por meios de alternativas de aproveitamento da energia. Locais com problemas como a falta de chuva e alta incidência solar não propiciam o uso de usinas hidroelétricas, torna-se viável o uso de painéis solares, estes que possuem uma eficiência diretamente relacionada à incidência da luz solar.

## 2. Objetivo

Desenvolver um protótipo de painel solar móvel com objetivo de avaliar a eficiência energética em comparação a um painel solar fixo, a fim de comprovar que o rastreador solar móvel pode ser mais eficiente que o painel fixo.

Desenvolvido um software WEB com a linguagem PHP e banco de dados PostgreSQL para coleta de dados de ambos os painéis.



### 3. Referencial Teórico

Conforme dos Reis (2011) podemos definir energia fotovoltaica como a energia obtida através da conversão de energia solar em elétrica. Ainda, segundo o autor, no ano de 1958 iniciou-se com sucesso o uso de fotocélulas nos programas espaciais, tornando-se base para o uso de células solares até o final de 1970. Ao fim da década de 70 o uso em terra tornou-se maior que o espacial, melhorando ano após ano.

Segundo Pereira e Colle (1997), a incidência média de energia solar no Brasil por  $m^2$  é de 9 a 27 Megajoules (MJ) por dia, o que equivale de 5 a 7,5 Quilowatts/hora (kW/h), esta variação se dá de acordo com o local e época do ano.

O uso de painéis fotovoltaicos está se tornando cada vez mais comum, seja para fins de economia de energia ou em áreas onde não existe rede elétrica. Segundo pesquisas realizadas na área, somente no ano de 2013 houve um crescimento de 38% em instalações de energias fotovoltaicas.

No panorama brasileiro são utilizados painéis solares fixos, que não fazem o total aproveitamento da energia solar, pois devido ao movimento de rotação do planeta terra, o grau de incidência dos raios solares muda no decorrer do dia. O modelo proposto é um painel solar móvel, denominado rastreador solar, que se movimentará para que os raios solares sempre incidam sobre o painel aproveitando ao máximo o potencial energético. Este tipo de painel já está sendo utilizado em outros países, mas não no Brasil.

### 4. Metodologia Científica

O presente trabalho está enquadrado em pesquisa quantitativa, pois segundo Wainer (2015), ela é baseada na medida de variáveis não objetivas, geralmente utilizando técnicas estatísticas ou com ênfase em comparação de resultados. De acordo com Ramos et. al.(2003), pesquisa com abordagem quantitativa é tudo que pode ser mensurado em número, classificado e analisado. O trabalho será baseado em análise numérica, através de cálculos e comparações de potência entre o painel móvel e fixo.

O trabalho é enquadrado enquanto ao modo de abordagem como explicativo, pois segundo Gil (2002), a pesquisa explicativa é o tipo de pesquisa que explica a razão e o porquê das coisas. Têm como principal preocupação identificar fatores que contribuem ou determinam certo fenômeno. Já a coleta de dados será através da pesquisa experimental, ainda em consonância com o autor, a pesquisa experimental seleciona variáveis de um determinado objeto de estudo, capazes de influenciar o resultado e como os efeitos destas variáveis serão controlados e observados ao produzir efeito sobre o objeto. Ela não precisa ser realizada em laboratório, desde que apresente as propriedades de manipulação (pesquisador deve manipular ao menos uma característica do objeto), controle (introduzir controles na experimentação) e distribuição aleatória.

### 5. Experimentação

#### 5.1. Projeto

O protótipo parte da ideia de que sensores LDRs (Light Dependent Resistor), dispostos lado a lado, separados por uma espécie de placa, farão a leitura de luminosidade do local, caso haja uma diferença

de luminosidade entre eles o painel deve-se movimentar em direção do sensor com maior intensidade para que a mesma luminosidade esteja sendo lida por todos.

A movimentação do painel nos eixos será realizada por dois motores, um para o eixo X e outro para o Y, assim o painel poderá capturar a maior intensidade independentemente de onde esteja fixado.

Para que seja possível toda esta movimentação do painel nos eixos, leitura dos LDRs e controle de variáveis, foi necessária a utilização de um Arduino, todos os sensores e atuadores estão ligados a ele e através seu software é feita a inteligência do mecanismo.

Para a aquisição de leituras de movimento e/ou intensidade é utilizado um cartão de memória na placa Arduino. Nele será gerado um arquivo CSV, que poderá enviar a um computador os dados desejáveis pelo usuário.

Por fim foi projetada uma estrutura metálica para suporte do painel e demais componentes. A estrutura é feita de alumínio e possui locais que armazenam os motores e o Arduino, além de uma haste que suporta o painel fotovoltaico. Os LDRs são fixados na parte superior do painel por fixadores metálicos.

Figura 1 - Projeto final em funcionamento



Fonte: Dos autores.

## 5.2. Visualização dos dados gravados

Os dados gerados pelo rastreador solar, tanto fixo quanto móvel, estão gravados no cartão de memória em formato CSV. Para sua visualização, o arquivo CSV deve ser transferido para um computador. Este arquivo pode ser aberto por um editor de planilhas ou pelo software desenvolvido para este objetivo.

Os dados contidos no arquivo gravado contêm os campos: painel, data UTC, temperatura, umidade, corrente do sensor 1, corrente do sensor 2, corrente do sensor 3, luminosidade x, luminosidade y, posição x, posição y.

A visualização dos dados pode ser feita na opção “Análise” e os dados podem ser filtrados pela carga de dados, data inicial e final de coleta de dados, e o painel solar (fixo ou móvel).

### 5.2.1 Software desenvolvido

Para a visualizar e analisar os dados gerados pelo rastreador solar, foi desenvolvido um software WEB com a linguagem PHP e banco de dados PostgreSQL. Este software tem em seu banco de dados a estrutura necessária para armazenar os dados gerados pelo rastreador solar.

O software possui as funcionalidades para carregar dados do rastreador solar, excluir cargas de dados anteriores e analisar os dados.

#### 5.2.1.1 Carga de dados

A carga de dados deve ser feita mediante preenchimento do nome da carga, a data e hora que os painéis solares foram ativados e o arquivo contendo os dados. Esta funcionalidade está disponível na opção “Nova carga”.

Cargas de dados antigas podem não ser mais úteis para a análise, logo, podem ser excluídas do software, esta funcionalidade está disponível na opção “Cargas”.

## 6. Resultados

Após a finalização da montagem do protótipo, foram realizadas as coletas de dados. Nos dias 15 e 16 de junho de 2015, os painéis foram colocados em funcionamento durante o período das 9 horas às 17 horas, e assim pode-se obter valores suficientes para análise da eficiência do rastreador.

Tabela 1 – Amostra dos resultados obtidos no dia 16 de junho de 2015

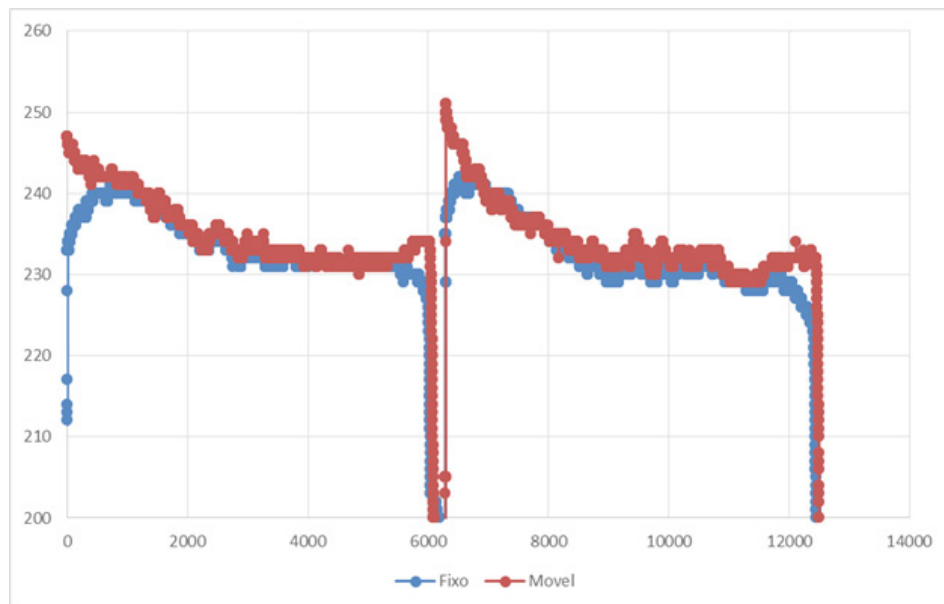
Hora	Temp (°C)	Umidade	Fixo	Móvel	sX	sY	X	Y
09:00:00	9	65	1,1084	1,18164	503	448	20	130
09:00:05	9	65	1,1084	1,18164	503	448	20	130
09:00:15	10	65	1,1084	1,18164	503	448	20	130
09:00:30	10	65	1,1084	1,18164	503	448	20	130
10:54:29	10	64	1,11328	1,18164	505	449	24	130
10:58:59	10	64	1,11328	1,18164	504	449	24	130
11:03:34	10	64	1,11328	1,18164	504	449	24	130
13:40:04	11	63	1,11328	1,18164	501	453	24	130
13:47:04	11	63	1,11328	1,18164	501	452	24	130
13:54:09	11	63	1,11328	1,18164	506	452	25	130
16:16:27	11	62	1,11328	1,18164	504	453	25	130
16:25:11	11	62	1,11328	1,18164	503	453	25	130
16:34:00	10	63	1,11328	1,18164	502	453	25	130
16:42:54	11	62	1,11328	1,18164	501	453	25	130
16:51:53	11	62	1,11328	1,18164	501	453	25	130

Fonte: Dos autores.

O gráfico1 representa os dados coletados nos dias 15 e 16 de junho entre as 9 e 18 horas, no eixo das abscissas, o dia 15 de junho equivale do intervalo de zero a 6000, de 6000 a 13000 equivale ao dia

16. Pode-se analisar que o painel móvel gera tensões maiores durante todo o dia com um ganho mais expressivo no início e no final do dia. É possível verificar também que no período da manhã o nível de tensão gerado em ambos os painéis é superior ao restante do dia.

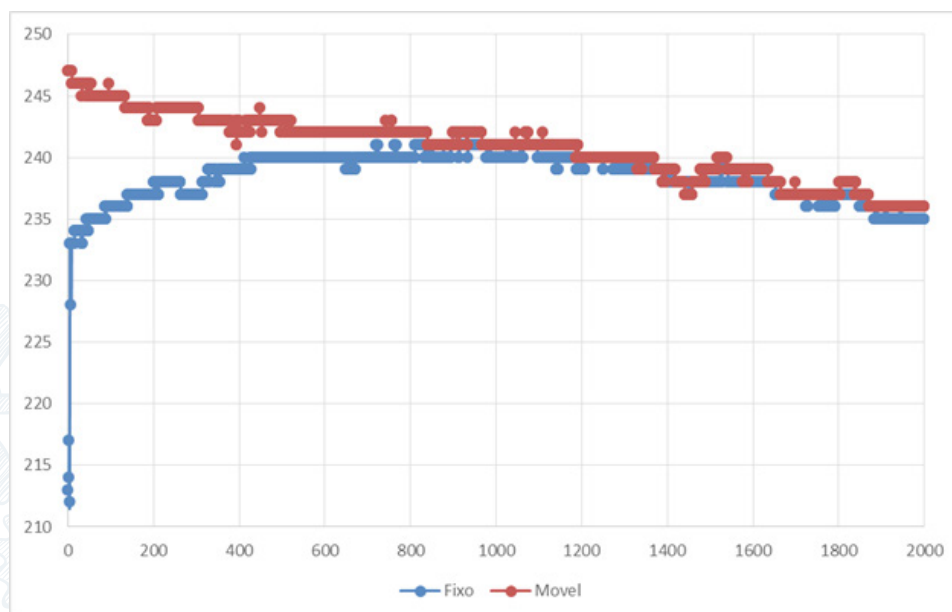
Gráfico 1 - Amostra de dados dias 15 e 16 de junho de 2015



Fonte: Dos autores.

Esta verificação se dá principalmente pelo fato de que a temperatura da placa aumenta no decorrer do dia. Isso influencia diretamente em sua eficiência, quanto maior a temperatura da placa menor será sua eficiência. Uma solução para isso seria revestir o fundo do painel com alumínio para ocorrer uma dissipação maior do calor.

Gráfico 2 - Dados obtidos nas primeiras horas da manhã do dia 15 de junho



Fonte: Dos autores.



Também foi calculada a eficiência do rastreador em comparação ao painel fixo. Analisando os dados coletados tem-se que a média de tensão do painel fixo é de 1,101502553 V já do rastreador móvel é 1,1414909672 V, sendo assim tem-se:

Se a eficiência do painel fixo é de 96,5 % em relação ao móvel. Ou seja, a eficiência do rastreador solar é 3,5 % maior que o painel fixo.

## 7. Conclusão

O referente trabalho demonstra que um painel fotovoltaico acoplado a um sistema de rastreamento solar pode ser mais eficiente que um painel convencional fixo. Esta comprovação pode ser observada visto que a eficiência do sistema rastreado é aproximadamente 3,5 % maior que o painel fixo. Portanto, no painel fotovoltaico móvel desenvolvido no projeto, a energia disposta é suficiente para se auto sustentar e ainda gerar mais energia que o painel fotovoltaico fixo.

Quanto ao projeto ainda há melhorias a serem implementadas, como leituras em intervalos de tempo maiores para diminuir o consumo, processo de rastreamento mais eficiente para melhorar o posicionamento do painel, revestimento com alumínio para dissipação maior do calor e diminuição do peso total da estrutura.

## Referências

Castro, R. M. G. (2002) "Introdução à energia fotovoltaica", Instituto superior técnico. LISBOA – Portugal.

Gil, A. C. (2002) "Como elaborar projetos de pesquisa", 4ª edição, São Paulo, Atlas.

Pereira, E. B. e Colle, S. (1997) "A energia que vem do sol", IN Ciência Hoje, São Paulo, SBPC. vol. 22, n. 130, p. 24-35.

Ramos, P., Ramos, M. M, e Busnello, S. J. (2003) "Manual prático de metodologia da pesquisa: artigo, resenha, monografia, dissertação e tese", Blumenau: Acadêmica.

Reis, L. B. D. (2011) "Geração de energia elétrica", 2.ed. revista e atualizada Barueri, SP: Manole, 2011. p.460.

Reis, L. B. D. e Silveira, S. (2000) "Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável", Editora USP, São Paulo, SP.

Wainer, J. (2007) "Atualização em informática 2007," Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação. Rio de Janeiro: PUC-Rio. 2007. p. 221-262.

# RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE MISTURAS ASFÁLTICAS COM ADIÇÃO DE CINZA PESADA

Evelice Pavei<sup>1</sup>; Joe Villena<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Curso de Engenharia Civil – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)  
Criciúma – SC – Brasil

<sup>2</sup>Professor Doutor do Curso de Engenharia Civil – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)  
Criciúma – SC – Brasil

*evelicepavei@gmail.com, joevillena@gmail.com*

**Abstract:** The bottom ash is a waste product of brown coal burning for energy production at the power plants. The volume generated is usually deposited in landfills causing a major environmental liability that does not have an effective management policy. To contribute to the reuse of this byproduct, this study evaluates the influence of bottom ash incorporation into the tensile strength of the asphalt mixtures. Mixtures with and without addition of 2, 4, 8 and 12% of bottom ash to replace mineral aggregate were designed and subjected to tensile strength test. The results show that incorporation of 2% of bottom ash increases the tensile strength by up to 56% compared to the reference mixture without bottom ash. It was found, moreover, that the maximum percentage of adding ash, for which there would be no drop in the resistance value, is approximately 5.9%. Based on the results obtained, the addition of bottom ash in asphalt mixtures would allow the use of a large waste volume collaborating in this way with its environmental management and promoting the economy in the use of natural stone aggregates.

**Resumo:** A cinza pesada é um resíduo, produto da queima do carvão fóssil para a produção de energia nas termelétricas. O volume gerado é, geralmente, depositado em aterros gerando um grande passivo ambiental, que ainda não tem uma política de gestão eficiente. Para contribuir com o reúso deste subproduto, esta pesquisa avalia a influência da incorporação da cinza pesada na resistência à tração das misturas asfálticas. Misturas sem e com adição de 2, 4, 8 e 12% de cinza pesada em substituição ao agregado mineral, foram dosadas e submetidas ao ensaio de resistência à tração diametral. Os resultados mostraram que a incorporação de 2% de cinza pesada incrementa a resistência à tração em até 56% comparada com a mistura de referência, sem cinza. Verificou-se, ainda, que a porcentagem máxima de adição de cinza, para a qual não haveria queda no valor da resistência, é de, aproximadamente, 5,9%. Baseado nos resultados obtidos, a incorporação da cinza pesada nas misturas asfálticas permitirá o uso de um grande volume do resíduo colaborando, desta forma, com sua gestão ambiental e promovendo a economia no uso de agregados pétreos naturais.

## 1. Introdução

As usinas termelétricas utilizam carvão fóssil, para a geração de energia elétrica, o qual é um material que possui uma elevada taxa de matéria orgânica em sua composição. Tanto no processo de combustão, quanto na gaseificação do carvão, são gerados diversos resíduos, como as cinzas. Segundo Rohde (2006), estas cinzas podem ser classificadas em três categorias: escória, originada na queima ou gaseificação do carvão granulado em grelhas fixas e móveis, apresentando granulometria grosseira e blocos sintetizados, com alto teor de carbono não queimado (10 a 20%); cinza leve (*fly ash*), também chamada de cinza volante, constituída de partículas extremamente finas (100% <0,15 mm) e leves, que são arrastadas pelos gases de combustão das fornalhas; e, cinza pesada (*bottom ash*), também chamada

de cinza de fundo, de granulometria mais grossa, que cai para o fundo das fornalhas e gaseificadores, sendo, frequentemente, retiradas por fluxo d'água.

Alguns dos possíveis usos destes resíduos, e que apresentam resultados satisfatórios tanto na construção civil quanto na pavimentação, incluem a utilização das cinzas como materiais constituintes de solos estabilizados com cinza e cal, ou como matéria-prima na produção de artefatos de cimento, substituindo tanto o cimento Portland como o agregado mineral. Estas aplicações, no entanto, não conseguem aproveitar os 100% do resíduo produzido pelas termelétricas, sendo que o volume não utilizado pela indústria é estocado na forma de aterros. Desta forma, a destinação de quantidades significativas da cinza pesada torna-se um grave problema de ambiental já que é de conhecimento da bibliografia mundial e brasileira que as cinzas contêm elementos químicos, metais pesados e substâncias que possuem propriedades químicas e toxicológicas que podem causar danos à saúde humana e ao meio ambiente (ROHDE, 2006).

Outra alternativa para o uso da cinza, seria seu emprego como material constituinte de pavimentos, mais especificamente de misturas asfálticas. Esta opção, caso fosse viável, permitiria o uso de maiores volumes do resíduo, e colaboraria com a economia de agregados virgens. Neste sentido, pesquisas direcionadas ao estudo de materiais alternativos para pavimentação tornam-se importantes devido, sobretudo, à preocupação com a possibilidade de esgotamento dos recursos naturais e aos efeitos adversos que a extração de agregados pode causar ao meio ambiente.

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência da adição da cinza pesada em substituição parcial do agregado mineral na resistência à tração de misturas asfálticas, com a perspectiva de seu emprego em camadas de revestimento de pavimentos flexíveis.

## 2. Materiais

### 2.1 Agregados

Os agregados minerais são de origem basáltica e foram extraídos na região de Rio Cedro Médio, Nova Veneza-SC. A Figura 1 apresenta os agregados minerais utilizados.

Figura 1 – Agregados minerais utilizados na pesquisa: a) brita 3/4", b) pedrisco e c) areia artificial



(a)

(b)

(c)

Fonte: Dos autores.



## 2.2 Ligante

O ligante asfáltico (Figura 2) é do tipo CAP-50/70 e possui 0,07% de melhorador de adesividade *Dope*.

Figura 2 – Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)



Fonte: Dos autores.

## 2.3 Cinza Pesada

A cinza pesada foi coletada nas bacias de decantação do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, Capivari de Baixo – SC (Figura 3).

Figura 3 – Cinza pesada: a) local de coleta e b) cinza pesada selecionada.



(a)

(b)

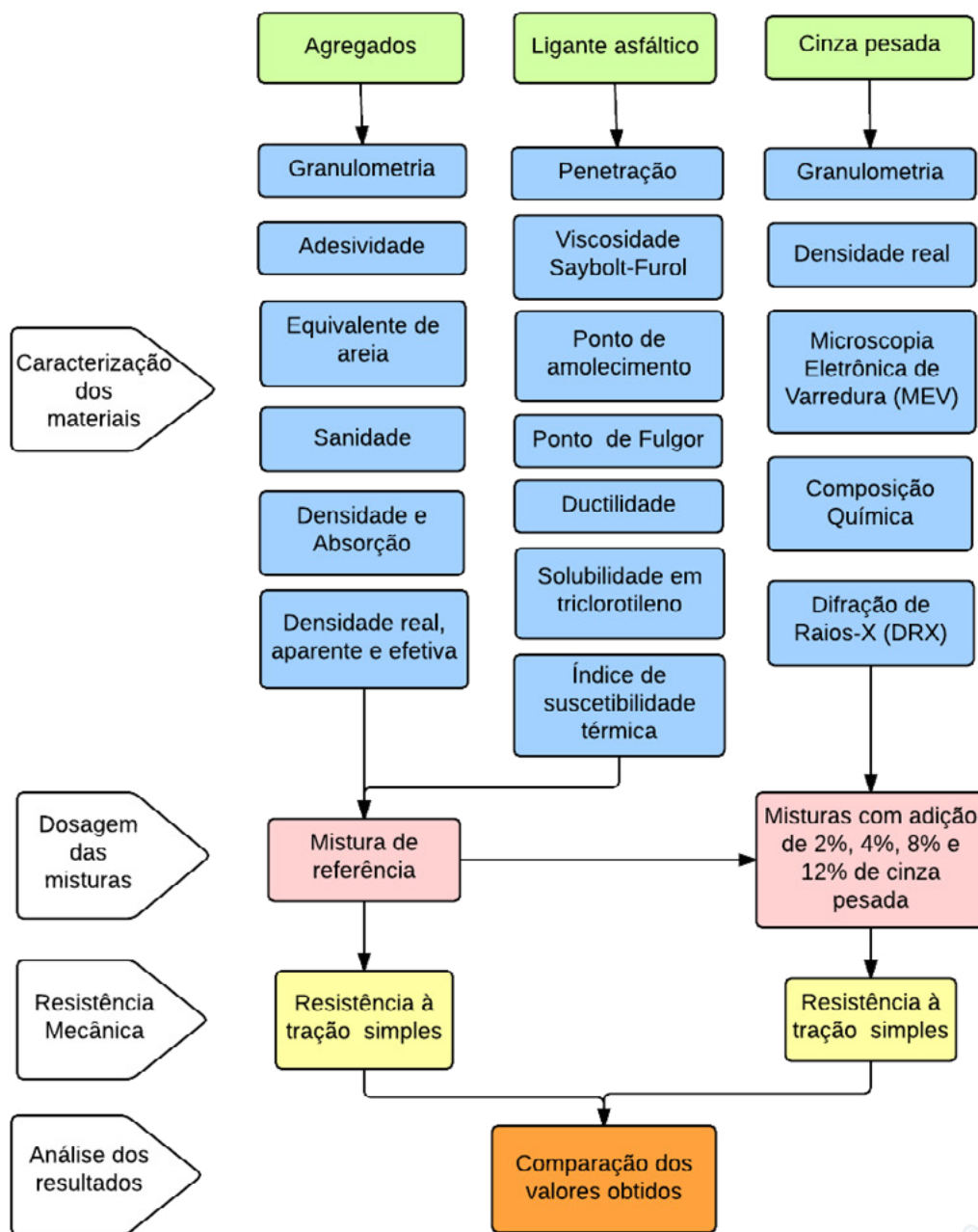
Fonte: Dos autores.

## 3. Métodos

A metodologia adotada é mostrada no fluxograma da Figura 4.



Figura 4 – Metodologia da pesquisa



Fonte: Dos autores.

### 3.1 Caracterização dos materiais

#### 3.1.1 Agregados

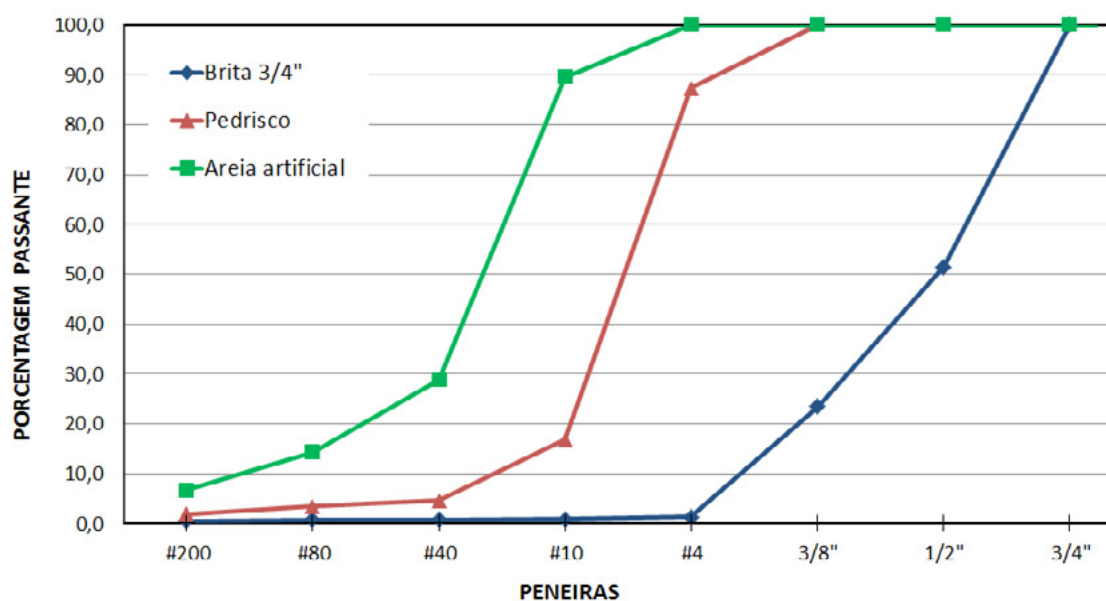
A granulometria e as características físicas dos agregados são mostrados na Tabela 1. A Figura 5 mostra as curvas granulométricas dos agregados estudados.

Tabela 1 – Granulometria e características físicas dos agregados

Peneiras		Porcentagem passante acumulada		
Malha	mm	Brita 3/4"	Pedrisco	Areia artificial
3/4"	19,10	100	100	100
1/2"	12,70	51,5	100	100
3/8"	9,500	23,5	100	100
#4	4,800	1,30	87,3	100
#10	2,000	0,80	16,8	89,5
#40	0,420	0,76	4,52	28,8
#80	0,180	0,68	3,40	14,4
#200	0,075	0,49	1,94	6,72
Densidade real média		3,02	2,94	2,88
Densidade aparente média		2,84	----	----
Absorção média (%)		1,97	----	----
Equivalente de areia (%)		----	0,71	
Sanidade (%)		6,50	----	----
Adesividade		Satisfatório	----	----

Fonte: Dos autores.

Figura 5 – Curvas granulométricas dos agregados



Fonte: Dos autores.

### 3.1.2 Ligante asfáltico

A Tabela 2 apresenta as características físicas do ligante asfáltico utilizado.

Tabela 2 – Especificação do Cimento Asfáltico de Petróleo CAP-50/70

Características	Unidades	Especificação	Resultados	Método
Penetração (100g, 5s, 25°C)	0,1mm	50 a 70	59	NBR 6576
Ponto de amolecimento, mín.	°C	46	47,5	NBR 6560
Viscosidade Saybolt-Furol				
a 135°C, mín.	s	141	158,5	NBR 14950
a 150 °C, mín.		50	84,5	
a 177°C		30 a 150	37,2	
Viscosidade Brookfield				
a 135°C, mín. SP 21, 20 rpm, mín.	cP	274	305	NBR 15184
a 150 °C, mín.		112	159	
a 177°C, SP 21.		57 a 285	68	
Ductilidade a 25°C, mín.	cm	60	>100	NBR 6293
Índice de Suscetibilidade Térmica		(-1,5) a (+0,7)	-1,5	
Ponto de Fulgor, mín.	°C	235	>300	NBR 11341
Solubilidade em tricloroetileno, mín.	% massa	99,5	99,9	NBR 14855

Fonte: Dos autores.

### 3.1.3 Cinza pesada

Os resultados da análise química mostram que a cinza pesada é composta em mais de 87% de vidros formados por sílica, alumina e óxido de ferro, com porcentagens menores de cálcio, magnésio, sulfato e outros elementos. A partir destes dados pode-se afirmar que a cinza pesada é constituída predominantemente de silicatos e aluminatos amorfos, com valores de sílica superiores a 50%. Apresenta também um alto teor de ferro e baixas concentrações de metais alcalinos. A Tabela 3 apresenta os resultados da análise química da cinza pesada.

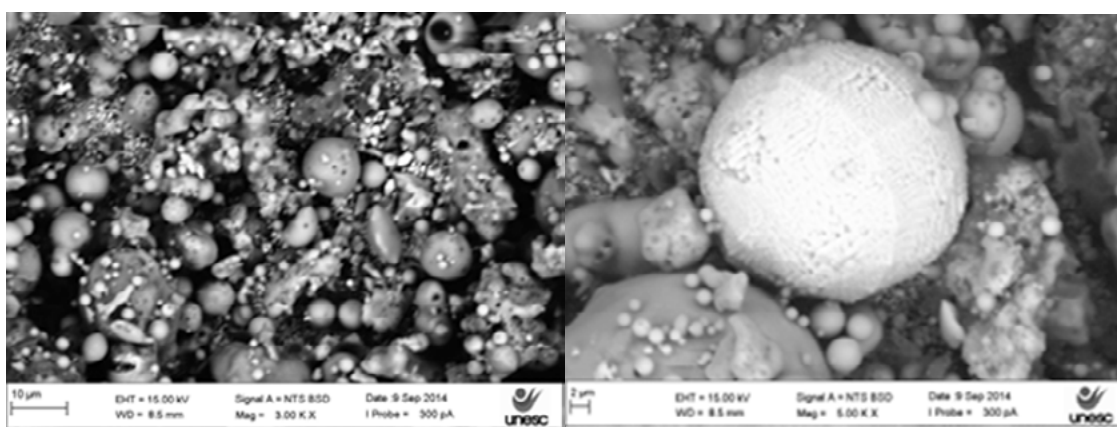
Tabela 3 – Composição química da cinza pesada

Elementos	Teor (%)	Elementos	Teor (%)
SiO <sub>2</sub>	58,46	MgO	0,81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,63	Na <sub>2</sub> O	0,55
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,00	BaO	0,10
K <sub>2</sub> O	2,83	Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09
CaO	1,17	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07
TiO <sub>2</sub>	1,01	MnO	< 0,05
Perda ao fogo		6,06	

Fonte: Dos autores.

As partículas das cinzas pesadas, de uma forma geral, são formadas por aglomerados de grãos esféricos, e densos, por vezes preenchidos por grãos menores de forma também esférica ou irregular (Figura 6). Esta morfologia aplica-se tanto para partículas não metálicas como para as metálicas. Quanto à coloração, varia de cinza escura a cinza clara para partículas não metálicas e preta para as metálicas (ROHDE, 2006). O tamanho das esferas está na faixa de 2 a 20  $\mu\text{m}$ , podendo formar aglomerados de até 0,5 cm. As principais estruturas observadas (Figura 7) são: esfera densa, composição predominantemente sílico-aluminosa, também composta por ferro, e esferas com textura lunar mostrando caráter esponjoso. A fase vítrea, também de natureza sílico-aluminosa, é a mais importante e é constituída, principalmente, por grãos não opacos de formas arredondadas. Sua morfologia está relacionada ao conteúdo de argilo-minerais e às condições de calcinação do carvão, durante o processo de combustão.

Figura 6 – Microfotografias da cinza pesada: (a) estruturas esféricas com superfícies lisas de 10  $\mu\text{m}$  e (b) partícula de ferro 2  $\mu\text{m}$

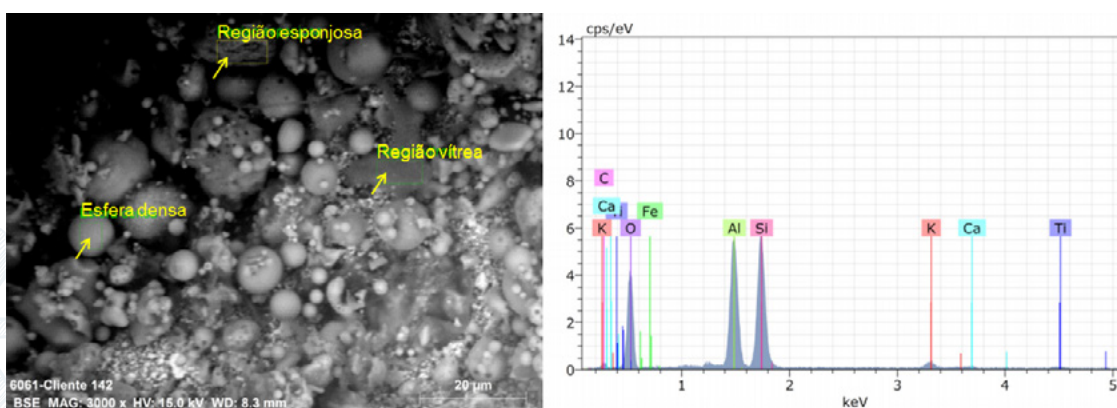


(a)

(b)

Fonte: Dos autores.

Figura 7 – Microfotografias da cinza pesada 20 $\mu\text{m}$ : (a) estruturas observadas e (b) Composição química das estruturas



(a)

(b)

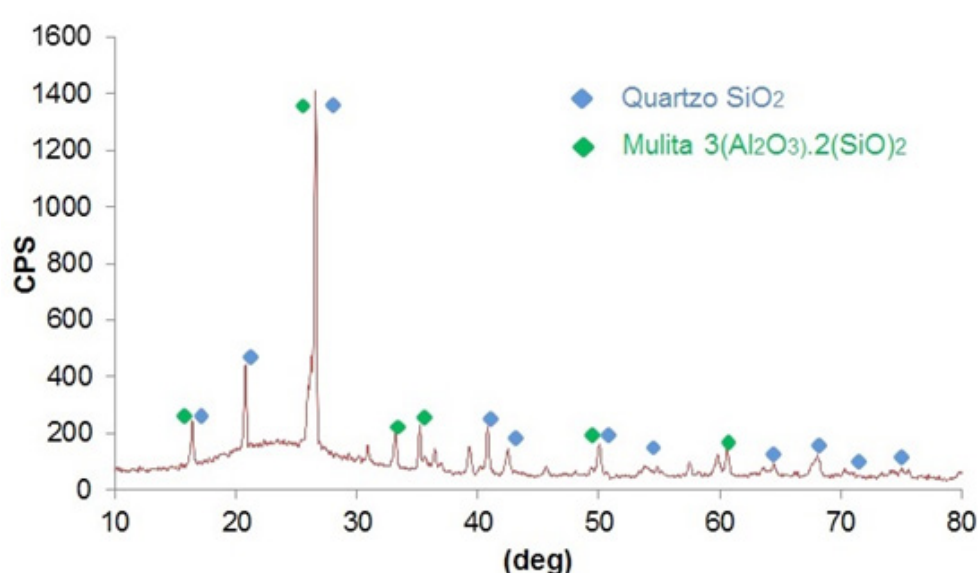
Fonte: Dos autores.

Os resultados obtidos para a cinza pesada, a partir da análise por difratometria de raios-X (DRX); (Figura 8), indicaram a presença de fases cristalinas e amorfas. A fase cristalina é constituída por quartzo, de origem detrítica, e mulita como minerais principais. A mulita tem sua origem a partir



das reações de multilização da caulinita e do interstratificado ilita-esmectita durante o processo de combustão. Ambos os minerais estão associados aos processos geológicos de formação do carvão e são os seus constituintes inorgânicos.

Figura 8 – Difratoograma de raios-X da cinza pesada



Fonte: Dos autores.

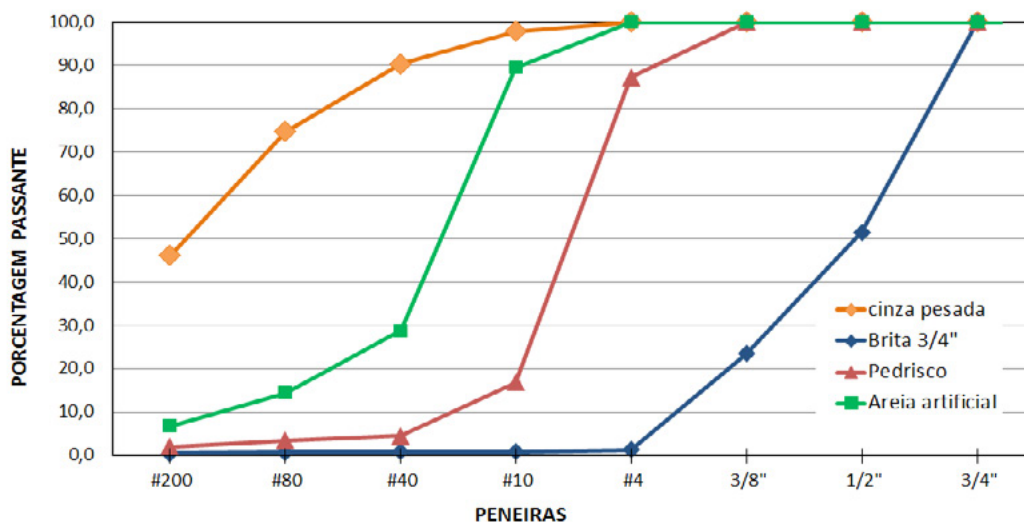
A análise granulométrica da cinza pesada é mostrada na Tabela 4, e na Figura 9, em comparação com as curvas granulométricas dos demais agregados utilizados. Este ensaio mostrou que a cinza pesada é um material granular com distribuição granulométrica, predominantemente, do tamanho de areia. A presença significativa de partículas ocas nas cinzas pesadas provenientes do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda (Capivari de Baixo – SC), resulta em uma baixa densidade real média para este material, sendo que, através da realização do ensaio pelo método do picnômetro, foi encontrado um valor de densidade em torno de 2,097 g/m<sup>3</sup>.

Tabela 4 - Granulometria da cinza pesada

Peneiras		Porcentagem passante
Malha	mm	acumulada
3/4"	19,10	100
1/2"	12,70	100
3/8"	9,500	100
#4	4,800	100
#10	2,000	97,9
#40		90,4
0,420		
#80	0,180	74,7
#200	0,075	46,1
	Densidade real, g/cm <sup>3</sup>	2,097

Fonte: Dos autores.

Figura 9 – Curva granulométrica da cinza pesada e agregados.



Fonte: Dos autores.

### 3.2 Dosagem das misturas asfálticas

A dosagem das misturas asfálticas foi realizada segundo a Metodologia Marshall (DNER-ME 043/95) para tráfego pesado. Foram dosadas cinco tipos de misturas; uma mistura de referência (REF) sem adição de cinza, e quatro misturas com adição de 2, 4, 8 e 12% de cinza pesada (CP-2, CP-4, CP-8 e CP-12), respectivamente. Todas as misturas são de granulometria densa (Faixa C do DNER).

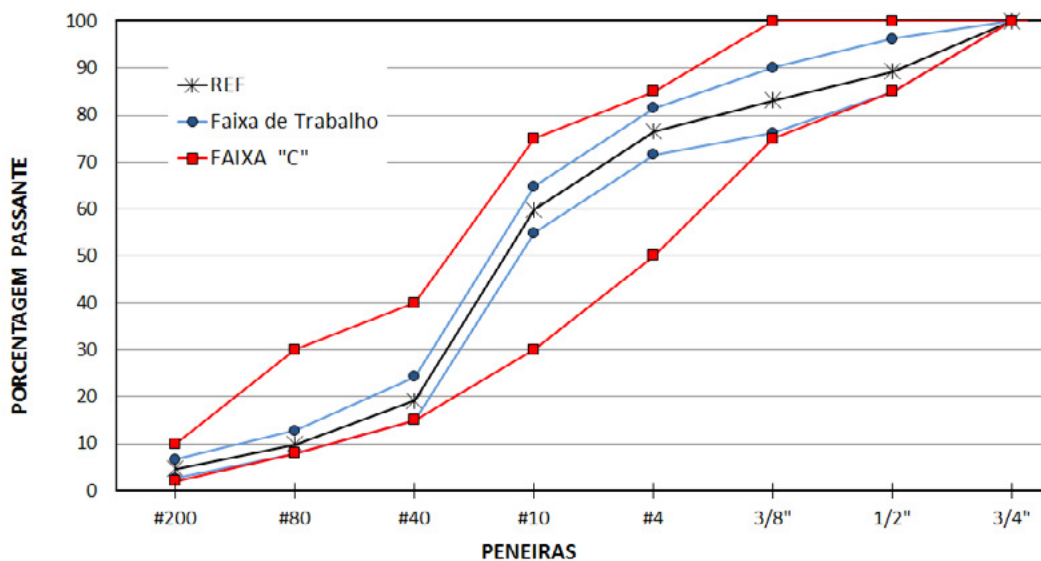
Para a composição granulométrica da mistura de referência foram utilizados os três agregados disponíveis, brita 3/4", pedrisco e areia artificial, nas porcentagens de 22%, 14% e 64% respectivamente. A curva granulométrica resultante mostra uma deficiência de material fino a partir da peneira #40. A adição de cinza pesada, em substituição de uma porcentagem da areia artificial, permitiu um incremento de material fino na granulometria das misturas. A Tabela 5 apresenta as porcentagens dos agregados minerais e da cinza pesada na composição granulométrica das misturas. As Figuras 10 e 11 mostram, respectivamente, a granulometria da mistura de referência e das misturas com adição de cinza pesada.

Tabela 5 – Composição granulométrica das misturas sem e com adição de cinza pesada.

Peneiras		Porcentagem passante acumulada				
Malha	mm	REF	CP-2	CP-4	CP-8	CP-12
3/4"	19,10	100	100	100	100	100
1/2"	12,70	89,32	89,32	89,32	89,32	89,32
3/8"	9,500	83,16	83,16	83,16	83,16	83,16
#4	4,800	76,51	76,51	76,51	76,51	76,51
#10	2,000	59,84	60,00	60,17	60,50	60,84
#40	0,420	19,23	20,46	21,69	24,16	26,62
#80	0,180	9,81	11,02	12,22	14,64	17,05
#200	0,075	4,67	5,46	6,25	7,82	9,40
Brita 3/4", %		22	22	22	22	22
Pedrisco, %		14	14	14	14	14
Areia artificial, %		64	62	60	56	52
Cinza pesada, %		0	2	4	8	12

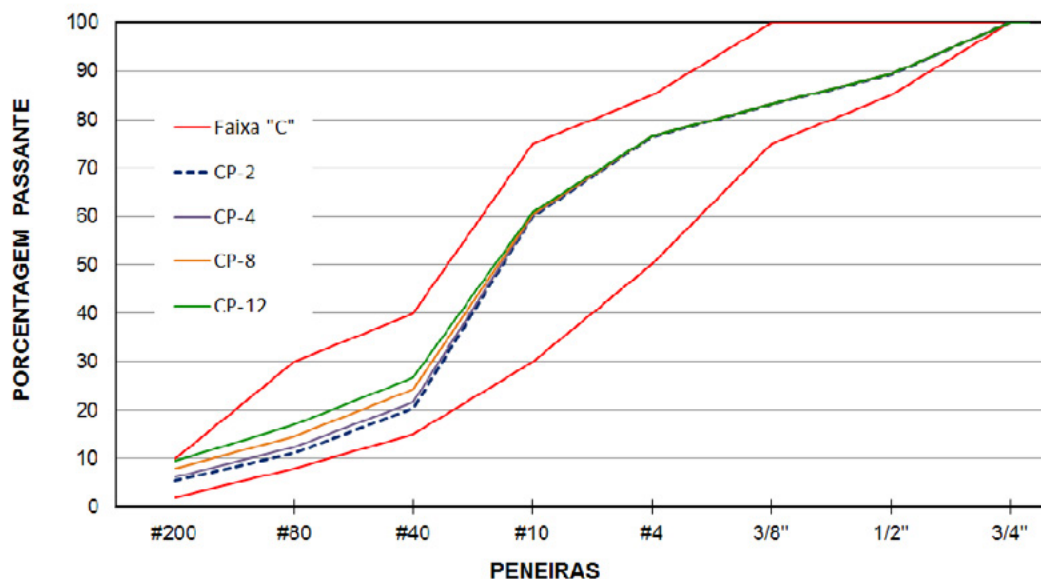
Fonte: Dos autores.

Figura 10 – Composição granulométrica da mistura de acordo com a faixa C do DEINFRA



Fonte: Dos autores.

Figura 11 – Curvas granulométricas das misturas com adição de cinza pesada



Fonte: Dos autores.

Para a usinagem das misturas asfálticas o ligante foi aquecido a 155 °C e os agregados a 165 °C. As misturas usinadas não compactadas permaneceram na temperatura de compactação (140 °C) por duas horas, para simular o envelhecimento a curto prazo do ligante asfáltico, e logo compactadas. Estas temperaturas foram estimadas a partir do ensaio de viscosidade do ligante asfáltico.

Para a determinação do teor ótimo de ligante foram moldadas misturas com 4,0; 4,5; 5,0; 5,5 e 6,0% de ligante. Os resultados da dosagem pela metodologia Marshall são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados da dosagem Marshall para as misturas asfálticas

Teor de ligante, %	Densidade Aparente, g/cm <sup>3</sup>	Volume de vazios, %		Relação Betume Vazios, %		Vazios no Agregado Mineral, %	Volume de betume, %	Estabilidade Marshall, kgf Mín. 500
		Mín. 3	Máx. 5	Mín. 75	Máx. 82			
Mistura de referência								
4,5	2,35	12,82		45,12		23,36	10,54	1001,1
5,0	2,42	9,46		56,06		21,51	12,06	1222,2
5,5	2,54	4,14		77,07		18,06	13,92	1498,4
6,0	2,47	5,76		72,00		20,56	14,80	1317,9
6,5	2,51	3,70		81,47		19,94	16,24	1143,2
Teor ótimo de ligante, %				5,6				
Mistura CP-2								
4,5	2,37	11,82		47,18		22,32	10,50	1250,3
5,0	2,44	8,32		59,12		20,35	12,03	1588,1
5,5	2,44	7,54		63,77		20,77	13,23	1498,0
6,0	2,49	5,01		74,62		19,71	14,70	1435,5
6,5	2,51	3,43		82,45		19,49	16,06	1792,7
Teor ótimo de ligante, %				6,25				
Mistura CP-4								
4,5	2,41	9,89		51,95		20,58	10,69	1541,3
5,0	2,42	8,77		57,69		20,69	11,92	1574,4
5,5	2,41	8,34		61,05		21,41	13,07	2162,5
6,0	2,36	9,61		59,45		23,55	13,94	2129,5
6,5	2,41	7,53		67,15		22,85	15,32	2212,9
Teor ótimo de ligante, %				> 6,5				
Mistura CP-8								
4,5	2,36	11,15		48,42		21,62	10,47	1631,0
5,0	2,38	9,93		54,09		21,62	11,69	1399,5
5,5	2,39	8,69		59,82		21,62	12,93	1621,1
6,0	2,37	8,54		62,18		22,55	14,01	1261,8
6,5	2,42	6,03		71,94		21,50	11,69	1476,7
Teor ótimo de ligante, %				> 6,5				
Mistura CP-12								
4,5	2,30	12,95		44,03		23,13	10,18	1441,2
5,0	2,30	12,01		48,60		23,35	11,34	1502,9
5,5	2,34	9,87		56,29		22,54	12,67	1406,9
6,0	2,33	9,49		59,21		23,26	13,77	1531,3
6,5	2,36	7,77		66,04		22,85	15,08	1416,9
Teor ótimo de ligante, %				> 6,5				

Fonte: Dos autores.

O cálculo do teor ótimo do ligante das misturas foi estimado em função do valor mínimo de estabilidade Marshall, relação betume vazios e o volume de vazios. Todas as misturas estudadas atenderam o critério de estabilidade mínima, mas nem todas as misturas com cinza atenderam os



critérios de relação betume vazios e volume de vazios. Segundo os resultados coletados, a maioria das misturas com cinza precisaria de um teor de ligante superior a 6,5% para atingir os critérios volumétricos. Existe, porém, um erro associado à estimativa destes parâmetros o qual está relacionado com o método de cálculo da densidade máxima teórica (DMT), valor necessário para o cálculo do volume de vazios e da relação betume vazios. Este cálculo foi realizado mediante a ponderação matemática das massas específicas dos agregados. Neste caso, o cálculo do DMT considera que os vazios dos agregados serão preenchidos pelo ligante durante a usinagem das misturas asfálticas; fato que não ocorreria para as misturas com cinza pesada, pois a cinza é muito porosa (poros de tamanhos micrométricos) e, dificilmente, serão preenchidos pelo ligante. (Figuras 6 e 7). Para evitar este erro, e ter um valor mais aproximado da densidade máxima das misturas asfálticas, o mais apropriado seria a realização do ensaio Rice (ASTM 2041, 2000). A Figura 12 apresenta os corpos de prova moldados durante a pesquisa.

Figura 12 – Corpos de prova moldados segundo a metodologia Marshall: a) corpos de prova da mistura de referência (REF), sem adição de cinza pesada e (b) corpos de prova com diferentes porcentagens de cinza pesada



(a)

(b)

Fonte: Dos autores.

Para evitar, no entanto, que o teor de ligante se torne uma variável na pesquisa, todas as misturas foram moldadas com o teor de ligante de 5,6%, correspondente ao ótimo para as misturas de referência. Os resultados da dosagem Marshall para a mistura de referência e para as misturas com adição de cinza com 5,6% de ligante asfáltico são mostrados na Tabela 7. Neste caso, todas as misturas atenderam o critério de estabilidade mínima.

Tabela 7 – Resultados da dosagem Marshall para as mistura com 5,6% de ligante asfáltico.

Misturas	REF	CP-2	CP-4	CP-8	CP-12	Critério
Densidade Aparente, g/cm <sup>3</sup>	2,543	2,449	2,419	2,392	2,345	
Volume de vazios, %.	4,14	7,54	8,34	8,69	9,87	Mín. 3
						Máx. 5
Relação Betume Vazios, %.	77,07	63,77	61,05	59,82	56,29	Mín. 75
						Máx. 85
Vazios Agregado Mineral, %.	18,06	20,77	21,41	21,62	22,54	

Volume de betume, %.	13,92	13,23	13,07	12,93	12,67	
Estabilidade Marshall (75 golpes), kgf	1498,4	1498,0	1512,4	1621,1	1406,9	Mín. 500

Fonte: Dos autores.

### 3.3 Ensaio de resistência à tração (RT)

Após a definição do teor ótimo de ligante, foram moldados três corpos de prova para cada mistura estudada (sem e com adição de cinza pesada), os quais foram submetidos ao ensaio de resistência à tração diametral, (DNIT 136/2010-ME). A Figura 13 mostra os corpos de prova cilíndricos condicionados à temperatura do ensaio e o ensaio de resistência à tração. Os resultados do ensaio são apresentados na Tabela 8.

Figura 13 - (a) corpos de prova cilíndricos condicionados à temperatura do ensaio, (b) ensaio de resistência à tração



(a)

(b)

Fonte: Dos autores.

## 4. Resultados

Como mostrado na Tabela 8 a resistência à tração das misturas asfálticas é incrementada com o aumento do teor de cinza pesada. O aumento de resistência atinge o valor máximo de 1,65 Mpa para uma porcentagem de adição de cinza de 2%. A partir desse valor, o incremento da porcentagem de cinza causa uma diminuição na resistência das misturas.

Tabela 8 – Resistência à tração das misturas asfálticas sem e com adição de cinza pesada.

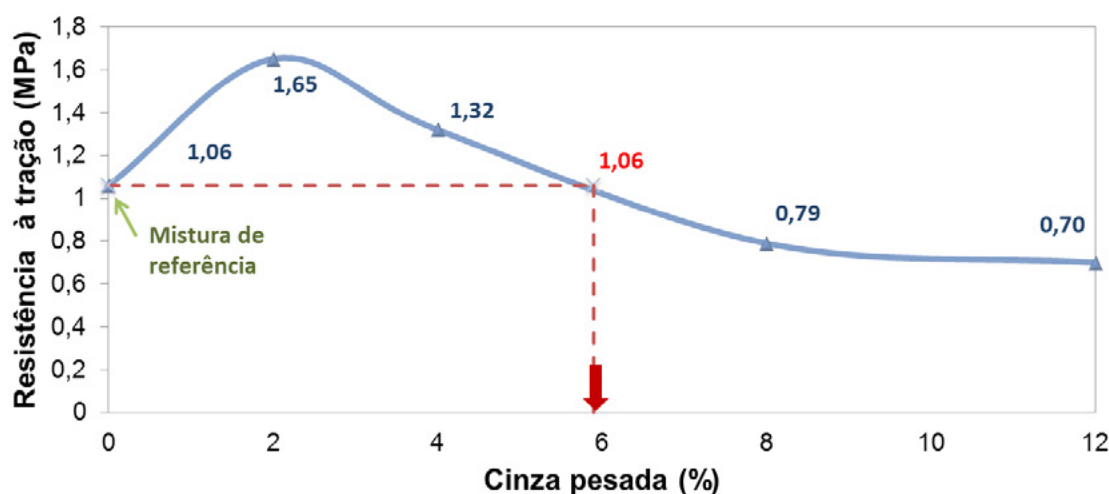
Amostra	Leitura, kgf	Resistência à tração, MPa	RT média, MPa
Mistura de referência			
A	520	1,13	1.06
B	540	1,18	
C	405	0,87	
Mistura CP-2			

A	765	1,69	1.65
B	750	1,62	
C	745	1,64	
Mistura CP-4			
A	570	1,25	1.32
B	655	1,44	
C	590	1,29	
Mistura CP-8			
A	340	0,71	0.79
B	430	0,90	
C	370	0,77	
Mistura CP-12			
A	400	0,85	0.70
B	290	0,61	
C	300	0,63	

Fonte: Dos autores.

Este fenômeno pode estar relacionado com o aumento de material fino, pela adição de cinza pesada, na granulometria das misturas. O aumento do teor de finos a partir da peneira #40 permitiria o aumento dos pontos de contato entre os agregados minerais conferindo maior resistência mecânica às misturas. A partir de uma porcentagem de cinza de 2%, porém, a presença do material fino em excesso causaria a perda de contato entre as partículas maiores, diminuindo a resistência das misturas. Desta forma, existirá uma porcentagem mínima de cinza pesada para a qual a resistência à tração atingira um valor máximo e uma porcentagem máxima para a qual a resistência à tração será igual à da mistura de referência. Estas duas porcentagens foram estimadas visualmente a partir da Figura 14 que mostra a influência do teor de cinza pesada na resistência à tração das misturas asfálticas.

Figura 14 – Influência do teor de cinza pesada na resistência à tração das misturas asfálticas



Fonte: Dos autores.

A porcentagem para a qual a mistura asfáltica atingiria seu valor máximo foi estimada em, aproximadamente, 2%. Da mesma forma, o valor máximo de adição de cinza, para a qual a resistência à



tração das misturas seria igual à da mistura de referência, foi estimada em 5,9%. A partir desse valor, a adição de cinza pesada diminui, ainda mais, a resistência das misturas.

Se uma mistura com 2% de cinza pesada (porcentagem ótima de adição de cinza) fosse utilizada para a construção de uma rodovia de 7,20 m de largura e com um revestimento asfáltico de 10 cm de espessura; o consumo de cinza seria de aproximadamente 34,56 t por quilômetro. No caso de ser utilizada uma mistura com 5,9% de cinza pesada (porcentagem máxima de adição sem risco de perda da resistência), poderiam ser utilizados até, aproximadamente, 102 t de cinza por quilômetro.

## 5. Conclusões

A cinza pesada é um material fino com a presença de vazios micrométricos os quais, dificilmente, serão preenchidos com ligante. O cálculo dos parâmetros volumétricos, relação betume vazios e volume de vazios, das misturas com cinza durante a dosagem deve levar em consideração esta característica.

Por ser um material fino, a adição de cinza pesada permitiu um refinamento da granulometria da mistura asfáltica de referência preenchendo a deficiência de finos a partir da peneira #40. Esta modificação permitirá o aumento dos pontos de contato intergranular nas misturas.

A adição de cinza pesada permite incrementar a resistência à tração das misturas asfálticas. Este aumento atinge seu máximo valor para uma porcentagem de adição de cinza de 2%. Maiores porcentagens de adição de cinza diminuem a resistência das misturas. O valor máximo de adição de cinza que garantiria uma resistência à tração igual à da mistura de referência é de 5,9%.

Neste estudo foi avaliado a resistência à tração das misturas asfálticas com o mesmo teor de ligante, ou seja, 5,6%. No entanto, as misturas com adição de cinza apresentam granulometria um pouco mais fina e, é de se esperar que o teor ótimo de ligante para estas misturas seja superior. Possivelmente, a dosagem de misturas com adição de cinza com um teor ótimo de ligante maior, permitirá obter misturas asfálticas com resistência à tração, superiores aos calculados nesta pesquisa.

## 6. Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM:**

\_\_\_\_\_. D 2041: standard test method for theoretical maximum specific gravity and density of bituminous paving mixtures. USA, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6293/2001:** Materiais betuminosos - Determinação da ductilidade. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR 6560/2008:** Materiais betuminosos - Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 6576/2007:** Materiais asfálticos - Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. **NBR 11341/2014:** Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 14950/2003:** Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade Saybolt Furol. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 14855/2002:** Materiais betuminosos - Determinação da solubilidade em tricloroetileno. Rio de Janeiro, 2002.



\_\_\_\_\_. **NBR 115184/2005:** Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional. Rio de Janeiro, 2005.

BALDO, J. T. **Pavimentação Asfáltica:** materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558 p.

BERNUCCI L. B., MOTTA L. M. G., CERATTI J. A. P., SOARES J. B., **Pavimentação Asfáltica. Formação Básica para Engenheiros.** Rio de Janeiro. Petrobras. Abeda, 2006. 501p.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 043/95:** Misturas betuminosas a quente – ensaio Marshall. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 054/97:** Equivalente de areia. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 078/94:** Agregado graúdo – adesividade a ligante betuminoso. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 081/98:** Agregados - determinação da absorção e da densidade do agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 083/98:** Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 084/95:** Agregado miúdo – determinação da densidade real. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 085/94:** Material finamente pulverizado – determinação da massa específica real. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 089/94:** Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 093/94:** Solos – determinação de densidade real. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 204/95:** Cimentos asfálticos de petróleo. Rio de Janeiro, 1995.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 136/2010-ME:** Pavimentação asfáltica - Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

SILVA DA, A. J. **Estudo da viabilidade de utilização da cinza pesada em adição ao concreto compactado com rolo (ccr) destinado a camada de base de pavimentos híbridos.** 2006. 180f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, Florianópolis.

ROHDE, G. M. **Cinzas de Carvão Fóssil no Brasil:** aspectos técnicos e ambientais. 1. Ed. Porto Alegre-RS: CIENTEC, 2006. 202p.

WEBER, R. C. **Cinzas pesadas geradas na região carbonífera do Rio grande do Sul:** uso em misturas asfálticas a quente. 2010. 79f. Trabalho de Diplomação para o título de Engenheiro Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS. Porto Alegre.

# INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE PARÂMETROS DO SOLO E DA ESTRUTURA NA DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA DE UMA FUNDAÇÃO SUPERFICIAL

Débora Cristina Posselt<sup>1</sup>, Leonardo Gasparin<sup>1</sup>, Emanuele Amanda Gauer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário Univates

*deboracristinap@hotmail.com, gasparinprojetos@gmail.com, eagauer@univates.br*

**Resumo:** A capacidade de carga do solo é fator determinante para dimensionamento de fundações superficiais, pois o solo é responsável por suportar o peso da estrutura que será construída e as fundações fazem a ligação entre o solo e a estrutura. A capacidade de carga consiste na resistência do solo até sua ruptura, ou seja, o quanto de carga ele suporta antes de romper. Segundo Velloso e Lopes (2010), ao ser aplicada uma carga no solo ele vai recalando proporcionalmente. Estes recalques passam por três fases: a fase elástica, onde o recalque é reversível; a fase plástica, onde os recalques são irreversíveis; e por último a fase de ruptura, onde o solo se rompe e passa a não resistir à carga aplicada. O presente trabalho analisa a sensibilidade de determinados parâmetros (largura da base, profundidade da fundação, ângulo de atrito e coesão do solo) no cálculo da à ruptura da fundação superficial. Os resultados foram obtidos através de uma planilha eletrônica. Percebeu-se que os parâmetros estão totalmente ligados à carga que o sistema solo-fundação suporta, conforme aumentam os valores dos parâmetros também aumenta a capacidade suporte da fundação, sendo que o aumento da profundidade da fundação e da coesão do solo provoca um acréscimo linear na capacidade de carga. O aumento do ângulo de atrito provoca um acréscimo exponencial de capacidade de carga, sendo possível estabelecer relações que representem o crescimento de capacidade de carga à ruptura do solo com a variação destes parâmetros.

**Palavras-chave:** fundações superficiais; capacidade suporte.

## Introdução

Muitas pesquisas já foram realizadas para compreender o processo de compressão do solo e segundo Lima et al. (2006) este processo é de fundamental importância para estimar o comportamento do solo quando aplicado cargas sobre ele.

A primeira equação utilizada para calcular a capacidade de carga é de Terzaghi, que posteriormente recebeu contribuição de outros pesquisadores. Para este estudo levou-se em consideração as contribuições de Brinch Hansen na equação da capacidade de carga.

A capacidade de carga é a resistência do solo até sua ruptura, isto é, o quanto de carga ele suporta antes de romper. Segundo Velloso e Lopes (2010), ao ser aplicada uma carga crescente na superfície do solo, ele vai recalando e quanto maior for a carga, maior será o recalque. Estes recalques passam por três fases: a fase elástica, onde o recalque é reversível; a fase plástica, onde os recalques são irreversíveis; e por último a fase de ruptura, onde o solo se rompe e passa a não resistir a carga aplicada.

O solo pode sofrer três tipos de ruptura: generalizada, localizada e por puncionamento. Conforme Velloso e Lopes (2010), a ruptura generalizada ocorre de forma brusca e catastrófica, levando ao tombamento da fundação. Na ruptura por puncionamento, por sua vez, somente o solo abaixo da fundação sofre recalque e a fundação afunda no solo, enquanto que a ruptura localizada se caracteriza pela transição entre as rupturas generalizada e por puncionamento.

Conforme Suzuki et al. (2008), é difícil estimar o comportamento mecânico dos solos através de parâmetros como peso específico e resistência à penetração, pois estes parâmetros variam muito com as características de cada solo. Devido a isso, as funções que representam a compactação do solo são difíceis de serem modeladas.

O presente trabalho visa representar graficamente a influência dos parâmetros do solo e da fundação na capacidade de carga das fundações superficiais. Os parâmetros avaliados foram a largura da base ( $b$ ), a profundidade de assentamento da fundação ( $D$ ), a coesão do solo ( $c'$ ), e ângulo de atrito interno do solo ( $\phi'$ ).

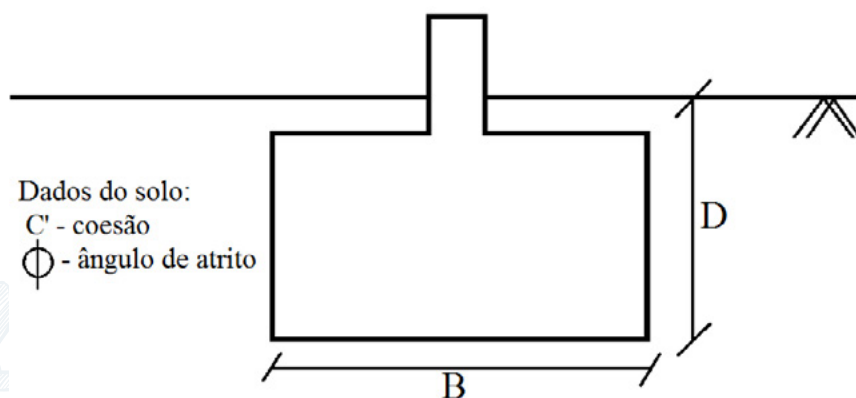
## Materiais e métodos

Para elaboração do trabalho determinou-se um modelo inicial de interação solo-fundação:

- Solo argiloso com peso específico de  $16 \text{ KN/m}^3$ ;
- Fundação de base quadrada;
- Largura da base da fundação foi inicialmente de 0,6 metros (dimensão mínima para fundações superficiais segundo a NBR 6122/2010);
- Profundidade de assentamento inicial de 1 metro;
- Ângulo de atrito do solo  $30^\circ$ ;
- Coesão do solo em 15 KPa.

A determinação dos valores a serem variados bem como os valores iniciais fixados foram atribuídos levando em consideração a NBR 6122/2010, os parâmetros não definidos por norma foram atribuídos de maneira a facilitar a visualização dos resultados e a interpretação do conteúdo gráfico. Na Figura 1 pode-se observar um croqui da fundação superficial e uma tabela utilizados como modelos iniciais do estudo.

Figura 1 - Fundação modelo



Fonte: Dos autores.

Tabela 1 - Valores iniciais dos parâmetros.

PARÂMETROS FIXADOS	VALORES INICIAIS
B - largura da base	0,6 m
D - profundidade da fundação	1,0 m
$C'$ - coesão do solo	15 KPa
$\phi$ - ângulo de atrito	$30^\circ$

Fonte: Dos autores.

Para calcular a capacidade de carga foi utilizada a formulação generalizada da capacidade de carga de Terzaghi, que consiste na Equação (1), obtidas em Velloso e Lopes (2010).

$$\sigma r = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{B}{2} \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma \quad (1)$$

Onde:  $s_c$ ,  $s_q$ ,  $s_\gamma$  são fatores de forma, que são determinados conforme a forma da fundação através das equações da Tabela 2;  $d_c$ ,  $d_q$ ,  $d_\gamma$  são fatores de profundidade, possuem equações para serem calculados e variam conforme a profundidade da fundação;  $i_c$ ,  $i_q$ ,  $i_\gamma$  são fatores de inclinação da carga, utilizados quando a carga está inclinada sobre a fundação;  $b_c$ ,  $b_q$ ,  $b_\gamma$  são fatores de inclinação da base da fundação, utilizados quando a base da fundação é inclinada;  $g_c$ ,  $g_q$ ,  $g_\gamma$  são fatores de inclinação do terreno, utilizados quando a superfície ao lado da fundação está inclinada;  $c'$  é a coesão do solo;  $q$  é a tensão efetiva;  $B$  é a largura da base da fundação;  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  são fatores de capacidade de carga e são calculados levando em consideração os parâmetros do solo.

Para generalizar o problema, os fatores de inclinação da carga (i), de profundidade (d), de inclinação do terreno (g), e de inclinação da base (b), foram considerados iguais a um, visto que a carga foi considerada vertical e centrada, não há inclinação na base da fundação, não há inclinação do terreno e, como escava-se, constrói-se a fundação e reaterra-se, Vesic (1975) sugere desconsiderar os fatores de profundidade da fundação.

A partir dos dados iniciais definidos para o modelo da Figura 1, calculou-se a capacidade de carga através de uma planilha eletrônica. Para calcular os fatores de capacidade de carga,  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$ , foram utilizadas as equações (2), (3) e (4), de acordo com Velloso e Lopes (2010):

$$Nq = e^{\pi \cdot \text{tg} \phi} \cdot \text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2)$$

$$Nc = \text{cotg} \phi \cdot (Nq - 1) \quad (3)$$

$$N\gamma = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \text{tg} \phi \quad (4)$$

Tabela 2 - Equações para calcular os fatores  $s_c, s_q, s_\gamma$ .

Forma da base	$s_c$	$s_q$	$s_\gamma$
Corrida	1,00	1,00	1,00
Retangular	$1 + (B/L) \cdot (N_q/N_c)$	$1 + (B/L) \cdot \text{tg} \phi$	$1 - 0,4(B/L)$
Circular e quadrada	$1 + (N_q/N_c)$	$1 + \text{tg} \phi$	0,60

Fonte: Velloso e Lopes, 2010.

Após ter-se calculado os fatores acima descritos: utilizando os dados do modelo, utilizou-se a equação geral de Terzaghi (Equação 1) para determinar a capacidade de carga à ruptura da fundação.

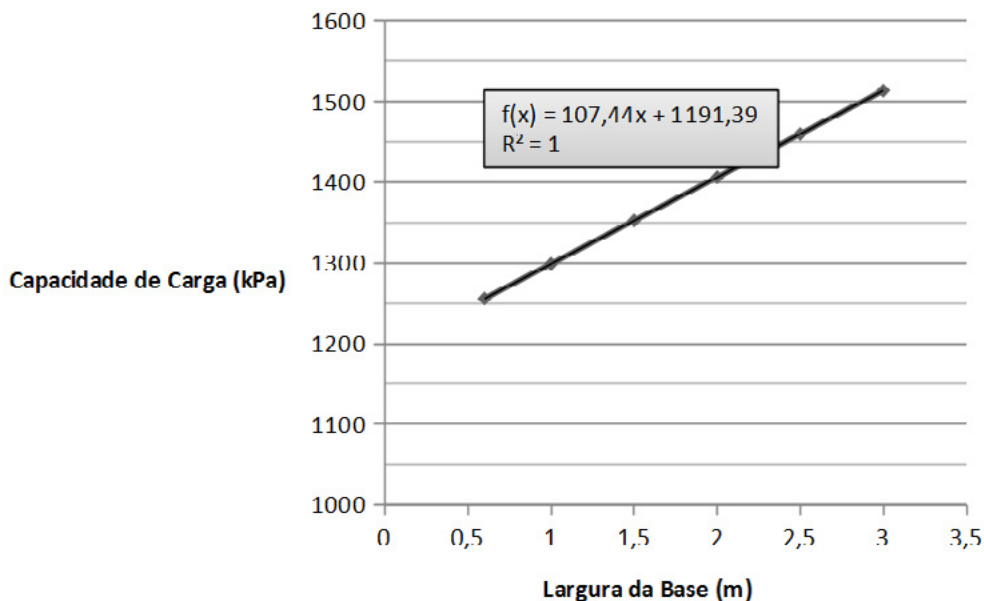


Em seguida, variou-se os parâmetros: largura da base (B) de 0,6 a 3m, ângulo de atrito ( $\phi'$ ) de 5º a 45º, coesão ( $c'$ ) de 5 a 15 Kpa, e profundidade da fundação (D) de 1 a 4m.

## Resultados e discussão

A largura da base (B) foi variada entre 0,6 metros a 3 metros de largura. Com isto obteve-se o Gráfico 1, que mostra o aumento da capacidade de carga, para o aumento da largura da base.

Gráfico 1 - Variação da capacidade de carga com o aumento da largura da base

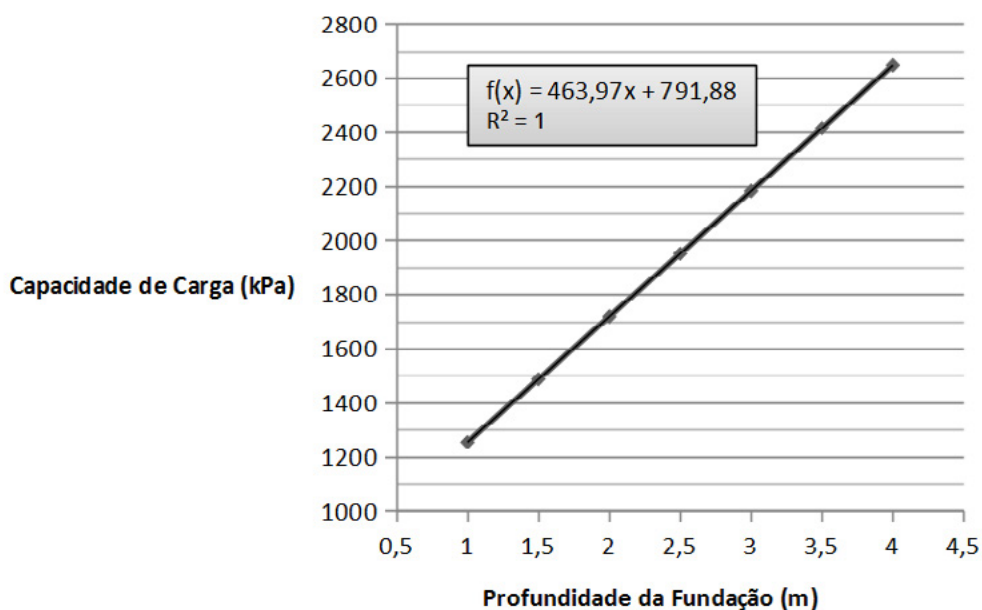


Fonte: Dos autores.

Como pode-se observar no Gráfico 1 a capacidade de carga à ruptura aumenta linearmente com a largura da base da fundação. Quanto mais larga for a base da fundação, maior será a sua capacidade de suporte, como já esperado. Assim, é possível representar a variação da capacidade de carga com a largura da fundação por uma reta de equação =  $107,44 B + 1191,40$ .

O embutimento da fundação (D) teve sua variação entre 1 e 4 metros. O Gráfico 2 mostra o comportamento da capacidade de carga quanto mais profunda a fundação está no solo.

Gráfico 2 - Variação da capacidade de carga com o aumento da profundidade

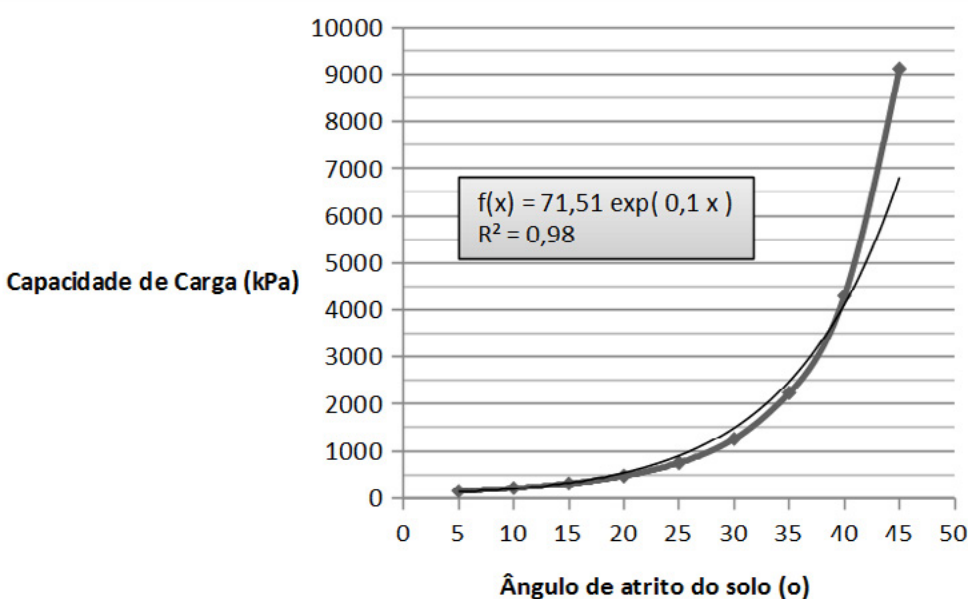


Fonte: Dos autores.

O Gráfico 2 mostra que a capacidade de carga da fundação aumenta linearmente com a profundidade da fundação, percebe-se que quanto mais profunda a fundação, maior será a capacidade de suporte. Assim, é possível representar a variação da capacidade de carga com o embutimento da fundação por uma reta dada pela equação  $= 463,97 D + 791,88$ .

Quanto ao ângulo de atrito interno do solo ( $\phi'$ ), este teve seus valores variando de  $5^\circ$  a  $45^\circ$ , o Gráfico 3 mostra como ocorre a variação da capacidade de carga à ruptura da fundação com o aumento deste parâmetro de resistência.

Gráfico 3 - Variação da capacidade de carga com o aumento do ângulo de atrito



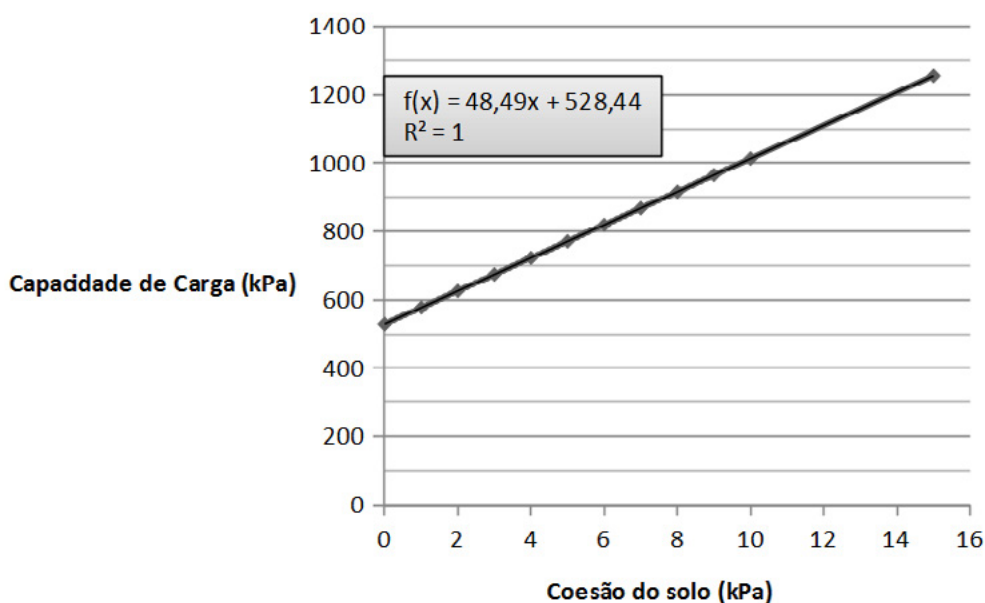
Fonte: Dos autores.

Como pode ser observado no Gráfico 3, a capacidade de suporte aumenta com o aumento do ângulo de atrito do solo, nos valores entre 5º e 30º a capacidade do solo tem uma pequena variação, após os 30º até chegar nos 45º ela tem grande crescimento, indo de 1266,21 KPa e chegando a até 9157 KPa.

Pode-se ajustar uma função exponencial que representa a relação entre o ângulo de atrito do solo e a capacidade suporte, dada por:  $=71,51$  com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,9847. Uma vez que o ângulo de atrito é resultante da interação das duas forças com a força normal, essas grandezas são fundamentais para determinar a capacidade de carga do solo.

A coesão do solo ( $c'$ ) variou de 5 a 15 kPa, o Gráfico 4 mostra como é relacionada a capacidade suporte da fundação para este parâmetro de resistência.

Gráfico 4 - Variação da capacidade de carga com o aumento da coesão do solo



Fonte: Dos autores.

Observando o Gráfico 4 verifica-se que a capacidade de suporte, assim como anteriormente para outros parâmetros como a largura da base e a profundidade da fundação, cresce linearmente com o aumento da coesão do solo. Quanto maior a coesão, mais carga a fundação suporta. Sendo que para o menor valor adotado para a coesão tivemos uma capacidade de carga de 528,44 kPa, e para o maior valor a capacidade chegou a 1255,85 kPa para o modelo de fundação utilizado.

A relação entre a capacidade de carga e a coesão pode ser estabelecida pela equação  $= 48,494 \cdot c' + 528,44$ . Tendo em vista que a coesão representa uma das principais parcelas da resistência ao cisalhamento dos solos em especial neste caso a argila por ser um solo coesivo, é importante a análise deste parâmetro para conhecer a influência do mesmo no momento de dimensionar a fundação.

Após avaliar todos os gráficos, foi observado que o maior valor de capacidade de carga foi obtido na variação do parâmetro ângulo de atrito interno do solo, para um ângulo de atrito de 45º, onde os demais parâmetros estavam fixados com os seguintes valores: largura da base de 0,6 metros, coesão do solo de 15 kPa, e a profundidade da fundação de 1 metro. Com a utilização destes parâmetros a capacidade de carga chegou a 9115,27 kPa.

## Conclusões

Os resultados comprovam que os parâmetros avaliados geram valores diretamente proporcionais sobre a capacidade de carga das fundações superficiais, pois quando aumentamos os valores dos parâmetros, aumenta também a capacidade de carga da fundação.

Solos com um valor de coesão de 15 kPa e ângulo de atrito de 45°, possuem uma capacidade de suporte elevada, suportando grandes cargas da estrutura sem romper.

Os parâmetros largura da base, profundidade da fundação e coesão do solo apresentam uma relação linear de crescimento com a capacidade suporte da fundação, sendo possível ajustar uma função linear que as represente.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6122/10 – Projeto e Execução de Fundações** – Especificação. ABNT, 2010.

LIMA, Claudia L. R. de; SILVA, Alvaro P. da; IMHOFF, Silvia & LEÃO, Tairone P. **Estimativa da capacidade de suporte de carga do solo a partir da avaliação da resistência à penetração**. R. Bras. Ci. Solo, 30:217-223, 2006.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C. & SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Emater/RS; UFRGS, 2002.126p

SUZUKI, Luis E. A. S.; REINERT, Dalvan J.; REICHERT, José M. & LIMA, Claudia L. R. de. **Estimativa da susceptibilidade à compactação e do suporte de carga do solo com base em propriedades físicas de solos do Rio Grande do Sul**. R. Bras. Ci. Solo, 32:963-973, 2008.

VELLOSO, Dirceu; LOPES, Francisco. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. São Paulo – Oficina de Textos, 2010.

VESIC, A. S. Bearing capacity of shallow foundations. In: WINTERKORN, H. F.; FANG, H. Y. (Eds). **Foundation engineering handbook**. New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1975. p. 121-147.



# ESTUDO DA FRAGILIDADE AO REVENIDO DO AÇO SAE 4340

Larissa Lopes Nunes<sup>1</sup>, Flavio Kieckow<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharias e Ciência da computação – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões(URI)  
CEP 98.802-470 – Santo Ângelo – RS – Brasil

*larissalopesnunes@gmail.com, fkieckow@santoangelo.uri.br*

**Abstract:** This paper presents a study about the fragility curve of SAE 4340 steel, after seasons of testing and tempering on 5 specimens in order to clarify why not recommend tempering at temperatures between 230° C and 370° C, range in which to a drop in the steel toughness.

**Resumo:** Este artigo apresenta um estudo quanto a curva de fragilidade do aço SAE 4340, após ensaio de tempera e revenido em 5 corpos de prova a fim de esclarecer o porquê de não se recomendar temperar em temperaturas entre 230° C e 370° C, faixa na qual a uma queda na tenacidade do aço.

## 1. Introdução

O processo de revenido tem como objetivo aliviar tensões causadas pelo tratamento de têmpera. Dependendo da temperatura em que for realizado o revenido, transformações ocorrem em sua estrutura martensítica. Essas transformações ocorrem numa escala crescente à temperatura de revenido, temperaturas mais baixas têm transformação menor ou de pouca significância e em temperaturas mais próximas à temperatura do ponto crítico, ocorrem maiores transformações microestruturais e mecânicas. Quanto mais alta a temperatura de revenido mais grossas as partículas de cementita precipitada.

Durante o processo de revenimento, há uma faixa entre 230° C a 370° C na qual há uma queda na tenacidade do aço submetido a esse tratamento, esse fenômeno é conhecido como “fragilidade da martensita revenida” [CHIAVERINI 2003].

Com o processo de revenido, a martensita (estrutura tetragonal de corpo centrado supersaturada de carbono) formada na tempera, que é uma estrutura metaestável que quando aquecida tende a estabilidade, transformando-se nas fases ferrita e cementita.

Quando elevada a temperatura, aumenta-se a difusão do carbono e possibilita-se a difusão do ferro, então as temperaturas mais altas de revenido levam a redução da dureza e ao aumento da ductilidade.

Devido à carência de respostas foi feito um estudo para comprovar e entender quanto a temperatura que não se deve revenir.

## 2. Objetivo

### 2.1. Objetivo Geral

Realizar tratamentos térmicos de têmpera e revenido no aço SAE 4340 a fim de verificar a existência de uma curva de fragilidade entre as temperaturas de 230° C a 370° C no revenido.

## 2.2. Objetivo Específico

Entender como isso acontece e porque acontece nessa temperatura, e quais são os efeitos causados pelo fenômeno da fragilidade no aço.

## 3. Metodologia

### 3.1. Materiais e Equipamentos

- Mufla com capacidade de aquecimento até 1200° C, utilizado na têmpera e no revenido;
- Máquina universal de ensaio de tração EMIC DL30000, utilizada para determinar as propriedades mecânicas do aço;
- Computador com software Tesc versão 3.04, responsável por informar os resultados e gráficos;
- 5 Corpos de prova de aço SAE 4340 segundo a norma ABNT MB-4;
- Microscópio metalúrgico, utilizado para a análise da microestrutura do aço;
- Bancada metalográfica para preparação de amostras para análise microscópica;
- Reagente Nital 3% para o ataque químico.

### 3.2. Método

Primeiramente, fez-se as têmperas individualmente nos cinco corpos de prova, utilizando a temperatura de 870° C por 24 minutos em todos eles, resfriou-se os corpos de prova em água.

Em seguida fez-se o tratamento de revenido em temperaturas diferentes nos corpos de prova, acrescentando-se de 50° C de um para o outro, ordenando-os do seguinte modo: CP1: 200° C; CP2: 250° C; CP3: 300° C; CP4: 350°C; CP5: 400° C;

Após realizar-se os tratamentos, analisou-se a estrutura cristalina em microscopia ótica e, verificou-se a dureza na máquina de verificar dureza em Rockwell e realizou-se ensaios de tração a fim de obter-se dados para análise.

## 4. Resultados

Os resultados foram divididos entre as propriedades mecânicas e a microestrutura do material.

### 4.1. Propriedades

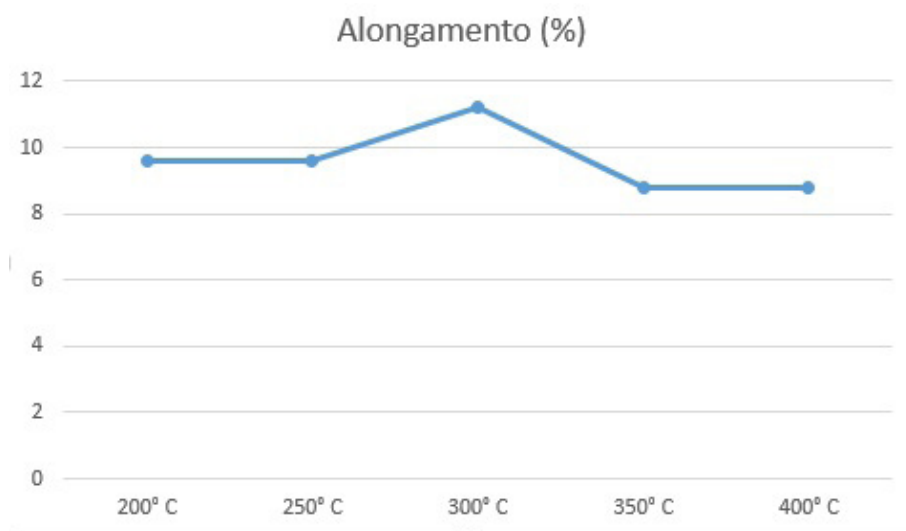
A Tabela 1 apresenta os resultados medidos para as propriedades mecânicas do material.

Tabela 1 - Propriedades

Corpo de prova	Alongamento (Figura 1)	Resistência à Tração (Figura 2)	Dureza(Figura 3)	Estricção (figura 4)
CP1 (200 °C)	4,8 mm (9,6%)	1994 MPa	206,66 HB	8,0 mm
CP2 (250 °C)	4,8 mm (9,6%)	1711 Mpa	200,00 HB	7,3 mm
CP3 (300 °C)	5,6 mm (11,2%)	1658 Mpa	193,33 HB	7,1 mm
CP4 (350 °C)	4,4 mm (8,8%)	1488 Mpa	182,00 HB	6,9 mm
CP5 (400 °C)	4,4 mm (8,8%)	1415 MPa	171,00 HB	6,1 mm

A Figura 1 apresenta de forma gráfica os valores de alongamento.

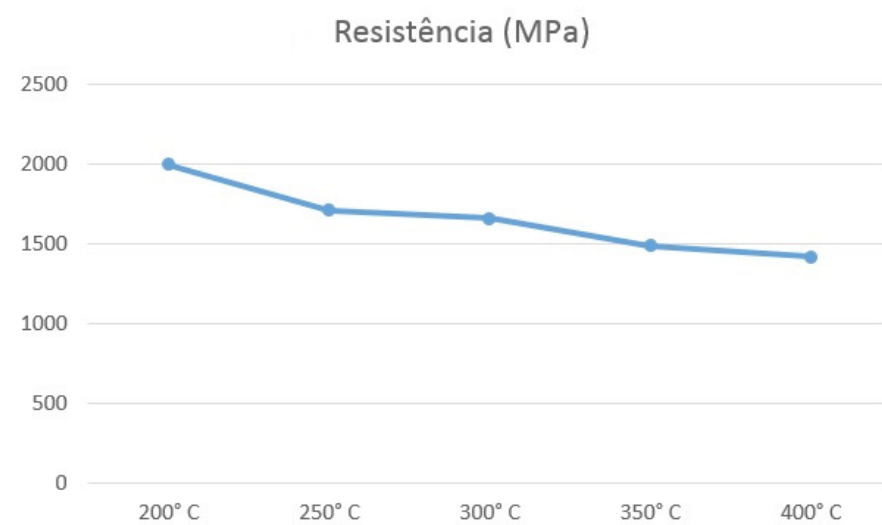
Figura 1 - Alongamento



Fonte: Dos autores.

A Figura 2 apresenta de forma gráfica os valores de resistência.

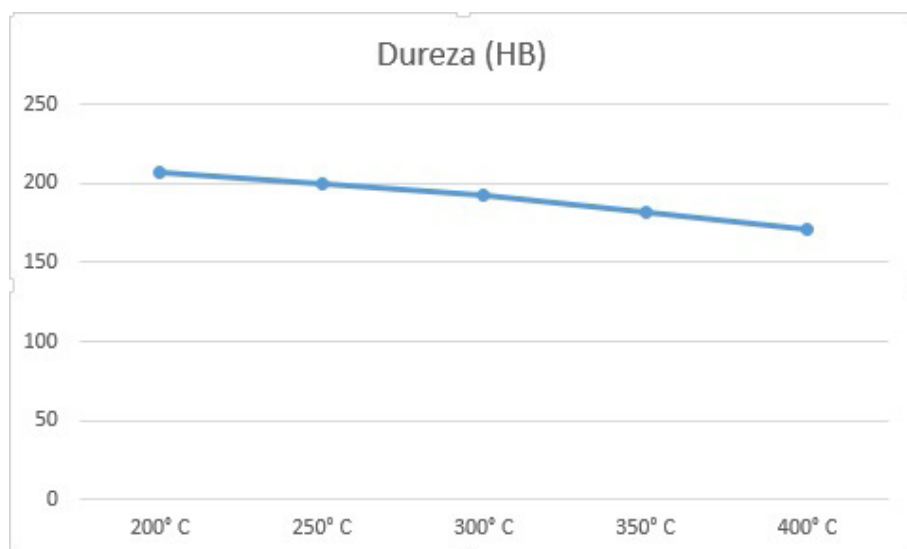
Figura 2 - Resistência



Fonte: Dos autores.

A Figura 3 apresenta de forma gráfica os valores de dureza

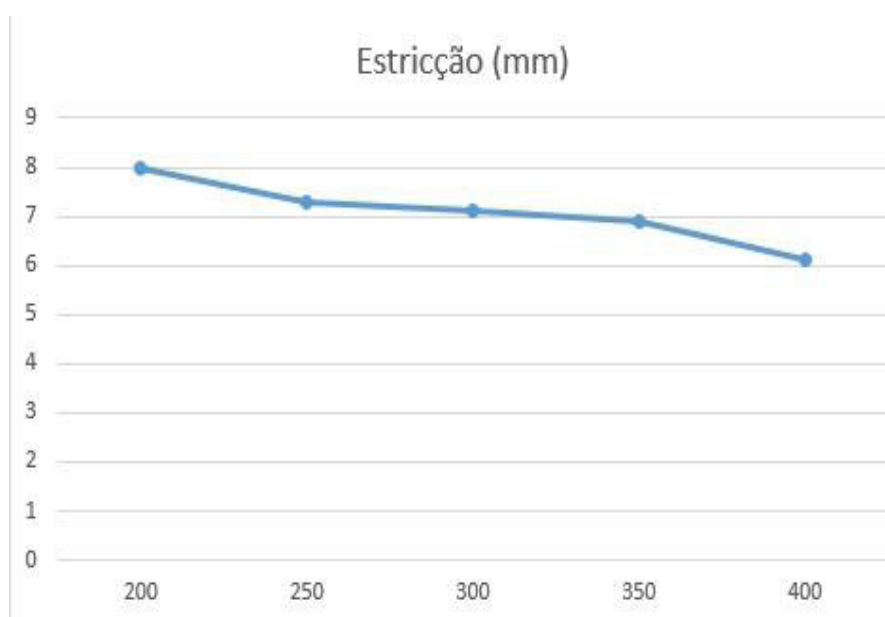
Figura 3 - Dureza



Fonte: Dos autores.

A Figura 4 apresenta de forma gráfica os valores de estricção.

Figura 4 - Estricção



Fonte: Dos autores.

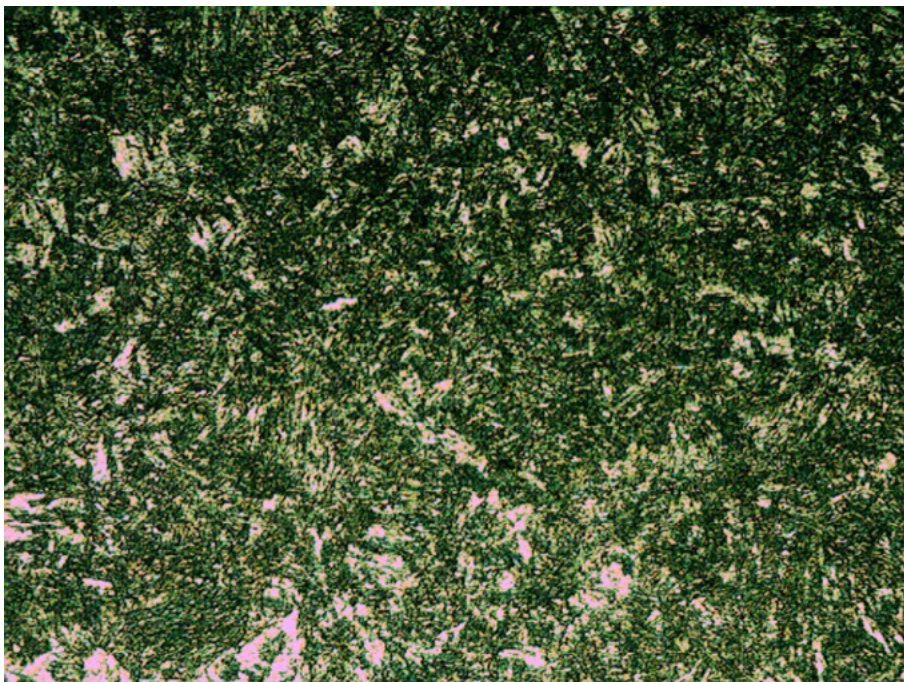
## 4.2. Microestrutura

Na análise por microscopia ótica constatou-se que todos os corpos de prova possuem o mesmo tamanho de grão, classificados com TG 14.

A Figura 5 mostra a análise por microscopia ótica no CP1.



Figura 5 - Microscopia ótica no CP1 (x400)



Fonte: Dos autores.

A Figura 6 mostra a análise por microscopia ótica no CP2.

Figura 6 - Microscopia ótica no CP2 (x400)

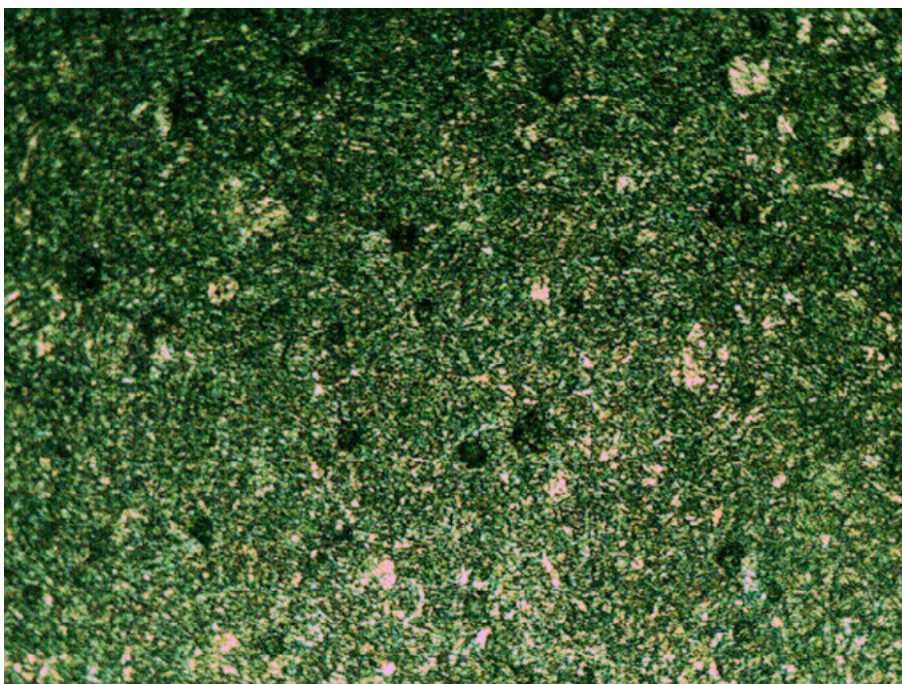


Fonte: Dos autores.

A Figura 7 mostra a análise por microscopia ótica no CP3.



Figura 7 - Microscopia ótica no CP3 (x400).



Fonte: Dos autores.

A Figura 8 mostra a análise por microscopia ótica no CP4.

Figura 8 - Microscopia ótica no CP4 (x450)

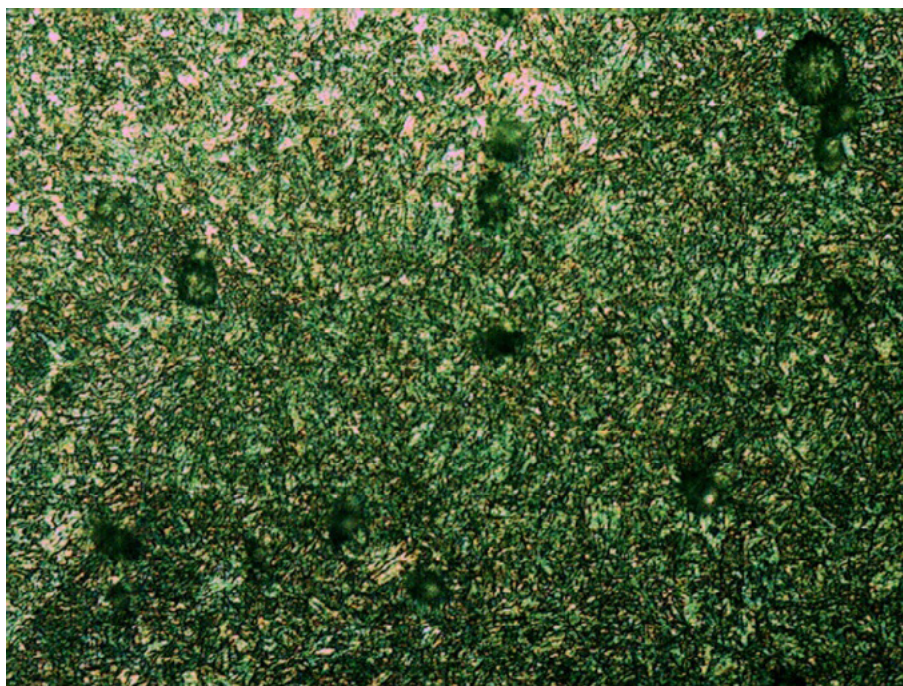


Fonte: Dos autores.

A Figura 9 mostra a análise por microscopia ótica no CP5.



Figura 9 - Microscopia ótica no CP5 (x400).



Fonte: Dos autores.

## 5. Discussões

Ao analisar os resultados obtidos nos ensaios de tração e de dureza, observou-se que há queda contínua nas propriedades mecânicas do aço temperado quanto a resistência e a dureza, conforme o aumento da temperatura de revenido. E há um aumento da ductilidade proporcional ao alongamento na secção da haste dos corpos de prova no ensaio de tração até o CP3, após isso a ductilidade torna a diminuir.

A queda das propriedades mecânicas referentes à dureza e a resistência, mostrou-se menos significativa que o esperado, porém pode ser constatada a existência de uma curva de fragilidade, onde nota-se um leve aumento das propriedades mecânicas ligadas à queda de ductilidade no centro dessa curva, acima dos 350° C no revenido do CP4. Observa-se que a estricção diminuiu mais significativamente no CP5, na temperatura de 400° C.

## 6. Conclusão

Existe uma faixa de maior ductilidade entre as temperaturas de 200° C até 300° C, estas indicadas pelo gráfico do alongamento. Em temperaturas acima de 300° C começa a ocorrer uma queda de ductilidade. A dureza e a resistência diminuem progressivamente com o aumento da temperatura de revenido. A estricção diminui mais significativamente a partir dos 350° C. Temperaturas de revenido maiores não foram testadas nesse trabalho. Estes resultados estão de acordo com a literatura consultada.

## Referências

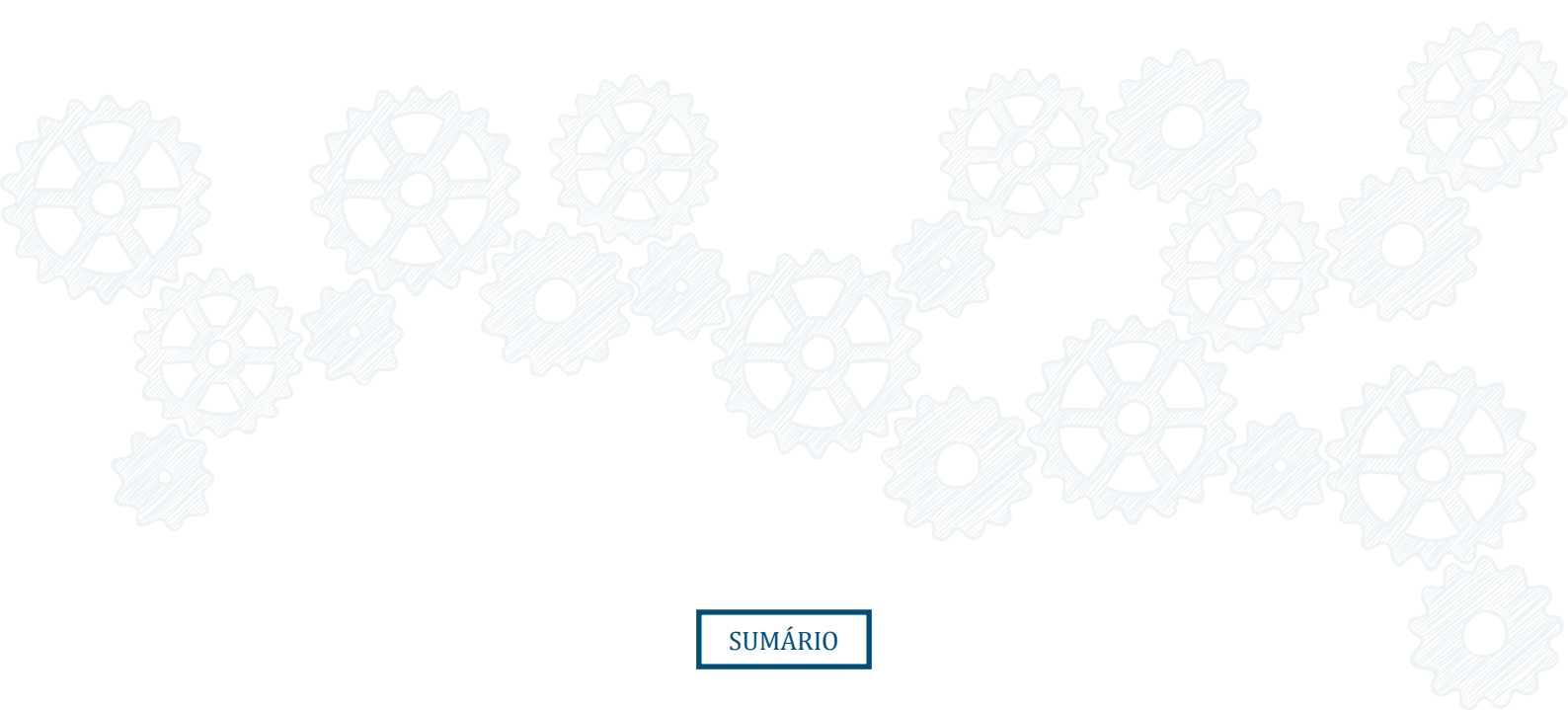
Chiaverini, V. (2003) "Tratamentos Térmicos das Ligas Metálicas. 1 edição", São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais.

“Aço Construção Mecânica – SAE 4340”, <http://www.ggdmetals.com.br/aco-construcao-mecanica/sae-4340>, Junho.

“Influência da temperatura no revenimento do aço SAE 4340”, [http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2009/anais/arquivos/RE\\_1108\\_1409\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/RE_1108_1409_01.pdf), junho.

“Curva TTT”, [http://www.inda.org.br/curva\\_ttt.php](http://www.inda.org.br/curva_ttt.php), junho.

“Revenimento”, [http://www.cimm.com.br/portal/material\\_didatico/6448-revenimento#.VZxeyPIVikp](http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6448-revenimento#.VZxeyPIVikp), junho.





## PROJETO DE EXTENSÃO “ARQUITETANDO”: ESTIMULANDO GRADUANDOS VOLUNTÁRIOS NAS AÇÕES EXTENSIONISTAS

Cristiano Zluhan Pereira<sup>1</sup>, Adriana Magedanz<sup>1</sup>, Sabrina Assmann Lücke<sup>1</sup>, Júlia Estéfani Heydt<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário Univates (Unidade Integrada Vale do Taquari de Ensino Superior)  
Rua Avelino Tallini, 171, Bairro Universitário – Lajeado – RS – Brasil

*cristiano.pereira@univates.br, magedanza@univates.br, sabrinalucke@yahoo.com.br, ju.heydt@hotmail.com*

**Abstract:** Experiences through the practices, the 4th Extension Project Architecting, search Integrating Schools of the regions of the Valley of Taquari and Rio Pardo, highlighting the importance of the mathematical applications contents learned in the classroom proposals for the team dynamics. As with the approach to involvement graduating how cooperating partner and interlocutor during an activity. This integration between graduate student provides an exchange of information and experiences seeing this moment hum of more important of the Project. With such activity is looking to stimulate the study of mathematics, related in daily life, and strengthen so as interpersonal relations of teachers, undergraduates and students.

**Resumo:** Através de vivências práticas, o Projeto de Extensão 4º Arquitetando, busca integrar escolas das Regiões dos Vales do Taquari e do Rio Pardo, evidenciando a importância das aplicações dos conteúdos matemáticos aprendidos em sala de aula nas dinâmicas propostas pela equipe. Tendo como enfoque o envolvimento do graduando como agente colaborador e interlocutor durante a atividade. Esta integração entre aluno e graduando proporciona a troca de informações e vivências sendo este momento um dos mais importantes do Projeto. Com tal atividade se procura estimular o estudo da matemática, relacionado-a ao cotidiano, e fortalecer assim as relações interpessoais de professores, graduandos e alunos.

### Introdução

A inter-relação escola-universidade é o tema principal do Projeto de Extensão “4º Arquitetando”, do Centro Universitário UNIVATES, que tem como principal objetivo proporcionar aos alunos da Educação Básica das regiões dos Vales do Taquari e Rio Pardo, bem como aos graduandos envolvidos como voluntários, vivências diferenciadas ao que tange ao estudo da Matemática, buscando associar conhecimentos fundamentais do ensino fundamental e médio às necessidades dos cursos superiores do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC) da Univates. Visando também, oportunizar aos universitários inseridos no processo, experimentar ações extensionistas dentro do âmbito escolar.

Através de atividades que relacionam teorias com práticas cotidianas, o projeto também objetiva despertar o interesse dos estudantes, de escolas públicas e privadas, por experiências futuras na graduação, mas principalmente reforçar o aprendizado do graduando envolvido na proposta extensionista e atuante como voluntário. Entretanto, neste sentido, o aprendizado do graduando ultrapassa os limites do conteúdo, pois o mesmo tem a oportunidade da socialização, onde a troca de experiências em níveis diferentes antecipa a vivência profissional.

Com relação as possibilidades de interação entre academia e comunidade em geral, as ações extensionistas têm importante papel, assim registrado no documento oriundo do “XX Encontro Nacional de Extensão e Ação Comunitária das Universidades e Instituições Comunitárias”:

As ações de extensão configuram-se como momentos privilegiados em que é possível estabelecer a interação dialógica entre os saberes acadêmicos e os saberes populares, tendo como consequência a elaboração de novos saberes, relevantes para a academia e para a comunidade, um saber resultante da interação entre realidade local e regional, conhecimento acadêmico e popular. (UNIVERSIDADES E INSTITUIÇÕES COMUNITÁRIAS, 2013, p.35)

Em sua quarta edição o projeto utiliza ações pedagógicas divididas em dois níveis: Ensino Fundamental, com o desenvolvimento de uma “minigincana”, que demonstre aos alunos uma maneira cotidiana de vivenciar a Matemática; e Ensino Médio, com um “jogo de tabuleiro”, onde são executadas tarefas matemáticas de cálculo (mental e manuscrito), estimativa, lógica e motricidade. Os conteúdos abordados associam, através de questões práticas e teóricas, a Matemática do ensino básico aos cursos de graduação do CETEC (Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas).

### **Objetivos do projeto em suas ações**

Através de ações pedagógicas diferenciadas, o projeto de extensão “4º Arquetando” busca despertar o interesse e o prazer pelo estudo da Matemática, através de dinâmicas participativas, com tarefas lúdicas e no trabalho colaborativo, envolvendo tanto o aluno quanto o graduando. O jogo, a troca de ideias e a tomada de decisão coletiva, auxilia o estudante da Educação Básica na formação de conceitos, na elaboração de modelos, na criação de estratégias e, conseqüentemente, na resolução de problemas.

Já com relação ao discente universitário envolvido no processo, o projeto permite, além de aperfeiçoar conhecimentos, extrapolar as vivências de sala de aula, interagindo com a comunidade escolar. Neste sentido, segundo Chaves e Gamboa, (2000, p. 164):

Formar profissionais competentes para atuar em situações complexas, produzir conhecimento científico, elaborar materiais instrucionais para socializar conhecimentos, são desafios que nos propomos a encarar a partir do ensino-pesquisa-extensão, tendo como princípio articulador o trabalho pedagógico.

A interação proporcionada pela inclusão do acadêmico voluntário nas atividades extensionistas está de acordo com as diretrizes para extensão nas Instituições Comunitárias de Ensino Superior (ICES), que, novamente citando o documento oriundo do “XX Encontro Nacional de Extensão e Ação Comunitária das Universidades e Instituições Comunitária”, destaca:

A Extensão Universitária constitui-se em um conjunto de ações de caráter interdisciplinar e multidisciplinar, articulando os saberes produzidos na vida acadêmica e na vida cotidiana das populações, para compreensão da realidade e busca de resposta aos seus desafios. Assim, promove a disseminação do conhecimento acadêmico, por meio do diálogo permanente com a sociedade. (UNIVERSIDADES E INSTITUIÇÕES COMUNITÁRIAS, 2013, p.14)

Essa articulação de saberes proporcionada pelos programas de extensão acarreta numa formação discente mais consistente, fazendo com que o graduando retorne para a sala de aula com uma rica bagagem experimental, debatendo conhecimentos adquiridos e relacionando possibilidades teóricas e práticas.

### **O envolvimento do graduando**

No Projeto de Extensão “4º Arquetando” o envolvimento do graduando, de forma voluntária, se faz ativo desde a inscrição para participar da oficina de capacitação com duração média de três horas, até o momento de auxiliar nas atividades com a comunidade externa. É importante frisar que, uma

vez inscrito na oficina, o aluno universitário está comprometido em atuar em alguma ação externa do projeto, ou seja, participar de um momento voltado ao atendimento de alunos da Educação Básica.

### **Oficina de capacitação**

O público-alvo para a participação da oficina de capacitação dos voluntários é, principalmente, alunos do CETEC da Univates, mas também podem participar estudantes de outros Centros, como: Gestão Organizacional, Ciências Humanas e Sociais e Ciências Biológicas e da Saúde.

A divulgação da oficina é feita através do site da Univates, via rádio, exposição de cartazes e outros.

Durante a oficina, o graduando desenvolve as mesmas questões que serão realizadas pelos alunos da Educação Básica, quando da aplicação do projeto, tendo a oportunidade de manusear os mesmos materiais e experimentar os mesmos conteúdos. Sendo assim, é possível vivenciar as mesmas dificuldades que os escolares encontrarão, podendo então organizar-se de forma a atender as demandas durante a atividade na Escola. No final da oficina, os voluntários recebem orientações sobre a efetiva participação deles como agentes de interlocução.

### **O trabalho voluntário**

O envolvimento do graduando está na sua ação como agente colaborador e interlocutor durante a atividade. Esta integração entre aluno e graduando proporciona a troca de informações e vivências, sendo este momento um dos mais importantes do Projeto, com vistas a consolidar a importância social da extensão. Conforme Freire *apud* Síveres (2012, p.74):

Somente através da problematização do homem em suas relações com o mundo e com os homens, é que as pessoas podem alcançar conscientização. O estudante, a medida em que se propõe à participação das atividades extensionistas, redescobre o mundo em que vive, compreendendo que a formação profissional deve ir além do fazer técnico.

A descrição acima permite visualizar que o trabalho voluntário proposto pelo “4º Arquetetando” tem dois enfoques: estimular a vivência matemática, relacionando-a com o cotidiano, e fortalecer as relações interpessoais entre professores, graduandos e alunos. Alguns resultados voltados especificamente ao envolvimento dos graduandos na proposta já são perceptíveis e, buscando melhor compreendê-los, alguns aspectos serão descritos na sequência.

### **Resultados do envolvimento do graduando**

O projeto ora descrito teve início em março do corrente ano, onde até o presente momento foram realizadas quatro oficinas de capacitação de voluntários, sendo duas de “minigincana” e outras duas de “jogo de tabuleiro”. A primeira oficina da minigincana ocorreu em julho e contou com a participação de três graduandos. Já na segunda foram dois que participaram da oficina, que ocorreu no mês de agosto.

Com relação ao jogo tabuleiro, a primeira oficina aconteceu em abril e a segunda em junho, ambas com sete inscritos. Os dados apresentados apontam para um total de dezenove graduandos inseridos no projeto de forma voluntária. Neste total foram contemplados diferentes cursos, como: Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Ambiental, Engenharia Civil e Engenharia Elétrica.

## **Ações pedagógicas do projeto**

O cronograma inicial do “4º Arquetando” prezou pela organização das ações pedagógicas da proposta, resultando em duas atividades, já antes citadas: minigincana e jogo de tabuleiro, que serão melhor descritas adiante. Para colocar em prática as dinâmicas elaboradas foram preparados momentos de divulgação, presencial e virtual. A realização das atividades do projeto de extensão efetiva-se apenas mediante agendamento prévio, quando a escola contata a equipe, ou vice-versa. Quanto ao local de ocorrência, existem duas possibilidades: nas dependências da instituição de ensino superior ou na própria escola interessada.

### **Minigincana**

A atividade inicia-se com a apresentação da equipe e do Projeto de Extensão. Em seguida ocorre a divisão dos alunos em grupos. Após a explicação das regras, cada grupo escolhe um nome para a equipe. Durante toda a atividade são fornecidos cartões com as tarefas a serem realizadas e materiais necessários para a execução das mesmas. Cada ação deve ser desenvolvida em um tempo pré-determinado e sempre supervisionada pelo graduando voluntário. Após receberem as tarefas, os alunos devem interpretar o que é solicitado e atentar para o tempo máximo de sua realização. Apenas as tarefas cumpridas de forma correta serão computadas na pontuação. Ao final, consagra-se campeã a equipe que obtiver o maior número de pontos.

### **Jogo de tabuleiro**

O jogo de tabuleiro já integrava edições anteriores do “Arquetando”, porém, na proposta deste ano, foi remodelado. Na versão antiga as questões abordadas tinham um caráter mais teórico. Visando uma atividade mais dinâmica e uma vivência mais direta com os conteúdos matemáticos, vários problemas foram adaptados e outros novos foram criados, buscando apresentar situações num contexto mais real e aplicativo, aproveitando-se de material concreto para isso, como: tijolos, balanças, trenas, escalímetros, etc.

Assim como na execução da minigincana, no jogo de tabuleiro a atividade também inicia com a apresentação da equipe do Projeto de Extensão. A formação dos grupos aqui se dá de forma aleatória, através de sorteio, e cada grupo de alunos escolhe seu líder.

Após a explicação inicial do jogo, um dos líderes inicia a partida arremessando o dado, para definir o problema matemático a ser resolvido. Durante toda a atividade, cada número do tabuleiro corresponderá a uma questão diferente a ser respondida. Os voluntários são responsáveis pela interlocução com os grupos e auxílio no desenvolvimento das tarefas. Esta relação do graduando e do estudante ultrapassa os níveis do jogo e ganha perspectivas de ajuda mútua.

### **Finalização das ações**

A minigincana e o jogo de tabuleiro transcorrem com dinâmicas e atividades práticas, com diferentes técnicas, que proporcionam aos alunos a reflexão e o desenvolvimento das questões, baseadas em conhecimento matemático. As dúvidas podem ser esclarecidas com o apoio dos graduandos voluntários, que acompanham as tarefas. Concluídas as atividades, os participantes são convidados a responder um questionário, possibilitando a emissão de comentários acerca da proposta. As respostas



emitidas pelos alunos de educação básica alicerçam as discussões da equipe organizadora, que busca melhorar a performance do trabalho a cada novo atendimento escolar.

### Resultados do projeto

O projeto já superou meta do ano que era trabalhar com quinze turmas de Ensino Fundamental e Médio totalizando 300 alunos. Como pode ser observado abaixo, até o momento as atividades foram bem-vistas nas escolas, demonstrando o interesse em fazer associações de conteúdos.

### Quantitativos

A quarta edição do Arquetando iniciou em março do corrente ano e, até o momento, foram realizadas atividades nas duas modalidades propostas: minigincana e jogo de tabuleiro. A tabela abaixo fornece alguns dados importantes.

Tabela 1 - Número de escolas e alunos atendidos até o momento

	Número de Escolas Atendidas	Número de Turmas Atendidas	Número Alunos Participantes
Minigincana	3	5	106
Tabuleiro	8	19	415
<b>TOTAL</b>	<b>11*</b>	<b>24</b>	<b>521</b>

\*Este total não reflete a realidade, já que em algumas escolas o projeto atendeu ensino fundamental e médio.

### Qualitativos

Com base nos dados expostos anteriormente é possível analisar o resultado qualitativo de algumas ações. É perceptível que tal análise corrobora os objetivos do “4º Arquetando”. Através de atividades que relacionam teorias com práticas cotidianas, o Projeto desperta o interesse dos estudantes, de educandários públicos e privados, por experiências futuras na graduação.

Ao graduando voluntário também é propiciada uma experiência diferente, que contribuiu para um maior comprometimento com atividades extracurriculares, visando a disseminação do conhecimento e articulando saberes teóricos e práticos. Além disso, complementa as aprendizagens de sala de aula e aprimora relações intra e interpessoais.

Como a proposta está em andamento, projeta-se alcançar um número maior de graduandos, através de novas oficinas de capacitação, além de mais escolas, elevando assim a quantidade de turmas de Ensino Fundamental e Médio atendidas e, conseqüentemente, ampliando o quantitativo de alunos da educação básica, participantes do “4º Arquetando”.

As imagens abaixo reforçam as ações pedagógicas desenvolvidas em sala de aula durante a execução do Projeto e os resultados alcançados com estas, conforme descrição anterior.

Figura 1 e 2 - Alunos do Ensino Fundamental desenvolvendo as tarefas propostas da Mini Gincana



Fonte: dos autores.

Figura 3 e 4 - Alunos do Ensino Médio desenvolvendo as questões desenvolvidas para o Jogo de Tabuleiro



Fonte: dos autores.

### Considerações finais

Diante do relato apresentado, é possível concluir que o Projeto de Extensão “4º Arquetando” assume um papel importante na formação acadêmica e profissional dos graduandos envolvidos nas ações. Além disso, a proposta também permite um envolvimento expressivo dos alunos da Educação Básica, demonstrando a estes, novas aplicabilidades dos conteúdos estudados em sala de aula.

A análise dos resultados ainda é parcial, porque o projeto estender-se-á até dezembro, mas já é perceptível o interesse dos voluntários pela experiência social diferenciada, presente nas dinâmicas supracitadas. Este é um aspecto a ser considerado pela equipe em futuras ações extensionistas.

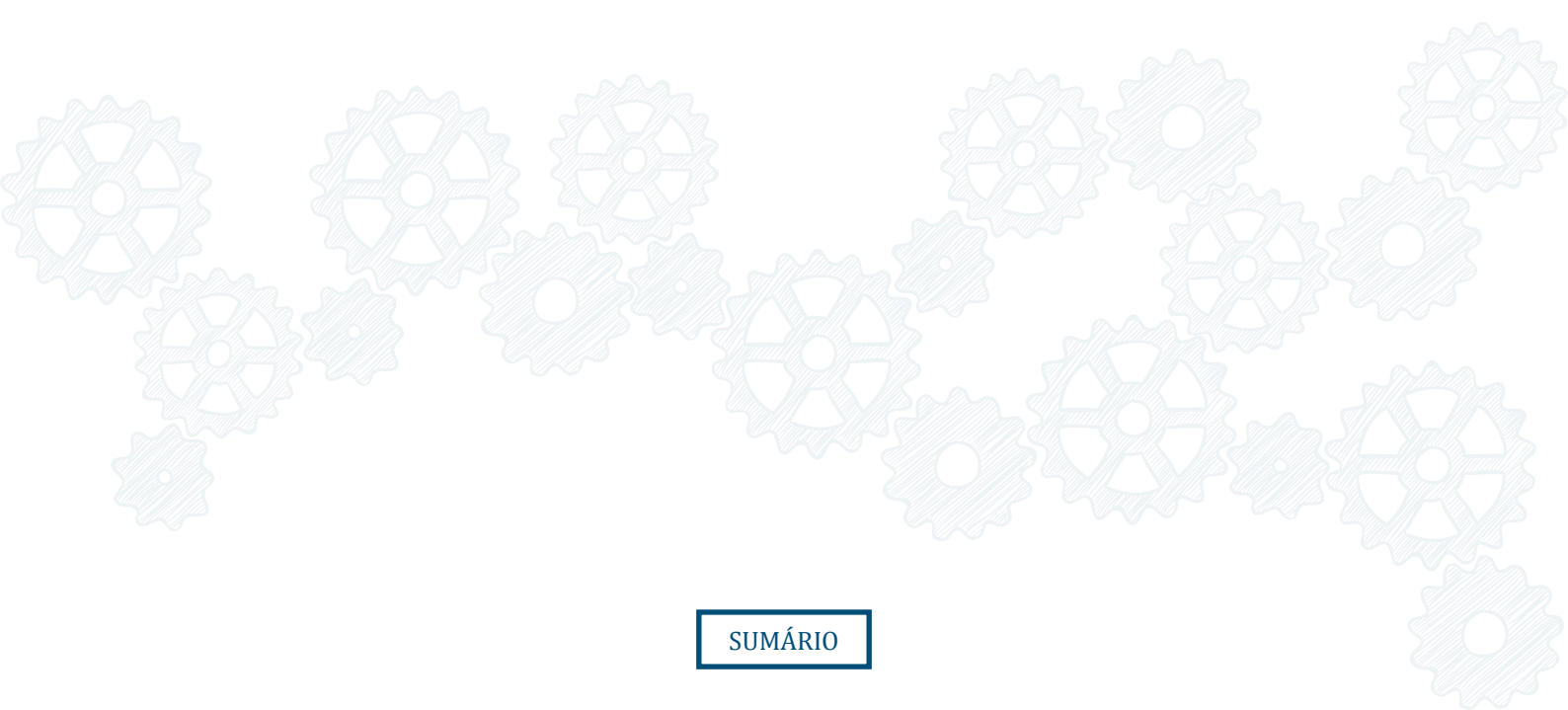
Por fim, também é possível perceber que a extensão cumpre com a função social da Universidade e, por meio de um conjunto de ações, reforça, amplia e reconstrói conhecimentos, estabelecendo, desta forma, um vínculo precioso com o ensino de sala de aula. Especificamente no caso do projeto “4º Arquetando”, tanto alunos das escolas da educação básica quanto os da graduação realizaram trocas mútuas de experiências que, certamente, foram enriquecedoras para ambos.

### Referências

Chaves, M.; Gamboa, S. S. Prática de ensino: formação profissional e emancipação. Maceió: EDVFA, 2000.

Síveres, L; Processos de aprendizagem na Extensão Universitária. Brasília: UCG, 2012.

UNIVERSIDADES E INSTITUIÇÕES COMUNITÁRIAS. Extensão nas Instituições Comunitárias de Ensino Superior: Referenciais para a construção de uma Política Nacional de Extensão nas ICES. XX Encontro Nacional de Extensão e Ação Comunitária das Universidades e Instituições Comunitárias. FOREXT, 2013.



# RESUMOS





Engenharia Ambiental 05/06/2015, 16:00 - 18:40

Coordenador Prof. Rafael Rodrigo Eckhardt (Prédio 7, sala 300)

## AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DE LODO CONTAMINADO POR PROCESSOS DE BIORREMEDIAÇÃO E OXIDATIVO AVANÇADO FENTON

Ariel U. Geanezini<sup>1</sup>, Maria Cristina de Almeida Silva<sup>2</sup><sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES*ageanezini@universo.univates.br, mariacristinaas@gmail.com*

**Resumo:** Diversas atividades humanas como atividades industriais, prestação de serviços, derivam em efluentes e resíduos sólidos que necessitam de determinado tratamento ou uma disposição final adequada. O lodo gerado no tratamento do efluente de uma concessionária prestadora de serviços é considerado um resíduo sólido e classificado conforme NBR 10.004 (ABNT, 2004) como resíduo classe I (perigoso). Este trabalho avalia dois métodos distintos de tratamento e suas respectivas eficiências. Dentre os processos tem-se as técnicas da biorremediação, utilizando consórcio microbiano para degradar, modificar ou remediar substâncias tóxicas de resíduos prejudiciais ao ambiente. Já o outro processo, Fenton, baseia-se na utilização de reagentes altamente oxidantes (hidroxila) para promover uma degradação dos poluentes a substâncias mais facilmente degradáveis, para que se tornem substâncias inofensivas ou inertes, tais como dióxido de carbono e água. Os contaminantes a serem avaliados serão os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) que são oriundos de óleo diesel, gasolina, óleos lubrificantes e graxas diversas. Os ensaios com esse lodo ainda sofreram uma contaminação proposital com 24 ml de óleo diesel S10. Ambos tratamentos utilizou-se 03 (três) ensaios com as mesmas concentrações degradantes, porém com tempos de retenção diferentes. Para resultados finais será visualizado e comparado a eficiência de ambos procedimentos, com expectativa de atingir a descontaminação total do lodo contaminado caracterizando-o como resíduo classe II (não perigoso).

## AVALIAÇÃO DA TRATABILIDADE DO EFLUENTE PROVENIENTE DA PRODUÇÃO DE TRIFLURALINA

Arthur Eduardo Vanzella<sup>1</sup>, Maria Cristina de Almeida Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*tutivanzella@hotmail.com, maria.silva9@univates.br*

**Resumo:** Grande parte dos problemas ambientais causados nos dias de hoje está relacionada à utilização em massa de agrotóxicos. O uso desenfreado desses compostos leva a um desequilíbrio acentuado ao meio ambiente. Quando os agrotóxicos entram em contato com o solo, com o ar e principalmente com a água, grande quantidade de poluentes e compostos químicos são carregados ao meio ambiente, assim, consequentemente gerando problemas aos seres vivos e a saúde humana. Diante do exposto, o presente estudo visa avaliar a tratabilidade em escala laboratorial do efluente da produção de trifluralina, que é um dos herbicidas amplamente utilizados na agricultura e apresenta como característica o controle de pragas e ervas daninha. Considerando que o efluente proveniente da produção do referido composto é de difícil tratamento, será avaliado o tratamento em duas fases: a primeira baseada pelo processo constituído de consórcio de Digestão anaeróbia e posterior Oxidação Avançada do tipo Fenton (Tratamento 1), e outro composto pelo consórcio de Oxidação Avançada do tipo Fenton e posterior Digestão Anaeróbia (Tratamento 2). As duas propostas foram submetidas a bioensaios de toxicidade utilizando o vegetal *Allium cepa* L.. Os processos acima citados obtiveram remoção do parâmetro de DQO na faixa de 58,48% (T1) e 76,52% (T2). E em relação ao parâmetro Cor a remoção alcançada foi de 99,01% (T1) e 96,00% (T2) em relação ao efluente bruto. De acordo aos bioensaios de toxicidade, demonstraram um maior crescimento no sistema radicular dos organismos para o tratamento 2, assim demonstrando menor toxicidade do efluente tratado. Avalia-se que o tratamento 2, a partir dos resultados obtidos e dos procedimentos testados no presente estudo, é o mais adequado para ser utilizado, tanto para o aumento da biodegradabilidade, bem como da diminuição da toxicidade.

**Palavras-chave:** Processos Oxidativos Avançados, Fenton, Digestão Anaeróbia, Bioensaios de Toxicidade, Agrotóxicos.

## AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE BRIQUETES DE SERRAGEM DE MADEIRA

Felipe Paulo Schorr<sup>1</sup>, Gustavo Reisdörfer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*fschorr@universo.univates.br, greisdorfer@univates.br*

**Resumo:** O Brasil é um dos grandes produtores de móveis, possuindo vários polos moveleiros distribuídos em diferentes regiões, movimentando a economia nacional com intensa geração de empregos. Cabe destacar que este setor é um grande gerador de resíduos. Por este motivo o trabalho procurou avaliar a viabilidade da transformação destes resíduos em briquetes para geração de energia sob forma de calor, trazendo uma opção de reaproveitamento dos resíduos. Para a conformação dos três tipos de briquetes, foram utilizados os seguintes resíduos: serragem de madeira, MDF e maravalha de madeira, tendo como material aglomerante o melado de cana-de-açúcar, sendo que, para cada tipo de briquete, as quantidades dos materiais foram pré-estabelecidas. Após a dosagem correta dos materiais, os mesmos foram misturados e compactados, realizada a secagem dos mesmos, e estes foram encaminhados ao laboratório para análises elementar e imediata. Como o laboratório não pode oferecer todas as análises, o poder calorífico será estimado por meio de cálculo. A amostra 01 possui teor de umidade de 12,9% e densidade de 930,3Kg/m<sup>3</sup>, a amostra 02 possui teor de umidade de 13,1% e densidade de 1066,7Kg/m<sup>3</sup> e a amostra 03 possui um teor de umidade de 11,9% e densidade de 846,1Kg/m<sup>3</sup>, espera-se o restante das análises para avaliar o aproveitamento energético destes resíduos.

**Palavras-chave:** MDF, briquetes, resíduos lignocelulósicos, indústria moveleira

## MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DAS ÁGUAS DO MUNICÍPIO DE ESTRELA/RS

Guilherme Fumegalli França<sup>1</sup>, Guilherme Garcia de Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*guifume@gmail.com, guilherme.oliveira@univates.br*

**Resumo:** A potabilidade da água é fundamental para o abastecimento da população. As águas subterrâneas captadas pelos poços se relacionadas aos rios, lagos e reservatórios artificiais, estão de forma relativa mais protegida dos agentes da poluição. Tanto é que, nos últimos anos houve um crescimento significativo do consumo de águas subterrânea, aliado ao baixo custo de operações. No Brasil as águas subterrâneas se tornaram uma excelente alternativa de abastecimento para o público. Diante disso, o presente trabalho propõe analisar os poços de abastecimento de água no município de Estrela e identificar os possíveis contaminantes. Para tanto, realiza-se um estudo no qual se apresenta um levantamento georreferenciado dos pontos de captação de água do município e possíveis diagnósticos da potabilidade dessas águas que estão localizadas em áreas do Aquífero Guarani e no Aquífero da Serra Geral. Os pontos de captação foram fornecidos pela Vigilância Sanitária (VISA) de Estrela e foram espacializados através de técnica de geoprocessamento e sensoriamento remoto onde foi aferida a potabilidade das águas subterrâneas, através dos resultados das análises microbiológica e físico-químicas. E, através dos dados obtidos, estão sendo gerados mapas de isoteores e isovalores, utilizando-se de recursos geoestatísticos, visando auxiliar um melhor manejo das águas do município e identificar possíveis fontes geradoras de contaminação.



## ELABORAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA EMPRESA DE CALÇADOS

Gustavo Henrique Hauschild<sup>1</sup>, Gustavo Reisdörfer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*ghauschild3@universo.univates.br, greisdorfer@univates.br*

**Resumo:** O gerenciamento dos resíduos ganhou grande repercussão nas últimas duas décadas, mas principalmente na última com a nova lei do PNRS que forneceu diretrizes para as indústrias que gerem algum tipo de resíduo. Outro fator que gerou esta nova visão foi o interesse econômico da matéria que por muito tempo era descartada em aterros. Na indústria calçadista a gestão dos processos é de grande importância para garantir a correta separação dos resíduos gerados, com esse fator pode-se ter um reaproveitamento mais eficaz deste material garantindo o seu retorno como matéria. Portanto o trabalho irá apresentar da situação atual do gerenciamento dos resíduos da empresa calçados Roizi, localizada no município de Estrela, RS, que atua no processo de terceirização da mão de obra, gerando sapatos de segurança, e tênis no geral. Considerando os requisitos presentes na Política Nacional de Resíduos Sólidos, apresentam-se primeiramente os diagnósticos dos resíduos gerados, tendo como referência a lei 12.305 de 2010 que tem como uma das suas principais diretrizes, a forma de transporte, acondicionamento, os destinos dados aos principais resíduos, e as diretrizes para implementação do plano, esta lei auxilia e fornece subsídios que devem ser seguidos para que toda fonte de geração de resíduos seja administrada da forma mais correta, garantindo que os resíduos cheguem ao seu destino. Através das melhorias que devem surgir a partir de sua implementação deverá garantir à empresa o atendimento à legislação legal sobre a questão dos resíduos sólidos, a proteção da saúde de seus colaboradores e a prevenção da poluição do meio onde se compete.

**Palavras-chave:** Plano. Resíduos. Diagnósticos.

# ANÁLISE DA DECOMPOSIÇÃO DE FRALDAS ATRAVÉS DA COMPOSTAGEM

Laíza Pitol<sup>1</sup>, Odorico Konrad<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*laizapitol@univates.br, okonrad@univates.br*

**Resumo:** As fraldas descartáveis constituem um percentual significativo dos resíduos municipais. Analisar a decomposição de fraldas no processo de compostagem é o título e tema deste trabalho de monografia. O tema surge através das observações do autor quanto à quantidade de fraldas utilizadas pelas crianças de uma escola de educação infantil onde trabalha. Uma criança que frequenta 20 dias letivos do mês a escola e durante 11 meses do ano, descarta em média 1100 fraldas no lixo e estas são levadas para o aterro sanitário da cidade. A compostagem é o ato ou ação de transformar os resíduos orgânicos, através de processos físicos, químicos e biológicos, em uma matéria biogênica mais estável e resistente à ação das espécies consumidoras (LIMA, 2004). Neste sentido, que o objetivo do trabalho é analisar a decomposição da fralda pela compostagem, tendo como metodologia proposta, atender os objetivos específicos de quantificação de massa de entrada e saída, do início ao fim do processo, caracterizar a qualidade do composto final por parâmetros estabelecidos e a degradação da fralda. De forma geral, no período estudado, o experimento atingiu a temperatura máxima de 42°C, ficando apenas na fase mesófila, tornando o processo de decomposição mais lento, durando 120 dias. A variação da densidade da massa chegou a 73,02% de redução em um dos reatores e a caracterização do composto final aguarda análise feita em laboratório.

**Palavras – chave:** Fraldas. Compostagem. Resíduos domésticos.

# **AValiação Espaço-Temporal da Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucária) Existente na Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta**

Marildo Guerini Filho<sup>1</sup>, Odorico Konrad<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*mfilho1@univates.br, okonrad@univates.br*

**Resumo:** O conhecimento atualizado da cobertura vegetal e dos usos do solo de uma bacia hidrográfica, são importantes para o estudo de processos geológicos e ecológicos como por exemplo, o mapeamento e as diversas ocupações do solo. Uma forma de quantificar e estimar estas informações é através de técnicas de sensoriamento remoto. Neste contexto o presente estudo realizou uma avaliação espaço-temporal da Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucária) existente na Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta, com ênfase na estruturação de uma modelagem dinâmica espacial e a geração de um cenário futuro para o ano de 2035 da mesma. A metodologia será desenvolvida por meio do processamento e análise digital de imagens de satélite de média resolução Landsat 5, dos anos de 1986, 1996 e 2006 com a utilização das bandas 3, 4 e 5 e Landsat 8, do ano de 2014 utilizando as bandas 4, 5 e 6. Foi realizada classificação supervisionada MAXVER (Máxima Verossimilhança). Para o mapeamento do uso do solo foram utilizadas sete classes temáticas, após a classificação das imagens identificou-se o percentual que cada classe ocupa na Bacia Hidrográfica. Para o processamento das imagens, classificação e modelagem utilizou-se os softwares ArcGis 10.2, Envi 5.0, Google Earth Pro e Dinâmica 2.4. Após a conclusão do estudo foi possível compreender a dinâmica da paisagem da Bacia Hidrográfica, bem como estruturou-se um processo de modelagem e gerou-se um cenário futuro para a Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta, informações que podem ser utilizadas como ferramenta de novas pesquisas e para o planejamento ambiental da região.

## MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO DE VENÂNCIO AIRES/RS

Mauro André de Oliveira<sup>1</sup>, Rafael Rodrigo Eckhardt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Professor Orientador - Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*mauanoli@gmail.com, rafare@univates.br*

**Resumo:** O estudo tem como objetivo realizar uma análise temporal da paisagem do município de Venâncio Aires/RS, mediante a calibração de um modelo dinâmico espacial e projeção de um cenário futuro das classes de uso e cobertura do solo. O estudo é viabilizado a partir da disponibilidade de imagens de satélite de uma mesma região da Terra ao longo do tempo que, aliado as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, permitem a espacialização das informações através dos sistemas de informações geográficas (SIGs). Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5 e 8 dos anos de 1986, 1994, 2004 e 2014, as quais foram georreferenciadas a partir de 20 pontos coletados em campo com aparelho GPS. O georreferenciamento foi realizado no software Envi. Após esta etapa as imagens foram classificadas no software Idrisi nas classes de uso de vegetação, usos agropecuários, área urbanizada e recursos hídricos. A análise temporal da dominância de cada uso e cobertura do solo nos períodos observados foi efetuada com base nos resultados da classificação supervisionada das imagens dos anos de 1986, 1994, 2004 e 2014, para reconstituição da evolução temporal da paisagem do município. Verificou-se um aumento da vegetação, de 71% em 2014 em relação ao ano de 1986, em substituição principalmente ao uso agropecuário, que teve redução de 33% no mesmo período. Na continuação do trabalho será realizada calibração de um modelo dinâmico para geração de cenário futuro.



Engenharia Civil 03/06/2015, 15:20 - 18:20

Sessão A, coordenador Prof. João Batista Gravina (Prédio 12, sala 400)

## POTENCIAL POZOLÂNICO DA CINZA VOLANTE COMO MATERIAL DE SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE CIMENTO

Andressa Bianca da Costa<sup>1</sup>, Rafael Mascolo<sup>2</sup><sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES<sup>2</sup>Professor Orientador - Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES*andressabianca@univates.br, rafael.mascolo@univates.br*

**Resumo:** O aumento de consumo do cimento desencadeou uma série de problemas ambientais relacionados à sua fabricação. A partir da necessidade de preservação ambiental, estudos foram iniciados e serviram como base para a busca por alternativas que diminuam o esgotamento dos recursos naturais e o aumento das emissões dos gases do efeito estufa, gerados durante o processo produtivo do cimento. Através da procura por materiais alternativos, que sirvam de incorporação ou como adições minerais em matrizes cimentícias, foram feitas as primeiras pesquisas sobre o emprego de subprodutos industriais. A utilização da cinza volante, resíduo da queima de carvão em termelétricas, tem sido estudada por pesquisadores que atestam a sua utilização como material pozolânico na substituição parcial do cimento Portland em concretos e argamassas. Pesquisas anteriores mostram que a cinza volante possui características pozolânicas vantajosas, quando adicionada como substituição parcial do cimento, garantindo aumento de resistência à compressão simples, durabilidade em ambientes ácidos e impermeabilidade, além de vantagens econômicas e ambientais. Portanto o presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial pozolânico da cinza volante, proveniente da Termelétrica de Candiota/RS, como material de substituição parcial do cimento Portland. Através de caracterização físico-química da cinza volante, quanto material pozolânico, e sua resistência a compressão simples para análise do índice de atividade pozolânica com cimento Portland aos 28 dias.

**Palavras-chave:** Pozolana. Cinza Volante. Cimento.

## ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE LAJES CONVENCIONAIS, LISAS E NERVURADAS

César Luis Rodrigues Fachini<sup>1</sup>, Ivandro Carlos Rosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*cesar@fachiniadvogados.br, eng.ivandro@univates.br*

**Resumo:** Diante dos avanços do mercado de construção civil, que precisa encontrar soluções que aumentem a produtividade nos canteiros de obras, acarretem diminuição de custos e melhoria no desempenho e durabilidade das estruturas, os projetistas de estruturas de concreto armado devem escolher as soluções mais adequadas dentre aquelas que estiverem disponíveis. Em contraposição ao sistema tradicional composto por lajes, vigas e pilares, apresenta-se o sistema de construção de lajes sem vigas, apoiadas diretamente em pilares. As lajes sem vigas podem ser maciças, nervuradas ou de outras formas. O presente trabalho tem como objetivo analisar e comparar a construção de lajes sem vigas maciças, lajes sem vigas nervuradas e lajes construídas pelo sistema tradicional e propor situações em que seu uso seria mais recomendável. A NBR 6118/2014 (ABNT, 2014) apresenta requisitos e métodos de cálculo para a construção de lajes sem vigas, com ou sem capitéis, bem como a literatura relativa ao tema tem se dedicado a apresentar seus estudos em relação ao tema. Além disso, alguns softwares profissionais para cálculo de estruturas de concreto armado permitem o lançamento e cálculo desse tipo de estrutura, possibilitando o aprofundamento do tema. Serão discutidas as particularidades deste sistema em relação ao sistema tradicional de construção, com a apresentação de vantagens e desvantagens, requisitos adicionais de cálculo e análise e a realização de projeto exemplo comparativo entre o sistema de lajes lisas maciças, lajes lisas nervuradas treliçadas e lajes construídas pelo sistema tradicional.

## CONTRIBUIÇÕES PARA AUXILIAR NA ANCORAGEM DE ARMADURAS POSITIVAS EM APOIO EXTREMOS SIMPLES

Felipe Pochmann Kirch<sup>1</sup>, João Batista Gravina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*felipe\_kirch@hotmail.com, jb@gravina.com.br*

**Resumo:** Através da utilização de métodos de cálculo cada vez mais avançados, auxiliados por programas computacionais, a utilização de peças de concreto armado mais esbeltas nos apoios extremos simples, em um sistema composto de viga apoiada em outras vigas estreitas representam um desafio adicional aos profissionais tanto no cálculo, como no detalhamento e execução, uma vez que os métodos de cálculo utilizados em software não são explícitos e as normas não abordam com clareza necessária como se dá a ancoragem da armadura em apoios estreitos, quando a ancoragem reta ou com gancho não é suficiente para absorver e transferir o esforço ao qual a viga está solicitada. Assim o presente trabalho objetiva contribuir com o estudo da ancoragem de barras aço da armadura longitudinal tracionada de elementos fletidos de concreto armado em apoios extremos simples. Serão investigados os mais importantes autores e normas técnicas na área buscando o pleno entendimento do tema. Objetiva-se ainda, a criação de ferramenta de projeto para auxiliar resolver a ancoragem das referidas armaduras nos apoios, para que sirva como um Guia de Consulta Rápida, com emprego acadêmico e profissional.

**Palavras-Chave:** Concreto Armado; Ancoragem de Armaduras, Apoios Extremos Simples.

# ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DE DIFERENTES CLASSES DE CONCRETO PARA EDIFÍCIOS DE ALTURAS E FORMAS GEOMÉTRICAS VARIADAS

Fernando Henrichsen Brustolin<sup>1</sup>, Ivandro Carlos Rosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*fhbrustolin@gmail.com, eng.ivandro@certelnet.com.br*

**Resumo:** Com o atual cenário de desenvolvimento da construção civil e da competitividade no setor, é iminente a busca por alternativas construtivas a fim de atenuar custos sem comprometer a qualidade do produto final. Com o desenvolvimento tecnológico da construção, como o uso de superplastificantes na mistura do concreto e novos recursos computacionais, torna-se possível o emprego de concretos com maiores resistências e cálculos estruturais mais arrojados. Neste contexto, este trabalho propõe elaborar uma avaliação de custos entre estruturas com três modelos arquitetônicos diferentes, para 10, 15 e 20 pavimentos, dimensionadas com diferentes resistências à compressão do concreto (fck) variando de 30, 40 e 50MPa. Primeiramente são apresentados tópicos referentes às pesquisas bibliográficas do concreto e critérios de projeto de estruturas em concreto armado. Posteriormente é apresentada a metodologia, com a apresentação dos modelos a serem calculados e o que se espera na segunda etapa do trabalho\*.



## ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO: MURO DE GRAVIDADE E MURO DE FLEXÃO

Jeferson Camilotti Gaió<sup>1</sup>, Ivandro Carlos Rosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*ga\_io@hotmail.com, eng.ivandro@univates.br*

**Resumo:** Tendo em vista o acelerado crescimento dos serviços de construção civil, há-se a necessidade, em que o profissional tenha a sensibilidade de transformar o ambiente à sua volta, de tal forma que, averiguou-se a interferência nos perfis geológicos do local, com movimentações de solo para alocação de empreendimentos de maior importância. Cabe ao profissional responsável decidir como estabilizar os taludes, para garantir a segurança dos envolvidos no empreendimento. Há um variado grupo de tipos de contenções presentes no mercado, sendo o responsável técnico, o fator principal para uma decisão econômica e segura. Também deve-se analisar caso a caso, pois a escolha de um ou outro sistema está relacionado, tanto em custo, quanto no real espaço que se dispunha pra inserção do muro, é fato que um muro de gravidade necessita mais espaço de alocação, que um de flexão. As estruturas de contenção representam um grande custo na obra, por isso devem ser projetadas de tal forma que atendam aos requisitos básicos de carga e, que não inviabilizem o empreendimento principal, quando houver. Para se obter o real peso do volume de solo que gera a componente empuxo, partiu-se do método analítico de Coulomb, o qual apresenta resultado satisfatório para o estudo. Trazendo uma descrição sobre métodos analíticos matemáticos de estruturas de arrimo usuais no Brasil, buscou-se analisar comparativamente a utilização dentre uma estrutura de flexão e outra de gravidade, a nível regional, precisamente no Vale do Taquari – RS. A aplicabilidade deste trabalho se dará na área referente ao dimensionamento estrutural; tendo interesse tanto na área da Engenharia Civil, quanto na Arquitetura. Abordou-se o custo de materiais, verificam-se no dimensionamento dos dois sistemas os quantitativos de materiais, resultando em uma comparação de custo entre os dois sistemas, em que analisou-se a melhor solução. Buscou-se ainda apresentar uma tabela na qual o leitor poderá fazer uma análise rápida de qual tecnologia aplicar no seu empreendimento de estudo. Espera ter-se como resultado, a escolha melhor economicamente justificável de estrutura de arrimo.

## ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONCRETO LEVE COM EPS EM PÉROLAS E EVA TRITURADO

Lucimar Ismael Sagave<sup>1</sup>, Rafael Mascolo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*ismael.sagave@bol.com.br, rafael.mascolo@univates.br*

**Resumo:** Em oposição às elevadas densidades de Concretos comuns, cuja massa específica fica em torno de  $2400 \text{ kg/m}^3$ , e buscando atender exigências específicas, há utilização dos Concretos leves, os quais têm, normalmente, a substituição de agregados graúdos convencionais por similares de menor densidade. A fim de aprimorar os conhecimentos nesse tipo de concreto especial, o presente trabalho busca caracterizar e comparar propriedades de dois tipos de concretos leves não estruturais, compostos por pérolas de EPS e EVA triturado, a fim de compará-las. Entre as propriedades estudadas estão peso específico, resistência à compressão axial, absorção de água por imersão, elasticidade e custos da mistura. Para tal finalidade optou-se pela confecção de concreto, onde substitui – se parcialmente e totalmente o agregado graúdo por EPS e EVA. O traço utilizado foi desenvolvido segundo método IPT-EP USP, os ensaios serão feitos aos 3, 7 e 28 dias, sendo que os de 3 e 7 dias já foram concluídos. Dentro dessa dinâmica pôde – se observar a tendência de diminuição do peso específica do concreto com EPS em relação ao EVA, também ficou evidente, maior resistência no ensaio á compressão axial, da mistura com EPS. No entanto, ainda não foi realizado o ensaio de elasticidade e absorção de água (28 dias). Espera – se obter maior absorção de água e elasticidade no concreto composto por EVA, por ser uma característica específica deste material. Os resultados serão apresentados em forma de gráficos e tabelas, em cujos, será possível analisar e evidenciar a diferença do comportamento entre os dois tipos de concretos trazendo maior clareza na conclusão dos fatos do TCC.

## AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO NA CIDADE DE LAJEADO, RS.

Luís Eduardo Fontana<sup>1</sup>, Odorico Konrad<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*lefontana@universo.univates.br, okonrad@univates.br*

**Resumo:** O mundo vem passando por um contínuo crescimento na demanda de energia desde o início do século XIX, através da Revolução Industrial, formação dos centros urbanos e aprimoramento da agricultura, sendo a energia um viés para a evolução de uma nação. No atual contexto de desenvolvimento das economias e no abastecimento de países desenvolvidos, os altos índices de concentração de gases de efeito estufa no ar e a ciência do esgotamento dos combustíveis fósseis são consequências das políticas adotadas, baseadas no consumo do petróleo e do carvão mineral como fontes sobre os quais se apoia a matriz energética mundial. A energia solar fotovoltaica surge como uma alternativa de fonte renovável para suprimento de energia elétrica, com possibilidade de aplicação em todo território brasileiro para a alimentação de sistemas isolados, sistemas híbridos e para sistemas conectados à rede elétrica. Logo, a presente monografia tem por objetivo avaliar a eficiência energética de um conjunto de módulos fotovoltaicos, com 16,5 m<sup>2</sup>, inclinação de 24° e face voltada para o norte geográfico, instalados no Centro Universitário Univates, na cidade de Lajeado, RS, para fins de geração de energia elétrica e a avaliação do payback financeiro da instalação pela energia convertida, a partir dos dados estipulados pelo presente trabalho.

**Palavras-chave:** Energia Renovável. Energia Solar. Energia Limpa.

## ESTUDO COMPARATIVO ENTRE EDIFICAÇÕES COM ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL

Tiago Augusto Klein<sup>1</sup>, João Batista Gravina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*tiago.tk@hotmail.com, jb@gravina.com.br*

**Resumo:** Diante do grande volume de obras em desenvolvimento, existe uma constante procura dos projetistas, construtores e incorporadores, por meios de concepções estruturais mais eficientes e eficazes, que possibilitem redução de prazos e custos, tornando os empreendimentos mais rentáveis. Neste sentido, a tomada de decisão projetual, entre uma concepção em alvenaria estrutural e uma estrutura de concreto armado auto portante, aparece como uma das principais dúvidas em situações em que ambas as soluções sejam viáveis tecnicamente. Neste cenário, o presente trabalho propõe-se a avaliar a viabilidade de execução de edificações residenciais, comparando os sistemas construtivos em alvenaria estrutural e estrutura de concreto armado auto portante, abordando os custos relativos aos materiais e mão-de-obra empregados na execução da estrutura e vedação da edificação. Como metodologia, foi adotado um modelo de uma edificação existente na cidade de Passo Fundo/RS, executada em alvenaria estrutural, e foi elaborado um estudo de modo com que se compare o quantitativo de materiais fornecidos através de programas computacionais, utilizando os dois sistemas citados, seguindo a mesma concepção arquitetônica. Foi alterado o número de pavimentos a fim de estabelecer um comparativo entre os dois sistemas. No final da pesquisa, espera-se apresentar resultados que sirvam de suporte técnico para a tomada de decisão de projetistas, construtores e incorporadores.

**Palavras-chave:** Alvenaria Estrutural; Concreto Armado; Sistemas Estruturais.



## CONTRIBUIÇÃO DE TABELAS DE LAJES MACIÇAS ARMADAS EM DUAS DIREÇÕES

Vanessa Fensterseifer<sup>1</sup>, Ivandro Carlos Rosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*vanessafensterseifer@universo.univates.br, eng.ivandro@univates.br*

**Resumo:** Com intuito de estabelecer um processo simplificado para a aplicação da NBR 6118/2014, este trabalho tem como objetivo elaborar tabelas que servirão de complemento para projetos de lajes maciças armadas em duas direções. A solução proposta baseia-se em uma planilha eletrônica abastecida com diferentes variáveis para o desenvolvimento dos cálculos de dimensionamento de espessura e armadura. Basicamente as variáveis consideradas para estes cálculos foram o carregamento acidental, o carregamento permanente, a classe do concreto, o vão, a vinculação e deslocamentos limites. O método mais indicado para definição de altura mínima de lajes maciças armadas em duas direções é o método de Campos Filho (2014), o qual teve a espessura da laje de 8cm. Botelho e Marchetti (2008) tiveram a espessura semelhante a anterior (9cm), porém estes autores não seguem os parâmetros da NBR 6118/2014. A NBR 6118/1980 que ainda é citada por Carvalho e Figueiredo Filho (2013), teve como resultado 13cm, tornando-se um dos métodos antieconômico. Bastos (2013) foi o segundo método antieconômico, com 12cm de espessura de laje. Por fim, os resultados serão apresentados em forma de tabelas para consultas ao meio acadêmico e profissional, visando simplificar o processo de dimensionamento da espessura de lajes, de acordo com as normas vigentes.

Engenharia Civil 05/06/2015, 15:40 - 18:20

Sessão B, coordenador Prof. João Rodrigo Guerreiro Mattos (Prédio 12, sala 400)

## ESTUDO SOBRE A DURABILIDADE DO PAVIMENTO DA RODOVIA BR 386/RS

Gabriel Lemos Zanatta<sup>1</sup>, João Rodrigo Guerreiro Mattos<sup>2</sup><sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES*gabriellz\_00@hotmail.com, joaorodrigomattos@gmail.com*

**Resumo:** O deslocamento de mercadorias e pessoas, no Brasil, se dá predominantemente através da malha rodoviária, devendo esta, fornecer segurança e conforto aos seus usuários, além de apresentar durabilidade. Para tanto, é necessária a elaboração de um projeto de pavimentação que atenda ao desempenho requerido para o pavimento, afim que este resista ao fluxo de veículos sem que haja deformações permanentes ou ruptura dos materiais durante sua vida útil. Portanto, o presente estudo apresenta como temática a previsão da durabilidade de um trecho de aproximadamente 300 metros da duplicação da rodovia BR-386/RS, avaliando as características resilientes, espessuras das camadas e peculiaridades dos materiais empregados na execução da obra. Entretanto, para o dimensionamento do pavimento aqui analisado, utilizou-se a metodologia de Projeto de Pavimentos Flexíveis do antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER, 1981), o qual não considera as características elásticas existente nos materiais, sendo que estas podem causar defeitos na estrutura antes do período previsto em projeto. Deste modo, esta investigação será realizada por intermédio do método empírico-mecanicista, utilizando como ferramenta de análise dos dados o software SisPavBR (Sistema para análise e dimensionamento mecanístico-empírico de pavimentos flexíveis), através de modelos de previsão de desempenho.

## ESTUDO SOBRE A COMPACTAÇÃO DE MISTURAS ASFÁLTICAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS

Gabriela Thaís Lehnen<sup>1</sup>, João Rodrigo Guerreiro Mattos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*gabriela.lehnen@hotmail.com, joao.mattos@univates.br*

**Resumo:** O presente trabalho apresenta um estudo sobre a influência da temperatura de compactação de misturas asfálticas em relação ao seu desempenho, visando simular a aplicação destas misturas na pista, fora da sua temperatura ideal. O estudo prevê a moldagem e a compactação de corpos de prova em temperaturas de 100°C a 160°C, aplicando energia de compactação de 75 golpes por face, em misturas asfálticas com e sem adição de polímero, utilizando os ligantes Flexpave 55/75 e CAP 50/70, respectivamente. Para a obtenção dos resultados, será realizada a determinação do volume de vazios e o ensaio de resistência à tração por compressão diametral das misturas asfálticas. Ensaio preliminares já realizados apresentaram resultados que previamente indicam que a temperatura de compactação possui influência direta nas propriedades volumétricas e mecânicas das misturas asfálticas.

**Palavras-chave:** Misturas asfálticas. Compactação. Temperatura. Resistência.

## COMPARATIVO DE VIABILIDADE ECONOMICA ENTRE PAVIMENTO FLEXÍVEL COM TSD E C.B.U.Q PARA A RODOVIA RS/441

Jovani Hermes da Silva<sup>1</sup>, João Rodrigo G. Mattos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*jovanihermes@hotmail.com, joao.mattos@univates.br*

**Resumo:** Este trabalho apresenta um estudo de viabilidade técnica e econômica tendo como base a pavimentação da rodovia RS/441, localizada no Rio Grande do Sul e que liga as cidades de Guaporé à Vista Alegre do Prata. Esta obra foi executada no período de 2010 a 2012 tendo extensão total de 12,2Km, onde foi utilizado o Tratamento Superficial Duplo (TSD) como revestimento da rodovia. Através do estudo de tráfego do local e cálculos de dimensionamento será analisada a relação custo x benefício da pavimentação desta obra, porém, tendo em vista o uso de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) como camada de revestimento.



## COMPARAÇÃO DE MISTURAS ASFÁLTICAS COM LIGANTE CONVENCIONAL CAP 50/70 E MODIFICADO POR TLA

Rodrigo Martins de Britto<sup>1</sup>, Dr. João Rodrigo Guerreiro Mattos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

**Resumo:** A função principal do pavimento é resistir e distribuir às tensões do tráfego de cargas as subcamadas, permitindo conforto e segurança aos usuários. Para tornar o asfalto mais resistente é necessário alterar algumas de suas propriedades, e através de estudos e pesquisas começaram a alterar a composição do ligante asfáltico para obter melhor desempenho. Este projeto de pesquisa tem como temática uma comparação entre a execução de asfalto modificado (com CAP do tipo TLA) e convencional (CAP 50/70), ambas serão executadas em uma mistura asfáltica do tipo faixa “B” DAER. O presente trabalho inicia-se com a fundamentação teórica onde serão apresentadas informações sobre ligantes, misturas asfálticas e também referente a todos os ensaios realizados para suas caracterizações. Complementarmente se estabelece a metodologia, onde irá constar a descrição de todos os materiais que serão utilizados no estudo, assim como também, os ensaios. Com a análise dos dados obtidos através dos ensaios de caracterização das duas misturas e dos materiais coletados em campo, será feito um comparativo, analisando se é justificável sua utilização.

## PROPOSTA PARA UM MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS COM REVESTIMENTO PRIMÁRIO

Rosélia Franciela Bertuzzo<sup>1</sup>, João Rodrigo Guerreiro Mattos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia 2015/A – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*roselia.bertuzzo@gmail.com, joaorodrigomattos@gmail.com*

**Resumo:** Este trabalho apresenta a sugestão de um método para dimensionamento de estradas com revestimento primário, utilizando conceitos de mecânica dos pavimentos. Sabe-se que as estradas com revestimento primário no Brasil, não apresentam revestimento superficial específico e recebem menor volume de investimentos que as estradas de pavimento flexível. Esta carência, somada à falta de estudos sobre o assunto, resulta em vias, geralmente, com uma série de defeitos e recebendo pouca manutenção. Para o dimensionamento da espessura da camada do revestimento primário, foram adotados parâmetros que simulam uma estrutura e carregamentos sob enfoque de conhecimentos atuais da mecânica dos pavimentos. Com o auxílio do Software SisPav, foi possível determinar a tensão vertical atuante no topo do subleito e realizar uma análise comparativa com a tensão vertical admissível, tendo em vista os valores do Número N e do MR no subleito. Desta forma, determinou-se qual deve ser a espessura do revestimento primário, de modo a atender este critério de degradação. Para tanto, se propõe um ábaco com o valor da espessura da camada do revestimento primário, correspondente a cada situação. Trata-se de um estudo que visa reforçar a importância das estradas com revestimento primário e apresentar um método capaz de contribuir para o dimensionamento de futuras obras com melhor desempenho.

# ANÁLISE DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE EDIFICAÇÃO HABITACIONAL DE ÂMBITO SOCIAL CONFORME A NBR 15.575

Éllin Maiara Kuhn<sup>1</sup>, Leonardo Zanetti Rocha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia 2015/A – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*ellinkuhn@hotmail.com, leonardo.rocha1@univates.br*

**Resumo:** O presente trabalho tem como tema avaliar através de ensaios de campo o desempenho acústico de vedações verticais, horizontal e fachada sob a incidência de ruídos aéreos de edificação habitacional atendida pelo Programa Minha Casa Minha Vida na cidade de Lajeado. O estudo terá como base uma breve revisão bibliográfica, a abordagem acerca do Programa Minha Casa Minha Vida, uma introdução relativa às normas envolvidas além de medições em campo e avaliação da vedação vertical externa da edificação, onde foi determinada a Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2,0m da fachada ( $D_{2m,nT,w}$ ), avaliação de vedações verticais internas entre recintos e de geminação, além de vedação horizontal entre pisos onde se determinará a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{nT,w}$ ). Os resultados, obtidos através das normas internacionais de medição prescritas na NBR 15.575 (Desempenho de Edifícios Habitacionais de até 5 pavimentos), para o método de engenharia, ISO 16.283 (Medição de campo de isolamento sonoro em edifícios e dos elementos de construção) e ISO 717 (Acústica - Avaliação do isolamento dos edifícios e dos elementos de construção), foram comparados a esta primeira para verificação do atendimento ou não dos requisitos mínimos de desempenho acústico aéreo da edificação foco do estudo. Os procedimentos de medição e análise dos resultados foram explanados de forma detalhada visando o esclarecimento de dúvidas sobre o tema, buscando também incentivar os estudos na área, escassos na cidade de Lajeado.

**Palavras-chave:** Ruídos aéreos. Norma de desempenho. Isolamento acústico.

## AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA E ECONÔMICA QUANTO A MODELAGEM DE QUATRO TIPOS DE PAVIMENTOS PERMÉAVEIS

Lucas Slongo<sup>1</sup>, Guilherme Garcia de Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*lucasslongoo@hotmail.com, guilherme.oliveira@univates.br*

**Resumo:** A criação de sistemas de drenagem iniciou a partir da necessidade de conduzir as águas das chuvas para longe do meio urbano. As primeiras obras de condução de águas pluviais foram construídas entre 4000 a.C. e 3500 a.C., por mesopotâmios, gregos e romanos. Esse sistema de drenagem ficou conhecido como sistema compensatório clássico e, a fim de atender a demanda dos volumes dessas águas, passou a ser adotado por todos os países do mundo. Com a crescente urbanização, houve redução na permeabilidade do solo, logo, o volume das águas das chuvas a serem escoadas aumentou, fazendo com que o método clássico não atendesse a demanda. Visto isso, o ser humano desenvolveu novas técnicas de sistemas de drenagem, chamados alternativos. A adoção dos sistemas alternativos requerem maiores investimentos, porém visam reduzir o escoamento superficial através da utilização de materiais permeáveis, bacias de retenção, reservatórios entre outros. O Município de Lajeado encontra-se na região geopolítica do Vale do Taquari, possui cerca de 71.445 mil habitantes (IBGE, 2010) e, por fazer fronteira com o Rio Taquari, é uma cidade alvo de enchentes e alagamentos. Além das cheias do Rio ocorrerem de forma natural, no Município ainda predomina o método clássico, onde o grande volume de águas pluviais escoadas que desaguam no leito do rio aumentam ainda mais o nível das cheias, provocando alagamentos na cidade. Por esse motivo, o presente trabalho visa avaliar e comparar a aplicação dos dois tipos de sistema de drenagem, clássico e alternativo, ao ponto de vista econômico e hidrológico, em dezenove lotes situados no Município de Lajeado - RS. O andamento do trabalho proporcionou, até então, estimar os volumes de chuva diários com tempo de retorno de 10 anos de Lajeado. A partir destes dados será possível estimar a vazão das águas pluviais em cada lote e então será feita a comparação do custo/benefício entre a aplicação de pavimentos permeáveis e o uso de pavimento CBUQ nas áreas livres de cada lote. Através da análise entre os sistemas, espera-se mostrar que a adoção dos métodos alternativos é a mais adequada para que haja uma redução do volume de águas escoadas, abatendo assim as chances de enchentes e alagamentos.

**Palavras-Chave:** Drenagem. Chuvas. Enchentes.



## ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA PCH SALTO FORQUETA NA ENCHENTE DE 04 E 05 DE JANEIRO DE 2010

Rodrigo da Cas<sup>1</sup>, Guilherme Garcia de Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*rodrigodacas@gmail.com, guilherme.oliveira@univates.br*

**Resumo:** A hidrologia é a ciência que estuda os fenômenos físicos relacionados à água no planeta terra. Dessa maneira, fundamentadas nos estudos hidrológicos são projetadas obras hidráulicas que auxiliam as pessoas, sejam para desenvolvimento social, prevenção de desastres naturais, abastecimento de água, irrigação, hidroeletricidade, navegação e controle de inundações. Este trabalho visa estudar a influência do barramento da Pequena Central Hidrelétrica Salto Forqueta no evento extremo hidrometeorológico ocorrido em 04 de janeiro de 2010 que causou a inundação parcial da cidade de Marques de Souza. Esta análise realizar-se-á a partir do uso conjugado de dois modelos hidrológicos para simular o evento: o modelo chuva-vazão SCS (Soil Conservation Service) e o modelo de propagação da onda de cheia Muskingum-Cunge. Neste sentido, serão efetuadas duas simulações de modo independente, a primeira considerando o barramento da PCH Salto Forqueta para calibrar os parâmetros e obter um cenário semelhante ao observado em Marques de Souza e a segunda removendo o barramento para verificar as possíveis alterações na forma do hidrograma e nas cotas atingidas pelo rio Forqueta. Por fim, com o uso de técnicas de geoprocessamento e dados cartográficos, serão obtidas duas manchas contendo as áreas de inundação com e sem o barramento da PCH Salto Forqueta, a partir das quais será possível investigar a influência deste empreendimento no evento extremo que atingiu a cidade de Marques de Souza.

Engenharia da Computação 03/06/2015, 17:00 – 18:40

Coordenador Prof. Marcelo de Gomensoro Malheiros

## SISTEMA CLIENTE SERVIDOR PARA EXIBIÇÃO DE MÍDIA INDOOR

Carlos Alberto Klafke Filho<sup>1</sup>, Alexandre Sturmer Wolf<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia da Computação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*blinderbg@gmail.com, awolf@unvates.br*

**Resumo:** A mídia indoor é considerada como uma inovadora forma de marketing. Ela substitui as propagandas impressas estáticas por telas de LCD, LED e plasma, para exibirem conteúdo dinâmico, atraindo mais a atenção de clientes e agregando impacto de qualidade ao produto ou serviço. Assim sendo, o presente trabalho visa estudar e conhecer o mercado de mídia indoor, os produtos disponíveis atualmente e seu funcionamento, para então, desenvolver uma solução cliente servidor, com o menor custo menor possível, utilizando a linguagem de programação Java para o servidor e a plataforma android para o cliente.

## AVALIAÇÃO E ANÁLISE DE CONSUMO DE ENERGIA MULTINÍVEL EM SISTEMAS DISTRIBUÍDOS

Jonas Fronchetti<sup>1</sup>, Marcelo G. Malheiros<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia da Computação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*jonasfronchetti@gmail.com, mgm@univates.br*

**Resumo:** O Brasil teve aumento exponencial no consumo de energia elétrica nos últimos anos. Além da natural expansão e construção de novas usinas, é importante haver uma transformação no modo de consumir energia, reduzindo riscos ambientais. Portanto, se torna essencial reduzir a utilização da energia, e para isso, é necessário desenvolver formas de monitoramento e medição do consumo energético. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema para medição do consumo energético multinível em sistemas computacionais distribuídos, possibilitando uma análise do consumo em três níveis de uma plataforma modular de hardware. O desenvolvimento do módulo será utilizada a linguagem de programação C, e apoiado por hardware externo dedicado, permitirá medições entre a fonte e a tomada, entre a fonte e a placa principal, e internamente na placa para seus componentes. O foco é obter dados precisos de voltagem e corrente em vários pontos do sistema, escondendo a complexidade e apresentando uma API simples para o programador.

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM DATA CENTER: ESTUDO DE CASO UNIVATES

Juarez S Fracalossi Junior<sup>1</sup>, Luís Antônio Schneiders<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia da Computação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*jsjunior@univates.br, laschneiders@univates.br*

**Resumo:** Data centers são grandes consumidores de energia elétrica e essa demanda tende a aumentar, mesmo com a crescente popularização da computação em nuvem, virtualização, evolução tecnológica dos equipamentos e dispositivos, além das melhorias contínuas relacionadas aos materiais empregados na infraestrutura física do data center. De acordo com relatórios internacionais produzidos por entidades como The New York Times (Power, Pollution and Internet, 2012) e Greenpeace (How Clean is your Cloud, 2012) atualmente os data centers são responsáveis por aproximadamente 2% da energia elétrica consumida no país e já podem ser considerados como as “fábricas do século XXI” na era da informação. Tal realidade chama a atenção de autoridades e gestores da área de Tecnologia da Informação (TI) que, gradativamente, passam a considerar projetos com grande eficiência energética para os novos data centers. As vantagens e os benefícios oriundos da economia no consumo de energia elétrica estão diretamente relacionados com a redução dos investimentos em projetos elétricos, na diminuição nos gastos operacionais e na mitigação dos danos ambientais. Seguindo essas tendências, o presente trabalho tem como propósito identificar, comparar, analisar e contextualizar dados de consumo energético do data center do Centro Universitário Univates a fim de apresentar resultados que possam apontar e subsidiar ações que idealizam o uso eficiente da energia elétrica, sem prejuízo para suas necessidades de desempenho, disponibilidade e contribuir de forma significativa para preservação do meio ambiente.



# MINERAÇÃO DE DADOS NO VAREJO VOLTADA AO RELACIONAMENTO COM CLIENTE

Marcos Eduardo Heinen<sup>1</sup>, Evandro Franzen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia da Computação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*marcos.heinen@outlook.com, efranzen@univates.br*

**Resumo:** Este trabalho apresenta inicialmente os conceitos de sistemas de gestão (ERP), de relacionamento com clientes (CRM) e de armazenamento das informações provenientes destes. Em seguida são detalhados os fundamentos de “descoberta de conhecimento em bases de dados” enfatizando o processo de mineração de dados, as principais técnicas e algumas ferramentas disponíveis no mercado. As escolhidas, Weka e Microsoft Analysis Services, são aplicadas em base de dados de duas empresas do varejo do ramo de materiais de construção, fazendo uso de algoritmos de associação, agrupamento e classificação. Cada caso é relacionado com necessidades reais em processos de CRM e tomada de decisão na gerência dos estabelecimentos. Para cada técnica são detalhadas as etapas de seleção de dados, criação do modelo, a execução pelas ferramentas até a obtenção dos resultados finais.

# MY DIAGRAMS: UMA PLATAFORMA COLABORATIVA EXTENSÍVEL PARA MODELAGEM DE SOFTWARE

Matheus Agnes Dias<sup>1</sup>, Pablo Dall'Oglio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia da Computação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*matheusagnes@gmail.com, pablodalloglio@univates.br*

**Resumo:** A sociedade depende cada vez mais de algum tipo de software, sendo que o mesmo está se tornando imprescindível e cada vez mais utilizado nas atividades do dia a dia dos mais diversos setores. Essa dependência tem feito com que os usuários sejam cada vez mais críticos e exigentes em relação à qualidade dos produtos. Por outro lado, os profissionais que trabalham com desenvolvimento, tem o desafio de construir softwares que tragam maior satisfação aos seus usuários, e ao mesmo tempo tenham boa eficiência, usabilidade e manutenibilidade. Entretanto, com a constante mudança e crescimento da demanda de softwares pelo mercado, nem sempre é possível alcançar estas características. A forte demanda do mercado por soluções muitas vezes faz com que os profissionais envolvidos tenham de desenvolver soluções em um tempo cada vez menor, deixando de lado atividades essenciais como a modelagem do projeto, o que implica diretamente na qualidade do produto final. Quando trazida para dentro do ciclo de desenvolvimento de um produto, gerando artefatos concretos que sejam utilizados diretamente na construção do produto final, a modelagem traz ganhos consistentes de produtividade. Tendo em vista esse cenário descrito, o objetivo do presente trabalho, é construir uma ferramenta extensível e colaborativa para modelagem estrutural de software, que permita gerar artefatos de desenvolvimento de alto nível, a fim de aumentar a produtividade em projetos de criação de software.

Engenharia de Alimentos 05/06/2015, 18:00 - 18:40

Coordenador Prof. Daniel Neutzling Lehn (Prédio 7, sala 301)

## AVALIAÇÃO DO SHELF-LIFE DE CARNE BOVINA RESFRIADA EMBALADA A VÁCUO E EM PVC

Emanuele Hoss<sup>1</sup>, José Miguel Pestana Assunção<sup>2</sup><sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia de Alimentos – UNIVATES<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES*emanuele@plastrela.com.br, jose.assuncao1@univates.br*

**Resumo:** A carne bovina requer vários processamentos, os quais expõem a carne a vários fatores que podem causar danos e modificações na qualidade, como alteração de cor, odor, retenção e exsudação de água, oxidação lipídica além de contaminações microbiológicas. Alguns destes fatores podem ser facilmente observados pelo consumidor ou em alguns casos, podem causar danos maiores, como contaminações microbiológicas e químicas, colocando em risco a saúde do consumidor. A embalagem tem um papel importante na conservação da carne bovina, podendo ser empregado sobre a forma de embalagens a vácuo ou até mesmo embalagens mais simples, como bandejas de poliestireno envolvidas em filmes de PVC (policloreto de vinila), porém ambas têm o mesmo objetivo, a proteção do alimento até seu consumo final. O presente trabalho visa avaliar o shelf-life do filé mignon bovino resfriado, comercializado no supermercado do município de Estrela- RS embalado a vácuo e em embalagem de poliestireno envolvida em filme PVC. O estudo da carne em embalagem a vácuo tem a duração de 30 dias. A carne embalada em bandeja com filme PVC, o estudo tem a duração de 4 dias. Durante o estudo serão avaliados o pH, capacidade de retenção de água, avaliação qualitativa da cor, odor, volume de exsudado e pesquisa de *Salmonella* spp em ambas as embalagens. Os resultados obtidos vão ser comparados com a legislação, com outros estudos e com o prazo de validade estabelecido pelo fabricante, a fim de avaliar se as duas embalagens garantem ao consumidor a qualidade e segurança alimentar desejada.

## ESTABILIDADE DA EMBALAGEM PARA CONSERVAÇÃO DE SALSICHA COZIDA

Simone Kappler Salvadori<sup>1</sup>, José Miguel Pestana Assunção<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Alimentos – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*skappler@universo.univates.br, jose.assuncao1@univates.br*

**Resumo:** Com o aumento da procura por alimentos com maior garantia de qualidade, as empresas necessitam buscar melhorias nos seus processos para manter seus produtos no mercado. Este trabalho tem objetivo avaliar a estabilidade da embalagem na conservação da salsicha cozida. Será realizada uma avaliação de shelf life testando duas embalagens, a embalagem utilizada atualmente e a embalagem teste com especificação diferenciada. Os testes serão realizados em ambiente com temperatura controlada, para avaliar a estabilidade do produto. Primeiramente, será realizada uma avaliação da especificação de cada embalagem, avaliando a espessura da embalagem, a largura da solda da embalagem e a sua integridade. Também serão realizadas análises microbiológicas, físico-químicas e avaliações visuais para conferir a conservação da salsicha durante o período de 45 dias. Serão realizadas análises microbiológicas como Salmonella spp, bactérias ácido-lácticas e contagem total de mesófilos. Na análise físico-química será avaliado a atividade de água do produto e o pH. Os resultados serão comparados com bibliografia.



Engenharia de Controle e Automação 03/06/2015, 17:30 - 18:30

Coordenador Prof. Rodrigo Wolff Porto

## PROJETO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA AUXILIAR A PARTIR DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA USO RESIDENCIAL

Gustavo Scheibler<sup>1</sup>, Henrique Worm<sup>2</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Controle e Automação – UNIVATES  
Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES*gustavo89sch@gmail.com, henriqueworm@gmail.com*

**Resumo:** A procura por formas alternativas de geração de energia elétrica observada nas últimas décadas tornou crescente o uso de placas fotovoltaicas capazes de utilizar a luz solar para tal finalidade. Essa fonte de energia não objetiva substituir, mas complementar ao modelo energético já existente. Este trabalho apresenta uma proposta de um sistema de geração de energia fotovoltaica de pequeno porte, com capacidade para atender as necessidades básicas de uma residência. O trabalho descreve os principais componentes do sistema proposto que é composto por um conjunto de nove placas fotovoltaicas, um conversor de tensão e um controlador microprocessado. Para validação desta proposta foram realizados experimentos práticos com uma placa fotovoltaica durante um período de sete dias. Em seguida, esses dados foram comparados com dados de radiação solar incidente coletado por uma estação meteorológica localizada no campus da Univates. Além disso, foi construído e testado um inversor de corrente contínua para corrente alternada com potência de 200W, gerando frequência de 60Hz e tensões de saída de 220Vca.

# PROJETO DE AUTOMAÇÃO DE UMA PLANTA DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE

Rodrigo Emer Kerber<sup>1</sup>, Ronaldo Husemann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Controle e Automação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*emer.kerber@gmail.com.br, husemann@univates.br*

**Resumo:** O presente trabalho demonstra o desenvolvimento e implementação de um projeto de automação de uma linha de produção de fertilizante misto no qual foram detalhadas as etapas deste processo industrial descrevendo o modo de funcionamento e os controles implantados. Também é descrito toda documentação de projeto de automação, instrumentação, hardware e software, bem como a configuração do sistema de controle e supervisão, que é operado de forma remota não sendo necessárias manobras manuais. Esta planta é composta por tanques, reatores, torre de abatimento de gases, bombas, agitadores, exaustores, roscas transportadoras e instrumentos de vazão, pressão, temperatura e nível e atuadores como válvulas. A implementação deste sistema automatizado buscou definir os ganhos adquiridos quando da utilização deste modo de operação.

# DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE DETECÇÃO DE FALHAS NA REGIÃO DA SOLDA EM EMBALAGENS METÁLICAS PELO MÉTODO DE CORRENTES PARASITAS

Rodrigo Maróstica<sup>1</sup>, Rodrigo Wolff Porto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Controle e Automação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*marostica@universo.univates.br, wolffporto@univates.br*

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma proposta de desenvolvimento de uma ferramenta para análise de falhas na região da solda de embalagens metálicas pelo método de correntes parasitas. Serão apresentadas as características do processo de produção das embalagens, em conjunto com a forma que é feito o controle de qualidade destes produtos. O sistema proposto deverá mapear especificamente a região da solda em embalagens metálicas, através da leitura da variação do fluxo magnético gerado por um indutor. A presença de falhas na região da solda causa uma alteração no padrão das correntes parasitas induzidas no material. Desta forma, o fluxo magnético resultante é alterado e, conseqüentemente, a indutância do indutor também é alterada. De forma geral, tanto a parte imaginária quanto a parte real da impedância do indutor são alteradas na presença de uma falha. Para elaboração do trabalho utilizou-se uma solução integrada para obtenção da resistência e indutância de um indutor. O conversor de indutância para digital LDC1000 fornecido pela Texas Instruments realiza esta tarefa. Experimentos preliminares foram realizados e verificou-se a resposta do sistema proposto na análise de embalagens previamente selecionadas. Para qualificar a resposta do sistema foram comparadas as respostas do sistema para embalagens com a região da solda dentro da conformidade exigida com embalagens que apresentavam níveis diferentes de descontinuidade na região de interesse. Os resultados preliminares indicam uma variação nos valores de indutância capturados quando a bobina de indução passa sobre a falha a uma velocidade contínua controlada. Desta forma objetiva-se a construção de um dispositivo para inspeção da região da solda de embalagens metálicas de forma contínua, que induza as correntes parasitas e capture as variações magnéticas provenientes da interação do campo magnético gerado com a região analisada, permitindo obter um perfil da região da solda e classifica-la de acordo com os níveis de irregularidades apresentados.

Engenharia de Produção 03/06/2015, 17:30 – 18:30

Coordenador Prof. Manfred Costa

## ANÁLISE E ESCOLHA DE UM SISTEMA DESTINADO PARA O PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

José Antônio Lauschner<sup>1</sup>, Manfred Costa<sup>2</sup><sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES*ze@universo.univates.br, manfred@univates.br*

**Resumo:** As organizações enfrentam um ambiente altamente competitivo, não podendo mais admitir perdas no seu processo que prejudiquem seu desempenho frente aos concorrentes e as exigências dos clientes. O setor de manufatura é apontado como um dos grandes diferenciais das empresas, e para isto precisa estar bem estruturado, com respostas rápidas e precisas diante das constantes mudanças do mercado. Neste contexto, o setor de PPCP das empresas precisa ter informações acuradas, uma equipe qualificada e um sistema de apoio que conduza a um planejamento e programação da produção factível. Nesse momento surgem como apoio os sistemas de planejamento fino da produção (PFP), que oferecem funções e soluções que suprem as deficiências apresentadas pelos sistemas tradicionais de MRP/MRP II, considerando o máximo de variáveis possíveis para montar um ambiente muito próximo do chão de fábrica, que respeita a capacidade real dos recursos produtivos para gerar uma programação com sequenciamento sincronizado e possível de ser realizada. Assim, este trabalho objetiva analisar, através de um estudo de caso, uma empresa industrial do ramo alimentício, verificar a possibilidade de implantação de um sistema PFP, demonstrar quais as potenciais melhorias e os possíveis obstáculos da implantação do sistema na empresa, e a viabilidade desse projeto. Os resultados demonstram que, apesar da empresa necessitar de um sistema PFP, o caminho é mais longo do que o inicialmente esperado, pois antes da efetiva utilização de uma solução mais avançada, é necessário se consolidar a base de informações e os processos da empresa, que proporcionem uma estrutura confiável e estável, para então implementar um sistema PFP.

**Palavras-chave:** Planejamento, programação e controle da produção. Sistemas de programação da produção. Indústria de alimentos.



## MELHORIA DA GESTÃO DE ESTOQUES: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA GRÁFICA

Luís Felipe Glufke<sup>1</sup>, Manfred Costa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*ipiglufke@itrs.com.br, manfred@univates.br*

**Resumo:** O presente estudo tem como objetivo a melhoria das práticas de gerenciamento de estoques em uma empresa do ramo gráfico. São coletados dados referentes aos estoques, compras e consumo da empresa de maneira a se obter o consumo diário de materiais. Os itens de estoque são ordenados conforme a metodologia da Classificação ABC, sendo então calculados estoque de segurança, lote econômico de compra e ponto de reposição para os produtos de classificação “A” existentes no estoque. É proposta ainda a implantação de indicadores de acompanhamento do desempenho da política de gerenciamento de estoques proposta.

**Palavras-chave:** gerenciamento de estoques, ponto de reposição, lote econômico de compra, estoque de segurança, classificação ABC.

## APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO EM UMA INDÚSTRIA DE PÃES – ESTUDO DE CASO

Nádia B. Zimmermann<sup>1</sup>, Carlos H. Lagemann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*nbzimmermann@universo.univates.br, chlagemann@univates.br*

**Resumo:** O mercado de commodities está cada vez mais competitivo, a concorrência estabelece o preço de venda dos produtos e os consumidores ditam se aceitam a qualidade intrínseca àquele valor estabelecido pelo mercado. A utilização de controles internos impacta na gestão de custos de produção, sendo esse um tema importante a ser trabalhado nas empresas. O tema abordado no trabalho é o Controle Estatístico de Processo (CEP) na produção de pães fatiados, com vista à verificação da estabilidade do processo, avaliando as perdas e o índice de capacidade do processo. Tal tema se apresenta como uma possível solução ao problema de produção de itens abaixo do peso, que aumentam o risco de multas e produção de itens acima do peso, que geram perdas desnecessárias na produção e aumentam o custo do processo. O tema CEP foi escolhido por gerar dados estatísticos que auxiliam na tomada de decisão. Através dele se torna possível a identificação de causas especiais que geram perdas no processo. A coleta dos dados foi realizada em uma empresa de médio porte, que atua na produção de pães. O processo analisado foi o porcionamento da massa, para avaliação do peso dos pães. Para coleta dos dados foi utilizada amostragem. O processo foi avaliado utilizando a metodologia de Cp e Cpk. Foram estabelecidos os limites de controle e posteriormente foi feita a avaliação da eficiência dos limites implantados. Foram implantadas também planilhas de verificação de peso final dos produtos. Com o estudo foi possível verificar que muitos itens estavam em desacordo com o peso estabelecido nas embalagens. Com o uso da metodologia de 5W2H foi elaborado um plano de ação para correção das causas especiais que geravam os itens fora do controle. O trabalho se mostrou bastante relevante para a realidade da empresa em questão. Auxiliou na redução de perdas e aumentou o nível de garantia dos produtos em relação ao peso.

**Palavras-Chaves:** CEP (Controle Estatístico de Processo). Controle de Qualidade. Índice de capacidade do processo.

Sistemas de Informação 03/06/2015, 17:00 – 18:40

Coordenador prof. Evandro Franzen

## USABILIDADE EM APLICAÇÕES WEB: REPENSANDO O SISTEMA DE BIBLIOTECA DA UNIVATES

Eduardo Bonfandini<sup>1</sup>, Fabricio Pretto<sup>2</sup><sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Sistemas de informação CETEC- UNIVATES<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES*eduardobonfandini@gmail.com.br, fabricio.pretto@univates.br*

**Resumo:** A usabilidade está cada vez mais em pauta no contexto de desenvolvimento de software. As suas heurísticas auxiliam empresas e desenvolvedores a entregar melhores produtos, orientando os usuários na utilização dos aplicativos com facilidade e satisfação. Interfaces homem-computador não estão mais limitadas a computadores de mesa, atualmente existe uma grande série de dispositivos diferentes, móveis ou não, e suas interfaces necessitam de um estudo da relação entre máquina e computador. Neste sentido, este trabalho visa propor uma nova interface para a área pública do sistema Gnuteca, ou seja, área utilizada por alunos e comunidade, não envolvendo a área administrativa do sistema de biblioteca da UNIVATES. Esse sistema é um reconhecido aplicativo web de código aberto para gestão de bibliotecas, nesse sentido, objetiva-se repensar as suas telas de pesquisa, livros, renovação e reserva com base nos princípios de usabilidade recomendados por diversos autores e pesquisadores. Após as telas serem repensadas e desenvolvidas serão efetuados testes de usabilidade que avaliarão a real efetividade das técnicas aplicadas.

## SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE SERVIÇOS URBANOS

Jonas Alberto Dhein<sup>1</sup>, Fabrício Pretto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Sistemas de Informação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*jonasdhein@gmail.com, fabricio.pretto@univates.br*

**Resumo:** Os problemas urbanos tornaram-se cada vez mais frequentes ao passar do tempo, postes com lâmpadas queimadas, bueiros entupidos, canteiros mau cuidados, entre outros aspectos, vem tornando as cidades cada vez mais descuidadas e propensas a problemas derivados, como contaminação do meio público. Quando existe manutenção preventiva, inúmeros problemas são evitados, alagamentos por exemplo, podem ser evitados se existir a fiscalização e cuidado com os bueiros e o recolhimento de lixo das cidades. O presente trabalho foi criado com o intuito de criar um portal colaborativo e um aplicativo Android para as prefeituras ou outro órgão público responsável por realizar as manutenções e sugestões de melhoria nas vias urbanas nas cidades. Dessa forma, além do cidadão poder realizar solicitações de melhoria, ele poderá ser informado do avanço delas, e acompanhar em tempo real todas as solicitações agendadas da população. O projeto ainda busca possibilitar o gestor público poder acompanhar de forma integral o avanço das melhorias e manutenções realizadas por ele na cidade, além de mantê-lo informado de todas as solicitações da população.



## DESCOBERTA DO CONHECIMENTO NA ÁREA FINANCEIRA

Marcos Oscar Wassem<sup>1</sup>, Evandro Franzen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Sistema da Informação 2015 – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*marcos\_wassem@sicredi.com.br, efranzen@univates.br*

**Resumo:** Atualmente existe uma grande dificuldade das instituições financeiras interpretarem a grande quantidade de dados e informações que são geradas diariamente, tais como movimentações de crédito, prestação de serviços, gestão de pessoas. Muitas destas informações possivelmente úteis estão sendo desperdiçadas, ficando escondidas em relatórios convencionais. Com tais necessidades, o uso de ferramentas poderosas de mineração de dados é cada vez mais comum, auxiliando na seleção de regras associativas relevantes que auxiliam em tomadas de decisões muito mais rápidas e com muito mais precisão. Esta monografia tem como principal proposta, de apresentar ferramentas, técnicas e algoritmos para Mineração de dados, aplicando conhecimento adquirido para achar novos grupos de clientes em uma base de dados existente, bem como análise dos dados obtidos.

**Palavras-chave:** Mineração de Dados. Regras de Associação. Tomadas de Decisão.

## JOGO DE TABULEIRO: UMA FERRAMENTA DE AUXÍLIO NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM DE ALGORITMOS

Willian Ramos da Silva<sup>1</sup>, Maria Claudete Schorr Wildner<sup>2</sup>

1Acadêmico do Curso de Sistemas de Informação – UNIVATES

2Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*willianwa8@gmail.com, mcladuetesw@univates.br*

**Resumo:** O presente estudo tem como finalidade propor a utilização de um jogo de tabuleiro para auxiliar no processo de aprendizagem de algoritmos. Denominado “Jogo da Programação”, este foi confeccionado com a utilização de materiais simples, como cartolina e botões de camisa. Tendo como objetivos trazer uma forma alternativa educacional para trabalhar conceitos de algoritmos e lógica de programação de maneira clara e duradoura. Sua motivação deu-se ao fato da percepção de que muitos estudantes da área de informática apresentam resistência e dificuldades em relação à disciplina de algoritmos. O “Jogo da Programação” busca unir diversão e ensinamento tornando o processo de aprendizagem de algoritmos mais dinâmico e interativo. Além de proporcionar a interação entre os estudantes, de modo que estes obtenham momentos de cooperação, iniciativa, convivência e superação. Será feita uma intervenção onde será aplicado o jogo com uma turma de algoritmos, sendo estes estudantes de Sistemas de Informação e Engenharia da Computação do Centro Universitário Univates. Para verificar se os alunos atingiram os objetivos propostos, serão analisadas atividades de pós-teste e pré-teste. Bem como de natureza qualitativa, o levantamento de dados será feito por meio de fotos, vídeos, anotações em meio a um diário de campo e questionário de satisfação. Espera-se que através do jogo os alunos construam algumas habilidade e competências necessárias para o entendimento dos algoritmos.

Engenharia Ambiental 19/10/2015, 17:00 - 19:00  
Seção 1 – Coordenador Prof. Rafael Rodrigo Eckhardt

## **AValiação DA LOGÍSTICA REVERSA DE MEDICAMENTOS NO Município DE LAJEADO/RS**

Carla Anete Pflugseder<sup>1</sup>, Rafael Rodrigo Eckhardt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES  
<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*cpflugseder@universo.univates.br, rafare@univates.br*

**Resumo:** O Brasil está entre os maiores consumidores de medicamentos no mundo, aliadas às políticas governamentais que impulsionam este consumo. Cerca de 35% dos medicamentos adquiridos pela população são através da automedicação, a qual apresenta riscos tanto para a saúde quanto para o meio ambiente. Devido a este consumo desenfreado, sobras de medicamentos, embalagens e medicamentos vencidos são destinados tanto para o lixo comum, quanto para o esgoto doméstico, ocasionados principalmente pela falta de informação quanto ao seu descarte. Visando isto, a Lei nº 12.305 instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, dispondo sobre as diretrizes relativas à gestão e ao gerenciamento de resíduos sólidos, bem como às responsabilidades dos geradores e do poder público, através da Logística reversa e da responsabilidade compartilhada. Porém, devido a atual inexistência de uma Logística reversa de medicamentos, o Ministério do Meio Ambiente publicou o Edital nº 02/2013 no dia 10 de outubro de 2013, de chamamento público de fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de medicamentos, para a elaboração da proposta de um acordo setorial, com foco na implantação da Logística reversa de âmbito nacional. Este trabalho tem por objetivo avaliar o nível da implementação da Logística reversa de medicamentos no município de Lajeado/RS e diagnosticar o consumo e descarte dos mesmos em farmácias, por estudantes do ensino superior da UNIVATES e a população em geral. A metodologia adotada para a execução deste trabalho ocorreu através de uma pesquisa quali-quantitativa, com aplicação de questionários estruturados. Participaram da investigação 7 farmácias, 30 pessoas e 4 turmas de graduação, uma de cada Centro da UNIVATES. Os resultados apresentados nas farmácias apontaram que há um grande consumo de medicamentos pela população, que em contrapartida não tem o hábito de descartar suas sobras, embalagens e medicamentos vencidos em coletores destinados a essa função, sendo que a maior parte das farmácias entrevistadas disponibilizam destes coletores. Os resultados do questionário destinado à população revelaram que todos os entrevistados consomem medicamentos, e que os mesmos dão um destino inadequado aos medicamentos. A maioria dos estudantes entrevistados do ensino superior da UNIVATES também consomem medicamentos, e assim como a população, o descarte de medicamentos são feitos de forma incorreta. Sendo assim, a Logística reversa de medicamentos no município de Lajeado está longe de ser implementada, visto a vários fatores que impedem que a mesma seja alcançada.

**Palavras-chave:** Medicamentos. Logística reversa.

# AValiação DA GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS E EMPREGO DO BIOFERTILIZANTE NA REMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBONETOS

MunIQUE Marder<sup>1,2</sup>, Camille Eichelberger Granada<sup>3,4</sup>

1Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

2Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

3 Centro de Gestão Organizacional – CGO/UNIVATES

4 Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia – PPGBiotec/UNIVATES

*mmarder@univates.br, cegrada@univates.br*

**Resumo:** A utilização de combustíveis fósseis como fonte de energia pode gerar impactos ambientais tais como emissão de gases poluentes e contaminação de solos. A utilização de fontes renováveis de energia, tal como o produto da biodigestão da matéria orgânica em ambiente anaeróbico, é uma alternativa para minimização destes impactos. O uso desta tecnologia, além de gerar um gás com alto teor calorífico, produz um efluente estabilizado (biofertilizante) que, quando disposto em solos, tem o potencial de incrementar os nutrientes, tornando-os mais ricos e com maior desenvolvimento microbiano. Em áreas onde estão localizados postos de gasolina, vazamentos de derivados de petróleo causam a contaminação dos solos, sendo necessário um tratamento que vise a redução das quantidades de poluentes e evite que esta contaminação escoe para os lençóis freáticos. A técnica de biorremediação pode ser uma alternativa eficiente e de baixo custo para o tratamento destes solos. Neste sentido, o presente estudo teve por objetivo avaliar o potencial dos resíduos de uma indústria alimentícia e frigorífico de suínos e aves na geração de biogás e utilizar o biofertilizante obtido pelo processo de biodigestão anaeróbia na biorremediação de solos contaminados com gasolina. Este experimento foi realizado em duas etapas: na primeira avaliou-se o potencial de geração de biogás de resíduos agroindustriais, por meio de um sistema de medição de biogás automatizado, e a caracterização do biofertilizante, realizando análises de sólidos totais, demanda biológica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), carbono e nitrogênio; Na segunda etapa, após o experimento de digestão anaeróbia, utilizou-se o biofertilizante como matéria prima para o experimento de biorremediação. Neste experimento, foram avaliados quatro tratamentos, são eles: 1- solo, 2 – solo e biofertilizante, 3- solo e gasolina e 4 - solo, gasolina e biofertilizante. Durante a biorremediação será realizado o controle dos compostos Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX) e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) por cromatografia gasosa com espectrometria de massa. Os resíduos agroindustriais submetidos à digestão anaeróbia geraram 13.383mL de biogás, onde 9938,55mL foi de metano. Diante das análises físico-químicas do biofertilizante observou-se uma remoção de sólidos totais, DBO, DQO, carbono e nitrogênio, confirmando que houve degradação da matéria orgânica pelos microrganismos. O tratamento de biorremediação ainda se encontra em andamento, não apresentando dados conclusos, mas acredita-se que o biofertilizante está acelerando a degradação dos compostos poluentes presente no solo contaminado com gasolina.



# MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO ARROIO SARAQUÁ NO MUNICÍPIO DE SANTA CLARA DO SUL

Roger David Franz<sup>1</sup>, Rafael Rodrigo Eckhardt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*rd.franz@gmail.com, rafare@univates.br*

**Resumo:** O presente estudo avaliou a qualidade da água do Arroio Saraquá no município de Santa Clara do Sul, RS, através da análise de uma série de parâmetros comparando os resultados com os níveis estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357. Além disso, foi calculado o Índice de Qualidade da Água (IQA), onde a qualidade das águas é avaliada recebendo uma nota de 0 a 100. Este índice é baseado em diferentes parâmetros, sendo eles: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, DBO, pH, nitrogênio amoniacal, fosfato total, turbidez e sólidos totais. Para tanto, foi estabelecida uma metodologia de análise em cinco pontos ao longo do perímetro urbano do município. As amostras foram coletadas mensalmente, entre junho e outubro de 2015, a fim de avaliar a evolução temporal do arroio ao longo do período de amostragens. O lançamento de efluentes domésticos e industriais, especialmente na área central de Santa Clara do Sul (pontos de coleta 2 e 3), é a principal causa da degradação do curso d'água, que recebeu classificação do IQA regular e ruim em praticamente todas as amostragens. De acordo com o CONAMA nº 357 o arroio Saraquá foi classificado como classe 3 e classe 4. O parâmetro que representou o maior impacto para a redução da qualidade das águas do arroio Saraquá foi o coliformes termotolerantes.

**Palavras-chave:** Arroio Saraquá, qualidade da água, IQA, CONAMA 357.

# MAPEAMENTO DAS ÁREAS E INFRAESTRUTURAS ATINGIDAS PELAS INUNDAÇÕES DO RIO TAQUARI NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE LAJEADO/RS.

Sofia Royer Moraes<sup>1</sup>, Rafael Rodrigo Eckhardt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*sofiaroyermoraes@gmail.com, rafare@univates.br*

**Resumo:** As inundações que afetam as áreas urbanas do Vale do Taquari são causadas por eventos intensos de precipitação pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas. Os impactos socioambientais decorrentes das inundações ocorrem, principalmente, devido à urbanização irregular das áreas sujeitas às inundações ao longo do tempo. O objetivo geral deste estudo consiste em realizar o mapeamento e a análise das áreas urbanas e infraestruturas atingidas pelas inundações do Rio Taquari na cidade de Lajeado – RS, após estruturar e consolidar a série histórica das inundações e avaliar o tempo de retorno dos diferentes níveis de inundações. Para execução deste trabalho foi organizado um conjunto de dados fluviométricos, disponibilizados pelo Porto Fluvial de Estrela, pelo Centro de Informações Hidrometeorológicas (CIH) da Univates e o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), dos registros das enchentes e das inundações ocorridas no município de Lajeado no período de 1940 até 2015. A partir da consolidação da série histórica das inundações de Lajeado, foram realizados, através do método de Gumbel, os cálculos da frequência e do tempo de retorno dos diferentes níveis de inundação para Lajeado. De acordo com a análise realizada, uma inundação de nível reduzido, de 21,00 m, possui uma probabilidade de ocorrência de 44,06% e um tempo de retorno de 2,27 anos. Por sua vez, uma inundação de 24 m, considerada de magnitude média, tem probabilidade de ocorrência de 18,94% e um período de retorno de 5,28 anos. Para magnitudes grandes e extremas, como para os níveis de 27 e 30 m, a probabilidade de ocorrência é de 7,31% e 2,70% e o tempo de retorno é de 13,69 anos e de 36,97 anos, respectivamente. A próxima etapa do estudo consiste em realizar o mapeamento das áreas e das infraestruturas atingidas pelas inundações a partir da base cartográfica digital de Lajeado, por meio da utilização das ferramentas do geoprocessamento e do sensoriamento remoto. Como resultado final, espera-se que o estudo contribua para a adoção de ações preventivas e de resposta às inundações pela Defesa Civil, além de contribuir para o planejamento urbano.

# ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA A ESTRUTURAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS DE ASSISTÊNCIAS TÉCNICAS NA CIDADE DE LAJEADO - RS

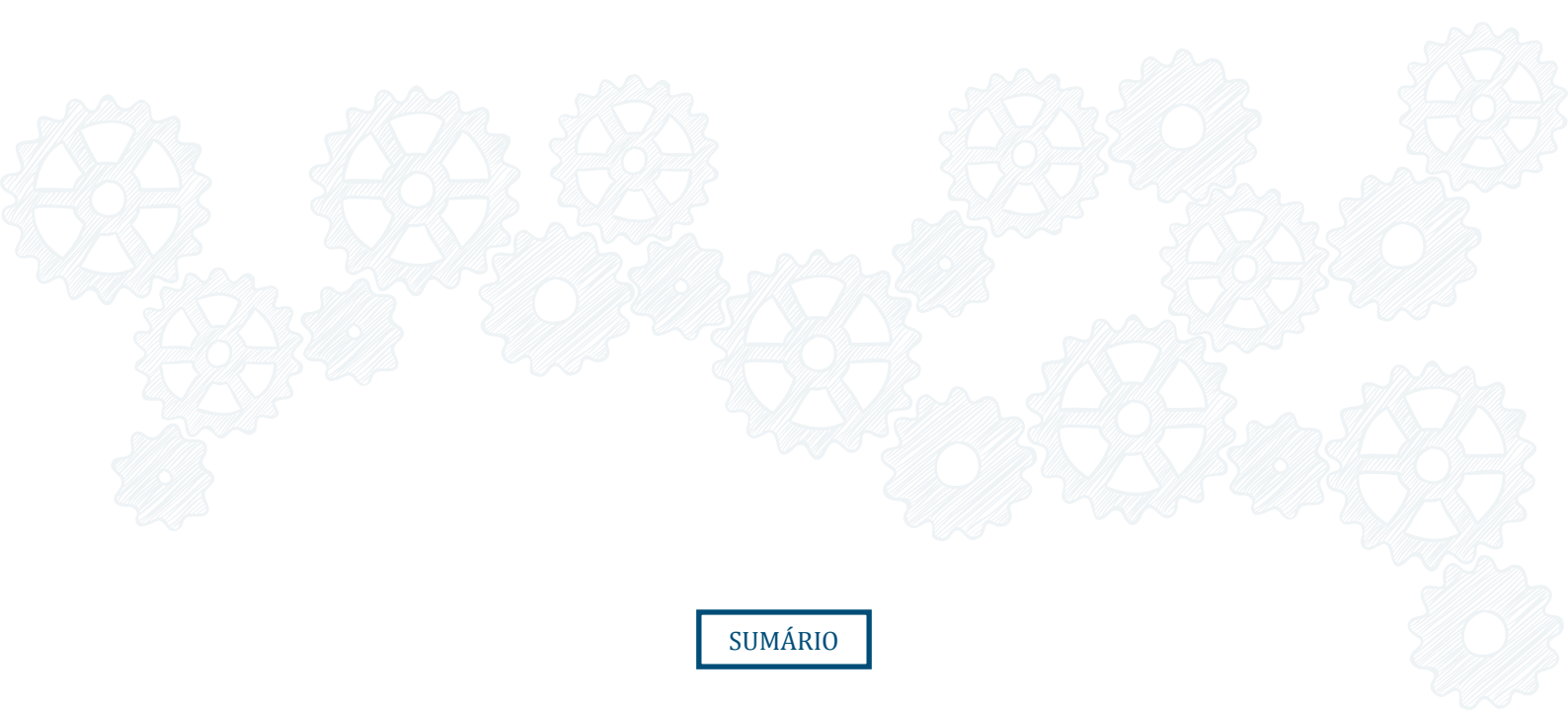
Tiago Luís Dullius<sup>1</sup>, Rafael Rodrigo Eckhardt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*tiagold@universo.univates.br, rafare@univates.br*

**Resumo:** O gerenciamento dos equipamentos eletroeletrônicos (REEE) apresenta-se como um problema a ser resolvido. Os resíduos oriundos deste segmento podem provocar danos ao meio ambiente e à saúde humana, através da contaminação da água e solo, por metais pesados presentes nos mesmos, além de gerar perdas no setor tecnológico e econômico. As assistências técnicas de reparo dos equipamentos eletroeletrônicos e a indústria recicladora formam um setor importante neste cenário, uma vez que estão inseridas no contexto deste tipo de resíduo. Instituída em 2010, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos apresenta as orientações sobre o gerenciamento de resíduos sólidos, como também as responsabilidades de cada setor envolvido, incluindo os resíduos dos equipamentos eletroeletrônicos. O presente estudo objetiva analisar a viabilidade técnica e econômica para a estruturação da logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos de assistências técnicas na cidade de Lajeado. A metodologia utilizada resume-se a pesquisa quali-quantitativa, com aplicação de questionários estruturados em cinco assistências técnicas de Lajeado e em uma empresa de coleta de resíduos eletroeletrônicos. Como resultados preliminares, constatou-se que o equipamento com maior número de entradas nas oficinas são os televisores, alcançando a média de 76 aparelhos mensais, entre TV's de tubo, LCD e plasma, nas cinco assistências técnicas participantes do estudo. Da média de televisores que dão entrada nas assistências técnicas, 66 televisores são consertados, sendo que 10 aparelhos são devolvidos ao cliente sem utilidade ou permanecem como resíduos nas oficinas para descarte. Da média de 66 televisores consertados mensalmente por cada assistência, 59 são retirados pelos clientes e 7 são deixados na assistência técnica. A maioria das assistências (60%) acondicionam os equipamentos consertados não retirados por tempo determinado e posteriormente são descartados como resíduos, 20% acondicionam o aparelho por 1 ano e o vende posteriormente e 20% acondicionam os aparelhos por tempo indeterminado. A pesquisa revelou que 80% das assistências pesquisadas acabam desmontando os aparelhos sem possibilidade de reparo e reaproveitam as peças com potencial para reutilização. A pesquisa relacionada à empresa coletora dos resíduos dos equipamentos eletroeletrônicos está na fase de coleta de dados.





## MONITORAMENTO DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DO LAGO DO CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES LAJEADO/RS

Caroline Ely Bazanella<sup>1</sup>, Rafael Rodrigo Eckhardt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*cbazanella1@universo.univates.br, rafare@univates.br*

**Resumo:** Devido ao aporte de poluentes através de fontes pontuais e difusas, alguns recursos hídricos têm apresentado relevantes impactos com relação à qualidade de suas águas. O impacto mais frequente nos ecossistemas aquáticos é a eutrofização, manifestação observada, na maior parte das vezes, em ambientes considerados lênticos. A eutrofização é decorrente do aporte excessivo de nutrientes, como Fósforo e Nitrogênio. O excesso desses nutrientes em um recurso hídrico, implica no desenvolvimento de fitoplâncton e macrófitas aquáticas em níveis acima do considerado natural. O Índice de Estado Trófico (IET) é utilizado para classificar os recursos hídricos conforme o seu grau de trofia, avaliando a qualidade, disponibilidade e efeito do aporte de nutrientes encontrados na água a partir de três variáveis: Clorofila  $\alpha$ , Transparência e Fósforo Total. Essas variáveis podem ser avaliadas de forma individual, porém os valores de Clorofila  $\alpha$  e Transparência muitas vezes não são representativos para avaliar o estado de trofia, pois não encontram-se associados diretamente às causas da eutrofização. Em contrapartida, a aplicação dos resultados das análises de Fósforo Total é compreendida como uma medida do potencial de eutrofização do meio, pois atua como agente causador do processo. O objetivo do estudo é monitorar o IET do lago do Centro Universitário UNIVATES Lajeado/RS, classificando o recurso hídrico conforme o grau de trofia, a partir da aplicação dos resultados das análises de Fósforo Total no IET de Carlson modificado por Toledo Jr. et al. (1983), para ambientes lênticos. A localização e o número de pontos de amostragem ao longo da seção transversal e vertical do lago foram definidos de acordo com a largura e a profundidade do mesmo. O lago foi subdividido ao longo de seu comprimento em 3 (três) unidades entre as seções transversais de amostragem onde, na área a jusante, em direção ao exutório, estabeleceram-se 3 (três) pontos de coletas equidistantes e, a montante, foram definidos 2 (dois) pontos de coleta conforme a largura dos trechos, em profundidade intermediária de 1,90m, totalizando 5 (cinco) pontos de coleta por campanha. As coletas estão compreendidas no período de julho a outubro, correspondendo a um total de 4 (quatro) campanhas amostrais, onde são coletadas amostras de água a partir da utilização de uma embarcação de pequeno porte e uma garrafa Van Dorn, acondicionadas em recipientes de vidro e encaminhadas ao Laboratório de Análises Unianálises, cujos resultados das análises químicas de Fósforo Total são aplicados na equação do IET. Como resultado preliminar, a partir dos valores de Fósforo Total obtidos para os pontos coletados, o lago foi classificado como eutrófico nas duas campanhas já realizadas, indicando uma produtividade biológica excessiva, altas concentrações de nutrientes e baixa penetração de luz na coluna d'água, o que acaba conferindo mau cheiro e coloração esverdeada à água.

**Palavras-chaves:** Fósforo, Nitrogênio, eutrofização, Índice de Estado Trófico.

Engenharia Ambiental 19/10/2015, 17:00 - 19:00

Seção 2 – Coordenadora Prof<sup>a</sup>. Maria Cristina de Almeida Silva

## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UMA WETLAND CONSTRUÍDA NA ETAPA DE POLIMENTO FINAL DE UMA ESTAÇÃO COMPACTA DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

Alexandre Batista Machado de Souza<sup>1</sup>, Maria Cristina de Almeida Silva<sup>2</sup><sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES*xandepreta@yahoo.com.br, maria.silva9@univates.br*

**Resumo:** O tratamento do esgoto sanitário, antes do seu lançamento em qualquer corpo hídrico, tem como objetivo impedir o contato dos despejos (resíduos e dejetos humanos) com a população, com a água de abastecimento e irrigação de alimentos, inibindo vetores patogênicos e reduzindo custos médico-hospitalares, além de controlar a poluição e manter o ambiente sustentável. Há soluções para a retirada do esgoto e dejetos ainda que o fornecimento de água não seja canalizado. Outra importante razão para tratar os esgotos é a preservação do meio ambiente. As substâncias presentes no esgoto exercem ação deletéria nos corpos de água: a matéria orgânica pode diminuir a concentração de oxigênio dissolvido provocando a morte de peixes e outros organismos aquáticos, escurecimento da água e exalação de odores desagradáveis. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de um Wetland Construído (WC), de fluxo horizontal subsuperficial. O sistema está localizado em um condomínio residencial, composto por cinco prédios, totalizando 80 famílias e população total de aproximadamente 320 pessoas, na cidade de Lajeado - RS. O WC recebe o efluente de uma Estação Compacta de Tratamento de Esgoto Doméstico, que consiste em tratamento preliminar, do tipo gradeamento e caixa desarenadora, e tratamento biológico, constituído por Reator UASB e Filtro Anaeróbio. O projeto está dimensionado para um tempo de detenção hidráulica de aproximadamente 5 dias no WC, onde após esta etapa o efluente é clorado numa caixa de desinfecção, antes de ir para o corpo receptor. As amostragens foram realizadas na entrada e na saída da Wetland, com periodicidade inicial semanal e posteriormente mensal, entre os anos de 2011 e 2014. No decorrer dos anos de 2011 até 2014, o efluente tratado apresentou valores percentuais médios de redução: DQO até 76,5%, DBO5 até 70,3%, SST até 90,3%, turbidez até 88,3%, coliformes totais até 40,7%, coliformes termotolerantes até 61,3%, fósforo total até 71,5%, NTK até 64,8% e nitrogênio amoniacal até 64,6%. O efluente final apresentou no decorrer do período de estudo comportamentos distintos quanto à redução dos parâmetros. Houve perda considerável de rendimento principalmente na redução dos parâmetros relacionados a nutrientes e boa eficiência e estabilização frente aos demais parâmetros, principalmente quanto a DBO, DQO SST e turbidez. O presente estudo mostrou que Wetlands horizontais de fluxo subsuperficial construídas podem efetivamente atuar como polimento final de efluentes de reatores anaeróbios, sendo capazes de atingir a maioria dos padrões de lançamento exigidos pela legislação ambiental em vigor.

**Palavras-chave:** esgoto sanitário, reatores UASB, wetlands construídos.

## CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DE UMA OCORRÊNCIA HIDROTHERMAL NO MUNICÍPIO DE IMIGRANTE, RS, COM VISTA AO SEU POTENCIAL DE USO E CONSUMO

Anna Leticia Giacomelli<sup>1</sup>, Henrique Carlos Fensterseifer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*agiacomelli@univates.br, hfesnterseifer@univates.br*

**Resumo:** A vida no solo sob a superfície da Terra está diretamente ligada com a presença da água em seus três estados físicos: líquido, sólido e gasoso, interligados pela ação do ciclo hidrológico. A porção de água doce no mundo é reduzida, sendo de apenas 3% da totalidade do líquido, e destes aproximadamente 30% estão localizados em subsuperfície, alojados em formações geológicas propícias, os aquíferos. Devido as características geológicas, idade da água e profundidade em que se encontra, este líquido pode apresentar peculiaridades distintas das águas encontradas em superfície, como a presença de bicarbonatos, cloretos e dióxido de carbono, e quando isto ocorre, a água passa a ser considerada mineral. O mercado de água mineral no mundo move milhões de dólares por ano, e seu consumo em alguns países passa de 200 litros por pessoa anualmente. No Brasil, sete das cem maiores empresas mineradoras atuam no mercado de água mineral, ajudando a mover a economia de municípios e do país. Uma das formas minerais da água está relacionada a temperatura encontrada em sua fonte, podendo conferir a esta característica termal. Para tanto esta água deve estar sendo aquecida pelo calor interno do planeta, em função da profundidade em que se encontra e a estruturas geológicas como falhas e fraturas. Dessa forma, a possível incidência de poço termal em Imigrante, Rio Grande do Sul, está relacionado com os sedimentos depositados para formação do Aquífero Poroso Guarani e os derrames basálticos fissurais da Formação Serra Geral, e mostra-se anômalo se comparado com as outras águas subterrâneas da região. Dessa maneira, tal estudo se dará através da caracterização físico-química e microbiológica da água deste local, suas propriedades, bem como seu uso de forma sustentável, através da recuperação do poço de 234 metros. Além disso, devido ao grande mercado mineral que envolve a água, será feita comparações entre as propriedades de marcas de água mineral comercializadas no Brasil e as amostras extraídas do poço, a fim de se traçar um panorama das águas minerais mais comuns do país. Em análises preliminares realizadas após a retirada do líquido do poço, a temperatura da água chegou a 27,4°C, caracterizando-a como fonte hipotermal, onde segundo a legislação a temperatura varia entre 25°C e 33°C. Nesta temperatura a condutividade apresentada foi de 240µS, representando a quantidade de sais carregados pela água, que foram disassociados das rochas tanto areníticas do Aquífero Guarani quanto do basalto da Formação Serra Geral. Dessa forma, há a confirmação do fenômeno do hidrotermalismo, fazendo com que a área tenha alto potencial de exploração econômica, dentro da legislação a cerca de águas minerais.

## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM PROTÓTIPO DE DESIDRATAÇÃO DE LODO CLASSE I UTILIZANDO ENERGIA FOTOTÉRMICA

Diego Alexandre Vognach<sup>1</sup>, Maria Cristina de Almeida Siva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*diegovognach@gmail.com, mariacristinaas@gmail.com*

**Resumo:** Um dos principais subprodutos de sistemas de tratamento de efluentes é denominado lodo. Este é composto por diferentes substâncias, de acordo com a característica do efluente, bem como o tratamento na qual o mesmo foi submetido. Dentre os possíveis procedimentos adotados para tratamento do lodo, destaca-se a remoção da água em excesso, processo denominado desaguamento, que viabiliza etapas posteriores, como o transporte e disposição final. Os processos de desidratação podem ser realizados naturalmente, a partir do emprego de leitos de secagem, que são econômicos, de fácil operação, mas com utilização de extensas áreas. Já os sistemas mecanizados agregam maior valor na aquisição, implantação e operação, mas possuem como vantagem o requerimento de menor tempo e espaço de operação. O objetivo do presente estudo é o desenvolvimento de um protótipo que utiliza energia de fonte renovável, a fototérmica, para acelerar a desidratação, visando à redução do seu volume final e, em consequência, redução dos custos de sua disposição final. Os coletores solares empregados no trabalho foram do tipo tubo a vácuo ou water-in-glass, que possuem maior eficiência em diferentes condições meteorológicas. O lodo utilizado nos testes de desidratação é gerado por uma indústria de produtos químicos do Vale do Taquari e, conforme seu processo produtivo, o composto final é classificado como classe I de acordo com a NBR 10.004/2004, da ABNT. O protótipo que utiliza energia fototérmica é comparado com outros dois protótipos, em que um tem as mesmas dimensões e condições, mas sem sistema de aquecimento e percolação. Já o outro sistema é um comparativo, pois simula o sistema convencional de leitos de secagem, tratamento já utilizado na indústria. Os dados são coletados a cada dois dias, onde são analisados os Sólidos Totais (ST) de cada sistema, visando uma análise do desempenho do protótipo proposto comparado com o sistema atual na empresa. Cada experimento dura cerca de 15 dias e, no seu término, é realizado o balanço de entrada e saída de lodo de cada sistema. Os resultados mais satisfatórios atingidos até o momento são de 93,49% ST para o sistema fototérmico, 37,28% ST para o sistema sem aquecimento e 59,68% de ST para o sistema de leito de secagem. No balanço de entrada e saída de massa e volume ao fim de cada experimento o sistema fototérmico novamente se mostra com mais eficiência, apresentando uma redução de 84,88% para a massa, e 65% para o volume, o sistema sem aquecimento com 58,62% para a massa, e 56% para o volume, e o sistema de leito de secagem com redução de 72,44% para a massa e 57,27% para o volume. Com os resultados obtidos com o estudo se espera reduzir o volume e a massa do lodo, acelerando o processo de desidratação empregando energias de viés renovável.



## AValiação DA Eficiência DE UM WETLAND NATURAL NO POLIMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS JA TRATADOS POR SISTEMA FOSSA E FILTRO

Gustavo Somensi<sup>1</sup>, Maria Cristina de Almeida Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*gustavo.somensi@gmail.com, mariacristinaas@gmail.com*

**Resumo:** Este trabalho teve o objetivo de avaliar a eficiência de um wetland natural, que realiza o polimento do efluente doméstico do Loteamento Residencial Nascer do Sol III, localizado na cidade de Arroio do Meio (RS), principalmente relacionado à remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo), mas também de matéria orgânica, sob a forma de demanda bioquímica e química de oxigênio (DBO5 e DQO). Além dos referidos parâmetros, as análises de físicas e químicas de turbidez, temperatura e pH também foram realizadas. O efluente tratado pelo wetland natural é previamente tratado pelo sistema ligado de Fossa e Filtro Anaeróbio em cada uma das residências. Estima-se que o loteamento tenha 15 casas e cada uma das casas possui 4 habitantes, gerando uma média de esgoto sanitários de 7,8 m<sup>3</sup> diários. O sistema a ser analisado faz parte de uma área de contribuição de uma pequena nascente, o que reforça ainda mais o monitoramento e melhoramento, via tratamento, do esgoto a ser descartado no manancial. A planta predominante na wetland natural é a commelina cf. obliqua, encontrada em ambientes úmidos, como bordas de valas de drenagem, margens de rios, riachos e próximo de locais que acumulam água, pode ser utilizada na remoção de nutrientes e matéria orgânica. Propõe-se, também, o dimensionamento de um sistema de wetland construído caso não seja verificada a eficiência do ambiente natural. A partir da análise dos resultados preliminares, verificou-se que os valores de concentração dos referidos parâmetros na entrada da wetland já atendem o padrão de lançamento de efluentes estabelecido pela Resolução CONSEMA 128/2006. Ainda assim, destaca-se uma considerável eficiência na remoção da DQO, na faixa de 75% e fósforo, em média, 72%.

**Palavras-Chave:** Wetland natural, remoção de nitrogênio e fósforo, matéria orgânica, demanda bioquímica de oxigênio, esgoto doméstico.

## COMPARATIVO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE METANO UTILIZANDO GLICEROL E SACAROSE COMO SUBSTRATO ORGÂNICO, EM REATORES OPERADOS DE FORMA DESCONTÍNUA ALIMENTADA

Indianara Cataneo<sup>1</sup>, Maria Cristina de Almeida Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*icataneo@univates.br, maria.silva9@univates.br*

**Resumo:** A crise energética que vem preocupando, não só o Brasil, mas todo o mundo, traz a necessidade da busca por fontes energéticas alternativas, como as energias renováveis que causam menos impacto ao meio ambiente. Outro problema enfrentado atualmente é a geração de resíduos e efluentes, que demandam tratamentos específicos e controles adequados. A utilização de biogás como fonte renovável de energia tem se mostrado cada vez mais atrativa, considerando o potencial de utilização de resíduos e efluentes como substrato orgânico, ou seja, através da digestão anaeróbia é possível utilizar o que seria material de descarte para produção de energia. O objetivo deste trabalho foi comparar o potencial de geração de biogás com potencial energético ( $\text{CH}_4$  na sua composição), dos substratos glicerol e sacarose. O glicerol é subproduto oriundo de indústrias de fabricação de biodiesel, e possui cadeia orgânica de difícil degradação, e a sacarose, se caracteriza por possuir fácil degradabilidade. Foram testados sistemas de digestão anaeróbia de operação descontínua (batelada) alimentada, em biorreatores (0,6 L de volume útil) e em biorreatores de bancada (19,2 L de volume útil). Três situações foram avaliadas, 3, 6 e 9% de matéria orgânica em relação ao volume útil total de cada biorreator. Nos experimentos com os biorreatores, a avaliação teve duração de 48 dias em cada situação proposta; e nos biorreatores de bancada, cada situação foi avaliada durante 15 dias. Finalizado os experimentos nas condições de 3 e 6% nos biorreatores de bancada, percebeu-se que o glicerol possui maior potencial para a geração de biogás com potencial energético, comparado a sacarose, entretanto, a quantidade de biogás gerada foi superior nos biorreatores de bancada alimentados com sacarose, isto devido a fácil degradabilidade de sua cadeia orgânica.

## PRODUÇÃO DE BIODIESEL VISANDO A REDUÇÃO DO GLICEROL

Luana Nichel<sup>1</sup>, Maria Cristina de Almeida Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*lnichel@univates.br, maria.silva9@univates.br*

**Resumo:** O biodiesel surgiu como um combustível renovável com grande potencial para substituir o óleo diesel derivado do petróleo. É um combustível biodegradável e pouco tóxico, produzido através da reação de transesterificação. Vários óleos vegetais podem ser utilizados como matéria-prima para a produção de biodiesel, mas a utilização destes é considerada inviável devido ao seu alto custo e do seu uso na alimentação. O óleo residual de fritura é uma matéria-prima promissora na fabricação do biodiesel, pois o mesmo possui um preço mais baixo de mercado e sua utilização beneficia o meio ambiente, reduzindo o impacto da geração de resíduos provenientes do óleo de cozinha. Da produção do biodiesel, é formado o subproduto denominado glicerol, que pode ser utilizado como matéria-prima nas indústrias de cosméticos, tabacos, fármacos, alimentos e outros. Mas para poder ser comercializado, o glicerol precisa ser purificado, com isso, o preço de mercado do mesmo se torna elevado. Com a crescente produção de biodiesel, aumentou-se a produção de glicerol, gerando volumes superiores ao demandado pelo mercado. Diante deste problema, o objetivo do trabalho foi produzir biodiesel a partir do óleo residual de fritura, visando reduzir a quantidade de glicerol presente no mesmo. Para isso foi utilizado diferentes quantidades de catalisadores (metilato de sódio, hidróxido de sódio e mistura de ambos), e 50g de metanol (álcool) na reação de transesterificação. Além da redução da produção do glicerol, objetivou-se, também, a análise da qualidade do biodiesel, através das análises de índice de acidez, teor de umidade, massa específica a 20°C e teor de ésteres. Os resultados foram comparados com as normas exigidas pela Resolução nº 45/2014 da Agência Nacional do Petróleo (ANP), para a comercialização do biodiesel. De todas as misturas testadas, o melhor resultado ocorreu na amostra que recebeu a mistura de 1g de metilato de sódio e 50g de metanol, esta amostra teve um rendimento de 90,4g (59,8%) de biodiesel e apenas 36,8g (24,3%) de glicerol. Segundo pesquisas realizadas em bibliografias foram utilizadas quantidades semelhantes de óleo, álcool e catalisador (metilato de sódio) obtendo 83,28g de biodiesel e 35,8g de glicerol. A partir da avaliação dos resultados desta melhor condição, verificou-se que houve aumento no rendimento do biodiesel, com mínima alteração na quantidade final de glicerol produzido, de acordo com a bibliografia analisada. O biodiesel desta mistura se enquadrou dentro das normas exigidas pela ANP, permanecendo com as características adequadas para ser utilizado nos motores.

## AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO ARROIO DO CONDE E DO CANAL CELUPA ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA - IQA

Maira Vanessa Puhl<sup>1</sup>, Maria Cristina de Almeida Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*mpuhl@universo.univates.br, maria.silva9@univates.br*

**Resumo:** O homem utiliza a água para os mais diversos fins, dependendo dela para sobreviver. Entretanto, devido à má distribuição, à ineficiência, às perdas e à poluição urbana, agrícola e industrial, torna-se cada vez mais crescente a demanda por água de qualidade. A construção de rodovias é outro fator relevante na alteração da qualidade dos corpos hídricos, seja pelos impactos decorrentes da fase de implantação do empreendimento, seja pelos impactos trazidos na fase de operação. Diante disso, observa-se a necessidade de monitoramento dos recursos hídricos, bem como a disseminação dessas informações ao público em geral. Nesse sentido, o presente trabalho avaliou a qualidade da água do Arroio do Conde e do Canal Celupa, corpos hídricos inseridos na bacia hidrográfica do Lago Guaíba e interseccionados pelas obras de duplicação da rodovia BR-116, trecho compreendido entre os municípios de Eldorado do Sul (km 291,20) e Guaíba (km 299,35). Para avaliação dos mesmos foi aplicado o Índice de Qualidade da Água (IQA) desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF), em sua metodologia original, bem como o IQA com as modificações sugeridas por Comitesinos (1990). Além disso, foi realizada a classificação dos cursos d'água de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005. As características analisadas foram: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura, turbidez e sólidos totais dissolvidos. Para avaliação destes parâmetros foram delimitados 2 (dois) pontos de amostragem, um em cada corpo hídrico. Foram realizadas dez amostragens, uma no ano de 2008, antes da construção do empreendimento, oito no período de 2011 a 2014, durante a construção do empreendimento e uma no ano de 2015, após o término do empreendimento. Pelo IQA-NSF a qualidade da água do Arroio do Conde apresentou-se com qualidade regular em cinco amostragens, qualidade ruim em quatro amostragens e qualidade boa em apenas uma amostragem, durante as obras de duplicação da rodovia. O Canal Celupa pelo mesmo método apresentou-se com qualidade regular em quatro amostragens e qualidade ruim nas outras seis amostragens. Pelo IQA-Comitesinos ambos os corpos hídricos indicaram a ocorrência de apenas duas faixas de qualidade: regular e ruim. No Arroio do Conde verificaram-se seis amostragens com qualidade regular e quatro amostragens com qualidade ruim. O Canal Celupa apresentou apenas três amostragens com qualidade regular e o restante com qualidade ruim. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, pode-se observar que os parâmetros não atendem, satisfatoriamente, os limites de tolerância preconizados pelas classes 2 e 3 das águas.



Engenharia Ambiental 19/10/2015, 17:00 - 19:00

Seção 3 – Coordenadora Prof. Odorico Konrad

## **AValiação DO BALANÇO HÍDRICO E DA EFICIÊNCIA DE UM ALAGADO CONSTRUÍDO COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO PARA EFLUENTE DOMÉSTICO**

Fábio Júnior Secchi<sup>1</sup>, Odorico Konrad<sup>2</sup><sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES*fsecchi@universo.univates.br, okonrad@univates.br*

**Resumo:** A água é o bem mais valioso do planeta, sendo fundamental para todos os seres vivos, além de ser indispensável para diversas atividades de abastecimento humano, portanto, após seu uso torna-se fundamental o tratamento adequado. Os despejos desordenados de esgoto doméstico com altas cargas de poluentes nos corpos hídricos receptores, podem causar danos ao meio ambiente e sérios riscos à saúde pública. O Wetland construído é uma tecnologia que utiliza processos naturais para a remoção de poluentes por meio de mecanismos físicos, químicos e biológicos. A simplicidade de implantação, operação e manutenção tornam essa técnica uma alternativa para o tratamento final de águas residuárias e uma opção economicamente viável para complementar tratamentos descentralizados de esgoto. Estes sistemas operam em áreas abertas, os quais sofrem interferências climáticas e meteorológicas, como a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração, que incrementa ou reduz o volume do efluente respectivamente, alterando significativamente o tempo de detenção hidráulica. Nesse caso, torna-se importante difundir e estudar alguns fatores que possam intervir na otimização dessa tecnologia ambiental. O presente trabalho teve como objetivo avaliar se a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração interferem na eficiência de um alagado construído para o tratamento de esgoto doméstico. O estudo foi desenvolvido em duas fases de seis meses, a primeira sem a influência da precipitação pluviométrica (SIPP) e a segunda exposta a precipitação pluviométrica (IPP). O alagado construído é do tipo subsuperficial, com fluxo horizontal, vegetado com macrófitas e ocupado com rachão, brita e areia. Os equipamentos utilizados para as medições do balanço hídrico foram pluviômetro analógico e hidrômetros, enquanto que para avaliar a eficiência de tratamento, as análises de DBO, NTK e Pt foram realizadas em laboratório. Os resultados mostraram que na fase IPP o balanço hídrico sofreu variações significativas por decorrência dos volumes pluviométricos e de evapotranspiração. As eficiências médias de remoção nas fases SIPP e IPP foram de 67,3% e 66,8% para DBO, 40% e 21% para NTK, e 38,4% e 17,6% para Pt respectivamente. O estudo mostrou que a precipitação pluviométrica e as taxas de evapotranspiração influenciam no balanço hídrico de um alagado construído, proporcionando variações no tempo de detenção hidráulica do efluente, o que conseqüentemente interfere na eficiência de remoção de cargas poluidoras.

## AVALIAÇÃO SAZONAL DO SISTEMA DE PÓS-TRATAMENTO COM WETLAND CONSTRUÍDO EM VINÍCOLA DA SERRA GAÚCHA

Franciele Facchini<sup>1</sup>, Odorico Konrad<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Professor pesquisador /Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*franciefacchini@hotmail.com, okonrad@univates.br*

**Resumo:** A produção de vinhos no Brasil, em sua maior parte se localiza no Rio Grande do Sul e está em constante crescimento, e junto a isso a crescente preocupação com o tratamento dos efluentes. Os efluentes são gerados nos processos de vinificação e trazem na sua composição concentração de matéria orgânica que varia dependendo da época do ano (no pico da safra que, entre fevereiro e abril, a carga orgânica é mais elevada assim como o volume de efluentes), o que é considerado um problema quando disposto em ambiente natural sem o devido tratamento. Existem inúmeros sistemas para tratamento, porém é importante avaliar a sua eficiência e o custo para implantação, operação e manutenção do sistema. O presente estudo avaliará a eficiência de tratamento de efluente de vinícolas através de processos físico-químicos e biológicos, e como polimento final o uso de wetlands construídos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência sazonal do Wetland construído em uma estação de tratamento de efluente de vinícola localizada na Serra Gaúcha. O Wetland construído é uma biotecnologia semelhante aos banhados naturais, é um tratamento biológico simples e eficiente em que as macrófitas, o substrato e os microrganismos presentes são os responsáveis pelos mecanismos de remoção de poluentes. A avaliação ocorrerá no período de fevereiro de 2015 a novembro de 2015, totalizando nove meses, desta forma é possível acompanhar o desempenho do Wetland ao longo de todas as estações do ano. A metodologia foi baseada na análise da eficiência, através de parâmetros físicos e químicos de qualidade do efluente. Os resultados mostram remoções satisfatórias para DQO (51,56 - 91,47 %); DBO (71,93 - 98,56 %); turbidez (91,77 - 96,95 %); cor (49,52 - 77,14 %), sólidos suspensos (25 - 100 %), NTK (57,14 - 85,37 %). A grande perda líquida do efluente pela evapotranspiração reduziu em muito a vazão na saída do tratamento, o estudo mostrou que aproximadamente 30% do efluente não foi lançado no meio ambiente, ou seja, um descarte muito menor no meio ambiente. Além disso, se observou a taxa de crescimento das macrófitas ao longo do wetland construído, e verificou-se que no início do wetland o crescimento foi de 1,73cm/dia, no meio 0,75cm/dia e no fim 1,04cm/dia. De acordo com estes resultados, sistemas wetlands construídos se constituem como boas opções para o polimento final de efluentes vinícolas, conferindo maior qualidade ao efluente final disperso nas lavouras.

# AVALIAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO COM SISTEMA FOSSA E FILTRO DE UM MUNICÍPIO DA SERRA GAÚCHA

Jéssica Scottá<sup>1</sup>, Gustavo Reisdorfer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*jessica.scotta@univates.br, greisdorfer@univates.br*

**Resumo:** Fornecer condições de qualidade de vida para a população através de uma estrutura adequada de saneamento ambiental é essencial para o desenvolvimento humano e social. A coleta, transporte e o tratamento de esgoto doméstico são de fundamental importância para a manutenção da qualidade dos corpos hídricos e a garantia da qualidade das águas de abastecimento. Este trabalho apresenta a avaliação de uma estação pública de tratamento de esgoto doméstico de pequeno porte, que recebe o efluente de uma comunidade de baixa renda de um município da Serra Gaúcha. Foi realizado o monitoramento da ETE, composta por duas fossas sépticas interligadas, tipo Imhoff, e quatro filtros anaeróbios, durante seis meses através da amostragem de parâmetros importantes como DBO, DQO, sólidos suspensos e sedimentáveis, nitrogênio amoniacal, cor, turbidez, oxigênio dissolvido, pH e temperatura, afim de se avaliar se a mesma atende aos padrões de tratamento e lançamento de esgotos. Também foram avaliados os cálculos do dimensionamento do sistema com base nas normas técnicas específicas, visto que a execução da obra data dos anos 2000 e as condições operacionais do sistema apresentam problemas constantes como entupimentos e transbordamentos. Através da avaliação dos resultados obtidos nas análises físico-químicas foi possível constatar que o sistema não se adequa aos padrões de lançamento estabelecidos na CONSEMA 128/2006, por isso foi proposto um sistema de pós-tratamento com *wetland* construído a fim de alcançar uma boa qualidade para o efluente final e o consequente enquadramento do mesmo dentro dos padrões ambientais atuais.

# AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA ATRAVÉS DO USO DE AREJADOR *SPRAY* EM AMBIENTE UNIVERSITÁRIO

Rafael Gustavo Schneider<sup>1</sup>, Odorico Konrad<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*rafaelgschneider@yahoo.com.br, okonrad@univates.br*

**Resumo:** O desperdício frente a constante diminuição da disponibilidade hídrica tem se tornado uma problemática recorrente, não só no Brasil como no planeta, para tanto, cada vez mais se faz necessário a economia e o uso racional da água. Neste sentido se difunde o uso de equipamentos economizadores de água, como é o caso dos arejadores incorporados às torneiras. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial de economia de água nos banheiros do Centro Universitário UNIVATES – campus Lajeado, através da substituição dos arejadores convencionais por arejadores sprays. As estimativas de economia foram obtidas através do estudo da frequência do uso dos lavatórios e da diminuição de consumo por acionamento, resultante da troca dos arejadores. Os resultados preliminares do estudo se mostram positivos com relação a economia do recurso natural, ficando em torno de 66% de redução por acionamento. Estando comprovada a economia de água, haverá ganhos também em termos financeiros, tornando viável a implantação da troca dos arejadores no restante dos prédios que compõe o campus.



## AVALIAÇÃO DA DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE VETERINÁRIOS EM INTEGRADORA DE SUÍNOS

Rodrigo Büchner Leonhardt<sup>1</sup>, Odorico Konrad<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*Buchnerrodrigo1@gmail.com, okonrad@univates.br*

**Resumo:** A produção de proteína animal vem demonstrando um grande crescimento nas últimas décadas, destacando-se o setor da suinocultura. Proporcionalmente, é o número de medicamentos e produtos desinfetantes utilizados nesta cadeia produtiva, logo a quantidade de frascos vazios destes produtos, se estes gerenciados de forma incorreta, são nocivos ao meio ambiente ao final de seu ciclo de vida. Já existem legislações e resoluções que definem como estes resíduos devem ser gerenciados. Desta forma, estudou-se a atual destinação dos Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde (RSSH), embalagens vazias de medicamentos veterinários, desinfetantes e perfurocortantes, em uma integradora de suínos do Vale do Taquari – RS. Realizou-se coleta de embalagens vazias para avaliação gravimétrica, após estes dados foram correlacionados com os relatórios de utilização de medicamentos fornecidos pela empresa. Simultaneamente aplicou-se um questionamento aos integrados criadores de suínos, buscando identificar a destinação final destes resíduos. Constatou-se que no ano de 2014 a empresa, no setor de suinocultura, gerou 11.455,86 metros cúbicos de RSSH. Grande parte destes resíduos é segregada corretamente (77,5%), o grande problema é a destinação dos mesmos, 95% dos produtores relataram enviar estes resíduos juntamente com os resíduos sólidos urbanos.

## APLICAÇÃO DE OZÔNIO NO POLIMENTO FINAL DE EFLUENTES SANITÁRIOS VISANDO REUSO

Vinícius Pretto da Silva<sup>1</sup>, Gustavo Reisdörfer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*viniciuspretto@yahoo.com.br, greisdorfer@univates.br*

**Resumo:** A técnica de ozonização tem se mostrado eficiente na remoção de grupos funcionais orgânicos responsáveis por atribuírem características como cor, gosto e odor em águas residuais. Deste modo a remoção destas características de forma eficiente pode ampliar as chances de reuso dos efluentes para diferentes finalidades. Para a realização do experimento foi desenvolvido um protótipo em escala piloto a fim de apresentar uma alternativa para o tratamento final de efluente sanitário visando seu reuso, abordando a aplicação do ozônio e ação deste sobre o efluente, verificando seu efeito oxidativo, através da avaliação dos parâmetros cor, turbidez, DBO5 e coliformes termotolerantes. Os resultados obtidos nas análises laboratoriais comparativas do efluente pré e pós ozonização demonstraram eficiência de até 74,25% na remoção de cor, 41,48% na remoção de turbidez, 75,00% na redução da DBO5 e 100,00% na remoção de coliformes termotolerantes.

Engenharia Ambiental 19/10/2015, 17:00 - 19:00

Seção 4 – Coordenador Prof. Guilherme Garcia de Oliveira

## UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCO DE PROCESSO NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES QUE POSSAM GERAR DANOS A PESSOAS E AO MEIO AMBIENTE

<sup>1</sup>Carlos Eduardo da S. Leite, <sup>2</sup>Eduardo Becker Delwing

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*cesleite@ibest.com.br, eduardo@bedel.com.br*

**Resumo:** A análise de risco de processo (ARP) caracteriza-se por uma ferramenta de avaliação global de um determinado processo, com o objetivo de gerenciar, eliminar, controlar ou minimizar riscos para instalações, pessoas e meio ambiente. O planejamento para realização de uma ARP constitui-se de uma das fases mais importantes do processo, é nesta fase onde se fará a escolha da técnica adequada para análise do processo que será estudado. O presente trabalho faz uma revisão bibliográfica sobre as técnicas de análise de riscos de processo que podem ser utilizadas na prevenção de acidentes com consequências ao meio ambiente ou pessoas, definindo uma das técnicas estudadas para ser aplicada dentro de uma empresa, de modo que seja possível avaliar os riscos de que um acidente com danos ambientais e pessoas venha ocorrer nesta organização. Ao final do estudo espera-se gerar um relatório de análise de risco de processo com um conjunto de recomendações a serem sugeridas para implementação na empresa estudada, de modo a minimizar ou eliminar a chance de ocorrência do acidente.

# ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA NA IMPLANTAÇÃO DE UM CENTRO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE LAJEADO – RS

Wagner Manica Carlesso<sup>1</sup>, Marcelo Luis Kronbauer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*wmcarlesso@univates.br, marcelo.kronbauer@univates.br*

**Resumo:** O problema da destinação dos resíduos sólidos da construção civil (RSCC), tomou grandes proporções nas últimas décadas. Esse inconveniente foi ocasionado na sua grande parte pelo crescimento do setor de obras, principalmente nas regiões metropolitanas e grandes cidades. Quanto mais edificações em andamento, maior é a quantidade de RSCC gerada e a mesma deve ser descartada de uma forma que não agride o meio ambiente e nem traga riscos à saúde pública. O problema é que a grande maioria das empresas responsáveis pelo empreendimento, não dá correta destinação a esses resíduos, provocando contaminação de solos, rios, lençóis freáticos o acúmulo de outros resíduos e com eles vetores de doenças. Com intuito de minimizar os impactos ambientais estuda-se cada vez mais a questão de projetos que utilizem menos e de forma mais racional as matérias primas na construção civil. Projetos esses que comprovem a viabilidade técnica e econômica de uma obra. A partir do levantamento quantitativo de RSCC o objetivo deste trabalho é realizar um estudo de viabilidade técnico-econômica para implantação de um centro de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil no município de Lajeado – RS. O desenvolvimento deste estudo inclui um projeto técnico de uma central de reciclagem, com melhor disposição do local próximo a Lajeado – RS, se valendo das características e do melhor acesso às empresas da região. Levantamento de custos com equipamentos necessários, aplicações para os agregados reciclados e projeções futuras de viabilidade econômica do empreendimento, utilizando ferramentas descritas neste projeto como Plano financeiro, Payback, TMA, TIR, VPL e IL. Resultados preliminares mostram que a geração de RSCC na cidade de Lajeado – RS nos dias atuais é de 1085 m<sup>3</sup>/mês, que equivale a 36 m<sup>3</sup>/dia, aproximadamente 9 caçambas de tele-entulho por dia. Outro resultado encontrado foi o percentual de resíduos classe A, B, C, D classificado conforme Resolução 307 do CONAMA. Para os resíduos classe A foram encontrados 80,07% do total gerado, os resíduos classe B, 10,13%, resíduos classe C foram encontrados 2,28% e classe D, 2,22%. Com base nos resultados preliminares encontrados pode-se concluir que o volume gerado de RSCC para cidade de Lajeado – RS, atinge grandes proporções se tratando de volumes e impactos. Porém a grande maioria é classificado como resíduos classe A inertes, oriundos de solos, tijolos, concreto, blocos, tubos, e apresentam um grande valor econômico agregado quando incorporados em outras obras.



## DETERMINAÇÃO DOS LOCAIS MAIS INDICADOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO VALE DO TAQUARI - RS

Cleberton Diego Bianchini<sup>1</sup>, Guilherme Garcia de Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*clebertonbianchini@gmail.com, guilherme.oliveira@univates.br*

**Resumo:** O planejamento ambiental deve levar em consideração o desenvolvimento econômico sem causar efeitos negativos na qualidade ambiental, neste sentido, destacam-se o zoneamento ambiental e a ecologia de paisagem como mecanismos utilizados para tal. O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia para identificar os locais mais apropriados para a implantação de unidades de conservação no Vale do Taquari, RS. Para tal, o estudo foi dividido em quatro etapas. Primeiro foi realizado o mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Na segunda etapa será realizado o zoneamento ambiental do Vale do Taquari com 5 unidades de zoneamento sendo: duas unidades que se referem as Áreas de Preservação Permanente (UAPPCO e UAPPNCO) amparadas pela Lei nº 12.651/12, uma unidade baseada nos fragmentos de Mata Atlântica (UPCOSAL) amparada pela Lei nº 11.428/06, uma unidade que servirá como área de amortecimento para os fragmentos (UMA) com distância de 3km e o restante será considerado como unidade de uso antrópico (UUA). Em seguida, será gerada uma modelagem, utilizando lógica fuzzy e álgebra de mapas, que determina pesos diferentes para os dados de entrada. Os parâmetros de entrada serão as classes do zoneamento (UAPPCO e UPCOSAL), tamanho do fragmento (utilizando somente os fragmentos maiores de 50 ha), distância para os fragmentos mais próximos, declividade acima de 25° e distância das rodovias. Isso resultará num ranking contendo os fragmentos mais propensos para implantação de UC. Então, será realizada análise da paisagem com duas classes (florestas e uso antrópico), na região dos fragmentos a fim de apresentar dados da paisagem no entorno dos mesmos. A classificação do uso e cobertura da terra revelou que o Vale apresenta 45,93% de florestas nativas, em diferentes estágios de regeneração. As florestas encontram-se, principalmente, na escarpa da serra e nos vales mais encaixados, onde a declividade é mais acentuada e o acesso mais restrito. A agricultura representa 39,19% da área do Vale do Taquari e está distribuída nas áreas mais planas ao norte e no centro sul da região.

**Palavras-chave:** Fragmentação. Geoprocessamento e Sensoriamento remoto. Zoneamento ambiental. Álgebra de mapas.

# ZONEAMENTO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS DE MASSA, ENXURRADAS E INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE MARQUES DE SOUZA – RS

Daniel Martins dos Santos<sup>1</sup>, Guilherme Garcia de Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*dsantos1@universo.univates.br, guilherme.oliveira@univates.br*

**Resumo:** O planejamento inadequado da maioria dos municípios faz com que a ocupação urbana e rural ocorra algumas vezes em áreas suscetíveis a eventos extremos da natureza, podendo ocasionar danos materiais ou até mesmo perdas de vidas humanas. A proposta do presente trabalho foi analisar as áreas suscetíveis a movimentos de massa, enxurradas e inundações no município de Marques de Souza, para a elaboração de um zoneamento de áreas com aptidão para habitação. Para alcançar os objetivos, o trabalho fundamentou-se em pesquisas bibliográficas, geração de uma modelagem hidrológica aplicada a eventos extremos, em diferentes tempos de retorno (TRs) e um inventário de movimentos de massa em áreas com mesma geomorfologia que a área de estudo. Com ferramentas de geotecnologias elaborou-se um mapa de suscetibilidade a enxurradas e inundações, será elaborado um mapa de suscetibilidade a movimentos de massa, e um terceiro mapa através do cruzamento dos mapas anteriores, que será um mapa de suscetibilidade a movimentos de massa, enxurradas e inundações. Por fim, um zoneamento da aptidão do uso do solo em relação aos desastres naturais será realizado, destacando as áreas de baixa, média e alta suscetibilidade como áreas de uso restritivo ou com condicionantes, e as áreas sem suscetibilidade a movimentos de massa, enxurradas e inundações como áreas propícias para os mais variados tipos de usos do solo. Obteve-se como resultados preliminares a elaboração da mancha de inundação para o município, para os TRs de 10, 50 e 100 anos. Para o TR de 10 anos a área de inundação é de 970,33 hectares, o de 50 anos é 1108,93 hectares e o de 100 anos é de 1170,83 hectares, representando 7,75%, 8,86% e 9,35% da área total do município, respectivamente. Pode-se verificar que a diferença da área atingida pelas águas entre os eventos com TRs de 10 e 100 anos foi de apenas 17,12%. Isto ocorre devido as características de vale encaixado onde se localiza o município, em que o aumento do escoamento se reflete mais na mudança do nível do rio do que da área inundada. Apesar de não haver uma grande variação na área inundada, o nível do rio Forqueta apresenta, em média, uma diferença de 0,53 metros entre os eventos com TRs entre 10 e 100 anos. A cota média da lâmina de água sobre o município de Marques de Souza em um evento com TR de 10 anos é de 0,68 metros, enquanto que em cenários mais extremo (TR 100 anos) é de 1,75 metros. Para a elaboração do mapa de suscetibilidade a enxurrada e inundação, determinou-se que a área inundável do TR de 100 anos como sendo área de baixa suscetibilidade, TR de 50 anos como média suscetibilidade e TR de 10 anos como alta suscetibilidade.

# USO DA TERRA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM PROPRIEDADES RURAIS PRODUTORAS DE LEITE NO VALE DO TAQUARI

Douglas Pessi<sup>1</sup>, Claudete Rempel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Biológica e Saúde – CCBS/UNIVATES

*doug@univates.br, crempel@univates.br*

**Resumo:** Com as reformulações das leis ambientais e mais debates sobre as áreas de preservação permanente (APP), vêm crescendo os cuidados a serem buscados pelos produtores, gestores e demais cidadãos, bem como maior rigor com relação às degradações que estas áreas vêm sofrendo. As APPs vêm sendo um tema em discussão e relacionadas muitas vezes com as propriedades rurais, pois estas utilizam essas áreas para plantio ou pastoreio. Buscou-se identificar os tipos de uso da terra nas APPs de propriedades produtoras de leite dos 36 municípios do Vale do Taquari. Foram avaliadas as APPs de uma propriedade por município. A metodologia utilizada foi a de campo, seguido de classificação do uso da terra em meio digital. Inicialmente houve um agendamento com proprietário da propriedade rural a fim de coletar informações sobre seu estabelecimento rural e demarcar a área e usos da propriedade rural em uma imagem de alta resolução do Google Earth. A partir da identificação dos diferentes tipos de usos, em laboratório, foram elaborados os mapas de uso e cobertura da terra da propriedade delimitando as áreas de preservação permanente. As imagens foram transpostas para o software AutoCad para confecção do mapa com as delimitações dos usos e coberturas da terra e, em seguida, ocorreu a análise de dados transferidos para a planilha Excel, gerando a porcentagem de usos na APP em cada uma das propriedades rurais. Foram mapeadas as áreas com seus usos e coberturas e foram delimitados os recursos hídricos das propriedades, como olhos d'água, nascentes, cursos d'água de margens de rios, banhados e reservatórios d'água naturais ou artificiais, com a respectiva demarcação da faixa de Área de Preservação Permanente. A análise permitiu estimar que aproximadamente 12,24% das áreas das 36 propriedades avaliadas são APP. As principais coberturas da terra encontradas nessas áreas são: floresta nativa (32,84%), floresta exótica (10,60%); pastagem temporária (18,13%); pastagem permanente (16,33%); milho, na maior parte do ano associado à rotação de culturas (8,90%); benfeitorias (5,34%); açudes (4,48%); hortifrúti (1,98%); frutíferas (0,27%); erva-mate (0,39%); cana-de-açúcar (0,74%). Conclui-se que aproximadamente 32,84% das áreas de APPs das propriedades rurais produtoras de leite do Vale do Taquari estão cobertas por floresta nativa, contudo, 100% das APPs deveriam estar cobertas por floresta nativa e constata-se que 67,16% são utilizadas para algum fim.

**Palavras chave:** Planejamento Ambiental; Uso e cobertura da terra; Legislação Ambiental.

## ANÁLISE DA EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS FLORESTAS INDUSTRIAIS EXÓTICAS NO MUNICÍPIO DE SÉRIO, RS.

Henrique André Manica<sup>1</sup>, Guilherme Garcia de Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*henriqueandremanica@hotmail.com, guilherme.oliveira@univates.br*

**Resumo:** Sério é um pequeno município do estado do Rio Grande do Sul, sua economia é voltada ao setor primário e possui um índice de crescimento populacional negativo devido ao êxodo rural. O objetivo deste estudo é analisar a evolução espaço-temporal do cultivo de floresta industrial exótica no município de Sério. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5, dos anos de 1986 e 2006, e uma imagem do Landsat 8 para o ano de 2014. Após a aquisição das imagens foi realizado o georreferenciamento das mesmas no software ARCGIS 10.1. Os mapas de uso e ocupação do solo foram obtidos através do procedimento de classificação supervisionada, pelo método da máxima verossimilhança realizado no software ENVI 4.5. Após tais procedimentos, realizou-se a análise temporal do uso e ocupação do solo, por meio de uma matriz de transição, possibilitando obter resultados preliminares do aumento do cultivo das florestas industriais exóticas em 82,4% (4,7 Km<sup>2</sup>) do ano de 1986 para o ano de 2014. A validação dos mapeamentos e identificação de erros ou inconsistências estão sendo realizados por meio de atividades de campo, da consulta às imagens orbitais de alta resolução espacial do software Google Earth e também pelo índice Kappa gerado no momento da classificação supervisionada. Após a completa verificação e interpretação dos dados obtidos, espera-se obter como resultados finais a quantificação das áreas utilizadas para o plantio da floresta industrial exótica no município e uma análise espacial das mudanças no uso e cobertura do solo, ressaltando os tipos de usos que foram substituídos pelas florestas industriais exóticas e as características físicas das áreas onde houve avanço do cultivo.



## PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DA NBR ISO 14001 EM UMA EMPRESA DE COSMÉTICOS LOCALIZADA NO RIO GRANDE DO SUL

Luiza Marques de Siqueira<sup>1</sup>, Guilherme Garcia de Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*lmsiqueira1@gmail.com, guilherme.oliveira@univates.br*

**Resumo:** A preocupação com a conservação ambiental nos últimos anos deixou de ser uma responsabilidade somente do governo para se tornar uma preocupação da sociedade em geral. Neste sentido e de encontro com o aumento da consciência popular sobre os danos causados ao meio ambiente e à saúde de comunidades, as empresas têm cada vez mais apostado em certificações, tanto para comprovar a qualidade da empresa, como para comprovar um gerenciamento ambiental correto, através da certificação da norma brasileira NBR ISO 14001. Com o objetivo de regularizar as atividades ambientais de uma empresa de cosméticos localizada no Rio Grande do Sul, para que cause o mínimo impacto possível, o presente estudo buscou a identificação e a avaliação de aspectos e impactos ambientais visando a futura implantação de um SGA, baseado nas normas contidas na NBR ISO 14001. A identificação e a avaliação dos aspectos e impactos foram realizadas a partir de pesquisas in loco na empresa estudada. Além disso, foi aplicado um questionário para a comparação entre a situação atual da empresa e a NBR ISO 14001. Com a identificação dos aspectos e impactos ambientais e a análise na situação atual, a empresa pôde iniciar o processo de implantação de um SGA baseado nas normas da NBR ISO 14001.

Engenharia Civil 19/10/2015, 17:00 - 19:00

Sessão 1, coordenador Prof. João Rodrigo Guerreiro Mattos

## ANÁLISE COMPARATIVA DE PAVIMENTOS COM REVESTIMENTO DO TIPO *CBUQ* E *CAPE SEAL*

Evandro Ismael Scherer<sup>1</sup>, João Rodrigo Guerreiro Mattos<sup>2</sup><sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES*evandroischerer@gmail.com; joao.mattos@univates.br*

**Resumo:** Historicamente no Brasil o revestimento mais utilizado é o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), fato este que se deu origem na década de 1960 com a grande oferta do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), porém os tempos mudaram e foram surgindo novas alternativas de revestimentos, buscando sempre o conforto e qualidade asfáltica. Desde a década passada o Brasil teve o conhecimento da técnica Cape Seal, que consiste em um tratamento superficial com o microrrevestimento asfáltico executado na sequência, entretanto, há pouco conhecimento científico desta nova técnica e por isso decidiu-se abordar nesta pesquisa um estudo comparativo entre o revestimento asfáltico convencional de CBUQ com a tecnologia de revestimento Cape Seal, que já vem sendo empregada em países como África do Sul, Austrália e Nova Zelândia. Na pesquisa, realizada num Condomínio Residencial de baixa trafegabilidade, foram selecionadas duas pistas experimentais com as mesmas características estruturais (subleito com material argiloso; sub-base em rachão e base em BGS), porém com revestimentos diferentes: CBUQ e Cape Seal. Os testes adotados abrangem a macrotextura e a microtextura da superfície, além do ensaio de deflexão. Nos resultados obtidos, tanto o revestimento do tipo Cape Seal quanto o revestimento do tipo CBUQ obtiveram classificação média da macrotextura analisada, entretanto o mesmo não aconteceu com a microtextura onde houve variação entre os revestimentos, sendo o Cape Seal foi classificado como Rugoso e o CBUQ como muito rugoso.

**Palavras-chave:** Pavimentação; avaliação de pavimento; revestimento asfáltico; CBUQ e Cape Seal.

## ESTUDO DE REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM CONCRETO DE CONTRA PISO E CONCRETO PARA BLOCO DE CONCRETO INTER TRAVADO.

Alexander Pletsch<sup>1</sup>, Marcelo Ferreira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*alexanderpletsch@yahoo.com.br, Marcelo.ferreira@univates.br*

**Resumo:** O trabalho constitui um profundo estudo de revisão bibliográfica a fim de quantificar as perdas que podem ocorrer em um canteiro de obra e as possibilidades de sua reutilização. Para tanto, foram analisados os principais tipos de perdas e o momento em que ocorrem na obra. Em conformidade com a legislação em vigor (Com o estudo da legislação em vigor), o objetivo do trabalho foi de quantificar as perdas em metragem cúbica e em peso, para verificar quanto de material foi perdido e como poderá ser reutilizado, o que evitará o descarte e servirá como economia para as construtoras. Na metodologia do trabalho, foram analisadas duas obras para quantificar as perdas, uma de pequeno porte e uma de médio porte, ambas localizadas na cidade de Teutônia/RS. O material rejeitado foi quantificado com auxílio de planilhas e o seu acondicionamento em tonéis de ferro. Parte dessas sobras, como material cimentícios - concreto e argamassa - e materiais argilosos – Pedra grês e tijolos cerâmicos – Esses materiais foram transportados para cidade de Porto Alegre, numa empresa representante de uma máquina de trituração de pequeno porte. As amostras foram trituradas e o material reciclado levado ao laboratório, para ensaios. Realizou-se a granulometria de cada material e realizou-se ensaios de corpos de prova cilíndricos, com a finalidade de reutilizar o agregado reciclado em traço de concreto de contra piso e concreto para bloco inter travado. Através da bibliografia, utilizou-se um traço padrão para concreto de contra piso, a partir do traço padrão, houve substituição gradativa de agregado natural para agregado reciclado de concreto e argamassa, na proporção de 30%, 50% e 70%. Para os ensaios de traços de bloco para pavimento Inter travado, extraiu-se da bibliografia o traço padrão, sendo realizada a substituição gradativa de agregado natural para agregado reciclado de argila, sendo a proporção de 30%, 50% e 70%. Com esses ensaios conclui-se que para os traços de concreto de contra piso, a substituição de até 70% de agregado natural para agregado reciclado, diminuiria a resistência, mas que está dentro da resistência mínima estabelecida em norma. Já para os ensaios de bloco de pavimento Inter travado, o ensaio, cuja substituição de até 30% de agregado natural para agregado reciclado, constatou-se que esse traço seria viável para pavimentação de passeios, estabelecida pela norma. Os traço com 50% e 70% não atingiram a resistência mínima preconizada pela norma.

# VIABILIDADE ECONÔMICA DE EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO

Matheus Schorr<sup>1</sup>, João Batista Gravina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Professor do Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*matheusschorr@hotmail.com, jb@gravina.com.br*

**Resumo:** O mercado imobiliário representa uma parcela significativa do PIB brasileiro, pelo fato de movimentar recursos financeiros, gerar empregos e renda em muitos segmentos da economia. Dado a relevância do mercado imobiliário o presente trabalho foi efetuado com o objetivo de analisar a necessidade de vendas de imóveis na planta, por parte do incorporador, como meio de evitar problemas com fluxo de caixa negativo que acabam corroendo a lucratividade do empreendimento, demonstrando a importância de um estudo de viabilidade econômica e a comparação de rentabilidade com investimentos de menor risco e maior liquidez, o que permite constatar se um investimento é ou não interessante. Para atingir os objetivos do trabalho realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, com as quais foi possível verificar que além dos fatores pertencentes ao ramo da construção civil, existem outros fatores que causam impactos significativos, que são chamados de não monitoráveis, entre eles as decisões políticas, a influência do comércio exterior e a variação da taxa de juros. Na segunda parte do trabalho de conclusão de curso está sendo efetuado um estudo de caso no empreendimento imobiliário, Jardim+Sol, no qual foram aplicados os indicadores de viabilidade econômica comprovando a necessidade de comercialização de imóveis na planta para o investimento ser considerado viável.



# ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EXECUTADA COM MÉTODO CONSTRUTIVO CONVENCIONAL E LIGHT STEEL FRAMING.

Julierme Brian Caneppele<sup>1</sup>, Rafael Mascolo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*jb.caneppele@univates.br, rafael.mascolo@univates.br*

**Resumo:** O sistema convencional de construção, embora muito utilizado no Brasil, vem sendo pouco utilizado em outros países que buscam novas soluções mais eficientes de construção. Além de ser demorado, e artesanal em sua execução, o sistema convencional é pouco sujeito a modernidade e evoluções, tendo em vista sua mão de obra pouco qualificada, sendo comum o aparecimento de patologias. Percebe-se que esse método tem uma tendência em desaparecer, dando espaço à novas tecnologias e sistemas. Dentre elas, temos como opção o Light Steel Framing, que é uma das tecnologias mais empregadas no mundo em construções residenciais. É uma obra em sua maior parte com processo industrial e mão de obra qualificada, tornando mais curto o tempo de execução. Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise comparativa de custo entre estes dois métodos, a partir de orçamentos, e também comparando aspectos técnicos e econômicos, para uma residência unifamiliar localizada na cidade de Roca Sales. O trabalho inicialmente traz os conceitos básicos, as características e a revisão bibliográfica sobre os dois métodos construtivos. Em seguida, utiliza-se a tabela de composição de custos da PINI para desenvolvimento dos orçamentos de cada método. Para fins de análise serão comparados os valores de cada etapa em ambos sistemas construtivos.

# ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS NA CIDADE DE LAJEADO/RS

Mateus Longo<sup>1</sup>, Rafael Mascolo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*mateuslll@hotmail.com.br, rafael.mascolo@univates.br*

**Resumo:** Atualmente os sistemas fotovoltaicos vêm sendo uma alternativa para geração de energia elétrica, infinita, limpa, e sem impactos ambientais. Conforme estudos, o Brasil possui incidência solar favorável para instalação de geradores solares. O sistema fotovoltaico é fácil de ser aplicado, sem a necessidade de estrutura extra, onde normalmente as placas são instaladas sobre a cobertura das edificações. O sistema fotovoltaico possui elevada confiabilidade e opera de forma limpa e silenciosa. Esse estudo tem como objetivo quantificar a incidência solar e o período de insolação na cidade de Lajeado/RS, relacionando-os com a produção de energia elétrica de duas instalações que geram eletricidade a partir de placas fotovoltaicas. Os dados meteorológicos serão obtidos através de estação instalada no Centro Universitário Univates. Das duas situações de produção fotovoltaica abordadas, uma possui sistema com dez placas fotovoltaicas, e a outra dezesseis. As instalações são do tipo conectadas a rede elétrica, onde a produção de eletricidade excedente gera créditos a serem gastos posteriormente pelas unidades.

Engenharia Civil 28/10/2015, 14:00 - 16:00

Sessão 2, coordenadores Prof. João Batista Gravina e Prof. Marcelo Freitas Ferreira

## ISOLAMENTO TÉRMICO EM FACHADAS PELO EXTERIOR: REDUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO DA EDIFICAÇÃO PARA FINS DE CONFORTO TÉRMICO

Maurício Henrique Mottin<sup>1</sup>, Rodrigo Spinelli<sup>2</sup><sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES*mhmottin@gmail.com, rspinelli@univates.br*

**Resumo:** Atualmente o cenário mundial energético e ambiental encontra-se em um estado crítico. Apresenta demanda cada vez maior e geração ainda muito dependente de recursos naturais esgotáveis e poluentes, apesar do crescimento da produção através de fontes renováveis, como solar e eólica. Esta situação condicionou diversos países a procurarem soluções para a redução do consumo de energia elétrica, principalmente no setor de edificações residenciais, públicas ou comerciais, devido ao desperdício e falta de eficiência energética observados. Segundo dados de 2014, do Ministério de Minas e Energia, o consumo em edifícios representa 41,1% do total de energia produzido no Brasil. O elevado gasto de energia elétrica direcionado ao conforto térmico dos ambientes através de climatização artificial é o principal alvo do estudo, sendo que parte desta demanda pode ser reduzida consideravelmente por meio de bons projetos arquitetônicos no que se refere à orientação solar e proteções mecânicas, juntamente a um projeto de isolamento térmico que amenize as perdas de calor do edifício. Baseado nisto, o presente estudo, enquadrado no âmbito de pesquisa experimental, foi elaborado com o intuito de analisar o potencial de um fator fundamental para a eficiência energética de edificações, o isolamento térmico. Verificou-se que no Brasil, a utilização de materiais isolantes térmicos em lajes de coberturas é comum, porém boa parte da troca de calor da edificação com o meio externo se dá através do fechamento vertical externo do edifício, e esse ponto ainda não é tratado com atenção necessária na construção civil atual no País. Dentre as técnicas utilizadas para isolamento térmico de paredes externas de edificações, é dado enfoque ao *External Thermal Insulation Composite System (ETICS)*, que é o isolamento térmico de fachadas pelo exterior. No trabalho apresentado, a aplicação do ETICS ocorre através de placas de Poliestireno Expandido (EPS). A parte experimental do trabalho foi realizada em protótipos pré-existentes de alvenaria. Primeiramente, foram realizados cálculos de propriedades térmicas, como a transmitância térmica das paredes externas, que por norma necessita atingir um valor mínimo para comprovação de requisitos mínimos de desempenho térmico. Com a execução do ETICS em um protótipo, obteve-se uma redução de 82,1% da transmitância térmica, interferindo consideravelmente no cálculo da carga térmica, aplicado para quantificação da potência de condicionadores de ar necessária no ambiente. Por fim, com a medição da temperatura interna dos protótipos observou-se uma maior estabilidade de temperatura em níveis de conforto térmico no protótipo com ETICS. No dia mais crítico de calor, que chegou a máxima de 33,9°C ocorreu uma redução de 7,4°C em relação ao ambiente externo e 4°C para outro protótipo idêntico, porém sem ETICS, demonstrando a intervenção positiva do isolamento no desempenho térmico.

## **AValiação DE PROPRIEDADES DA ARGAMASSA ESTABILIZADA PARA REVESTIMENTO EXTERNO: APLICAÇÃO EM DIFERENTES SUBSTRATOS, DURANTE DIFERENTES PERÍODOS DE UTILIZAÇÃO**

Mônica Dachery<sup>1</sup>, Rafael Mascolo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil 2015/B – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*monica.dachery@yahoo.com.br, rafael.mascolo@univates.br*

**Resumo:** O presente trabalho tem como tema a avaliação de revestimento externo com argamassa estabilizada, aplicada em substrato de blocos cerâmicos e de concreto, levando em consideração as características dos materiais utilizados em obras da cidade de Lajeado – RS. Por se tratar de um material prático, que exige menor mão de obra e possibilita fácil aplicação, a argamassa estabilizada esta cada vez mais presente nas obras da cidade, porém as normas técnicas brasileiras não acompanham essa evolução do material e consideram apenas as argamassas tradicionais, dificultando informações técnicas sobre o revestimento. Considerando estes aspectos foram realizados ensaios de caracterização do material argamassado estabilizado durante diferentes períodos de utilização, a fim de verificar se este atende, durante todo o período de uso, aos parâmetros mínimos exigidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas para argamassas tradicionais. Para os ensaios foram executados prismas de blocos cerâmicos e de concreto, os quais receberam uma camada de chapisco e posteriormente a camada de argamassa estabilizada – camada única. Os ensaios foram executados em quatro diferentes períodos (0, 24, 48 e 72 horas), e após obtenção dos resultados será realizada avaliação do comportamento da argamassa em função do tempo de aplicação e do substrato.

**Palavras-chave:** Argamassa. Argamassa estabilizada. Revestimento externo. Concreto. Blocos cerâmicos.



## ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA EDIFICAÇÃO HISTÓRICA LOCALIZADA EM ILÓPOLIS/RS

Taise Rossi<sup>1</sup>, Rafael Mascolo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*taise\_rossi@hotmail.com, rafael.mascolo@univates.br*

**Resumo:** As construções têm como função principal o desenvolvimento de espaços protegidos das intempéries, de modo a garantir as condições adequadas para o desenvolvimento de atividades fundamentais do usuário, por exemplo, moradia, trabalho e lazer independente do clima externo. Ao longo dos anos atendendo suas finalidades, as edificações sofrem com a ação das variáveis climáticas, de modo que as mesmas necessitam de reparos e manutenções a fim de evitar que as manifestações patológicas surjam e mantenham um desempenho mínimo de uso. Nesse sentido, o presente trabalho tem por escopo avaliar uma edificação histórica localizada em Ilópolis/RS, submetida à exposição do tempo sem sua devida manutenção. Para melhor diagnosticar os efeitos causadores e analisar as patologias existentes, foi realizada uma revisão bibliográfica dos principais tipos de patologias, como também, visitas in loco no prédio supracitado para coletar informações e registrar as anomalias identificadas. Com isso, foram analisados os dados e através do estudo constatou-se as principais patologias existentes.

## CAPTAÇÃO DA ÁGUA DAS CHUVAS COM REUTILIZAÇÃO EM BACIAS SANITÁRIAS

Uiliam Eduardo Krützmänn<sup>1</sup>, Marcelo Freitas Ferreira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Professor Orientador Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*uiliam\_krutzmann@hotmail.com, marcelo.ferreira@univates.br*

**Resumo:** O presente trabalho trata-se de um estudo de revisão bibliográfica, com a finalidade de determinar um sistema de utilização da água da chuva para a descarga de bacias sanitárias em edifícios. Realizou-se uma pesquisa das etapas presentes nesse sistema, que são resumidamente a coleta, armazenagem e tratamento dessa água, para que ela esteja adequada para utilização no determinado fim, sendo necessário assim atender legislações. A água da chuva será captada e armazenada em cisternas subterrâneas no subsolo da edificação, de onde será bombeada para um reservatório superior, passando pelas etapas de filtragem e cloração, e então conduzida às bacias sanitárias por meio de uma rede hidráulica independente, uma vez que essa água não poderá ter contato com a água potável. O sistema é de suma importância para a racionalização do consumo de água, mediante a baixa qualidade e disponibilidade da água para consumo humano, além de ser ferramenta para o controle de inundações nos grandes centros. Em algumas grandes cidades já se prevê a obrigatoriedade de se utilizar um sistema de captação da água da chuva em grandes edificações. Na sequência do trabalho será realizado um estudo para determinar se o sistema atinge a qualidade imposta pela legislação, se é viável a sua instalação e o tempo de retorno de investimento. Por meio de estudos prévios realizados com a utilização de uma edificação exemplo, composta por um edifício de dez apartamentos poderá se ter a utilização total de água da chuva nas bacias sanitárias, em condições ideais de precipitação e armazenagem não será necessária a utilização de água potável da rede pública para fins de descargas sanitárias. Tomando como base as estimativas de consumo e demanda de água em apartamentos, disponíveis na literatura pode-se obter uma redução de cerca de 24% do consumo de água potável com a utilização de um sistema de reuso da água da chuva.

# PAPEL DO PLANO DIRETOR NA DISPOSIÇÃO DOS LOTEAMENTOS URBANOS: ESTUDO DE CASO EM UM MUNICÍPIO DO INTERIOR DO RIO GRANDE DO SUL

Tamara Helena Gallina<sup>1</sup>, Odorico Konrad<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*tgallina@universo.univates.br, okonrad@univates.br*

**Resumo:** O crescente processo de urbanização que as cidades brasileiras apresentam, tem como consequência a alteração do quadro da distribuição da população. Este aumento acelerado produz nas cidades uma enorme demanda por terra urbanizada, seja para sediar as atividades econômicas, seja para, e principalmente, atender às necessidades de moradia. A maneira mais tradicional de incorporar áreas novas às áreas já urbanizadas é a do parcelamento de solo urbano, que pode ocorrer na forma de loteamentos, desmembramentos ou condomínios por unidades autônomas. O parcelamento do solo urbano pode ser considerado como a idealização de uma cidade e é através dele que se planeja a disposição dos elementos que a compõe. Um loteamento abrange, além dos lotes, uma parte da gleba destinada a equipamentos urbanos e comunitários (de educação, cultura, saúde, lazer e similares) e áreas livres de uso público. Cabe ao poder público através do Plano Diretor estabelecer as diretrizes que condicionam a implantação dos loteamentos. O papel do plano diretor é ser o instrumento básico para orientar a política de desenvolvimento e de ordenamento da expansão urbana. O objetivo deste trabalho é analisar a situação de três loteamentos em um município de pequeno porte do interior do Rio Grande do Sul a fim de identificar se as suas implantações estão coerentes com o Plano Diretor da cidade e de que forma foram ordenados o sistema viário e a rede de saneamento de tais empreendimentos. Toda a ênfase do trabalho está na observação dos loteamentos para que se possa entender a sua concepção e execução, e a forma como integram o plano urbano da cidade.

Engenharia Civil 28/10/2015, 14:00 - 16:00

Sessão 3, coordenadores Prof. Rafael Mascolo

## VIABILIDADE ECONÔMICA DE TÉCNICAS DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Carlos Gustavo Lenz<sup>1</sup>, João Batista Gravina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Professor do Curso de Engenharia Civil e Orientador deste Trabalho– CETEC/UNIVATES

*carlos@concretoengenharia.com.br, jb@gravina.com.br*

**Resumo:** Aumento de demanda por água potável e energia elétrica, no Brasil, associadas as atuais deficiências em suas produções e aumentos crescentes de custos, motivam o presente trabalho pela abordagem deste assunto. Este estuda como alternativa a redução de custos mensais com água potável e energia elétrica utilização de água de chuva para fins não potáveis e a utilização da radiação solar para aquecimento da água do banho, em residências, exemplificando seu funcionamento calculando sua viabilidade econômica, para com os resultados obtidos remeter-se como incentivo a adoção destas técnicas.

**Palavras-chaves:** Reuso; Água de Chuva; Aquecimento Solar.



## PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: INVESTIGAÇÃO PATOLÓGICA EM EDIFICAÇÕES DO VALE DO TAQUARI/RS

Pedro Augusto Bastiani Zuchetti<sup>1</sup>, João Batista Gravina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Civil – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*pedroaugustozuchetti@gmail.com, jb@gravina.com.br*

**Resumo:** Este trabalho de conclusão de curso é um estudo de patologias na construção civil em edificações do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul. São descritos os principais fenômenos que ocorrem nas três fases distintas da vida de uma edificação, fases de concepção do projeto, execução e uso. A metodologia utilizada baseia-se no modelo de análise de problemas de Lichtenstein, subdividida em três partes, subsídios, diagnóstico e definição de conduta. A etapa de subsídios consiste em acumular o maior número de informações necessárias para entendimento dos fenômenos ocorridos, a coleta de informações ocorreu com vistorias no local da obra e relatórios fotográficos. Procedeu-se ainda a anamnese que é o estudo do histórico da edificação através de entrevistas com usuários, operários e projetistas. A segunda etapa apresenta o diagnóstico das patologias encontradas. Nesta fase identificou-se a natureza dos defeitos para haver entendimento dos fenômenos, a fim de determinar a possível origem dos problemas. Após a formulação do diagnóstico, elaborou-se hipóteses de recuperação dos elementos, especificando os possíveis processos e materiais a serem utilizados para realização dos reparos. A terceira etapa foi a definição de conduta, que teve como objetivo principal a resolução do problema em questão. Nesta fase propôs-se alternativas de intervenção, decisão da terapia a ser adotada e posterior resolução do problema, destas três sub etapas, a de maior importância é a decisão da terapia. A pesquisa percorreu uma análise detalhada de edificações presentes no Vale do Taquari, que apresentavam um quadro de patologias elevado e que necessitavam de propostas de alternativas de intervenção, com a finalidade de aumentar os níveis de desempenho dos elementos danificados e prolongar a vida útil da edificação.

## ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO MÉTODO BAILEY NO PROCEDIMENTO DE DOSAGEM E NO DESEMPENHO DE MISTURAS ASFÁLTICAS

Deangelis E. R. Scavazza<sup>1</sup>, Prof. Dr. João Rodrigo Guerreiro Mattos <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*deangelisers@yahoo.com.br, joao.mattos@univates.br*

**Resumo:** O presente trabalho tem por objetivo a avaliação do Método Bailey para dosagem da distribuição granulométrica dos agregados em misturas asfálticas, comprovando os benefícios de sua utilização. Consiste na comparação entre o desempenho de misturas asfálticas obtidas a partir de método tradicional ao desempenho alcançado a partir da utilização do Método Bailey. Atualmente as misturas asfálticas são dosadas a partir de tentativas e erros, baseadas em faixas granulométricas de referência, esta metodologia convencional não garante que se proporcione a mistura as características desejadas, também não garante a formação de um esqueleto mineral apropriado, que contribua positivamente para as características mecânicas da mistura asfáltica. Logo uma metodologia que para tal, utilize-se da distribuição granulométrica dos agregados para atingir as características necessárias, a partir de procedimentos organizados, embasados e bem definidos, é de suma importância para garantir revestimentos asfálticos de alta qualidade. O Método Bailey surgiu em 1980, criado por Robert Bailey, Engenheiro Civil do Departamento de Transporte de Illinois (IDOT), e vem sendo aperfeiçoado dez de então. Trata-se de um método para seleção granulométrica por volume, a partir de procedimentos sistemáticos para ajustes da graduação dos agregados para a dosagem de uma mistura asfáltica, garante resistência a deformações permanentes, através da formação de um forte esqueleto de agregado graúdo, e maior durabilidade através de adequado volume de vazios do agregado mineral, que proporciona maior teor de ligante a mistura.

**Palavras-chave:** Metodo Baylei. Misturas Asfálticas. Seleção Granulométrica.

## ESTUDO SOBRE RECICLAGEM DE PAVIMENTOS COM ADIÇÃO DE LIGANTE ASFÁLTICO

Natália Catto Dartora<sup>1</sup>, João Rodrigo Guerreiro Mattos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia 2015/A – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*nataliacattodartora@gmail.com, joao.mattos@univates.br*

**Resumo:** Tem-se o conhecimento de que as rodovias pavimentadas possuem em grande parte um péssimo estado de conservação. Dito isso, sabe-se que as técnicas convencionais de manutenção são dispendiosas, causam impactos ao meio ambiente e nem sempre apresentam o desempenho esperado. Nesse sentido, torna-se uma necessidade a busca por alternativas que melhoram o aproveitamento dos materiais, que são capazes de intervir na precocidade da degradação da rodovia e que contribuem com o meio ambiente. Considerando esse problema, o presente estudo busca analisar a viabilidade da reutilização do material fresado para a camada de revestimento do pavimento, tentando elaborar um projeto de mistura asfáltica com adição de ligante convencional. A pesquisa apresenta o comportamento mecânico em laboratório de misturas asfálticas recicladas com teores de ligante asfáltico CAP 50/70 distintos. As misturas asfálticas foram dosadas com 100% de material fresado oriundo da BR 386 entre as cidades de Lajeado/RS e Tabai/RS. Para a determinação do teor de ligante asfáltico do agregado reciclado foi utilizado o método de ensaio de extração de ligante – rotarék. O estudo contemplou a moldagem e a compactação de corpos de prova em temperatura de 160°C, aplicando energia de compactação de 75 golpes por face. Para a obtenção dos resultados, realizou-se a determinação das propriedades volumétricas e mecânicas das misturas asfálticas. As propriedades volumétricas deram-se através da obtenção da densidade aparente, do grau de compactação e do volume de vazios. Já as propriedades mecânicas foram obtidas com a realização dos ensaios de resistência à tração por compressão diametral. Em seguida, ocorrerá à análise de resultados proveniente dos ensaios. Dessa forma, o estudo busca encontrar uma solução tecnicamente viável e sustentável para o reaproveitamento integral do material oriundo da fresagem de pavimentos antigos.

**Palavras-chave:** Pavimento. Revestimento Asfáltico. Reciclagem de Pavimentos.

## PAVIMENTO COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO NA UNIVATES

Paula Orvana Guimarães Wiebbelling<sup>1</sup>, João Rodrigo Guerreiro Mattos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Civil 2015/B – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*paulaorvanaw@gmail.com, joao.mattos@univates.br*

**Resumo:** O presente trabalho tem como tema dimensionar um pavimento com blocos intertravados de concreto para o Centro Universitário Univates, localizado na Cidade de Lajeado-RS. O estudo tem como base o referencial teórico, no qual consta um breve histórico sobre os blocos intertravados de concreto, descreve as características, estrutura, métodos e materiais para fabricação, dimensionamento, formatos e tipos de assentamentos dos blocos, descreve também o conceito e as características do solo. O pavimento com blocos intertravado de concreto normalmente não é dimensionado, causando posteriormente deformações no pavimento executado. Com o intuito de evitar prejuízos e danos futuros, tendo que refazer a superfície já pavimentada, realizou-se um estudo técnico para o dimensionamento deste pavimento. Para caracterizar o solo foram realizados os ensaios de Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade, Análise Granulometria por peneiramento e por sedimentação, Compactação (Proctor) e Índice de Suporte Califórnia. Para os blocos intertravados foram executados os ensaios de Resistência à Compressão e Absorção de Água. Após analisar os resultados dos ensaios foi feito o dimensionamento do pavimento.



Engenharia da Computação 19/10/2015, 17:00 – 19:00

Coordenador Prof. Marcelo de Gomensoro Malheiros

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM DATA CENTERS COM ALTA DENSIDADE DE SERVIDORES E VIRTUALIZAÇÃO

Anderson Vogel<sup>1</sup>, Luis Antônio Schneiders<sup>2</sup><sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia da Computação 2660 – UNIVATES<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES*andervogel@gmail.com.br, laschneiders@univates.br*

**Resumo:** O Data Center é uma área de alta importância para as organizações, porém seu alto consumo energético e alto valor de seus ativos impacta diretamente no orçamento das mesmas. O presente trabalho busca identificar no Data Center da Unimed VTRP oportunidades de melhorias que possam gerar uma melhor eficiência energética e um melhor aproveitamento dos seus ativos. Para isto apresenta os fundamentos teóricos de toda a estrutura física, bem como servidores de alta densidade, virtualização, eficiência energética, monitoramento de rede. Após o levantamento teórico e o conhecimento da empresa e cenário, apresenta-se os resultados obtidos nas medições e análises e propostas que buscam otimizar o consumo energético sem impactar na disponibilidade e confiabilidade do mesmo.

## FERRAMENTA DE COLETA E ANÁLISE DE ESTATÍSTICAS PARA SISTEMA GERENCIADOR DE BANCO DE DADOS POSTGRESQL

Fabiano Tomasini<sup>1</sup>, Evandro Franzen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia da Computação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*ftomasini.rs@gmail.br, efranzen@univates.br*

**Resumo:** O crescimento das empresas e organizações tem evidenciado a importância da informação para a tomada de decisões, o volume cada vez maior de dados têm exigido atenção com a velocidade com que as informações são obtidas e preocupações quanto a forma com que os dados são armazenados. É fundamental garantir a integridade das informações e um bom desempenho em seu acesso. Algumas dessas preocupações podem ser amenizadas com algumas ações que podem ser tomadas em relação ao SGBD (*Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados*) escolhido. O trabalho em questão tem o objetivo de desenvolver uma ferramenta que possibilitará identificar, de forma visual, possíveis problemas de desempenho em relação ao SGBD. Através da ferramenta proposta serão coletadas estatísticas do banco de dados que permitirão detectar impasses que estejam relacionados a administração do banco de dados, podendo assim, tornar visível a necessidade de criação de índices e alterações em configurações do sistema utilizado. A ferramenta facilitará a otimização e o monitoramento do PostgreSQL, e futuramente possibilitará o monitoramento de outros SGBDs.

## SISTEMA DE SEGURANÇA COM DETECÇÃO E ACOMPANHAMENTO DE MOVIMENTO AUTOMATIZADO

Ismael Luis Bruxel<sup>1</sup>, Ronaldo Husemann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia da Computação- UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*ibruxel@gmail.com, rhusemann@inf.ufrgs.br*

**Resumo:** A crescente violência urbana tem aumentado a busca e o desenvolvimento de sistemas integrados e que consigam realizar os processos de forma autônoma, garantindo um maior controle e segurança. Os meios tradicionais como os vigilantes são dispendiosos e, por vezes, sujeitos a falha. Neste sentido a evolução tecnológica tem proporcionado sistemas que podem complementar e auxiliar as funções dos vigilantes a um custo baixo e de um modo eficaz. O objetivo do presente trabalho é apresentar um sistema que consiga fazer o monitoramento de um ambiente, recebendo dados de sensores de movimento e de uma câmera de vídeo robotizada visando acompanhar o movimento no local vigiado. Na prática, o sistema proposto efetua a detecção de movimento em tempo real, através da análise de sequências de imagens provenientes da câmera e dos sensores de movimento. O processamento será realizado em uma placa microprocessada que recebe os sinais e de acordo com as necessidades controlará os movimentos da câmera para seguir o movimento.

# GERADOR AUTOMÁTICO DE EXERCÍCIOS PARA APOIO AO ENSINO DE PROGRAMAÇÃO

Pedro Ernesto Tramontina<sup>1</sup>, Marcelo de Gomensoro Malheiros<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia da Computação – UNIVATES

<sup>2</sup>Docente do Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*pedro.tramontina@gmail.com, mgm@univates.br*

**Resumo:** Através de pesquisas realizadas na área de ensino, especificamente na área de programação, foi identificado que o método utilizado para ensinar a programar ainda segue o formato tradicional, limitando o processo de aprendizado e causando uma grande taxa de reprovação em disciplinas como as de algoritmos e programação. Com isso, diversas ferramentas estão sendo desenvolvidas para melhorar o processo de ensino e aumentar a disseminação do conhecimento. Além disso, técnicas como a gamificação estão sendo aplicadas para aumentar a motivação dos alunos na busca pelo conhecimento. Entretanto, percebeu-se que estes ambientes online de apoio ao ensino que disponibilizam exercícios, possuem apenas uma lista simplificada de atividades, obrigando os usuários a realizarem sempre as mesmas tarefas. Desta forma, este trabalho tem como objetivo desenvolver um software gerador de exercícios de programação, visando uma variação das atividades nestas ferramentas de autoestudo, além de auxiliar professores no processo de ensino, facilitando a criação e disponibilização de listas de exercícios.



## SISTEMA GERADOR DE ROTAS ATRAVÉS DE MAPAS DE CALOR

Rafael Leonardo Danieli<sup>1</sup>, Alexandre Stürmer Wolf<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia da Computação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*rafaelldanieli@gmail.com, awolf@univates.br*

**Resumo:** Ao longo dos anos muito se discute sobre segurança pública e estratégias para a redução dos índices de criminalidade nas cidades. Este projeto visa a criação de uma aplicação móvel, voltada para os órgãos de segurança pública do Estado do Rio Grande do Sul, com objetivo de auxiliar no policiamento preventivo da cidade de Porto Alegre. O desenvolvimento deste Sistema de Informação Geográfica móvel permitirá o direcionamento de viaturas para locais onde aconteceram crimes, utilizando ferramentas de geoprocessamento como Google Maps para mapear as ocorrências policiais já registradas em delegacias e através de mapas de calor fornecer informações de rotas de policiamento preventivo para as viaturas policiais baseadas em acontecimentos passados.

# ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE GERENCIAMENTO UNIFICADO DE AMEAÇAS (UNIFIED THREAT MANAGEMENT – UTM) EM EMPRESAS DE DIFERENTES PORTES

Tiago Piazza<sup>1</sup>, Marcus Vinicius Lazzari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia da Computação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*tiago\_piazza@hotmail.com, mvlazzari@univates.br*

**Resumo:** Segurança da informação em redes de computadores é um tema cada vez mais em voga no cenário atual de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). Grandes empresas deste segmento dedicam seus esforços na construção de complexas e eficientes soluções que visam a garantia das três metas básicas da segurança: confidencialidade, integridade e disponibilidade. Um modelo que ganha cada vez mais destaque neste mercado são as ferramentas baseadas no conceito do gerenciamento unificado de ameaças (Unified Threat Management – UTM), que consiste numa plataforma onde concentram-se os principais recursos de proteção, tais como: firewall, sistema de prevenção/detecção de intrusões (Intrusion Prevention/Detection System - IPS/IDS), rede privada virtual (Virtual Private Network - VPN), filtro de conteúdo (sites e aplicações), antivírus de gateway, entre outros. Este documento tem como objetivo realizar uma análise da implantação e utilização de dispositivos UTM em companhias de diferentes portes, bem como o levantamento comparativo dos principais benefícios gerados em cada contexto. Também objetiva detectar os fatores decisivos para a escolha de ferramentas UTM como solução de segurança para cada porte de empresa.

Engenharia de Controle e Automação 19/10/2015, 17:00 - 19:00

Seção 1 - Coordenador Prof. Rodrigo Wolff Porto

## SISTEMA PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE EM EMBALAGENS METÁLICAS DE AEROSSÓIS

Geison Fernando Hauschild<sup>1</sup>, Robson Dagmar Schaeffer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Controle e Automação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*geison.ha@gmail.com, robsons@univates.br*

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo desenvolver o projeto de automação de um equipamento de teste de estanqueidade em uma linha de produção de embalagens metálicas de aerossol de três peças. A fim de maximizar o rendimento do processo, um conjunto de sensores de pressão, sensores de posição e acionamentos serão gerenciados por controladores lógico programáveis que estarão conectados entre si através de uma rede industrial. Desta forma objetiva-se aumentar o desempenho da linha de produção, se comparado com a tecnologia atual empregada.

## DESENVOLVIMENTO DE UMA FRESADORA CNC PARA USINAGEM EM 5 EIXOS

Gerson Werner<sup>1</sup>, Robson Dagmar Schaeffer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Controle e Automação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*gersonwerner@hotmail.com, robsons@univates.br*

**Resumo:** Com o objetivo de reduzir paradas para reposicionamento de peças com geometrias complexas, reduzir o número de ferramentas envolvidas no processo de usinagem e conseqüentemente o tempo e o custo do produto final, máquinas-ferramenta com cinco ou mais eixos ganham cada vez mais espaço na indústria. Este trabalho tem como objetivo o projeto e a implementação de uma fresadora CNC com cinco eixos, para usinagem de peças de pequenas dimensões. Esta fresadora consiste em um conjunto mecânico, módulos de hardware e um software de interface gráfica. A estrutura mecânica da máquina permite a movimentação linear dos eixos X, Y e Z, operando juntamente com a rotação da mesa de trabalho nos eixos B e C, totalizando cinco eixos. A movimentação dos eixos é realizada através da seqüência de comandos gerados com o auxílio de softwares CAM, que são carregados no software desenvolvido, onde são processados e posteriormente enviados, por meio de transmissão serial, para uma plataforma microcontrolada que exerce o controle dos motores da máquina. O protótipo desenvolvido se diferencia de outras máquinas existentes pelas dimensões reduzidas e pelo baixo custo, proporcionando o acesso a este tipo de tecnologia a pequenas empresas e instituições de ensino.



## DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE ENROLADEIRA DE BOBINAS PARA ALTO FALANTES

Gustavo Pochmann<sup>1</sup>, Robson Dagmar Shaeffer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Controle e Automação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*pochmann@pochmann.com.br, robsons@univates.br*

**Resumo:** Alto falantes são dispositivos eletromecânicos acústicos largamente utilizados no setor automotivo, residencial e profissional. Quando utilizados com a técnica adequada, proporcionam qualidade e longa durabilidade. Contudo, diante da falta de conhecimento técnico e de alguns cuidados necessários à utilização destes dispositivos, eles acabam danificados, sendo, na maioria dos casos, a bobina móvel inutilizada. Dependendo de certas variáveis, há viabilidade econômica em consertar ou reparar estes transdutores, substituindo as bobinas móveis danificadas. Neste contexto, apresenta-se este trabalho. Trata-se de uma pesquisa e projeto para o desenvolvimento de um protótipo de uma máquina capaz de enrolar em uma forma previamente definida, uma bobina de qualquer tipo de alto falante eletrodinâmico que utilize fio esmaltado de sessão circular. Com base em dados obtidos a partir da bobina móvel danificada, é possível construir outra bobina que mantenha o comportamento funcional original do transdutor. O projeto mecânico da máquina parte da estrutura de uma impressora matricial, que será responsável pelo posicionamento do fio na entrada da forma. A parte de automação é baseada em microcontrolador e o acionamento por motores de passo.

## DESENVOLVIMENTO DE UMA PLANTA PILOTO AUTOMATIZADA PARA FABRICAÇÃO DE CERVEJAS ESPECIAIS

Carlos Eduardo Reckziegel Martins<sup>1</sup>, Henrique Worm<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Controle e Automação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*carlos.martins85@gmail.com, henriqueworm@gmail.com*

**Resumo:** No presente trabalho, foi desenvolvido um sistema para a automação de uma planta de manufatura de cervejas especiais com capacidade de 20 litros por batelada, contemplando os processos de moagem dos grãos, mosturação do malte, filtração do mosto, lavagem do malte, fervura com adição de lúpulos, resfriamento do mosto e a transferência do produto para o recipiente de fermentação. Para tanto, foram analisadas as diferentes possibilidades de desenvolvimento de uma solução eficiente, segura e de baixo custo, definindo-se um sistema eletroeletrônico e um sistema mecânico para a automação da planta. A planta foi automatizada de forma que o usuário insira os parâmetros de tempo e temperatura desejados para cada processo e, a partir destes, o sistema de controle faça as leituras dos sensores instalados na planta e controle os acionadores de forma a garantir e respeitar os dados recebidos do usuário.

# SISTEMA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO DE UMA CALDEIRA INDUSTRIAL A VAPOR DO TIPO MISTA

Eduardo Machry<sup>1</sup>, Msc. Henrique Worm<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Controle e Automação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*eduardo.machry@gmail.com, henriqueworm@gmail.com*

**Resumo:** O presente trabalho descreve o desenvolvimento e implementação de um sistema de automação para uma caldeira industrial, visando maior rendimento e estabilidade na geração de vapor. O objetivo do projeto é desenvolver o esquema elétrico, montar o painel elétrico, programar o CLP e o supervisório SCADA e comissionar o início de produção em campo. Os componentes do painel foram planejados de acordo com equipamentos adotados pelo fabricante da caldeira. A automação projetada terá a opção do uso do algoritmo PID no controle de consumo de oxigênio, o qual pretende atingir uma eficiência de geração de vapor entre 10% e 20% maior do que uma caldeira automatizada sem o controle de queima de oxigênio. Ao final do projeto será avaliado o desempenho real com base no memorial de cálculos do fabricante, verificando os benefícios e a viabilidade deste tipo de automação.

# PROJETO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DE UMA MÁQUINA DE PASTEURIZAÇÃO

Roberto Zimmermann<sup>1</sup>, Henrique Worm<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Controle e Automação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*betozimmermann@yahoo.com.br, professor@univates.br*

**Resumo:** Devido as exigências da segurança alimentar, torna-se cada vez mais necessário o uso de máquinas e equipamentos capazes de garantir a qualidade do produto final. O presente trabalho tem como principal objetivo realizar um projeto de automação de um pasteurizador tubular em uma empresa alimentícia do Vale do Taquari, Rio grande do Sul. O projeto visa a reutilização dos principais componentes já existentes na máquina. Será feito todo o levantamento dos equipamentos necessários para a automatização da máquina bem como seu dimensionamento para o sistema funcionar de acordo com as necessidades da empresa. Uma das motivações do trabalho é aumentar a eficiência e a segurança do processo de pasteurização na máquina, garantindo assim um bom desempenho na pasteurização. Um dos benefícios desta automatização será a eliminação da falha humana.

**Palavras-chave:** Automação, Pasteurização, Eficiência.



Engenharia de Controle e Automação 19/10/2015, 17:00 - 19:00

Seção 2 - Coordenador Prof. Ronaldo Husemann

## PROJETO DE UM DISPLAY HOLOGRÁFICO VOLUMÉTRICO ROTATIVO

Eduardo Augusto Lieberknecht<sup>1</sup>, Ronaldo Husemann<sup>2</sup><sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Controle e Automação – UNIVATES<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES*elieberknecht@universo.univates.br, husemann@univates.br*

**Resumo:** Um display gráfico rotativo destoa dos displays convencionais pelo seu arranjo mecânico. A exibição das imagens é gerada através de múltiplas linhas de LEDs, empilhadas sobre o eixo de giro, acoplado a um motor e a um mecanismo de transferência de energia. Este mecanismo gira acima da persistência da retina humana e aciona os LEDs de forma controlada, gerando a ilusão de uma imagem tridimensional formada no ar. A exibição das imagens se dá na parte interna do cilindro transcrito pela rotação das barras de LED. Para o controle é utilizado um microcontrolador ARM Cortex-M3, que através do barramento SPI comunica-se com drivers TLC5952 que controlam 24 LEDs RGB existentes em cada um dos 8 níveis de exibição. O projeto prevê a interpretação de arquivos tridimensionais no formato nuvem de pontos, que podem ser enviados através de rede WIFI, Bluetooth ou lidos de um cartão SD embarcado na placa de controle. O desenvolvimento, bem como os fundamentos necessários para o entendimento do projeto de um display gráfico rotativo tridimensional de varredura mecânica são abordados neste trabalho.

## DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA MODULAR FLEXÍVEL PARA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO PROTOCOLO ZIGBEE

Enrique Fernandes Dalprá<sup>1</sup>, Ronaldo Husemann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Controle e Automação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*efdalpra@universo.univates.br, husemann@universo.univates.br*

**Resumo:** A automação é uma realidade na vida das pessoas atualmente. Sistemas de alarme, celulares, televisores, inclusive geladeiras já possuem sistemas automatizados embarcados, mudando a maneira de viver da sociedade. A automação residencial, ou domótica, tem como objetivo aumentar a segurança das pessoas e de seus bens materiais, assim como conforto nas tarefas cotidianas. A maneira como estes sistemas são incorporados nos lares das pessoas vêm sofrendo constantes alterações, principalmente em virtude dos avanços das tecnologias sem fio. Cada vez mais robustos e menos suscetíveis à falhas, soluções de comunicação sem fio vêm sendo utilizadas em inúmeras aplicações em ambientes industriais e residenciais. A principal vantagem destes sistemas é a instalação rápida e fácil. Arquiteturas modulares e de aplicação genérica tem sido utilizadas como soluções mais adequadas às necessidades das residências atualmente. Seguindo essas tendências, o presente trabalho propõem desenvolver um sistema de automação capaz de gerenciar e controlar os sistemas de entretenimento, segurança, conforto e comunicação de uma residência, utilizando arquitetura modular e flexível, com entradas e saídas genéricas, implementando protocolo de comunicação sem fio Zigbee.

## SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE AMBIÊNCIA PARA AVIÁRIOS POR PRESSÃO NEGATIVA

Fabrcio Tiggemann<sup>1</sup>, Ronaldo Husemann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Controle e Automação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*ftiggemann@universo.univates.br, professor@univates.br*

**Resumo:** Aviários com sistema de ventilação pelo princípio da pressão negativa necessitam de um controle constante de diversos parâmetros, tais como temperatura, umidade e pressão estática. A inter-relação destas diferentes variáveis inviabiliza o controle manual, com base neste cenário se propõe um sistema de controle automatizado de aviários, o qual utiliza circuitos embarcados, com diferentes conjuntos de hardware e software. O hardware é dividido em três tipos: placas de interface, sensoriamento e controle. As placas de interface serão utilizadas para a conexão de sinais digitais internos ao painel elétrico enquanto as placas de sensoriamento serão utilizadas para conexão de sinais digitais e analógicos distribuídos. O controle será composto por um computador de placa única Raspberry Pi, acoplado à placa de controle, que se comunicará com as placas de interface e sensoriamento através dos barramentos de comunicação EIA485 e IIC, respectivamente. O software é dividido em três aplicações, uma embarcada nas placas de sensoriamento e outras duas na placa de controle, que realizam respectivamente o controle centralizado do sistema e a interface com o usuário. Ambas as aplicações embarcadas no circuito de controle são baseadas na linguagem de programação Java sendo que a passagem de parâmetros entre estas é realizada através um banco de dados MySQL. O aplicativo de interface foi desenvolvido através de uma aplicação web, permitindo a utilização com dispositivos móveis e computadores.

# SISTEMA AUTÔNOMO DE DESINFECÇÃO DE BACTÉRIAS COM USO DE LÂMPADAS ULTRAVIOLETAS ALIMENTADAS POR ENERGIA FOTOVOLTAICA

Mateus Altmann<sup>1</sup>, Ronaldo Husemann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Controle e Automação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*maltmann@universo.univates.br; husemann@univates.br*

**Resumo:** As empresas do setor alimentício buscam adotar técnicas nas suas linhas de produção para contribuir com práticas que agregam qualidade aos alimentos. Essas práticas englobam desde a gestão até a produção no chão de fábrica. O alto custo dos processos de desinfecção nas indústrias alimentícias levam empresas a optarem por tecnologias alternativas, mas com a mesma eficiência. Neste sentido, o presente estudo tem por objetivo tornar um processo de higienização de garrafas PET sustentável, gerando energia elétrica através de painéis solares fotovoltaicos para alimentar duas lâmpadas ultravioletas germicidas de 20W utilizadas na desinfecção externa de bactérias de garrafas PET na empresa Bebidas Fruki S/A, localizada na cidade de Lajeado/RS. Foram demonstrados cálculos de dimensionamento dos equipamentos utilizados no projeto e criado um sistema para supervisão das grandezas elétricas envolvidas no sistema com a utilização de um sistema micro controlador arduino e monitoradas através de um display LCD sensível ao toque. Ao fim do estudo, a instalação prática e monitoramento das grandezas elétricas comprovaram os cálculos de dimensionamento teóricos iniciais.



## MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA PREPARO DE CACHORRO-QUENTE

Eduardo André Konzen<sup>1</sup>, Werner Haetinger<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Controle e Automação – UNIVATES

<sup>2</sup> Mestre pelo CPGCC/UFRGS – Porto Alegre – Brasil

*eduardoak@universo.univates.br, werner@univates.br*

**Resumo:** Os gastos com alimentação fora do lar vêm aumentando e representam em média 31% do gasto total com alimentação de uma família (IBGE, 2010). Segundo Tognini (2000), isso recorre ao fato de que o tempo para o descanso e as necessidades básicas está cada vez mais restrito, assim é comum os indivíduos alimentarem-se fora de casa, optando por alimentos rápidos. Com a cultura do fast food, os estabelecimentos classificados como lanchonetes passaram a ter uma organização semelhante ao processo industrial, onde a produção é seriada, cada funcionário tem seu posto de trabalho e sua função simples e específica. Assim, estes produzem de forma mais rápida e eficiente (REICHEMBACH, 2007). Levando em consideração os princípios da automatização de processos, entende-se que é possível o desenvolvimento de um equipamento automático que desenvolva estas atividades. Assim este trabalho apresenta o projeto de fabricação de uma máquina automatizada para o processamento de um tipo de fast food, especificamente o cachorro-quente. O equipamento consiste em um conjunto de mecanismos, atuadores eletromecânicos e uma interface com o usuário. Esse conjunto tem a finalidade de realizar os mesmos procedimentos que uma pessoa usa para fazer um cachorro-quente de rua na forma manual, desde a escolha pelo consumidor do ingrediente que deseja ou não no seu lanche, até entrega do produto pronto. A maior parte das peças utilizadas no projeto foram fabricadas em chapas de aço inoxidável, passando por processo de corte e dobra, e algumas outras adquiridas em lojas de componentes eletroeletrônicos. A interface e o sistema de controle são baseados em placa de prototipagem Arduino. O sistema de corte do pão consiste em uma lâmina circular dentada acoplada a um motor. Para movimentação entre as partes da máquinas foi fabricado um mecanismo de transporte interno acoplado à uma garra. Para injeção dos condimentos, tais como molho à base de tomate e mostarda, foram utilizadas bombas específicas para fluídos viscosos. O mecanismo de disposição da salsicha foi fabricado em chapa metálica e acoplado a um motor. O sistema de aquecimento presente no equipamento utiliza resistências elétricas para manter a salsicha na temperatura de consumo. O equipamento é de pequeno porte, possível para adaptação em veículos tipo furgão, para lanchonetes móveis, ou ainda conhecidos como food trucks.

Engenharia de Alimentos, Engenharia Mecânica e Engenharia Química 19/10/2015, 17:00 - 19:00  
Coordenadores Prof. Daniel Neutzling Lehn, Prof. Ricson Rocha de Souza e Prof. Gustavo Reisdörfer

## ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DE RODA DESSECANTE EM PROCESSO DE SECAGEM DE BALAS DRAGEADAS

Daniel Bortoli<sup>1</sup>, Daniel Neutzling Lehn<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*daniel\_bortoli@yahoo.com.br , lehn@univates.br*

**Resumo:** O presente trabalho foi desenvolvido com ênfase nos fenômenos psicrométricos que tangem a troca de massa e energia do processo de drageamento de balas. O estudo foi desenvolvido em uma empresa do ramo alimentício do vale do Taquari (RS), com objetivo de analisar o processo de drageamento de balas e projetar um conceito mais eficiente de secagem para o processo. O trabalho apresenta um novo conceito de preparação do ar de secagem utilizando um equipamento com roda dessecante. Desta forma busca-se melhorar o tempo de processo, qualidade dos produtos, eficiência energética da planta fabril e uma operação constante do processo, já que as variações de umidade e temperatura do ar ambiente são constantes. O referencial teórico abordou temas sobre secagem, psicrometria, rodas dessecantes e adsorção. O estudo foi baseado no atual equipamento de drageamento com sistema de desumidificação por refrigeração. Ele comparou o atual sistema com a implantação do equipamento com roda dessecante para avaliação de desempenho. Os resultados apresentados evidenciaram grande aplicabilidade do equipamento no processo, e estão de acordo com os objetivos propostos no tema deste trabalho, além de demonstrarem indícios positivos que podem resultar em ganhos significativos para a empresa.

**Palavras-chave:** Balas drageadas. Roda dessecante. Processo produtivo. Ar de secagem.

## PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO PARAFUSO DE RODA MANTENDO AS PROPRIEDADES DE MONTAGEM

Éderson Thomé<sup>1</sup>, Guilherme Cortelini da Rosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*edersonthome@ymail.com, guilherme.rosa@univates.br*

**Resumo:** Atualmente as empresas sofrem pressões de seus clientes buscando a redução de custos, onde é necessária a melhoria de processos internos buscando melhores resultados. Já regulamentações governamentais obrigam as empresas a se adequarem nas mais diferentes áreas, onde a NR-12 aparece como um dos principais requisitos relacionados à segurança do trabalho. Entre a decisão de adequar uma máquina em operação, ou tirá-la de operação, e conseqüentemente deixar de fornecer um produto corrente – Parafuso de Roda – para um cliente, busca-se entre os processos de produção já existentes na empresa, alguma forma alternativa de produzir o item e dar continuidade ao fornecimento. Primeiro, busca-se maiores informações junto ao cliente, para viabilizar a alteração de item, e realiza-se ensaios com peças na condição atual para definir quais são os parâmetros de montagem a serem atendidos. Definidos estes requisitos, são produzidas amostras em diferentes condições de fabricação, para serem testadas e verificar qual é a condição que melhor se adapta aos parâmetros da peça atual. Além dos resultados encontrados atenderem os parâmetros, também foi possível a redução dos custos de produção, em virtude do aumento na velocidade de produção das peças em uma nova operação.

**Palavras-chave:** Melhoria. Alteração. Parafuso de Roda. Resultados. Redução dos custos de produção.

## AVALIAÇÃO DE EMISSÕES E DESEMPENHO DE BIOMETANO E GNV EM MOTORES CONVENCIONAIS

Roger Corotto<sup>1</sup>, Odorico Konrad<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*corottoroger@gmail.com, okonrad@univates.br*

**Resumo:** Este trabalho visa analisar o comportamento de um motor ciclo Otto do modelo EA111 da fabricante Volkswagen operando com Biometano de forma a comparar os resultados com aqueles alcançados com o mesmo motor utilizando GNV. Com a intenção de redução de poluentes e uso de combustível renovável torna-se necessária a pesquisa dos efeitos do Biometano como combustível nos motores automotivos. As emissões de poluentes serão medidas pelos analisadores de gases Discovery G4 e Chemist 404S e o desempenho pelo dinamômetro de rolos Hardware Car 1200.



## DIMENSIONAMENTO DE MANCAIS DE DESLIZAMENTO VISANDO A MINIMIZAÇÃO DE FALHAS EM UMA CAIXA SATÉLITE DE EIXO DIFERENCIAL DE UM TRATOR

Carlos Eduardo Rech<sup>1</sup>, Rafael Crespo Izquierdo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*carlos.e.rech@gmail.com, rafael.izquierdo@univates.br*

**Resumo:** A caixa satélite trata-se de um item crítico no sistema diferencial do eixo traseiro de um trator agrícola, pois sua função consiste na equalização da transmissão do torque do motor para as rodas do trator durante uma curva, caso em que as mesmas giram com velocidades angulares diferentes. Esta pesquisa tem como objetivo aumentar a vida útil da caixa satélite do diferencial traseiro de um trator de 50Cv. Neste estudo, primeiramente, busca-se dimensionar as cargas que são aplicadas nos mancais da caixa satélite, com intuito de avaliar os esforços submetidos nestes elementos. De posse destes dados, propõe-se redimensionar os mancais e o corpo da caixa, usados no sistema, considerando os esforços avaliados, o tipo de material e o processo de fabricação. Como resultado espera-se que o presente trabalho forneça uma redução significativa nos custos deste item, visto que a sua situação atual apresenta custos elevados de manutenção, em função do desgaste destes mancais, gerando, por consequência, desgaste nas engrenagens do sistema diferencial.

## DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO EM FARINHA DE CARNE E OSSOS POR ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

Graziela Bastiani<sup>1</sup>, Gustavo Reisdörfer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Química – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*gbastiani1@univates.br, greisdorfer@univates.br*

**Resumo:** Devido ao grande volume de resíduos de origem animal, seu aproveitamento torna-se cada vez mais importante, transformando os mesmos em farinhas, sendo matéria prima para a fabricação de ração. Seu controle de qualidade é cada vez mais necessário para garantir que as farinhas estejam adequadas para a utilização na indústria. A espectroscopia de infravermelho próximo (NIRS) é um método de quantificação com grande importância na indústria, pois é rápido, não destrutivo, não utiliza reagentes, é de baixo custo e fornece os resultados precisos em minutos. A farinha de carne e ossos é uma matéria prima utilizada como fonte de fósforo na ração, com base nisso desenvolveu-se uma curva de calibração para determinar fósforo em farinha de carne e ossos por espectroscopia no infravermelho próximo. Visando a urgência em obtenção de resultados para liberação de carga e formulação, o método NIRS está sendo cada vez mais procurado. Para a criação da curva de calibração primeiramente realizou-se a coleta de espectros. Estas mesmas amostras de farinha de carne e ossos e seus respectivos resultados obtidos pela determinação por método de referência, foram utilizados para a criação da curva de calibração. Posteriormente foram aplicados tratamentos estatísticos para propor um modelo de predição, ou seja, uma curva de calibração para quantificar fósforo, em seguida avaliou-se os modelos de predição e definiu-se um modelo com base em parâmetros estatísticos (SEC, SEP, RSQ, 1-VR, SEPC, BIAS) e validou-se. A curva de fósforo em farinha de carne e ossos, foi implantada no sistema NIRS, concluiu-se que os resultados obtidos no NIR são válidos, em comparação com os dados obtidos pelo método de referência.

## DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO CÁRNEO REESTRUTURADO COMO ALTERNATIVA DE REAPROVEITAMENTO DE APARAS CÁRNEAS

Tailize De Carli, Daniel Neutzling Lehn<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Alimentos – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*tcarli@univates.br, lehn@univates.br*

**Resumo:** O alto índice de desperdícios de matéria-prima, juntamente com o aumento da demanda por produtos mais convenientes, tem estimulado as indústrias cárneas a buscarem novas tecnologias, a fim de reduzirem as perdas e atenderem a demanda dos consumidores. Essa busca tende ao aproveitamento de aparas cárneas de baixo valor comercial no desenvolvimento de produtos com valor nutritivo, praticidade no preparo, preço acessível, e boas características sensoriais. Uma estratégia tecnológica para esse reaproveitamento é a produção de carnes reestruturadas, as quais têm o intuito de competir com cortes íntegros em relação à aparência, sabor, textura, odor e forma. Para a obtenção de uma textura semelhante aos músculos íntegros, é necessária a ligação entre os fragmentos da carne, que é causada pela solubilização das proteínas miofibrilares. Para o melhoramento dessa ligação, assim otimizando o processo de carnes reestruturadas, são utilizados diversos sistemas ligantes, dentre eles está à enzima transglutaminase. Essa enzima possui capacidade de catalisar reações entre proteínas, transformando suas características e resultando em benefícios tecnológicos, como o maior aproveitamento das matérias-primas, melhoria de qualidade (textura), e redução de custos de produção. O presente estudo tem como objetivo a aplicação da enzima transglutaminase na preparação de carne reestruturada, a fim de agregar valor às aparas cárneas, mantendo o valor nutritivo e características sensoriais do produto. Serão analisados os parâmetros quanto à composição centesimal (proteína, umidade, cinzas, lipídeos) e análise instrumental de cor. Todas as análises serão em triplicatas. O produto final, também será avaliado quanto as suas características sensoriais, a fim de verificar o grau de aceitabilidade do público consumidor. Os resultados obtidos serão comparados com legislação vigente e outros trabalhos semelhantes a fim de verificar a eficiência da utilização da enzima transglutaminase no reaproveitamento de aparas cárneas.

Engenharia de Produção 19/10/2015, 17:00 - 19:00

Seção 1 - Coordenador Prof. Manfred Costa

## PROPOSTA DE MELHORIAS NA OPERAÇÃO DE MONTAGEM EM UMA EMPRESA DO SETOR METAL MECÂNICO

Tamires Borghetti<sup>1</sup>, Manfred Costa<sup>2</sup><sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES*tamiresborghetti@yahoo.br, manfred@univates.br*

**Resumo:** As organizações necessitam buscar constantemente novas tecnologias que aperfeiçoem seus processos produtivos, eliminem desperdícios e otimizem a utilização de seus recursos de produção. Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo analisar, definir e propor melhorias nos processos produtivos que influenciam a operação de montagem de equipamentos e implementos rodoviários, em uma empresa localizada no Rio Grande do Sul, a fim de reduzir a falta de peças, componentes e materiais quando da realização dessa etapa produtiva. A falta de peças, componentes e materiais no momento correto resulta em produto parado na linha de montagem, espera de recursos de produção e fabricação de itens não necessários. Este trabalho é um estudo de caso relativo aos procedimentos técnicos e de propósito exploratório. Em relação à sua pesquisa, é aplicada quanto à natureza e qualitativa no que tange à abordagem da pesquisa. Tendo em vista a metodologia utilizada, foi realizado mapofluxograma dos processos em uma empresa de implementos rodoviários. O intuito foi visualizar o fluxo percorrido pelo produto ao longo do sistema produtivo. A partir disso, elaborou-se cartas de processo das etapas produtivas que influenciam a operação de montagem, para identificação dos prováveis problemas. Com isso, foram realizados dois relatórios de situações-problema para investigar as causas-raízes e propor ações corretivas para posterior aplicação na empresa. Os resultados do estudo e mapeamento dos processos mostraram em que atividades acontecem falhas que resultam na falta de peças, componentes e materiais quando da realização da operação de montagem final dos produtos. Com o desenvolvimento dos relatórios de situações-problema, foi possível entender melhor os motivos que levam à falta de peças, componentes e materiais quando da realização da operação de montagem, proporcionando o desenvolvimento de planos eficazes para a solução dos problemas.

**Palavras-chave:** Melhorias de processo. Montagem. Implementos rodoviários



## ESTUDO ERGONÔMICO DO VEÍCULO BAJA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES

Adriana Borges dos Santos<sup>1</sup>, Eduardo Becker Delwing<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*adriana@adwork.med.br, eduardo@bedel.com.br*

**Resumo:** Diante da ascensão do mercado de veículos, as indústrias automobilísticas investem constantemente no desenvolvimento de novos produtos e conceitos diferenciados, objetivando satisfazer as necessidades e desejos dos consumidores. Em razão disso é de suma importância a preparação de profissionais para atuarem no projeto e desenvolvimento de automóveis. Tal fato motivou a Sociedade de Engenheiros da Mobilidade (SAE Brasil) a desenvolver um projeto entre estudantes universitários dos cursos de engenharia, chamado Baja SAE Brasil, em que o desafio é fabricar um veículo fora de estrada para participar de competições organizadas pela entidade, nas quais são avaliados diversos critérios. Na concepção do projeto dos veículos devem ser considerados todos os pré-requisitos estabelecidos no regulamento, bem como os conceitos julgados importantes pelos consumidores no momento da escolha, dentre estes, os fatores ergonômicos e de segurança têm grande relevância. A presente pesquisa foi realizada junto ao Projeto de Extensão Baja do Centro Universitário Univates, com o propósito de desenvolver uma análise ergonômica do veículo já projetado pela equipe. A partir disso, juntamente com os conceitos de ergonomia abordados no presente trabalho e aplicação da metodologia proposta, sugerir melhorias ergonômicas para o projeto do novo veículo a ser fabricado, com objetivo de propiciar maior conforto e segurança aos pilotos.

**Palavras-chaves:** Veículos, Projeto de Extensão Baja Univates, Ergonomia.

## REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Alberto José Diedrich, Eduardo Becker Delwing

Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES  
Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*albertodiedrich@universo.univates.br, eduardodelwing@universo.univates.br*

**Resumo:** A diminuição de reservas de água doce no planeta, o aumento da demanda de água para atender o consumo humano, agrícola e industrial, a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento público e as restrições que vêm sendo impostas em relação ao lançamento de efluentes no meio ambiente, torna mais que necessário à implementação de estratégias que visem à redução da utilização dos recursos hídricos para minimizar os impactos negativos relativos à geração de efluentes pelas indústrias. Com o objetivo principal de reduzir o consumo de água potável, uma empresa de alimentos do Vale do Taquari no ramo de laticínios desafiou uma equipe multi funcional com o propósito principal de encontrar alternativas para diminuir o consumo de água potável dentro da empresa, foi realizado um monitoramento dos volumes temperaturas e algumas análises de diversos pontos de água que estavam sendo descartados para ETE. Os resultados foram interpretados pela equipe que desenvolveu um estudo para reaproveitar a água de forma indireta em outras etapas do processo produtivo economizando a água da ETA. As águas quentes foram direcionadas para linhas de retorno de condensado para alimentação da caldeira, as águas frias foram canalizadas para um tanque pulmão de onde a água recuperada é distribuída para diversos pontos da fábrica. Por se tratar de água, devido ao grande volume foi possível conseguir um bom payback viabilizando o projeto na prática. Portanto, podemos concluir que utilizando a criatividade, aproveitando de forma correta os recursos disponíveis e a utilização da mão de obra interna é possível desenvolver grandes projetos que representam um ganho financeiro para empresa. O sistema de reaproveitamento de água pode servir de benchmarking para outras empresas do ramo como uma boa prática ambiental e visto de forma positiva pelos órgãos ambientais.

## MAPEAMENTO DOS CUSTOS E DAS RECEITAS DA PRODUÇÃO LEITEIRA EM UMA PROPRIEDADE RURAL DO VALE DO TAQUARI

Carla Fernanda Ehrenbrink<sup>1</sup>, Marcia Jussara Rehfeld<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Academica do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*Carla\_nanda78@yahoo.com.br, mrehfeld@univates.br*

**Resumo:** Este trabalho descreve um estudo de caso realizado em uma propriedade rural localizada no Vale do Taquari. Tem como objetivo mapear os custos, as receitas, o lucro do litro de leite tipo B, na referida propriedade, bem como apurar a lucratividade, a relação custo benefício e o tempo de retorno do investimento. Os aportes teóricos para este estudo estão embasados na descrição da produção leiteira, empresa rural, agricultura familiar e agronegócio. Em adição, o estudo baseia-se nas teorias voltadas a gestão de custos e gestão rural. Metodologicamente classifica-se como uma pesquisa aplicada, sendo aplicada no campo para a coleta de dados dos custos gerados, sendo para isso utilizados os dados históricos existentes na propriedade, no período de janeiro a julho de 2015. Os resultados obtidos mostram que: a) os custos gerais representam 6,94% dos custos totais; os de manutenção 7,63%; a mão de obra fixa 1,65%; os de alimentação dos animais 69,81%; e os outros gastos com a produção 13,16%; b) o custo para produzir um litro de leite do tipo B consistiu em R\$ 0,99 nesta propriedade; c) a lucratividade da atividade média mensal apontou 17,67%; d) a relação custo benefício foi de R\$1,21 e; e) o retorno sobre o investimento equivale a 13 anos.

**Palavras chaves:** Custos, produção leiteira, propriedade rural.

## ESTUDO DA FORMAÇÃO DE CUSTOS NUMA EMPRESA DE JOIAS DE PEQUENO PORTE DO VALE DO TAQUARI

Franciele Cristina Schmeier<sup>1</sup>, Márcia Jussara Hepp Rehfeldt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES

<sup>2</sup>Professora Doutora do Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*fschmeier@gmail.com, mreinfeld@univates.br*

**Resumo:** Este trabalho descreve um estudo de caso realizado em uma empresa de joias de pequeno porte do Vale do Taquari. Estudo que vem sendo desenvolvido na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso. Tem por tema o levantamento dos custos de produção, com foco na participação da mão de obra em horário normal e em hora extra, sendo para isso utilizados os dados históricos de demanda e os custos dos recursos humanos. Os aportes teóricos para este estudo estão embasados na descrição do processo de fabricação de joias, utilizando a fundição por cera perdida e estamparia, assim como no detalhamento das demais operações que sucedem a fundição e estamparia. Em adição, o estudo baseia-se nas teorias voltadas à administração da produção, envolvendo o estudo de demandas, seus componentes e previsões, planejamento e controle da produção, bem como a capacidade produtiva e os recursos humanos. Metodologicamente classifica-se como pesquisa aplicada, exploratória, descritiva e explicativa, sendo aplicada no campo da produção de joias. Espera-se como resultado o conhecimento dos custos referentes à mão de obra em horário normal e em hora extra, obtidos por meio do desenvolvimento de uma planilha eletrônica que possa ser utilizada posteriormente pela empresa a fim de simular os custos pertinentes à mão de obra, como demissão, contratação e treinamentos. Esta planilha também permitirá a realização de previsões de demandas e equiparação com a capacidade produtiva real e a capacidade necessária para atendê-la. Desta forma, entende-se que a empresa poderá administrar os gastos, no caso a mão de obra que é fator relevante na formação do preço de venda, além da necessidade de estar apta às alterações do mercado.

**Palavras-chaves:** Custos, joias, mão de obra, planilha eletrônica.



# APLICAÇÃO DE UM PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTO PARA ANÁLISE DOS FATORES QUE INFLUENCIAM NO PERCENTUAL DE UMIDADE DE PASTILHAS EM INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Eduardo Rodrigues, William Jacobs

Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES  
Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*Eduardo.rodrigues@universo.univates.br, Williamj@univates.br*

**Resumo:** Este artigo possui como estudo a aplicação de um planejamento de experimentos para análise dos fatores que influenciam no processo de secagem de uma indústria de alimentos. O objetivo é quantificar o valor que estes fatores explicam do fenômeno estudado para um trabalho futuro, realizar a otimização do processo. A metodologia aplicada será planejamento fatorial fracionado 2k-1, com os seguintes fatores: temperatura do ar de secagem, tempo de processo, velocidade do exaustor e quantidade de água e tipo de granulado

# APLICAÇÃO DE PROJETO SEIS SIGMA PARA OTIMIZAÇÃO DE UM PROCESSO DE ENVASE DE REFRIGERANTE COM ÊNFASE NA UTILIZAÇÃO DE UM PROJETO FATORIAL 2<sup>K</sup>

Guilherme Monteiro Vargas<sup>1</sup>, William Jacobs<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*gmonteirovargas@gmail.com, williamj@univates.br*

**Resumo:** O presente trabalho apresenta a aplicação de um Projeto Seis Sigma para a otimização de um processo de envase de refrigerante, em uma linha de produção de refrigerante tipo PET 2 litros. O modelo proposto aborda a estrutura para a aplicação do Seis Sigma e as principais atividades e ferramentas do ciclo DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve e Control). Seu objetivo principal consiste em utilizar técnicas de planejamento e análise de experimentos para melhorar o desempenho do processo e reduzir o desperdício de xarope. Para atender ao objetivo proposto, inicialmente o estudo irá enfatizar a utilização de um Projeto Fatorial 2<sup>k</sup>, permitindo assim, identificar os fatores mais influentes presentes no processo. A seguir será utilizada a Análise de Variância para avaliar se os resultados obtidos na experimentação são estatisticamente significativos. Após a definição dos fatores, o projeto propõe formular a relação matemática entre os fatores, o modelamento da equação será realizado através da técnica de Análise de Regressão. A otimização do processo será proposta através das técnicas de superfície de resposta, o modelo matemático elaborado será utilizado para determinar as condições ótimas para se trabalhar.

Engenharia de Produção 19/10/2015, 17:00 - 19:00  
Seção 2 - Coordenador Prof. Carlos Henrique Lagemann

## PROPOSTA PARA AÇÕES DE SUSTENTABILIDADE EM UM EMPRESA DE ALIMENTOS

Cristian Cesar Gattermann<sup>1</sup>, Carlos Henrique Lagemann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*cristian@universo.univates.br, chlagemann@univates.br*

**Resumo:** Este trabalho propõe ações de sustentabilidade, por meio de um estudo do ambiente industrial, para implementar atitudes sustentáveis que ajudam a diminuir a poluição do meio ambiente, reduzir o consumo de recursos naturais, reduzir custos econômicos nas empresas. Muitas pessoas, no entanto, não compreendem o que é o conceito de sustentabilidade. Muitos associam à preservação do meio ambiente. Sustentabilidade é muito mais que preservar, ou seja, é suprir as necessidades da geração presente sem afetar as gerações futuras. Este trabalho de conclusão justamente vem como uma proposta de trazer ações de sustentabilidade, para uma empresa no ramo do setor alimentício da cidade de Lajeado – RS, a Florestal Alimentos, que já é reconhecida pela sociedade e mercado em função de suas práticas ambientais, para melhorar ainda mais esse conceito e fazer um estudo do que ainda pode ser melhorado.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, ações, ambiente organizacional e atitudes sustentáveis.

## DESENVOLVIMENTO DE GABINETE PARA GERADOR DE OZÔNIO PORTÁTIL

Isabel Cristina Müller<sup>1</sup>, Carlos Henrique Lagemann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*mullerisabel@hotmail.com, chlagemann@univates.br*

**Resumo:** É de responsabilidade da área de desenvolvimento de produto lançar produtos no mercado que atendam aos requisitos dos clientes e possam ser produzidos a custos baixos. As empresas com maior êxito neste quesito são aquelas que adotam melhores práticas e seguem processos formais como guias para o desenvolvimento de seus produtos. O presente estudo de caso propôs o desenvolvimento de um gabinete para o gerador de ozônio portátil Air Pet, produto em desenvolvimento pela Alvap, empresa graduada da Inovates - Centro de Inovação Tecnológica - incubadora empresarial da Univates. O Air Pet tem a finalidade de neutralizar os odores em locais ocupados por animais de estimação, como apartamentos, residências e clínicas veterinárias, através da ação bactericida e desinfetante do ozônio. O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver um gabinete para o Air Pet considerando os diversos dados de entrada do projeto, visando baixo custo de fabricação e garantindo design e funcionalidade que atendessem principalmente aos requisitos dos consumidores e às restrições de investimento da Alvap. Para isso foi adotada a metodologia stage-gates para o processo de desenvolvimento de produto, aplicadas as ferramentas QFD (Quality Function Deployment), FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) e DfX (Design for Excellence), projetado os componentes do gabinete em CAD e executado um plano de qualificação em um protótipo de representação. Como resultado obteve-se um gabinete robusto, de design moderno e custo de produção reduzido, viabilizando, portanto, a sua aplicação no Air Pet e satisfazendo os objetivos deste trabalho.



# PROPOSTA DE MELHORIA DE EFICIÊNCIA EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO COM BASE NO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG)

Josué Erichsen<sup>1</sup>, Carlos Henrique Lagemann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*josue.erichsen@brasilata.com.br, chlagemann@univates.br*

**Resumo:** O grande aumento da concorrência entre as indústrias no Brasil impulsiona estas cada vez mais em busca de alternativas que melhorem a eficiência dos seus processos produtivos, quer seja diminuindo suas perdas ou melhorando a performance dos equipamentos. Para medir a eficiência de um processo, um dos principais indicadores utilizados é o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG), que engloba as variáveis: qualidade, produtividade e disponibilidade dos equipamentos. Assim, este trabalho teve como objetivo medir o desempenho operacional, através da aplicação da ferramenta IROG, em uma linha de produção de embalagens metálicas de uma empresa localizada em Estrela, Rio Grande do Sul. Foram coletados dados durante os meses de julho e agosto de 2015, aplicada a ferramenta IROG e os resultados foram expostos em tabelas e gráficos. Posteriormente, foi realizada a proposição de melhorias através de um plano de ação. Por fim, os dados foram novamente coletados e analisados com a finalidade de verificar se os objetivos foram alcançados.

## PROPOSTA DE MELHORIA NA GESTÃO DE ESTOQUES EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA NO VALE DO TAQUARI

Edenilson Silveira de Avila<sup>1</sup>, Cláudio Roberto do Rosário<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*eavila@universo.univates.br, claudio.rosario@univates.br*

**Resumo:** A globalização exige que as organizações tornem-se cada vez mais competitivas e a gestão de estoques torna-se fundamental neste contexto. O elevado custo de aquisição e manutenção dos estoques são aspectos decisivos nos resultados planejados. Nessa direção, as organizações precisam de um gerenciamento eficiente e eficaz, possibilitando através deste otimizar e racionalizar os estoques. O presente trabalho analisou as condições atuais no que diz respeito à gestão de estoques em uma indústria química, localizada no Vale do Taquari, e propôs ações no sentido de apoiar o controle, gerenciamento e a tomada de decisões. Inicialmente foram coletados dados pertinentes às compras, consumo médio de matérias-primas e níveis de estoques durante o mês de junho de 2014 à junho de 2015. Posteriormente foram aplicadas ferramentas de apoio à gestão de estoques, oportunizando através destas melhores índices financeiros. Por fim, foram apresentados os resultados obtidos através do estudo e as respectivas propostas de melhorias respeitando a filosofia da organização.

# GESTÃO DO CONHECIMENTO NO SERVIÇO DE SAÚDE ATRAVÉS DE UM SISTEMA ESPECIALISTA: UM ESTUDO EXPERIMENTAL NA ESF MACEDO EM VENÂNCIO AIRES – RS

Taiana Giongo, Cláudio Roberto do Rosário

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*taiana@universo.univates.br, claudio.rosario@univates.br*

**Resumo:** O estudo visa apresentar alguns conceitos e termos que fundamentam a Gestão do Conhecimento, bem como apresentar uma proposta de desenvolvimento e aplicação de um sistema especialista (SE) na área da saúde, mais precisamente no serviço odontológico público da Estratégia de Saúde da Família (ESF) Macedo em Venâncio Aires. O objetivo do trabalho é criar um mecanismo computacional que auxilie, de forma prioritária, o gerenciamento (tomada de decisão) dos agendamentos e atendimentos prestados no serviço de saúde, considerando os sintomas apresentados pelo paciente dentre outros critérios pré-estabelecidos. O pré-diagnóstico, obtido como resposta ao sistema, serve apenas como critério para definir a ordem dos agendamentos e atendimentos, o que não dispensa o exame clínico realizado pelo profissional cirurgião-dentista e o diagnóstico dado por ele com base no seu conhecimento e análise. Como resultado do estudo, pretende-se qualificar a forma de acesso do usuário ao serviço, mas principalmente garantir atendimento prioritário àqueles cuja demanda é urgente, assim como instrumentalizar e capacitar a equipe –com foco multiprofissional – para realizar com eficácia tal processo, principalmente em situações em que o especialista não se faz presente ou não tem disponibilidade.

**Palavras-chave:** Gestão do conhecimento. Sistema especialista. Pré-diagnóstico. Priorização dos atendimentos.

## ATRIBUTOS QUE INFLUENCIAM O PROCESSO DE DECISÃO DE COMPRA DO SORVETE NOS SUPERMERCADOS DO VALE DO TAQUARI

Tassiana Eckhardt<sup>1</sup>, João Carlos Britto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Gestão Organizacional – CGO/UNIVATES

*tassiana@sorvebom.com.br, britto@univates.br*

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo compreender os atributos que influenciam o processo de decisão de compra do sorvete nos supermercados do Vale do Taquari. Visando atingir tal objetivo, foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica com base em livros, artigos, relatórios de pesquisa e monografias da área de marketing, mais especificamente sobre pesquisa de marketing e comportamento do consumidor. Foi realizada uma etapa de caráter exploratório qualitativo para a confecção do instrumento de pesquisa utilizado para coleta de dados, ou seja, para gerar atributos de compra de sorvete e confeccionar o formulário que foi aplicado na etapa descritiva quantitativa. Foram entrevistados 384 indivíduos selecionados por conveniência nos principais supermercados da região. Após coleta dos dados, os mesmo foram analisados por meio de estatística descritiva. Foi feita distribuição de frequência, média e desvio padrão dos dados coletados para que os objetivos fossem alcançados. Como resultado, constatou-se que o atributo mais importante no momento de escolher o sorvete no supermercado é a qualidade do produto, seguida da cremosidade do mesmo e da apresentação do congelador. Nas considerações finais, destacam-se os resultados obtidos e sugestões para pesquisas futuras.

**Palavras-chave:** decisão de compra, atributos, sorvete.



## PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE MAPEAMENTO DE PROCESSOS: UM ESTUDO DE CASO NA PERSPECTIVA DA ENGENHARIA DO CONHECIMENTO

Thais Pedersini<sup>1</sup>, Cláudio Roberto do Rosário<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia de Produção – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*tpedersini@hotmail.com, claudio.rosario@univates.br*

**Resumo:** Diferentemente das limitações mentais do modelo de produção da era industrial, a nova era do conhecimento apresenta às empresas a informação e o conhecimento como recursos ilimitados e vitais, disponíveis na capacidade humana. Assim, uma premissa deste estudo é que o conhecimento só é encontrado no intelecto humano e na iteração entre eles. O trabalho consiste na proposta de uma metodologia de mapeamento de fluxos de processos na ótica da engenharia e gestão do conhecimento, sobretudo na aquisição e representação do conhecimento declarativo em forma de mapa conceitual. O estudo tem como foco processos industriais, especialmente etapas que envolvem a manipulação de informações para tomada de decisão.

Sistemas de Informação 19/10/2015, 17:00 - 19:00

Coordenador Prof. Evandro Franzen

## RESUMO DO ESTUDO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO E NEGOCIO NO MUNDO DOS GAMES

Artur Martini, Alexandre Stürmer Wolf

Acadêmico do Curso de Sistemas de Informação – UNIVATES  
Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*arturmartini@outlook.com, awolf@univates.br*

**Resumo:** O computador desde que foi inventado, vem evoluindo ano após ano de forma acelerada, e junto com as novas tecnologias, surgem novas mídias, novas necessidades, novos problemas e novas maneiras de lidar com eles. A evolução tecnológica permitiu que o hardware diminuísse de tamanho e ficasse mais barato, assim, com o surgimento de novas necessidades e novos nichos de mercado, essa tecnologia passa a ser vista também como forma de entretenimento, e dessa forma, surgem os jogos eletrônicos. Do Brown box criado em 1967 ao Playstation 4, o processo de desenvolvimento de jogos eletrônicos sofreu grandes mudanças, bem como os modelos de negócio e as políticas de venda de cada empresa. Neste trabalho será apresentado o resultado de um estudo sobre jogos de computador e videogames analisando as mudanças com o passar do tempo nos modelos de negócio de grandes e pequenas empresas. Será apresentada inicialmente uma breve história sobre o surgimento e a evolução dos softwares de entretenimento e após, serão analisados e apresentados padrões de negócios utilizados por estas empresas. Por fim, serão discutidas as perspectivas futuras para o mercado e desenvolvimento do entretenimento eletrônico.

## DESCOBERTA DE CONHECIMENTO NA ÁREA DA ONCOLOGIA

Fabício Scheunemann<sup>1</sup>, Fabrício Pretto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Sistemas de Informação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*bito@universo.univates.br, fabricio.pretto@univates.br*

**Resumo:** No mercado competitivo da atualidade, as organizações buscam qualificar seu gerenciamento e tomada de decisão a partir da análise das informações. O simples fato de armazenar e recuperar esta informação já proporciona um grande benefício às organizações. Contudo, apenas resgatar a informação não propicia todas as vantagens possíveis. As técnicas de mineração de dados permitem que se explorem grandes conjuntos de dados a fim de estabelecer relações, associações e descobrir padrões úteis que tenham valor para a organização com o propósito de se entender o fenômeno gerador dos dados. O presente trabalho expõe os conceitos de metodologias, técnicas e algoritmos de mineração de dados como fundamento teórico, bem como a aplicação do algoritmo de classificação Naïve Bayes com a técnica não supervisionada. Utilizou-se a ferramenta de mineração de dados WEKA com o intuito de descobrir conhecimento útil da especialidade médica de oncologia na base de dados de uma Casa de Saúde.

**Palavras-chave:** Mineração de Dados. Descoberta de Conhecimento. Oncologia.

## ANALISE DE SENTIMENTOS EM OPINIÕES RELACIONADOS A PRODUTOS DE LOJAS ELETRÔNICAS

Frederico Jacobi Sausen<sup>1</sup>, Evandro Franzen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Sistemas de Informação 2015 – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*fredsausen@outlook.com, efranzen@univates.br*

**Resumo:** Já são inúmeras empresas que atuam na obtenção de opiniões a partir de plataformas como páginas web, redes sociais, blogs, fóruns e sites de avaliação de produto. Nestes ambientes é que a mineração de opiniões ou análise de sentimento entram em foco, com flexibilidade e rapidez. No data mining é realizada a busca por informações, estabelecendo regras de associação, limpeza de ruídos, utilizando algoritmos conforme objetivos. É uma área multidisciplinar que possui técnicas de diversas áreas como Inteligência Artificial, Aprendizagem de Máquina, Base de Dados e Estatísticas. A busca pela classificação da polaridade no texto é baseado em diversos métodos de acordo com a necessidade ou cenário: O método aprendizado de máquinas de processo supervisionado é sensível às atribuições das features, tem seu desempenho de acordo com a qualidade de dados treino. Este trabalho propõe o uso de técnicas de mineração de opiniões, a partir dos dados extraídos de sites de lojas eletrônicas e outros, através de um processo supervisionado em conjuntos de dados para treinamento. Propõe-se a criação de uma ferramenta para mineração de dados que permitirá o pré-processamento e a seleção dos dados, integrando determinados algoritmos de classificação da ferramenta Weka, gerando estatísticas para posterior análise.



## MINERAÇÃO DE DADOS PARA DESCOBERTA DE CONHECIMENTO EM DADOS DE PROMOÇÃO A SAÚDE

Guilherme Gregory<sup>1</sup>, Fabrício Pretto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Sistemas de Informação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*guilherme.gregory@gmail.com, fabricio.pretto@univates.br*

**Resumo:** Atualmente, as corporações se deparam com um problema que são os grandes volumes de informações em seus bancos de dados. E, muitas vezes, essas corporações não possuem ferramentas adequadas para extrair essas informações e transformá-las em conhecimento. Sendo assim, esse estudo tem como objetivo auxiliar uma empresa de promoção à saúde na tomada de decisões em relação aos seus clientes. Para que isso seja possível utilizou-se as técnicas de Data Mining, que por sua vez aborda a sua aplicabilidade, quais áreas de atuação mais comuns da mineração e qual a real importância dessa mineração para a tomada das decisões. Dentre os métodos permitidos do Data Mining, foram utilizados os métodos por regras de associação e clusterização. As informações necessárias para a mineração dos dados foram extraídas do software de gestão de clientes da empresa analisada. Os principais campos que foram analisados e relacionados são, região de atendimento do paciente, sexo, glicose, pressão arterial, fumantes, consumidores de bebidas alcoólicas, pessoas que praticam atividades físicas, se a alimentação dos mesmos são saudáveis ou não, se participam de programas de acompanhamento na qualidade de vida ou não. Com base no referencial teórico e aplicando as técnicas de Data Mining, foi possível descobrir as relações e correlações da saúde das pessoas dos Vales do Taquari e Rio Pardo.

## WORKFLOW NO AUXÍLIO DO PROCESSO DE TRABALHO DE UMA EDITORA UNIVERSITÁRIA

Marlon Alceu Cristófoli<sup>1</sup>, Fabrício Pretto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Sistemas de Informação – UNIVATES

<sup>2</sup>Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas – CETEC/UNIVATES

*marlon@universo.univates.br, fabricio.pretto@univates.br*

**Resumo:** O mercado de trabalho é composto por uma diversidade de áreas de negócio. Em algumas, a correta ordem de execução, aliada a qualidade, é fundamental no processo produtivo, por isso as empresas necessitam ter seu fluxo de processos bem estruturados e de fácil acompanhamento. Esta monografia tem como objetivo, aplicando o conceito de Workflow, mapear o processo de negócio de uma editora universitária e apresentar a aplicação prática desses conceitos a partir do desenvolvimento de um Sistema de Gerenciamento de Workflow (WfMS). Nesse sistema a sequência das atividades é guiada por uma representação lógica da ordem dos processos, sendo possível acompanhar e registrar tarefas por fase e etapas e adicionar ocorrências para as etapas, bem como concluir etapas avançando para o próximo passo. A aplicação do estudo de caso e validação envolverá o grupo de colaboradores da empresa estudada, por meio de entrevistas, questionários e sugestões de melhorias entre o grupo.



**UNIVATES**

R. Avelino Tallini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil  
CEP 95900.000 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000  
[www.univates.br](http://www.univates.br) | 0800 7 07 08 09