



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**BIOFILTRO: UTILIZAÇÃO DE SERRAGEM DE COURO PARA
POLIMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL**

Micheline Jaeger

Lajeado, novembro de 2013

Micheline Jaeger

BIOFILTRO: UTILIZAÇÃO DE SERRAGEM DE COURO PARA POLIMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL

Monografia apresentada para conclusão do Curso de Engenharia Ambiental, do Centro Universitário Univates, como parte da exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dra. Lucélia Hoehne

Lajeado, novembro de 2013

Micheline Jaeger

BIOFILTRO: UTILIZAÇÃO DE SERRAGEM DE COURO PARA POLIMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Prof^a. Dra. Lucélia Hoehne - Orientadora
Centro Universitário UNIVATES

Prof. Dr. Eduardo Miranda Ethur
Centro Universitário UNIVATES

Prof. Ms. Daniel Neutzling Lehn
Centro Universitário UNIVATES

Lajeado, novembro de 2013

RESUMO

A serragem de couro do tipo *wet blue* é um resíduo dos curtumes, contendo muitos compostos que devem ter um destino adequado. Por isso, esse rejeito deve ser encaminhado para um aterro de resíduos perigosos devido ao cromo presente no material. Porém, existem estudos que utilizam esse resíduo como filtros ou como aditivos na produção de outros materiais. Sob esse intuito, se torna interessante o uso da serragem de couro antes do seu descarte. Desse modo, o presente trabalho teve como proposta o desenvolvimento de um filtro percolador, com leito preenchido de serragem de couro do tipo *wet blue*, e o estudo de um sistema por batelada, para avaliação da redução dos parâmetros de Nitrogênio e Fósforo do efluente de uma indústria frigorífica. Os testes foram realizados em nível de bancada, fazendo análises destes parâmetros antes e depois da passagem do efluente e verificando as possíveis reduções. Com os resultados obtidos, foi possível verificar a redução de Fósforo e Nitrogênio após a passagem do efluente pelo filtro percolador em até 56% e 65% respectivamente. Dessa forma, a serragem de couro do tipo *wet blue* pode ser utilizada como meio para polimento final do tratamento de efluentes.

Palavras-chave: Indústria frigorífica. Efluente. Serragem de couro. Filtro percolador.

ABSTRACT

The sawdust wet blue leather type is a waste of tanneries, containing many compounds which must have a suitable destination. Therefore, this waste should be referred to a hazardous waste landfill due to the chromium present in the material. However, studies using this residue as filters or as additives in the production of other materials. Under this view, it becomes interesting to use sawdust leather before its disposal. Thus, the present work aimed to develop a filter percolator, filled with sawdust bed of wet blue leather type, and the study of a system for batch to evaluate the reduction of parameters Nitrogen and Phosphorus in the effluent of a slaughterhouse. The tests were conducted at bench, making analysis of these parameters before and after passing the effluent checking and possible reductions. With the results obtained, it was possible to verify the reduction of phosphorus and nitrogen in the effluent after passing through the filter percolator up to 56% and 65% respectively. Thus, the sawdust wet blue leather type can be used as a final polishing medium for effluent treatment.

Keywords: Slaughterhouse. Effluent. Sawdust Leather. Percolator filters.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção de carnes no Brasil (mil toneladas)	16
Tabela 2 – Parâmetros de lançamentos.....	21
Tabela 3 - Parâmetros de lançamento de acordo com a vazão	22
Tabela 4 - Padrões de lançamento de acordo com a vazão de emissão	23
Tabela 5 – Quantidade de amostra a transferir	43
Tabela 6 - Parâmetros analíticos do efluente bruto	48
Tabela 7 - Parâmetros analíticos do efluente final	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Serragem de couro <i>wet blue</i>	32
Figura 2 - Filtro de Separação	38
Figura 3 - Curva de Calibração para Análise de Fósforo	41
Figura 4 - Percentuais de Redução de Fósforo ao Longo da Utilização do sistema Filtro Percolador Efluente de Maior Concentração	50
Figura 5 – Percentuais de Redução de Fósforo ao Longo da Utilização do sistema Filtro Percolador Efluente de Menor Concentração	51
Figura 6 - Percentuais de Redução de Fósforo no sistema 2 em relação ao tempo de contato.	52
Figura 7 - Percentual de Redução de Concentração de Fósforo em relação a massa aplicada com efluente de Maior Concentração	52
Figura 8 - Percentual de Redução de Concentração de Fósforo em relação a massa aplicada com efluente de Menor Concentração	53
Figura 9 - Percentuais de Redução de Nitrogênio ao Longo da Utilização do sistema Filtro Percolador Efluente de Maior Concentração	54
Figura 10 - Percentuais de Redução de Nitrogênio ao Longo da Utilização do sistema Filtro Percolador Efluente de Menor Concentração	55
Figura 11 - Percentuais de Redução de Nitrogênio Após Agitação versus tempo de contato	56
Figura 12 - Percentual de Redução de Concentração de Nitrogênio em relação a massa aplicada com efluente de Maior Concentração	57

Figura 13 - Percentual de Redução de Concentração de Nitrogênio em relação a massa aplicada com efluente de Menor Concentração.....	57
Figura 14 - Concentração de Cromo Presente no efluente Após a Passagem pelo Filtro Percolador	58
Figura 15 - Concentração de Cromo Presente no efluente Após a Passagem pelo Processo de Agitação	59



LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGE – Auditoria Geral do Estado

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, ligada à Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente

COT – Carbono Orgânico Total

DBO₅ – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa para Agricultura

FAAS – Espectrometria de Absorção Atômica por Chama

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

NBR – Norma Brasileira regulamentada pela Associação Brasileira de Normas

Técnicas

NT – Nitrogênio Total

NTK – Nitrogênio Total Kjeldahl

pH – Potencial Hidrogeniônico

PIB – Produto Interno Bruto

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

TOC – Carbono Orgânico Total

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	13
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
1.2 Cronograma	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Aspecto da atividade frigorífica	15
2.1.1 Importância econômica da atividade frigorífica	15
2.1.2 Definição da atividade	16
2.2 Efluentes industriais	17
2.2.1 Caracterização do efluente de abatedouros.....	19
2.3 Padrões de atendimento para lançamentos.....	19
2.3.1 Análises dos Efluentes	23
2.3.1.1 Nitrogênio	23
2.3.1.2 Fósforo	24
2.3.2 Impactos atrelados ao não atendimento dos parâmetros.....	24
2.4 Tratamento de efluentes industriais	25
2.4.1 Processos físico-químicos: operações unitárias.....	26

2.4.1.1 Sedimentação	26
2.4.1.2 Coagulação química.....	27
2.4.2 Processos biológicos.....	27
2.4.2.1 Aeração	28
2.4.2.2 Filtros biológicos.....	28
2.4.2.3 Microrganismos presentes nos filtros - biofilmes.....	29
2.4.2.4 Utilização de materiais alternativos com material filtrante e adsorventes.....	30
2.5 Filtro percolador com leito preenchido de serragem de couro tipo <i>wet blue</i>	31
2.6 Outras aplicabilidades da serragem de couro além dos filtros	34
3 MATERIAL E MÉTODO	36
3.1 Efluente em estudo	36
3.2 Sistema 1	36
3.2.1 Montagem do Filtro Percolador - Funil	37
3.2.2 Preparação da serragem de couro para utilização no filtro	38
3.3 Sistema 2	38
3.3.1 Montagem Processo por Batelada	38
3.3.2 Preparação da serragem de couro para utilização no filtro	39
3.4 Monitoramento e análises	39
3.4.1 Vazão	39
3.4.2 Nitrogênio	40
3.4.3 Fósforo solúvel	40
3.4.3.1 Equipamentos e vidrarias	41
3.4.3.2 Reagentes	42
3.4.3.3 Reagente combinado	42
3.4.3.4 Procedimento	43
3.4.3.5 Procedimentos – preparação da curva padrão.....	43
3.4.3.6 Cálculos.....	44

3.4.4 Determinação de Cromo	44
3.4.4.1 Método de determinação - espectrometria de absorção atômica por chama (FAAS)	44
3.4.4.2 Equipamentos e vidrarias	44
3.4.4.3 Reagentes	45
3.4.4.4 Procedimento – curva padrão	46
3.4.4.5 Procedimento para determinação de Cromo	46
3.4.4.6 Cálculos.....	46
3.5 Avaliação da Viabilidade da Utilização do Biofiltro em escala Industrial	47
4 RESULTADOS	48
4.1 Características do Efluente em Teste	48
4.2 Redução de Fósforo	49
4.3 Redução do Percentual de Nitrogênio.....	54
4.4 Análise da Presença de Cromo	58
4.5 Viabilidade de Utilização	59
5 Conclusões.....	61
REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

O acelerado desenvolvimento industrial junto ao crescimento populacional, quando não planejado, promove impactos ao meio ambiente. Despejos e lançamentos indevidos nos recursos hídricos, industriais ou domésticos, favorecem um desequilíbrio no ecossistema, acarretando por consequência, na mortandade de fauna e flora local.

No Rio Grande do Sul os efluentes industriais devem atender os parâmetros estipulados pela Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) nº 128 de 2006 que dispõe sobre padrões de emissão de efluentes líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais, e a Resolução do CONSEMA nº 129 de 2006, que dispõe sobre a definição de critérios e padrões de emissão para toxicidade de efluentes líquidos lançados em águas superficiais (RIO GRANDE DO SUL, 2006).

Embora estejam disponíveis diversas tecnologias para o tratamento destas águas residuárias, por vezes, o emprego destas técnicas se tornam insustentáveis devido ao alto custo. A busca por novas alternativas, de eficiência e baixo custo estão em ascensão. Com esta premissa, propor um filtro percolador, com o leito preenchido por um meio filtrante alternativo torna-se interessante.

A serragem do couro *wet blue* é um resíduo da indústria do couro. Este rejeito deve ser encaminhado a um aterro de resíduos perigosos, alternativa de destinação

adotada devido ao Cromo Total presente no material, porém a serragem pode ter um fim mais nobre, pode ser adotada como uma ferramenta no tratamento de efluentes.

1.1 Objetivos

Os objetivos do presente trabalho estão divididos em: objetivo geral e objetivos específicos.

1.1.1 Objetivo geral

O trabalho objetiva demonstrar a possibilidade da utilização da serragem de couro do *wet blue* para tratamento e polimento de efluentes industriais.

1.1.2 Objetivos específicos

Verificar a eficiência dos filtros percoladores e sistemas por batelada na redução do parâmetro de Nitrogênio;

Verificar a eficiência dos filtros percoladores e sistemas por batelada na redução do parâmetro de Fósforo.

Propor a utilização da serragem de couro do tipo *wet blue* antes de seu destino final.

1.2 Cronograma

O quadro 1 apresenta as etapas de desenvolvimento deste trabalho.

Quadro 1 - Cronograma de desenvolvimento

Atividade	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Delimitação do tema abordado										
Definição dos objetivos										
Revisão bibliográfica										
Materiais e métodos										
Resultados preliminares										
Encontros de orientação										
Entrega do TCC 1										
Desenvolvimento e montagem dos filtros										
Avaliação e preparação do couro										
Testes preliminares										
Análise dos resultados										
Conclusões										
Escrita do TCC 2										
Entrega do TCC 2										

Fonte: Da Autora

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As abordagens desenvolvidas neste capítulo visam demonstrar a fundamentação teórica contemplando as bibliografias aplicadas ao estudo.

2.1 Aspecto da atividade frigorífica

Faz-se necessário o entendimento quanto ao potencial econômico da atividade frigorífica, visualizando a sua importância no Vale do Taquari, justificando estudos de melhorias e alternativas para o setor.

2.1.1 Importância econômica da atividade frigorífica

A atividade frigorífica demonstra grande ascensão e apresenta uma projeção de crescimento para os próximos anos no Brasil, estima-se que no período de 2010/2011 a 2020/2021 a carne de frango deve sofrer um aumento de produção anual de 2,6%, o percentual para carne bovina está em 2,2%, e a carne suína de 1,9%, este crescimento se dá tanto para o consumo doméstico quanto a exportação (BRASIL, 2012). Na Tabela 1, é possível observar o volume de carne produzido no Brasil, demonstrando a previsão de crescimento da atividade.

Tabela 1 – Produção de carnes no Brasil (mil toneladas)

Ano	Bovina			Suína			Aves		
	Projeção	Limite inferior	Limite superior	Projeção	Limite inferior	Limite superior	Projeção	Limite inferior	Limite superior
2010/11	9.158,4	8.203,1	10.113,7	3.337,8	2.993,3	3.726,3	12.107,7	11.428,0	12.787,4
2011/12	9.379,8	7.960,5	10.799,2	3.442,7	2.926,5	3.959,0	13.141,4	12.333,7	13.949,1
2012/13	9.599,3	7.828,4	11.370,2	3.515,6	2.898,5	4.132,7	12.882,0	11.621,3	14.142,7
2013/14	9.818,6	7.754,7	11.882,5	3.587,4	2.882,0	4.292,9	13.882,6	12.457,0	15.308,3
2014/15	10.037,9	7.717,7	12.538,1	3.659,2	2.875,6	4.442,7	13.612,5	11.787,5	15.437,5
2015/16	10.257,1	7.706,2	12.808,0	3.731,0	2.876,4	4.585,5	14.606,4	12.613,6	16.599,2
2016/17	10.476,4	7.714,0	13.238,8	3.802,8	2.882,7	4.722,9	14.330,1	11.983,4	16.676,9
2017/18	10.695,7	7.736,8	13.654,5	3.874,6	2.893,3	4.855,9	15.318,7	12.813,3	17.824,0
2018/19	10.914,9	7.771,9	14.057,9	3.946,4	2.907,5	4.985,3	15.038,1	12.217,3	17.858,8
2019/20	11.134,2	7.817,3	14.451,1	4.018,2	2.924,8	5.111,6	16.023,4	13.056,1	18.990,7
2020/21	11.353,4	7.781,2	14.835,7	4.090,0	2.271,3	4.370,1	15.740,3	12.489,3	18.991,4

Fonte: BRASIL (2012, texto digital).

A atividade desempenha um papel fundamental na economia do estado do Rio Grande do Sul. Em produção de carne de frango o Estado é o 3º maior produtor do país, é também o 2º maior produtor de carne suína, e 6º maior produtor de carne bovina conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

Dentro da perspectiva estadual, o Vale do Taquari, participa de forma ativa dos indicadores de produção de produtos de origem animal. Em 2001 foi responsável por 18,4% do Produto Interno Bruto (PIB) da região. Os ramos que se destacam são da avicultura e suinocultura (LAZZARI et al., 2003).

2.1.2 Definição da atividade

A atividade frigorífica pode ser dividida em duas etapas, abatedouros, que abatem os animais, separam sua carne, suas vísceras, gerando seus derivados e subprodutos; e aqueles que não abatem os animais - compram a carne em carcaças ou cortes, bem como vísceras, dos matadouros ou de outros frigoríficos para seu processamento e geração de seus derivados e subprodutos - ou seja, somente industrializam a carne (CETESB, 2008).

A indústria da carne e derivados está ligada a um alto consumo de água, à geração de efluentes líquidos com alta carga poluidora, principalmente carregada de matéria orgânica. O principal fator que afeta o volume de água consumido são as práticas de lavagem, as plantas frigoríficas adotam práticas de higiene mais rigorosas para auxiliar na sanidade da produção. Os regulamentos sanitários exigem o uso de água fresca e potável, com níveis mínimos de cloro livre residual, para as operações de lavagem e enxágue (CETESB, 2006).

Apesar do consumo de água ser variável, sempre é uma taxa elevada. O tipo de unidade, plantas para abate de aves, suínos e bovinos acabam apresentado valores de consumo de água diferentes, os tipos de equipamentos e tecnologias em uso podem acarretar em economia de consumo, ou a ação inversa (CETESB, 2006).

Segundo a Inspeção Federal do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), estima-se que sejam utilizados 850 litros de água para cada suíno abatido e 30 litros de água para cada ave abatida apenas para higienização. Estes volumes preveem o consumo da água para a limpeza do estabelecimento desde a plataforma de entrada do animal até a expedição, incluindo também processos indiretos, refeitórios, lavanderias entre outras atividades (BELLAYER; OLIVEIRA, 2009).

2.2 Efluentes industriais

A indústria utiliza água em diversos processos, dentre elas, na incorporação ao produto, na lavagem de máquinas, tubulações e pisos, águas de sistemas de resfriamento e geradores de vapor e produtos, assim como em esgotos sanitários. Porém as características das águas residuais resultantes variam de acordo com a atividade geradora (GIORDANO, 2004).

Cavalcanti (2009) define efluente como correntes líquidas ou suspensões originárias de processos, operações ou utilidades, o autor salienta também que pode compor esse efluente as águas pluviais contaminadas, e ainda os esgotos sanitários.

Segundo Giordano (2004), de acordo com as características da atividade geradora as características dos efluentes podem variar. Pode-se afirmar também que a concentração dos poluentes presentes nos efluentes é em função das perdas no processo ou pelo consumo de água.

A variabilidade de composição, ou da quantidade gerada, afirma Cavalcanti (2009), dependem de diversos fatores, da diversidade dos produtos fabricados, do ramo da atividade, porte da indústria, das condições técnicas de seus processos, do tipo de matéria-prima utilizada, bem como na adoção de práticas de redução e reutilização na fonte geradora. O autor frisa que, embora as atividades sejam do mesmo ramo, a quantidade de efluente gerado e sua composição podem ser diferentes, essa variação é atribuída às diferenças entre processos, equipamentos e práticas de produção sustentáveis.

A água residual, antes de seu lançamento no corpo receptor, deve atender padrões de lançamento de acordo com a legislação vigente. Dentre as características sensoriais estão a temperatura, o odor e a cor. Ainda, os efluentes podem se diferenciar entre si quanto aos parâmetros físico-químicos, que quantificam os sólidos, a matéria orgânica e alguns de seus componentes orgânicos ou inorgânicos e ainda parâmetros microbiológicos (GIORDANO, 2004).

De acordo com Cavalcanti (2009), pode-se detectar nos efluentes industriais poluentes convencionais, não convencionais e emergentes. Dos convencionais pode-se elencar como principais o pH, os óleos e graxas, os sólidos e ainda a demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5). Já os poluentes não convencionais abrangem o nitrogênio, sob todas as formas, o cromo hexavalente, a demanda química de oxigênio (DQO), o fluoreto, ingredientes ativos farmacêuticos, os pesticidas, os fenóis totais, o fósforo total, e o carbono orgânico total (COT), além dos poluentes prioritários (cianeto; metais; compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis, e compostos orgânicos tóxicos totais). O autor enquadra como poluente emergente os produtos sintéticos originários principalmente do ramo químico farmacêutico e de cosméticos as principais são biocidas, hormônios, entre outros.

Observando as características do efluente resultante dos processos industriais, antes das descargas em corpo receptor os constituintes dos despejos

necessitam ser tratados para que atendam os padrões estipulados em legislação, garantindo que não haja impactos ao meio ambiente, favorecendo a integridade de todas as formas de vida direta ou indiretamente ligada a este meio.

2.2.1 Caracterização do efluente de abatedouros

Os despejos de um abatedouro, ou indústrias frigoríficas, apresentam características próprias. Em geral esses são constituídos de sangue, águas de lavagem do processamento e resíduos, compostos por pedaços de vísceras, fragmentos de ossos, matéria gordurosa e sólidos. Ainda há presença de produtos químicos utilizados na higienização das instalações. O aspecto dessas águas residuárias é desagradável, tendo cor avermelhada, com pedaços de carne e gordura em suspensão (TEIXEIRA, 2006).

Ainda, de acordo com Teixeira (2006), os principais constituintes dos efluentes de plantas frigoríficas são os compostos orgânicos biodegradáveis, gorduras e proteínas, podendo estar em estado dissolvido e ou particulado.

2.3 Padrões de atendimento para lançamentos

Em âmbito Nacional, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de número 430 de 2011, dispõe quanto à padrões de lançamentos, alterando e complementando a Resolução de número 357 de 2005. Já no estado do Rio Grande do Sul a resolução do CONSEMA de número 128 de 2006, é principal legislação que determina padrões para lançamentos de efluentes em recursos hídricos superficiais, ainda, é complementada pela Resolução do CONSEMA de número de 129 de 2006 que dispõe quanto a definição e critérios para toxicidade de efluentes.

A necessidade de padrões para lançamento se deve ao fato de, preservar a qualidade ambiental, com esse intuito, a resolução do CONSEMA de número 128 de 2006, considera primordial a readequação da forma de controle e fiscalização das

atividades geradoras, e entende também, a indispensabilidade da redução progressiva da carga poluidora lançada nos corpos receptores.

A resolução do CONSEMA número 128 de 2006, prevê um prazo de até 3 anos para a adequação para emissão dos efluentes, logo, em 2009 as atividades geradoras devem todas estarem adequadas, a resolução tem caráter mais rigoroso em consideração a legislação Nacional. A resolução CONSEMA número 128 de 2006, proíbe a diluição de efluentes com águas de melhor qualidade, antes do lançamento para melhorar os parâmetros.

Para o entendimento dos padrões exigidos, serão listadas algumas definições apresentadas na Resolução do CONSEMA nº 128 de 2006:

- Coliformes Termotolerantes: bactérias constituintes do grupo Coliformes, tendo como principal representante a *Escherichia coli*, esta de origem exclusivamente fecal;
- Compostos Organoclorados: compostos orgânicos, que apresentam o átomo de Cloro em sua molécula predominante de Carbono, e ainda pode apresentar átomos de Oxigênio;
- Compostos Organofosforados: compostos orgânicos compostos de átomos de carbono, fósforo e hidrogênio;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio: quantidade de oxigênio consumido na oxidação biológica da matéria orgânica em 5 dias a 20 °C;
- Demanda Química de Oxigênio: quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria oxidável através de um agente químico;
- Efluentes Líquidos industriais: despejo líquido provindo das atividades industriais, oriunda principalmente da área de transformação da matéria – prima;
- Nitrogênio Total Kjeldahl: soma do nitrogênio orgânico e amoniacal;
- Toxicidade: potencialidade de uma amostra causar efeito adverso em contato com organismo teste.

A Resolução nº 128 de 2006 do CONSEMA, aplica-se à todas as atividades geradoras de efluentes líquidos e façam seu lançamento em águas superficiais no Rio Grande do Sul. Os padrões de atendimento determinados podem variar de acordo com a vazão de lançamento, bem como, a vazão de lançamento não pode ser maior que o corpo receptor consegue receber. Na Tabela 2 verifica-se padrões absolutos, que não variam de acordo com a vazão de lançamento.

Tabela 2 – Parâmetros de lançamentos

Parâmetro	Limite	Unidade
Alumínio Total	10,0	mg Al/L
Arsênio Total	0,1	mg As/L
Bário Total	5	mg Ba/L
Boro Total	5	mg B/L
Cádmio Total	0,1	mg Cd/L
Cianeto Total	0,2	mg CN ⁻ /L
Cobalto Total	0,5	mg Co/L
Cobre Total	0,5	mg Cu/L
Cor	Não deve conferir mudança de coloração (cor verdadeira ao corpo receptor)	-
Cromo hexavalente	0,1	mg Cr ⁺⁶ /L
Cromo Total	0,5	mg Cr/L
Chumbo Total	0,2	mg Pb/L
Espumas	Virtualmente ausentes	-
Estanho Total	4,0	mg Sn/L
Fenóis Total	0,1	mg/L
Ferro Total	10,0	mg Fe/L
Fluoreto	10,0	mg F/L
Lítio Total	10,0	mg Li/L
Manganês Total	1,0	mg Mn/L
Materiais Flutuantes	Ausentes	-
Mercúrio Total	0,01	mg Hg/L
Molibdênio Total	0,5	mg Mo/L
Níquel Total	1,0	mg Ni/L
Odor	Livre de odor desagradável	-
Óleos e Graxas: Mineral	≤10	mg/L
Óleos e Graxas: Vegetal ou Animal	≤30	mg/L
pH	Entre 6,0 e 9,0	-
Prata total	0,1	mg Ag/L
Selênio Total	0,05	mg Se/L
Sólidos Sedimentáveis	≤ 1,0	ml/L em teste de 1hora em Cone Imhoff
Substâncias tensoativas que reagem ao azul metileno	2,0	mg MBAS/L
Sulfeto	0,2	mg S ⁻² /L
Temperatura	< 40	°C
Vanádio Total	1,0	mg V/L
Zinco Total	2,0	mg Zn/L

Fonte: RESOLUÇÃO CONSEMA 128 (2006, texto digital).

A Resolução do CONSEMA nº 128 de 2006, regulamenta quanto ao emprego de tecnologias para remoção completa de Dioxinas e Furanos, e ainda, proíbe a emissão, direta ou indireta, de efluentes industriais que contenham as substâncias listadas a seguir:

- Aldrin;
- Bifenilas Policloradas (PCBs);
- Clordano (cis + trans);
- DDT (4,4'DDT+4,4'DDE+ 4,4'DDD);
- Dieldrin;
- Endrin;
- Heptacloro e Heptacloro epóxido;
- Hexaclorobenzeno;
- Mirex (Dodecacloro Pentaciclodecano);
- Toxafeno.

Na Tabela 3 serão apresentados os parâmetros descritos na resolução CONSEMA número 128 de 2006 que variam de acordo com a vazão de emissão.

Tabela 3 - Parâmetros de lançamento de acordo com a vazão

Faixa de Vazão (m³/dia)	DBO ₅ (mg O ₂ /L)	DQO (mg O ₂ /L)	SS (mg/L)
Q < 20	180	400	180
20 < Q < 100	150	360	155
100 < Q < 500	110	330	125
500 < Q < 1000	80	300	1000
1000 < Q < 3000	70	260	80
3000 < Q < 7000	60	200	70
7000 < Q < 10000	50	180	60
10000 ≥ Q	40	150	50

Fonte: RESOLUÇÃO CONSEMA 128 (2006, texto digital).

Também na Resolução do CONSEMA nº 128 de 2006, ficam estabelecidos padrões de Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Fósforo e Coliformes Termotolerantes de acordo com a vazão de emissão, estes valores são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Padrões de lançamento de acordo com a vazão de emissão

Faixa de Vazão (m³/d)	Nitrogênio Total Kjeldahl			Fósforo		Coliformes Termotolerantes	
	Concentração (mg NTK/L)	Eficiência NTK (%)	Nitrogênio amoniacal (mg Nam./L)	Concentração (mg P/L)	Eficiência (%)	Máximo permissíveis (NMP/100mL)	Eficiência (%)
Q<100	20	75	20	4	75	10 ⁵	95
100≤Q<1000	20	75	20	3	75	10 ⁴	95
1000≤Q<10000	20	75	20	2	75	10 ⁴	95
10000 ≥ Q	15	75	20	1	75	10 ³	95

Fonte: RESOLUÇÃO CONSEMA 128 (2006, texto digital).

Já a Resolução do CONSEMA nº 129 de 2006 dispõe quanto aos padrões de emissão dos efluentes considerando a toxicidade. Determinando prazos de até 10 anos para adequação de parâmetros não atendidos.

2.3.1 Análises dos Efluentes

Para evitar impactos ao meio ambiente, antes do lançamento dos efluentes as empresas necessitam analisar o atendimento dos parâmetros impostos em legislação.

2.3.1.1 Nitrogênio

Para análises de nitrogênio total o método mais comumente utilizado é por kjeldahl, método contemplado pela Resolução 128 de 2006 do CONSEMA, logo, a maioria dos trabalhos e estudos adotam essa metodologia para análises. Esta se baseia metodologia tem como principio a presença de ácido Sulfúrico, sulfato de Potássio e Sulfato de Cobre, ocorrendo à catálise de conversão das diversas formas de Nitrogênio Orgânico em Nitrogênio Amoniacal.

Atualmente equipamentos mais tecnológicos conseguem detectar nitrogênio por combustão. Há exemplo, pode se determinar Nitrogênio com auxílio do analisador de carbono total, com um adendo o equipamento consegue determinar nitrogênio total. Esta técnica pode ser evidencia por trabalhos desenvolvidos por Marmitt *et al.* (2013).

2.3.1.2 Fósforo

A análise de Fósforo em amostras líquidas baseia – se em duas etapas, na conversão dos compostos contendo fósforo a forma de interesse de orto-fosfato dissolvidos e determinação colorimétrica desse orto-fosfato dissolvido (GARCEZ, 2004).

Misson apresenta um método que se baseia na conversão fósforo presente na amostra em ortofosfato. A reação do ortofosfato com molibdato em meio ácido produz um complexo misto molibdato/fosfato que, na presença do íon vanadato, essa reação forma o ácido molibdovanadofosfórico de cor amarelada. A intensidade da cor amarela é proporcional à concentração de íons fosfato na amostra e quantificada espectrofotometricamente a 420 nm (BRASIL, 1981).

2.3.2 Impactos atrelados ao não atendimento dos parâmetros

Os impactos atrelados ao não atendimento dos padrões de lançamento, ou até mesmo, o lançamento direto, são diversos. Podem gerar desequilíbrio do ecossistema, desde o assoreamento do leito do corpo receptor, ou até em casos mais críticos, matar a fauna e flora do meio (PORTAL SÃO FRANCISCO, texto digital).

O principal efeito do lançamento de efluente com alta carga orgânica é o grande consumo de oxigênio dissolvido para que ocorra a oxidação deste material, com o auxílio das bactérias decompositoras. Valores baixos de oxigênio dissolvido prejudicam a fauna aquática (FRICK, 2011).

Ainda, os lançamentos de efluentes com demasia de sólidos sedimentáveis, podem causar bancos de lodos, fazer com que a água fique turva, ocasionando perturbação à vida dos peixes, novamente demonstrando a importância do cumprimento dos padrões de emissão dos efluentes (BARCELLOS; FERREIRA, 2009).

Outra preocupação está no lançamento de efluentes com níveis elevados de nitrogênio e fósforo, pois, esses nutrientes aceleram o processo de eutrofização do meio aquático de fluxo lento (lagos, lagoas e baías). A eutrofização é o crescimento em demasia de plantas aquáticas, algas. Em situações críticas o fenômeno impede a passagem de luz, ocasionando na mortandade da vida presente naquele meio (FRICK, 2011).

Com as situações apresentadas verifica-se a importância das emissões atenderem aos padrões impedindo impactos ambientais, desde os de menor severidade até aos de maior impacto ao meio. Embora os corpos hídricos tenham capacidade de autodepuração, restabelecendo o equilíbrio aquático por mecanismos naturais, seu processo de recuperação é prejudicado com os elevados lançamentos (VON SPERLING, 1996).

2.4 Tratamento de efluentes industriais

De acordo com as substâncias presentes nos efluentes, as técnicas para o seu tratamento podem variar. Segundo Beltrame (2010), as etapas de tratamento podem ser divididas em primária, secundária, terciária e avançada, abaixo se descreve o objetivo de cada uma delas ainda de acordo com o autor:

- Etapa Primária: São dotados de procedimentos que visem à redução da matéria orgânica em suspensão. Nesta etapa se enquadram os processos de flotação e sedimentação.
- Etapa Secundária: Etapa responsável em remover a matéria orgânica biodegradável. Processos biológicos como o tratamento de lodos ativados, lagoas, reatores de filmes fixos.
- Etapa Terciária e Avançada: Nestas etapas se enquadram processos unitários.

Ainda, Von Sperling (1996) divide o tratamento em quatro etapas, apresentando o conceito de tratamento preliminar antes do tratamento primário,

conforme apresentado por Beltrame (2010). O tratamento preliminar consiste na remoção de sólidos grosseiros, com auxílio de peneiras e grades. E também acrescenta no tratamento terciário a etapa de desinfecção, quando necessária (VON SPERLING, 1996).

2.4.1 Processos físico-químicos: operações unitárias

Operações unitárias são utilizadas para o tratamento de águas residuais na qual o tratamento é realizado por meio de, ou através, da aplicação de forças físicas (METCALF; EDDY, 2003).

2.4.1.1 Sedimentação

Segundo Von Sperling (1996), considera-se a sedimentação como uma operação física unitária, dependendo do estágio em que ocorre. Pode ocorrer no tratamento preliminar, primário, secundário, ou ainda após precipitação química, caso em estudo. A sedimentação é o processo onde as partículas de densidade superior do líquido, com o auxílio da gravidade, tendem a ir para o fundo, por consequência o líquido sobrenadante é clarificado, com baixas cargas de partículas em suspensão.

A sedimentação pode ser classificada em 4 tipos de acordo com Von Sperling (1996):

- Sedimentação discreta: as partículas se decantam sob sua identidade, sem aglutinação;
- Sedimentação floculenta: as partículas se aglomeram para sedimentação, formando flocos. Polímeros podem ser dotados neste processo;
- Sedimentação zonal: as partículas sedimentam como uma massa, ocorrendo quando há elevada carga de sólidos;

- Sedimentação por compressão: a partícula sofre compressão para sedimentar, por vezes, através de adensadores por gravidade.

As indústrias adotam a sedimentação floculenta com o auxílio da coagulação química, adição de polímeros, para formação de flocos, aumentando a velocidade do processo de tratamento, reforçando a temática da sedimentação como processo unitário (VON SPERLING, 1996).

2.4.1.2 Coagulação química

Na maioria das ocasiões as partículas coloidais dos efluentes apresentam carga superficial líquida negativa, esse fenômeno está atrelado ao tamanho dos colóides, que possibilita a variabilidade das forças de repulsão da carga elétrica. O bombardeamento constante térmico das partículas coloidais em suspensão provoca o movimento Browniano (METCALF; EDDY, 2003).

Na literatura pode-se encontrar para coagulação os termos de coagulantes e floculantes, o que os diferenciam são suas características, pois apresentam a mesma finalidade. Um coagulante pode ser definido como produto químico que é adicionado para desestabilizar as partículas coloidais em águas residuais, resultando na formação de flocos. Já um floculante, pode ser definido por substância química, na maioria das vezes orgânica, que é adicionado para melhorar o processo de floculação. Os dois produtos incluem polímeros orgânicos naturais e sintéticos, sais metálicos, tais como o alumínio, sulfato férrico, sais de metais, dentre eles cloreto de polialumínio. Esses produtos químicos são empregados no processo para melhorar o desempenho do tratamento (METCALF; EDDY, 2003).

2.4.2 Processos biológicos

Compreende seu funcionamento a ação metabólica de microrganismos e da floculação de partículas em suspensão. Normalmente, são processos adotados para remover matéria orgânica remanescente do tratamento primário. Quando adotados

como tratamentos secundários, os processos biológicos reproduzem processos naturais que oxidam e estabilizam a matéria orgânica, porém em um ritmo acelerado (LEME, 2008).

2.4.2.1 Aeração

O processo de aeração efetua um papel muito importante em tratamentos aeróbios. Utiliza-se da aeração para acelerar o processo natural, adicionando oxigênio no meio para elevar a taxa e favorecer seu consumo pelas bactérias em seu metabolismo. Esta ferramenta é adotada em lagoas de aeração, lodos ativados e suas variantes, ou ainda, em biofiltros aerados. A aeração pode ser por aeração por ar difuso, ou aeração superficial ou mecânica (VON SPERLING, 1996).

2.4.2.2 Filtros biológicos

A filtração pode ser considerada como um processo de separação sólido-líquido, podendo ser baseado em processos físicos, químicos e biológico isolados ou conjuntos. Esta ferramenta objetiva remover impurezas presentes nos líquidos por sua passagem através de um leito poroso (NETTO; RICHTER, 2007).

Ainda segundo Netto e Richter (2007) a velocidade em que o líquido a ser filtrado escoar pelo leito filtrante determina se este é filtro lento, ou ainda, se constitui um filtro rápido. A utilização de filtros rápidos é mais usual no tratamento de águas de abastecimento, esses filtros são compostos de camadas de areia, britas e antracito.

Filtros biológicos aeróbios segundo Campos *apud* Franchin (2006), são compostos por um leito preenchido de pedras ou materiais inertes, permitindo a circulação de ar natural ou forçada, sob este meio é realizado o despejo de águas residuárias que visem tratamento. O recheio deste filtro serve ainda como suporte para os microrganismos, este responsável pela alteração de parâmetros do efluente inicial ao efluente final.

Independente das características do líquido à ser tratado, os filtros de baixa taxa produzem efluente de boa qualidade e sua operação é simples. Normalmente é adotado taxa de aplicação hidráulica constante, dotado de sistema de bombeamento. Bactérias autotróficas nitrificantes costumam habitar a parte inferior destes filtros (FRANCHIN, 2006).

2.4.2.3 Microrganismos presentes nos filtros - biofilmes

Devido aos ciclos bacterianos de adsorção, crescimento, adesão e aderência (estabilização da adesão celular), dá origem aos biofilmes. Os mecanismos de fixação e estabelecimento do biofilme dependem fortemente da comunidade microbiana desenvolvida, das atividades metabólicas por elas exercidas, e ainda, do tipo de material utilizado como suporte para a formação do biofilme (MISSAGIA, 2010).

O biofilme leva de 3 a 4 semanas para se estabilizar e demonstrar eficiência na remoção de compostos indesejáveis nos efluentes. É verificada a total capacidade operacional do sistema quando o biofilme já está completamente formado (MAYER *et al.*, 1999).

Nos filtros biológicos pode-se observar a predominância das bactérias facultativas, juntamente com as bactérias aeróbias e anaeróbias, estas responsáveis pela degradação da matéria orgânica presente no efluente. Também, são encontrados fungos, algas, protozoários e em alguns casos, vermes e larvas (FRANCHIN, 2006).

Para evitar o crescimento excessivo de bactérias anaeróbias, em alguns casos, faz-se necessária a utilização de aeração nos filtros. Estabelecendo um equilíbrio da atividade microbiana, e melhorando a eficiência de dos filtros (FRANCHIN, 2006).

2.4.2.4 Utilização de materiais alternativos com material filtrante e adsorventes

Com a busca de alternativas eficientes e de baixo custo para a composição do leito filtrante, vários parâmetros devem e características devem ser abordadas. De acordo com Magalhães *et al.* (2006) o meio filtrante ideal deve ser constituído de partículas de diâmetros e tipo de material que retenham o máximo de sólidos possíveis, bem como, melhorem a qualidade do líquido filtrado.

Wetlands ganham espaço nos estudos para utilização no tratamento de águas residuárias. Esse sistema consiste em uma espécie de banhado que através da actividade biológica e das plants presentes no sistema, podem transformar muitos dos poluentes comuns em subprodutos inofensivos ao meio, ou atmbém, em nutrientes metabolizados pela actividade biológica. Essas transformações são favorecedias com a interação das energias ambientais naturais, como do sol, vento, solo, plantas e animais (KADLEC; WALLACE, 2009).

O tratamento por meio de *wetlands* é valorizado por necessitar de pouco investimento financeiro, porém requer grande espaço físico para sua instalação. *Wetlands* demonstram bons resultados na remoção de nitrogênio e fósforo do efluente submetido a este tratamento. (KADLEC; WALLACE, 2009).

Considerando outros materiais alternativos, a utilização da *Luffa cylindrica*, conhecida popularmente como esponja natural, apresenta bons resultados na remoção de chumbo. Com este material, foram realizados os estudos de adsorção em batelada para o tratamento de efluentes de laboratório. A esponja natural empregada na remoção de chumbo no efluente laboratorial não sofreu nenhum tipo moagem ou limpeza e apresentou uma remoção de 15% no metal focado (ARRUDA; TARLEY, 2003).

Lo Monaco *et al.* (2002) apresenta resultados demonstrando a vantagem da utilização de materiais orgânicos. Esses materiais apresentando baixo custo para aquisição e ainda, em alguns casos, podendo ser utilizados como adubo agrícola. Utilizando serragem de madeira como meio filtrante os resultados obtidos foram de 80% de redução de Nitrogênio e 70% de redução de Fósforo no tratamento de esgoto doméstico.

Ainda Lo Monaco *et al.* (2009), utiliza como meio filtrante a fibra de coco triturada, porém os resultados obtidos não foram tão eficientes quanto a utilização de serragem de madeira. Nesta situação observou-se a redução de 28% de Nitrogênio e de 58% de redução de fósforo.

Na comparação da utilização de serragem de madeira com o bagaço de cana de açúcar como meios filtrantes, tanto para sólidos suspensos quanto para sólidos totais, o filtro constituído de serragem de madeira apresentou melhores resultados (MAGALHÃES *et al.*, 2006).

A serragem de couro tipo *wet blue*, sugerido por Souza, Bidone e Povinelli (2006) também apresentou bons resultados como meio filtrante. Removendo aproximadamente 90% de DBO₅, DQO em 80%, Nitrogênio Total Kjeldahl em 63% e Nitrogênio Amoniacal em 60% no tratamento de lixiviado de um aterro sanitário. Franchin (2006), também verificou a eficiência da serragem deste couro, porém verificou a variação dos resultados em função da taxa hidráulica aplicada para esgoto doméstico.

2.5 Filtro percolador com leito preenchido de serragem de couro tipo *wet blue*

A serragem de couro tipo *wet blue*, é um resíduo da indústria de curtimento de couro. Segundo a CETESB (2010) verifica-se a geração de 150 a 180 kg de serragem de couro para cada tonelada de pele processada. Este resíduo de acordo com a NBR 10004 é classificado como resíduo perigoso, esta classificação se deve pelo cromo presente na serragem. Na Figura 1 observa-se a serragem de couro *wet blue*.

Figura 1 - Serragem de couro *wet blue*



Fonte: Franchin (2006, texto digital).

Devido ao cromo presente na serragem, para que possa ser empregado como meio filtrante sem que haja riscos ao meio ambiente, o resíduo deve ser lavado, propiciando a diluição, para atingir concentrações inferiores a 0,5 mg/L do efluente de saída do filtro, limite estabelecido pela Resolução do CONSEMA nº 128 de 2006. Esta adequação é verificada após a realização de quatro lavagens alcalinas, com a adição de hidróxido de cálcio, e com recirculação do efluente. Após a precipitação do cromo, ele deve ser recolhido e encaminhado para um acondicionamento de resíduos perigosos (FRANCHIN, 2006).

Segundo Franchin (2006), esses filtros apresentam níveis de pH mais baixos do que os constituídos de brita. Esta característica pode ser entendida devido à presença de alguns ácidos que são utilizadas durante o processo de curtimento. Aproximadamente a partir do quinquagésimo dia de operação do filtro o pH apresenta elevação, podendo ser correlacionado com a nitrificação deste filtro.

O filtro constituído de serragem de couro apresenta bons resultados na remoção de Nitrogênio Total Kjeldahl, porém os melhores valores são obtidos de acordo com a variação temporal, o que pode ser atribuído, ao tempo necessário da formação do biofilme. Nos primeiros dias de utilização o efluente de saída pode apresentar concentrações superiores ao de entrada, porém a partir da segunda

semana de operação, pode ser observada uma remoção de 70% de NKT. Para Nitrogênio Amoniacal os resultados obtidos foram de remoção de 71% no tratamento do esgoto doméstico (FRANCHIN, 2006).

Quanto ao parâmetro Nitrogênio Total Kjeldahl, Bidone, Povinelli e Cotrim (1997) avaliaram a passagem do lixiviado de um aterro sanitário e observaram que com a vazão de 5 L/dia, obteve-se resultados de 96% de redução, demonstrando grande eficiência da utilização da serragem de couro como meio filtrante.

Para a remoção de fósforo, Bidone, Povinelli e Cotrim (1997) verificaram a redução de aproximadamente 85%. Ainda, comparando com os demais leitos filtrantes que os autores avaliam, carvão ativado, argila expandida/nodulizada, areia regular, brita granítica 00 e cacos de tijolos maciços, para fósforo a serragem de couro, também denominada como aparas, apresentou o melhor desempenho. A pesquisa de Franchin (2006), não avaliou a eficiência de redução de fósforo.

Em relação à atividade microbiológica, Franchin (2006) apresenta que a partir do 84º dia o filtro apresenta-se com maior diversidade. Foi detectada a presença de flocos, amebas com carapaças e microorganismos semelhantes à *Beggiatoa*. Na brita, utilizada para evitar a colmatação do filtro, foram detectadas amebas com carapaças, rotíferos e flagelados. Segundo Branco *apud* Franchin (2006), a presença de rotíferos indica a alta eficiência do processo de tratamento.

Constata a efetiva atividade biológica no âmbito dos reatores, através dos altíssimos índices de nitrificação observados nos filtros percoladores constituídos da serragem de couro, e salienta – se que não se observou efeito tóxico das aparas de couro tratado com cromo sobre a biota dos reatores, já que, em nenhum momento verificou-se perda de eficiência no comparativo ao reator com carvão ativado (BIDONE; POVINELLI; COTRIM, 1997).

Ainda em afirmação ao efeito não tóxico do cromo presente nas aparas de couro para a microbiota, Souza, Bidone e Povinelli (2006) exaltaram que, em nenhum momento verificou-se a perda de eficiência no sistema. Portanto a sua utilização como meio de fixação de biomassa em filtros biológicos, se faz uma

interessante alternativa para o reaproveitamento deste resíduo. Salientando que é produzido em abundância e são indesejáveis para a maioria dos curtumes.

Em relação à melhor taxa de aplicação de efluente neste filtro, os resultados apresentados por Franchin (2006), demonstraram grande variabilidade em consideração as taxas de aplicação utilizadas. Em uma mediana, os resultados mais satisfatórios foram obtidos onde a taxa de aplicação estava em 4 m³/m².dia, com uma vazão de 5,24 L/h. A autora aplicou aeração mecânica para alcançar melhores resultados.

2.6 Outras aplicabilidades da serragem de couro além dos filtros

A fim de buscar novas finalidades aos resíduos da indústria do couro, pesquisas estão abordando a utilização da serragem de couro do tipo *wet blue* em diversas aplicações. Krummenauer e Andrade (2005), à exemplo, utilizaram a serragem do couro do tipo *wet blue* para o microrrevestimento asfáltico, demonstrando viabilidade técnica e econômica.

Já Bidone e Povinelli (2004), verificaram o comportamento da vermicompostagem com a adição de serragem de couro, tendo como substrato para as minhocas o resíduo orgânico, e alcançou resultados muito satisfatórios quanto a atenuação do cromo presente.

Efeitos da adição de serragem de couro *wet blue* tratada quimicamente também foram avaliadas para a incorporação no cimento Portland. Testado em três meios, ácido, alcalino e neutro, a serragem do meio ácido apresenta-se mais interessante, não afetando consideravelmente o tempo de pega e o pH das pastas, além de não formar compostos com potencialidade de deletérios à matriz cimentícia. Porém mais estudos devem ser realizados para a certificação e viabilidade deste emprego (RIBEIRO; YUAN; MORELLI, 2011).

Para a adição de serragem de couro na argamassa para construção civil, Peres (2005), detectou bons resultados quanto à abrasão profunda e resistência ao

impacto deste material, contudo, o material apresentou baixa resistência à flexão, desclassificando o material de acordo com as normas brasileiras.

Mesmo com estas alternativas citadas, a utilização como meio filtrante conforme demonstrado por Bidone, Povinelli e Cotrim (1997), Souza, Bidone e Povinelli (2006) e Franchin (2006) apresenta resultados muito satisfatórios.

Assim, torna-se interessante a análise da serragem de couro do tipo *wet blue* como alternativa para polimento de efluentes industriais, no estudo em questão, como meio filtrante para o polimento de efluente oriundo da atividade frigorífica.

3 MATERIAL E MÉTODO

O trabalho consiste em um experimento para a avaliação da utilização da serragem de couro do tipo *wet blue* como meio filtrante para o polimento de efluentes oriundos da atividade frigorífica, para a redução de Nitrogênio e Fósforo. O experimento foi desenvolvido em escala de bancada, para posterior avaliação da viabilidade de filtros de dimensões maiores.

Foram avaliados dois sistemas em que o efluente foi submetido ao contato com a serragem de couro para posterior avaliação da redução dos parâmetros de Nitrogênio e Fósforo. Nos subtítulos subsequentes o efluente é determinado, bem como os dois sistemas utilizados nos testes estão evidenciados. Cabe salientar que todos os teste realizados neste estudo foram feitos em triplicata.

3.1 Efluente em estudo

Os testes foram desenvolvidos utilizando dois tipos de efluentes oriundos da indústria frigorífica. Um, apresentando concentração mais elevada, esse é coletado antes de qualquer tipo de tratamento empregado pela indústria. Denominado efluente de maior concentração. O outro efluente em estudo apresentando concentração menor, esse efluente é coletado após todo o tratamento que a indústria aplica para propiciar o lançamento ao corpo receptor, denominado efluente de menor concentração.

3.2 Sistema 1

O sistema 1 teve como premissa a passagem do efluente por um filtro percolador, em escala de bancada sendo dotado de um funil de separação como estrutura base.

3.2.1 Montagem do Filtro Percolador - Funil

Montou-se o filtro em um funil de separação, a escolha deste recipiente se fez devido ao dosador acoplado na parte inferior, possibilitando a verificação da vazão de passagem de efluente durante os testes, assim, viabilizando o acompanhamento do comportamento do efluente após a passagem pelo filtro.

O interior do filtro separador teve como preenchimento na parte inferior 0,05 g de algodão, material utilizado para reter materiais particulados durante a passagem do efluente, e também com 10 g serragem couro, completando aproximadamente metade do funil. Com o registro de passagem de líquido fechado, adicionou-se 100 mL do efluente, após abertura total do registro o funil proporcionou uma vazão média de 7,2 L/h.

Uma amostra do efluente antes da entrada do funil foi coletada para posterior análise de Fósforo e de Nitrogênio, e outra amostra foi coletada após a passagem pelo filtro, para análise dos possíveis percentuais de redução dos parâmetros. Para o efluente após o filtro, além das análises de fósforo e nitrogênio, as amostras foram submetidas à análise de presença cromo total por espectrometria de absorção atômica por chama (FAAS).

O meio filtrante foi operado pelo período de 30 dias consecutivos, para simular um processo contínuo, o filtro sempre permaneceu embebido de efluente. A Figura 2 demonstra o funil adotado no experimento.

Figura 2 - Filtro de Separação



Fonte: ALIBABA (2013, texto digital).

3.2.2 Preparação da serragem de couro para utilização

A serragem de couro foi submetida ao peneiramento, usando uma peneira com tamiz de 9,5 mm, para que fosse utilizada apenas a serragem de granulometria maior. Adotou-se essa mediada para que durante a operação do filtro as partículas de menor granulometria não sejam carregadas para o efluente na saída.

3.3 Sistema 2

O sistema 2 teve como premissa o contato do efluente com a serragem de couro *wet blue*, tendo seu processo favorecido com auxílio de agitação mecânica, caracterizando um processo por batelada.

3.3.1 Montagem Processo por Batelada

Em um copo Becker de 600 mL, foram acondicionadas 10 g de serragem de couro para 100 mL do efluente, durante um minuto o material foi submetido a agitação mecânica. Logo no término do tempo estipulado, com o auxílio de um funil de vidro e um papel filtro, filtrou-se o líquido, garantindo a separação total da serragem de couro e do efluente.

O mesmo procedimento foi repetido considerando a mesma massa de serragem de couro, porém, com o aumento do tempo de contato e agitação do efluente para 5, 10, 15 e 20 minutos.

Priorizando o melhor resultado de tempo de contato, resultado entendido entre a comparação da otimização do tempo em função do percentual reduzido, os teste foram realizados utilizando 5 e 10 g de serragem couro para o melhor tempo definido.

Coletou-se uma amostra do efluente antes da entrada do processo de agitação e submeteu-se a análise de Fósforo e de Nitrogênio, e após o procedimento houve nova coleta, propiciando a avaliação dos possíveis percentuais de redução dos parâmetros após o contato submetido. Para Cromo, o efluente submetido ao maior tempo de contato, bem como, a maior massa aplicada, foi coletado para ser analisado.

O procedimento foi considerado por batelada, a cada 100 mL submetido a agitação, assim que o tempo determinado encerra, a agitação foi suspensa e a serragem de couro e o efluente são separados através do filtro de papel. Para um novo procedimento iniciou-se toda metodologia, acondicionando nova massa de serragem de couro para os 100 mL de efluente.

3.3.2 Preparação da serragem de couro para utilização

A serragem de couro foi submetida ao peneiramento, adotou-se peneira com tamiz de 9,5 mm, para que seja utilizada apenas a serragem de granulometria maior. Adotou-se essa medida para que a serragem apresente as mesmas características da serragem aplicada ao sistema, filtro percolador.

3.4 Monitoramento e análises

Nos subtítulos subsequentes são descritos os monitoramentos e as análises realizados.

3.4.1 Vazão

Para o procedimento do sistema 1, filtro percolador, com o auxílio de um cronometro digital e com a válvula de registro do funil separador, foi avaliado a velocidade de escoamento do efluente pelo filtro. Com esse monitoramento foi possível identificar a vazão de saída do processo.

3.4.2 Nitrogênio

Para avaliar o nível de redução Nitrogênio fez-se a comparação entre a concentração do efluente antes da submissão do tratamento com a serragem de couro em relação ao efluente após a submissão.

As legislações que determinam os parâmetros de lançamento de efluentes apresentam as análises de Nitrogênio Total Kjeldahl, neste trabalho, as análises de Nitrogênio foram determinadas através do analisador de carbono e nitrogênio (TOC/TN).

O Analisador TOC/TN fornece análises rápidas e confiáveis de Carbono Orgânico Total (TOC) e Nitrogênio Total (TN) em amostras líquidas, utilizando combustão catalítica a alta temperatura. O equipamento é projetado para medição e controle da concentração das frações de nitrogênio e carbono a partir de matrizes de diferentes amostras.

3.4.3 Fósforo solúvel

Para avaliar o nível de redução de fósforo fez-se a comparação entre a concentração do efluente antes da submissão do tratamento com a serragem de couro em relação ao efluente após a submissão.

O método utilizado fundamenta-se na reação de Misson. Tendo uma reação em meio ácido, o ortofosfato presente reage com solução de vanadato e molibdato de amônio, formando um complexo estável de coloração amarela, que é medida colorimetricamente a 420 nm.

Para cada dia de teste realizado montou-se um curva de calibração, está pode ser observada na Figura 3.

Figura 3 - Curva de Calibração para Análise de Fósforo



Fonte: Da autora

3.4.3.1 Equipamentos e vidrarias

- Espectrofotômetro UV/Visível;
- Balança analítica;
- Forno mufla;
- Placa aquecedora.
- Bastão de vidro;
- Bequer de 300 mL;
- Bico de Bunsen;
- Balões volumétricos de 100 e 200 mL;

- Cadinho de porcelana de 60 mL;
- Dessecador com sílica gel ou cloreto de cálcio;
- Funil;
- Papel de filtro qualitativo;
- Pipetas volumétricas de 5, 10 e 20 mL;
- Pipetas graduadas de 5 e 10 mL;
- Proveta de 50 mL;
- Tubos de ensaio;
- Vidro de relógio.

3.4.3.2 Reagentes

- Solução de ácido clorídrico (HCl) (1+1);
- Solução de ácido nítrico (HNO₃) p.a.
- Solução de ácido sulfúrico 10 N;
- Solução de metavanadato de amônio (NH₄VO₃) a 0,25 % (m/v);
- Solução de molibdato de amônio tetrahidratado ((NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O) a 5 % (m/v);

3.4.3.3 Reagente combinado

Misturou-se 1 parte da solução de metavanadato de amônio a 0,25% com 1 parte da solução de molibdato de amônio a 5% e homogeneizou-se. Foi preparado momentos antes de sua utilização.

3.4.3.4 Procedimento

Retirou-se uma alíquota de 20 mL do reagente combinado para um balão volumétrico de 100 mL a, adicionar 4 mL de solução de ácido sulfúrico 10 N e completar o volume com água e a quantidade de amostra de acordo com o fator de diluição necessário para efetuar a leitura. Deixou-se em repouso por 20 minutos e após foi realizada a leitura no espectrofotômetro no comprimento de onda de 420 nm contra um branco.

3.4.3.5 Procedimentos – preparação da curva padrão

Passo 1: Os padrões foram preparados com, no máximo, 2 horas de antecedência;

Passo 2: Adicionou-se em béqueres alíquotas conforme tabela 5;

Tabela 5 – Quantidade de amostra a transferir

Concentração $P-PO_4^{-3}$ (mg /L)	Volume (mL) da solução Padrão a ser diluído em um balão volumétrico de 100 mL
0	0
0,5	0,5
1	1
2	2
4	4
6	6
8	8
10	10

Fonte: Clesceri *et al.* (2005).

Passo 4: Adicionou-se 20 mL do reagente combinado e 4 mL de ácido sulfúrico em cada padrão e deixar reagir por 10 minutos;

Passo 5: Após, leu-se no espectrofotômetro no comprimento de onda de 420 nm;

Passo 6: Montou-se um gráfico, em planilha eletrônica, as absorbâncias obtidas em função da concentração dos padrões;

Passo 7: Obteve-se a equação da reta.

3.4.3.6 Cálculos

Fósforo Solúvel ou Total: $\text{mg P-PO}_4^{-3}/\text{L}$ = usou-se a equação da reta obtida com a construção da curva padrão.

3.4.4 Determinação de Cromo

Devido ao cromo presente na serragem de couro, foi necessário a avaliação da possível careação de cromo pelo efluente após a submissão aos sistemas propostos.

Após a passagem pelo filtro percolador realizou-se a coleta de 10 mL do efluente e acondicionou-se em balões volumétricos de 10 mL, foram adicionados 0,05 mL de Peróxido de Hidrogênio. As análises são realizadas pela Central Analítica da Univates conforme metodologia descrita no item 3.4.4.1.

3.4.4.1 Método de determinação - espectrometria de absorção atômica por chama (FAAS)

A amostra para determinação do cromo foi vaporizada e atomizada em chama de acetileno/óxido nítrico, em condições específicas para identificação do metal.

3.4.4.2 Equipamentos e vidrarias

- Balões volumétricos aferidos de diversos volumes;
- Pipetas volumétricas aferidas de diversos volumes;

- Funil analítico de aproximadamente 11 cm de diâmetro;
- Béqueres de diversos volumes;
- Balança analítica calibrada e aferida;
- Espectrômetro de absorção atômica;
- Lâmpada de cátodo oco de cromo;
- Ar comprimido filtrado para eliminar óleo, água, pó e outras impurezas;
- Acetileno para absorção atômica;
- Óxido nítrico para absorção atômica;
- Bastão de vidro;
- Provetas de diversos volumes.

3.4.4.3 Reagentes

- Ácido clorídrico: diluir 500 mL de ácido clorídrico (HCl) para um balão volumétrico de 1.000 mL e completou-se o volume até a marca com água destilada e deionizada;
- Ácido nítrico concentrado (HNO₃);
- Solução-estoque de cromo (1.000 mg/L): dissolveu-se 1,0 g de cromo metálico em ácido clorídrico, com ligeiro aquecimento. Aguardou-se esfriar e transferiu-se para um balão volumétrico de 1.000 mL e completou-se até a marca com água destilada e deionizada (1,0 mL = 1,0 µg de Cr).

3.4.4.4 Procedimento – curva padrão

Passo 1: Preparou-se a partir da solução intermediária cinco soluções-padrão na faixa ótima de trabalho;

Passo 2: Construiu-se a curva de calibração antes de determinar a concentração de cromo na amostra;

Passo 3: Obteve-se a equação da reta e o coeficiente de correlação (R^2).

3.4.4.5 Procedimento para determinação de Cromo

Passo 1: Lavou-se o atomizador, aspirando água destilada e deionizada contendo 1,5 mL de ácido nítrico concentrado por litro;

Passo 2: Ajustou-se o zero do aparelho com a prova em branco preparada conforme a amostra;

Passo 3: Aspirou-se a amostra e determinou-se a absorbância.

3.4.4.6 Cálculos

A concentração de cromo foi obtida diretamente da equação da curva de calibração. A amostra sofreu diluição com a adição de Peróxido de Hidrogênio, o resultado obtido foi multiplicado pelo fator de diluição correspondente, 1,01. A concentração do cromo foi dada por:

$$A = B \times F$$

Onde:

A: é a concentração do cromo na amostra, em mg/L;

B: é o valor obtido da curva de calibração, em mg/L;

F: é o fator de diluição da amostra.

3.5 Avaliação da Viabilidade da Utilização do Biofiltro em escala Industrial

Para a análise da viabilidade da utilização dos dois sistemas de biofiltro propostos, analisou-se a quantidade de massa aplicada versus o volume, no caso do sistema por batelada, e analisado a quantidade de massa aplicada em relação a vazão para o filtro percolador.

Também foi levado em consideração o arraste de cromo no efluente final para diagnosticar a viabilidade da utilização dos sistemas propostos para tratamento de efluentes de uma indústria.

4 RESULTADOS

4.1 Características do Efluente em Teste

O efluente utilizado para o teste dos filtros preenchidos com serragem de couro foi oriundo de um frigorífico situado na região do Vale do Taquari/RS. O efluente bruto, de maior concentração, foi submetido a análises, pela empresa em estudo, demonstrando as características específicas da água residual a ser tratada. Os resultados podem ser observados na tabela 6.

Tabela 6 - Parâmetros analíticos do efluente bruto

Parâmetro	Unidade	Data de Coleta 21/01/2013	Data de Coleta 28/01/2013	Data de Coleta 04/02/2013	Data de Coleta 13/02/2013	Data de Coleta 04/03/2013
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	33 10 ⁶	28 10 ⁶	79 10 ⁶	4,5 10 ⁶	17 10 ⁶
DBO ₅	mg O ₂ /L	1480	784	1052	684	1135
pH	-	5,98	6,53	6,49	6,58	6,12
DQO	mg O ₂ /L	4260	2460	2927	1527	3393
Fósforo Total	mg P/L	11,86	20,26	20,55	25,19	20,47
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg N/L	117,4	98,98	112	81,8	106
Óleos e Graxas Totais	mg OG/L	830	141,6	382	56	333

Fonte: Laudo técnico da empresa.

Após o tratamento adotado, de acordo com as análises realizadas pela empresa em estudo, os resultados do efluente final, de menor concentração, são listados na Tabela 7.

Tabela 7 - Parâmetros analíticos do efluente final

Parâmetro	Unidade	Limite	Data de Coleta	Data de Coleta	Data de Coleta	Data de Coleta	Data de Coleta
			21/01/2013	28/01/2013	04/02/2013	13/02/2013	04/03/2013
			Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	105	<1,8	20	480	<1,8	<1,8
DBO ₅	mg O ₂ /L	50	38	36	35	31	41
pH	-	6-9	6	6,5	6	7,32	7
DQO	mg O ₂ /L	180	123	80	103	106	113
Fósforo Total	mg P/L	2	1,90	2,05	1,16	1,95	1,95
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg N/L	20	23,88	16,4	19,8	25,2	35,9
Nitrogênio Amoniacal	mg OG/L	20	8,09	10,25	10,47	9,87	19,94

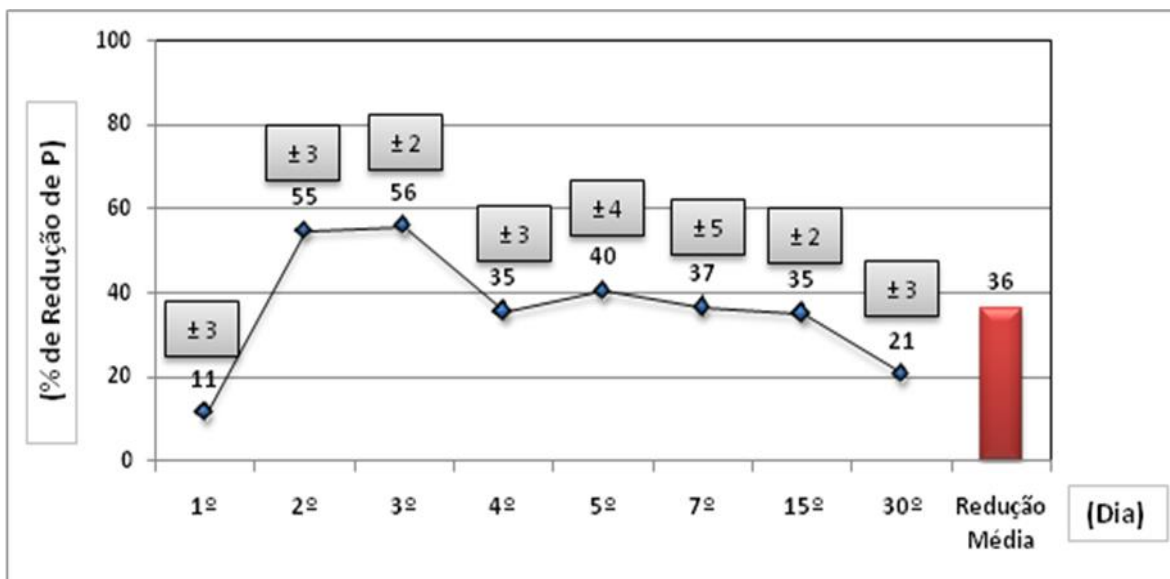
Fonte: Laudo técnico da empresa.

Partindo dos resultados apresentados, pode-se verificar a necessidade do emprego de outra medida para auxiliar no tratamento dos efluentes, embora, seja atendido o preconizado pela legislação considerando o percentual de redução que deve ser maior que 75%, há possibilidade de adequação dos parâmetros que por vezes não atinjam o valor absoluto para o lançamento de acordo com a legislação vigente, no caso em estudo, o Fósforo e o Nitrogênio Total. Dessa forma, é interessante a utilização de novas alternativas para uma possível redução dos parâmetros em questão.

4.2 Redução de Fósforo

Após os testes realizados, para auxiliar na visualização dos resultados, foram feitos gráficos. A Figura 4 evidencia os resultados obtidos de concentração de fósforo para o efluente de maior concentração usando o sistema 1.

Figura 4 - Percentuais de Redução de Fósforo ao Longo da Utilização do sistema Filtro Percolador Efluente de Maior Concentração

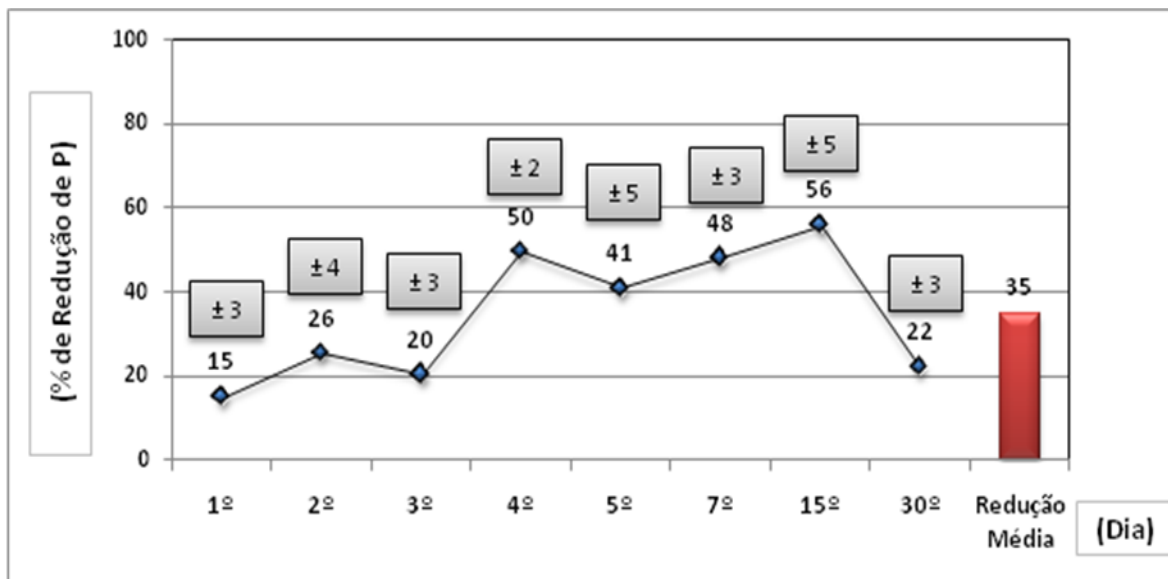


Fonte: Da Autora

No segundo dia de operação do sistema 1, com o efluente mais concentrado, foram obtidos bons resultados no percentual de redução de fósforo. No quarto dia de operação foi possível observar uma leve perda de eficiência, porém, o biofiltro atinge estabilidade de atuação até o 15º dia. As avaliações do percentual de redução dos níveis de fósforo foram mantidas até o 30º dia de operação, observou-se que o filtro contínuo contribuiu na redução de fósforo, embora, em proporções menores. Também, foi notável a tendência do término da vida útil do meio filtrante.

Ainda, utilizando o sistema 1, filtro percolador, os resultados quanto a redução da concentração de fósforo para o efluente de menor concentração podem ser observados na Figura 5.

Figura 5 – Percentuais de Redução de Fósforo ao Longo da Utilização do sistema Filtro Percolador Efluente de Menor Concentração



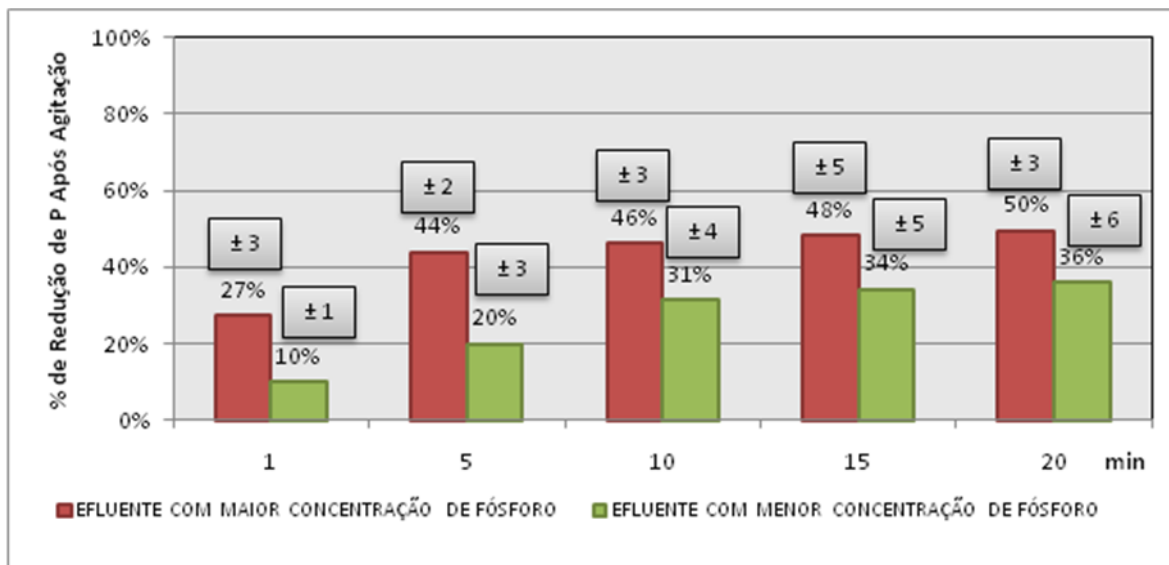
Fonte: Da Autora

Para estes testes, os melhores resultados da redução de concentração de fósforo puderam ser observados a partir do 4º dia de operação. Assim como para os testes utilizando efluente com concentração maior de fósforo, no 30º dia de operação observou-se que o filtro ainda auxilia na redução de fósforo, embora, em proporções menores. Também, verificou-se a tendência do término da vida útil do meio filtrante, visto que houve grande adsorção de partículas do efluente sobre o couro do tipo *wet blue*.

Considerando os resultados obtidos durante os 30 dias de operação, em média, os percentuais de redução de concentração de fósforo para ambos os efluentes, de maior concentração e de menor concentração, não apresentaram grandes variações, permanecendo em torno de 35% de redução para os dois efluentes.

Considerando o sistema 2, processo de agitação por batelada, os primeiros testes tiveram como premissa a avaliação do melhor tempo de contato entre a serragem de couro e o efluente, os testes foram realizados considerando o efluente de maior e o de menor concentração de fósforo. Como já citado na metodologia, o sistema foi submetido a tempos de 1, 5, 10, 15 e 20 minutos. Os resultados podem ser observados na Figura 6.

Figura 6 - Percentuais de Redução de Fósforo no sistema 2 em relação ao tempo de contato.

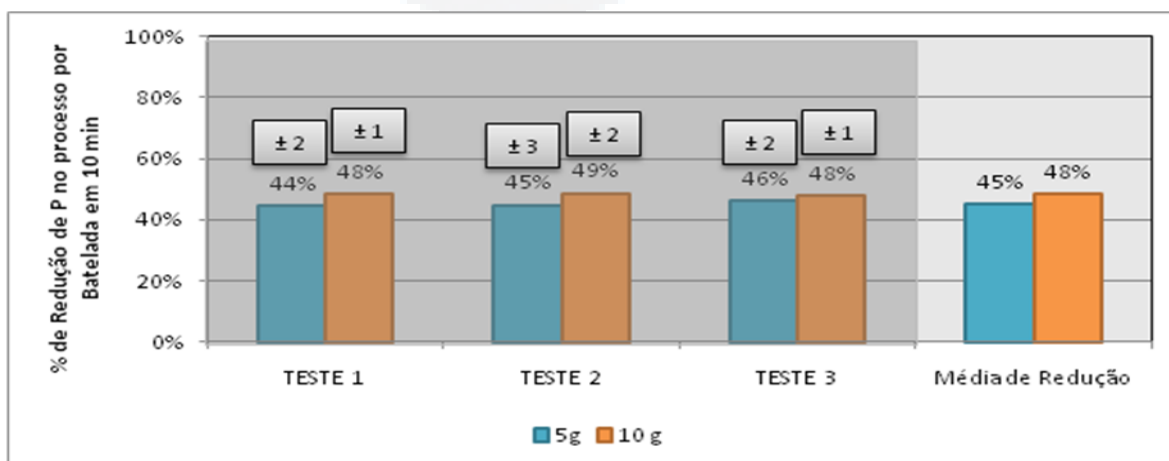


Fonte: Da Autora

Para o efluente de maior concentração foi visto que a partir de 10 min, os resultados foram considerados estatisticamente iguais.

Considerando que o tempo de 10 minutos de submissão ao contato entre efluente e serragem de couro apresentou bons resultados, para os testes de avaliação da massa, foi utilizado esse parâmetro de tempo de submissão. Na Figura 7, pode-se observar os resultados obtidos avaliando 5 g e 10 g de serragem de couro para 100 mL de efluente.

Figura 7 - Percentual de Redução de Concentração de Fósforo em relação a massa aplicada com efluente de Maior Concentração

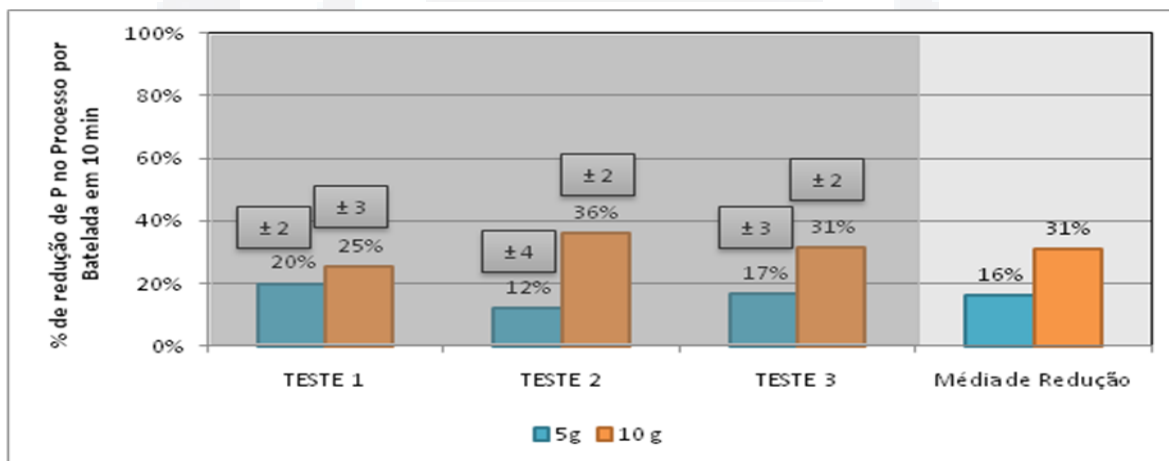


Fonte: Da Autora

Observou-se pouca variação para 100 mL do efluente mais concentrado utilizando 5 ou 10 g, assim, entende-se que não há necessidade de dobrar a massa aplicada, pois nessa situação houve pouca variação na eficiência da redução de fósforo.

Para o efluente de menor concentração considerando as massas de 5 e 10 g os resultados estão dispostos na Figura 8. A média de redução para esse procedimento apresentou melhores resultados quando aplicado maior massa. Houve um aumento de aproximadamente 100% na redução de concentração fósforo quando utilizado 10 g de serragem de couro em relação a 5 g.

Figura 8 - Percentual de Redução de Concentração de Fósforo em relação a massa aplicada com efluente de Menor Concentração



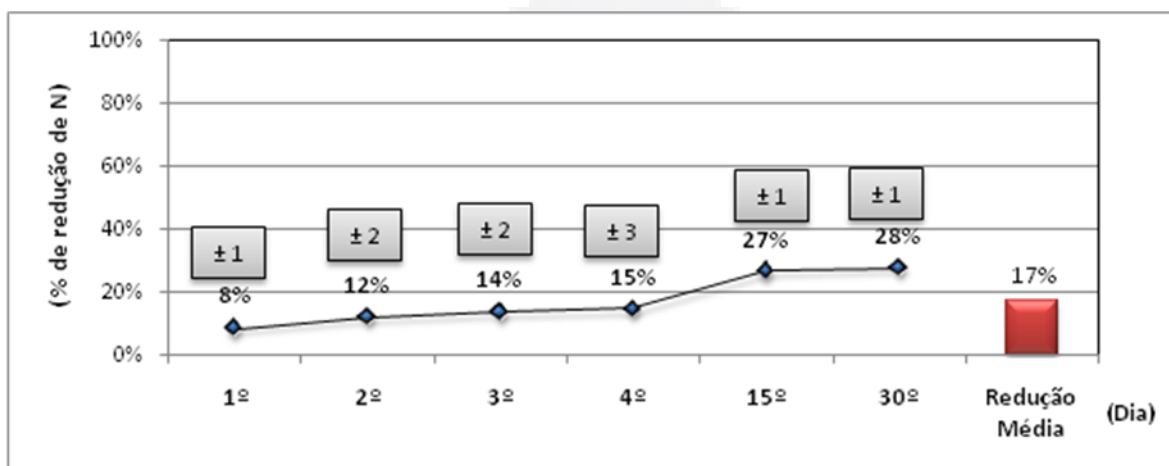
Fonte: Da Autora

As reduções do nível de fósforo obtidas neste trabalho foram inferiores aos apresentados por Bidone, Povinelli e Cotrim (1997), os autores conseguiram remover em até 85% da concentração de fósforo do lixiviado submetido ao filtro com leito preenchido de serragem de couro do tipo *wet blue*, enquanto no presente trabalho evidenciou-se redução máxima de 50% no sistema 2, processo de agitação por batelada e 56% no sistema de filtro percolador da concentração de fósforo do efluente oriundo da indústria frigorífica.

4.3 Redução do Percentual de Nitrogênio

Em todos os testes realizados pode-se observar a atuação da serragem de couro na redução da concentração de nitrogênio. Utilizando o sistema 1, filtro percolador, os resultados quanto a redução da concentração de nitrogênio para o efluente de maior concentração podem ser observados na Figura 9.

Figura 9 - Percentuais de Redução de Nitrogênio ao Longo da Utilização do sistema Filtro Percolador Efluente de Maior Concentração

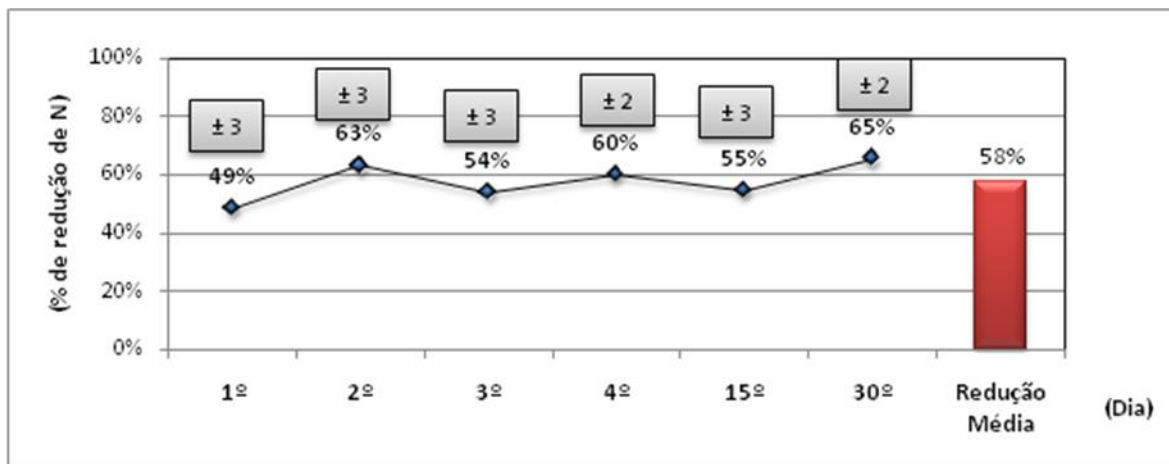


Fonte: Da Autora

Não houve um pico no percentual de redução de nitrogênio durante a operação, o sistema se manteve estável, apresentando uma em média, uma redução de 17% de nitrogênio. As avaliações do percentual de redução dos níveis de nitrogênio foram mantidas até o 30º dia de operação, observou-se que o filtro ainda auxilia na redução, não apresentando tendência do término da vida útil do meio filtrante.

Ainda utilizando o sistema 1, filtro percolador, os resultados quanto a redução da concentração de nitrogênio para o efluente de menor concentração podem ser observados na Figura 10.

Figura 10 - Percentuais de Redução de Nitrogênio ao Longo da Utilização do sistema Filtro Percolador Efluente de Menor Concentração

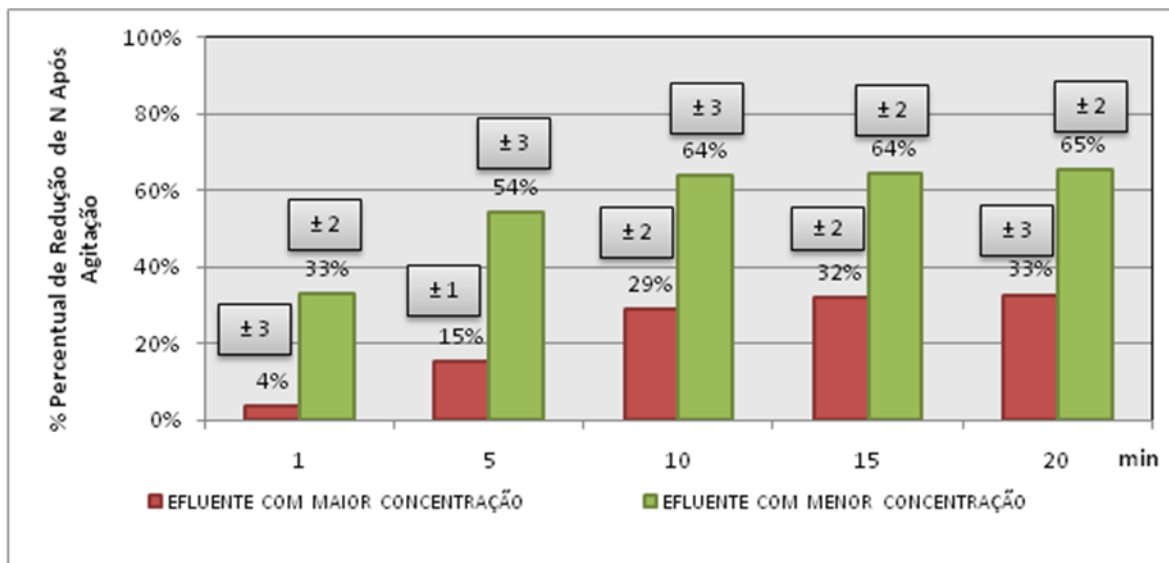


Fonte: Da Autora

Para estes testes, os percentuais de redução da concentração de nitrogênio foram superiores em comparação ao filtro que polia o efluente de maior concentração, atingindo uma média de 58% de redução ao longo dos 30 dias de operação. Assim como para os testes utilizando efluente com concentração maior de nitrogênio, não foi possível evidenciar a tendência do término da vida útil do meio filtrante.

Considerando o sistema 2, processo de agitação por batelada, os primeiros testes tiveram como premissa a avaliação do melhor tempo de contato entre a serragem de couro e o efluente para redução de nitrogênio, os testes foram realizados considerando o efluente de maior e o de menor concentração. Como já citado na metodologia, o sistema foi submetido a tempos de 1, 5, 10, 15 e 20 minutos. Os resultados podem ser observados na Figura 11.

Figura 11 - Percentuais de Redução de Nitrogênio Após Agitação versus tempo de contato

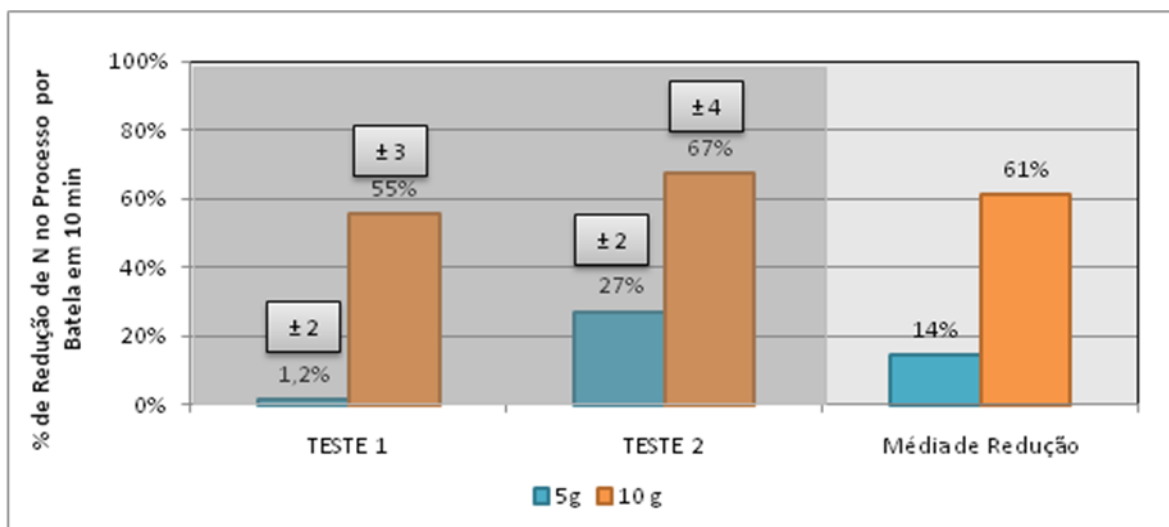


Fonte: Da Autora

Para ambos efluentes submetidos aos testes o melhor tempo de contato observado foi de 10 minutos, embora tenha havido maiores reduções para os maiores tempos, a variação é muito pequena, demonstrando a saturação da serragem de couro.

Considerando que os 10 minutos apresentaram bons resultados, para os testes de avaliação da massa foi utilizado esse parâmetro de tempo de submissão. Na Figura 12, pode-se observar os resultados obtidos avaliando 5 g e 10 g de serragem de couro para 100 mL de efluente.

Figura 12 - Percentual de Redução de Concentração de Nitrogênio em relação a massa aplicada com efluente de Maior Concentração

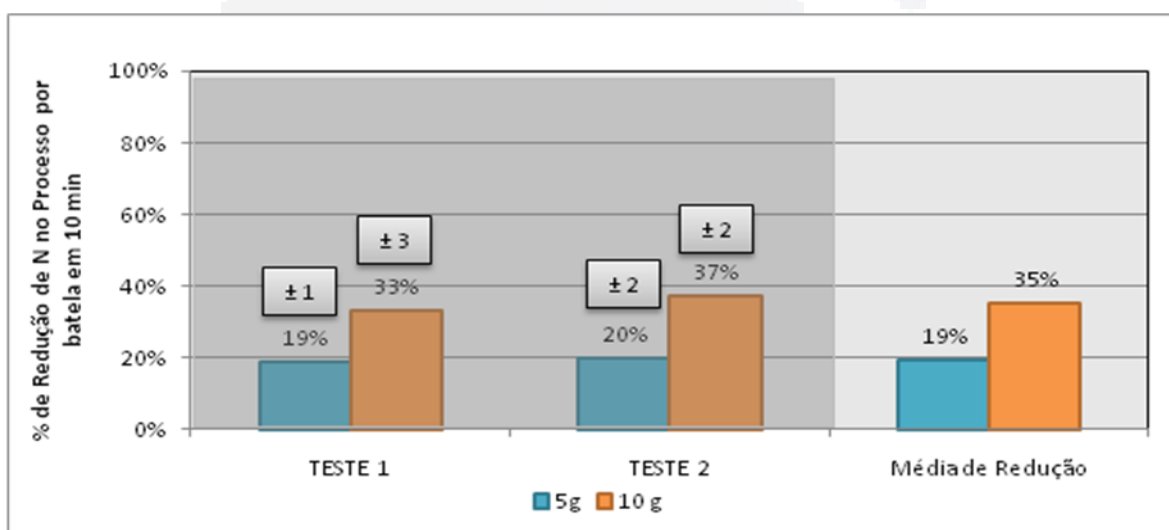


Fonte: Da Autora

Houve grande variação para 100 mL do efluente mais concentrado utilizando 5 e 10 g, os testes foram realizados em duplicata, uma das amostras foi perdida durante o estudo, em média houve uma diferença de 47% de mais redução aproximadamente para o processo com maior massa.

Para o efluente de menor concentração considerando as massas de 5 e 10 g os resultados estão dispostos na Figura 13.

Figura 13 - Percentual de Redução de Concentração de Nitrogênio em relação a massa aplicada com efluente de Menor Concentração



Fonte: Da Autora

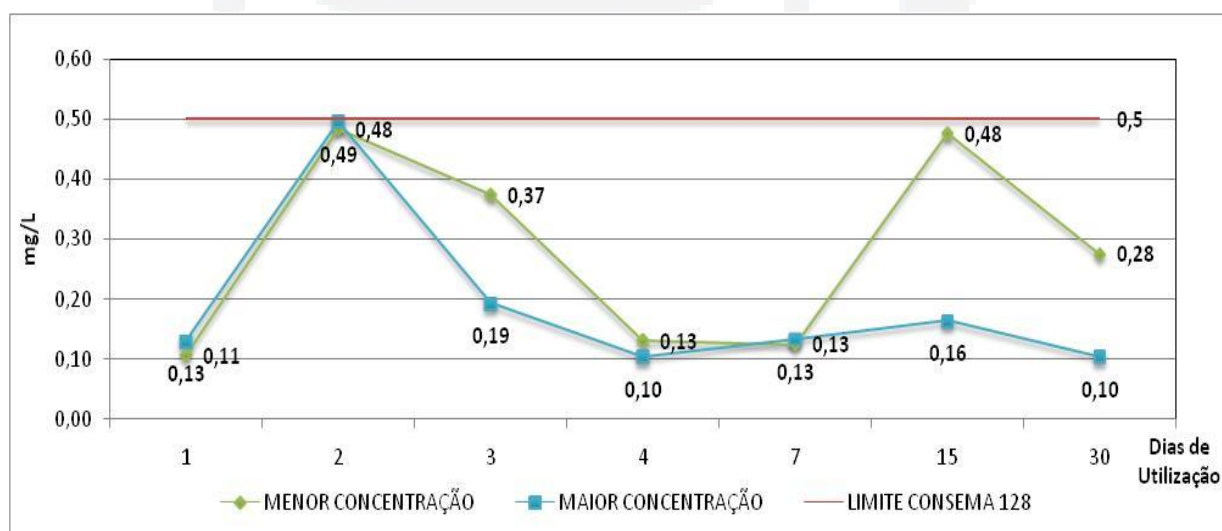
A média de redução para esse procedimento apresentou melhores resultados quando a aplicação de maior massa. Houve um aumento de aproximadamente 16% na redução de concentração fósforo quando utilizado 10 g de serragem de couro em relação a 5 g.

Franchin (2006) evidenciou a redução de 70% da concentração de Nitrogênio Total no esgoto doméstico após a passagem pelo filtro percolador com leito preenchido com serragem de couro do tipo *wet blue*. Neste estudo foi possível verificar a redução de até 65% da concentração de fósforo utilizando o sistema 1, filtro percolador, com o sistema 2, sistema de agitação por batelada, conseguiu-se a mesma redução, de até 65%, reduções muito próximas das apresentadas por Franchin (2006).

4.4 Análise da Presença de Cromo

Todo efluente submetido ao tratamento proposto neste trabalho foi analisado para avaliar o arraste do cromo presente na serragem de couro do tipo *wet blue*. Na Figura 14 o gráfico que demonstra o sistema 1, filtro percolador.

Figura 14 - Concentração de Cromo Presente no efluente Após a Passagem pelo Filtro Percolador



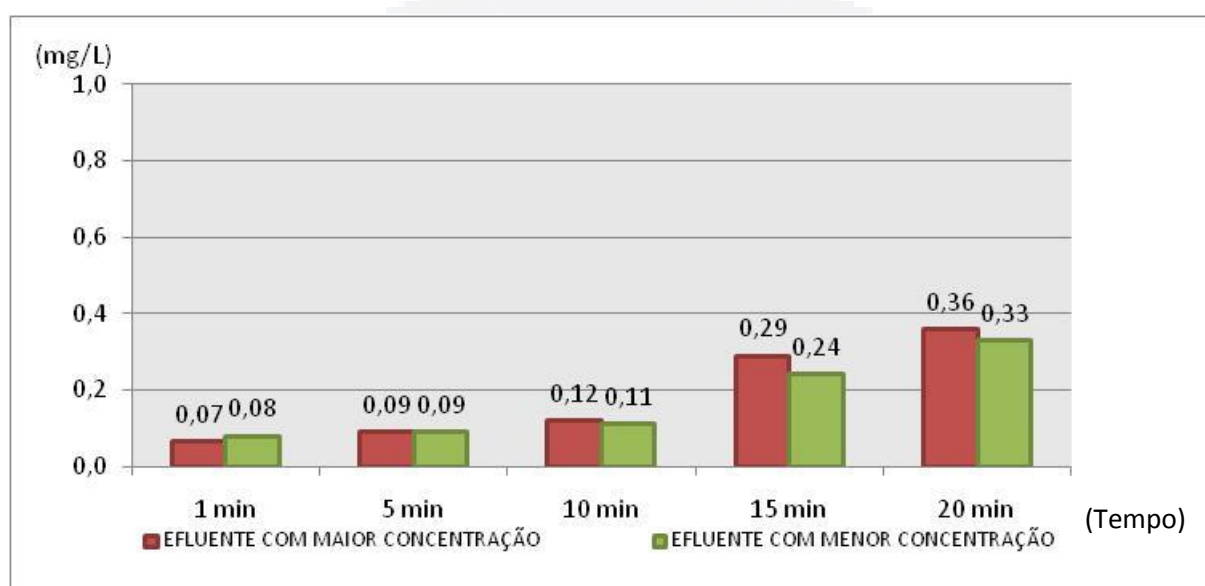
Fonte: da Autora

Pode-se observar que para o efluente de maior concentração em uma ocasião a concentração de cromo agregado pelo processo atingiu 0,49 mg/L. Dessa

forma, todos os resultados ficaram abaixo do limite permitido pela Resolução 128 de 2006 do CONSEMA. Para o efluente de menor concentração também em nenhum momento evidenciou-se a extrapolação do limite estabelecido em legislação.

Na Figura 15, é possível verificar a concentração de Cromo Total em relação ao tempo de contato entre a serragem de couro do tipo *wet blue* e o efluente. Apesar da presença, todos os resultados estiveram abaixo do preconizado em legislação.

Figura 15 - Concentração de Cromo Presente no efluente Após a Passagem pelo Processo de Agitação



Fonte: Da Autora

4.5 Viabilidade de Utilização

O sistema 1, apresenta como fator limitante a vazão de 7,2 L/h utilizando 10 g ou 0,01 kg de serragem de couro, considerando um filtro de proporções maiores, atendendo a vazão média de geração de efluente da indústria em estudo de 450.000 L/h, tem – se como resultado a necessidade de 625 kg de serragem de couro do tipo *wet blue* para compor o filtro.

De acordo com Tachard (2006), *apud* Ribeiro, Yuan e Morreli (2011), a densidade aparente da serragem de couro é de 250 kg/m³, logo, o volume de serragem de couro necessário será de aproximadamente 2,5 m³ para a vazão horária média da indústria.

Analisando o sistema 2, sistema por batelada, considerando como fator limitante a troca constante da massa, para os resultados de redução de fósforo e nitrogênio mais satisfatórios deve-se considerar as variáveis massa de 10 g para cada 100 mL, logo, precisaria para os 450.000 L de efluentes gerados em 1 hora, 4.500 kg de serragem de couro.

Dessa forma, pela viabilidade de quantidade de couro para submissão no processo de polimento, o sistema 1 se torna mais vantajoso em relação ao sistema 2.

Considerando os dois sistemas propostos, o sistema 1, filtro percolador, utilizando o efluente de menor concentração apresentou maior viabilidade de utilização, pois não há necessidade de troca diária do meio filtrante. Em média apresentou 35% de redução da concentração de fósforo e 58% da redução de Nitrogênio. Analisando ainda a questão da viabilidade esse processo é o mais interessante porque em 30 dias em que o estudo foi realizado não houve a necessidade de troca do meio filtrante, logo, 625 kg de serragem de couro do tipo *wet blue* atenderiam a vazão da empresa. A quantidade de serragem de couro necessária foi determinada em relação a vazão testada neste trabalho de 7,2 L/h, superior a vazão apresentada por Franchin (2006), de 5,24 L/h.

Para o sistema por batelada apesar da incidência menor da concentração de Cromo Total, a massa necessária torna inviável o procedimento. Novos testes devem ser realizados verificando a possibilidade da reutilização da massa por mais vezes, ou ainda, com volume de efluente maior.

CONCLUSÕES

A serragem de couro auxiliou na redução dos parâmetros de Nitrogênio Total e Fósforo nos efluentes avaliados conforme os objetivos estipulados para este estudo. Os resultados obtidos estão de acordo com os apresentados por Bidone, Povinelli e Cotrim (1997) e Franchin (2006). Ainda, Franchin (2006) sugere que antes da utilização seja feita a remoção do cromo através da lavagem da serragem com hidróxido de cálcio, considerando os resultados obtidos utilizando os efluentes de menor e maior concentração de fósforo e nitrogênio, em nenhum momento houve a extrapolação do limite legal de Cromo, logo, no presente trabalho, não foi necessária a etapa de remoção do metal.

Assim, conclui-se que é possível a utilização da serragem de couro do tipo *wet blue* na composição de um biofiltro para o polimento de efluentes industriais. Todos os testes apresentaram resultados satisfatórios viabilizando a utilização de um filtro percolador, tanto no efluente de maior como no de menor concentração. Porém, se o sistema fosse adaptado no sistema de tratamento da indústria, sugere-se que seja instalado a fim de filtrar o efluente de menor concentração, ou seja, no final do tratamento, isso se deve pelo fato do efluente de maior concentração apresentar muitas partículas em suspensão. O excesso de material particulado pode comprometer o funcionamento do filtro, prejudicando o escoamento do líquido, já no efluente de menor concentração há pouca presença de partículas favorecendo o processo de filtragem. Ademais, esse filtro tem o intuito de fazer um polimento final

no efluente da empresa, e promover uma nova utilização do resíduo do processo de beneficiamento couro do tipo *wet blue* antes de seu destino final.

REFERÊNCIAS

- ALIBABA. **Material de Laboratório**. 2013. Disponível em: <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/clear-separatory-funnel-566992167.html> >. Acesso em: 20 mai. 2013.
- ARRUDA, Marco A. Z.; TARLEY, César R. T. Adsorventes Naturais: Potencialidades e Aplicações da Esponja Natural (*Luffa cylindrica*) na Remoção de Chumbo em efluentes de Laboratório. **Revista Analytica**, Campinas, n. 4, mai. 2003. Disponível em: http://www.revistaanalytica.com.br/ed_anteriores/04/4%20Art%20Esponja.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2013.
- BARCELLOS, Ricardo de Toledo; FERREIRA, Osmar Mendes. **Os impactos dos lançamentos dos efluentes das lavanderias no córrego Barro Preto do município de Trindade – GO**. 2009. Disponível em: <http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/OS%20IMPACTOS%20DO%20LANC%3%87AMENTO%20DOS%20EFFLUENTES%20DAS%20LAVANDERIAS%20NO%20C%3%93RREGO%20BARRO%20PRETO%20DO%20MUNIC%3%8DPIU%20DE%20TRINDADE-GO.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2013.
- BELLAVER, C.; OLIVEIRA, P. A. V. Balanço de água nas cadeias de aves e suínos. **Avicultura Industrial**. n. 10, p. 30-44, 2009. Disponível em: http://www.qualyfoco.com.br/arquivos_publicacoes/arquivos/1266836613_Agua_esencial_v2.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2013.
- BELTRAME, Leocádia Terezinha Cordeiro. **Caracterização de efluente Textil e proposta para Tratamento**. 2010. Disponível em: http://bdtb.bczm.ufrn.br/tde_arquivos/12/TDE-2007-12-13T041858Z-990/Publico/LeocadiaTCB.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2013.
- BIDONE, Francisco Ricardo Andrade; POVINELLI, Jurandyr. **A vermicompostagem dos resíduos sólidos de curtume**. 2004. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/mexico/03473p04.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade; POVINELLI, Jurandyr; COTRIM, Sérgio Luis da Silva. Tratamento de lixiviado de aterro sanitário através de filtros percoladores. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 1997. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/lixiviado.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Assessoria de Gestão Estratégica. Brasil Projeções do Agronegócio 2011/2012 a 2021/2022. Brasília, abr. 2012. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-20012%20a%202021-2022%20\(2\)\(1\).pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-20012%20a%202021-2022%20(2)(1).pdf)>. Acesso em: 28 abr. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. Salsicharia. Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: métodos físicos e químicos. Brasília, DF, 1981. v. II, cap. 2, p. 33-35.

CAVALCANTI, José Eduardo W. de A.. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**. São Paulo: Engenho, 2009.

CHEMIN, Beatris F. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos: planejamento, elaboração e apresentação**. 2. ed. Lajeado: Univates, 2012. E-book. Disponível em: <www.univates.br>. Acesso em: 10 jun. 2013.

CLESCERI, Lenore S.; GREENBERG, Arnold E.; EATON, Andrew D. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington (DC): American Public Health Association, 2005.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Decisão de Diretoria n. 145. **Gerenciamento de resíduos de aparas de couro e de pó de rebaixadeira oriundos do curtimento ao cromo**. 120 ed. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/camaras/proc_geren_res_aparas_couro.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2013.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Curtumes – Série P+L**. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/documentos/curtumes.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2013.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Guia Técnico Ambiental de Graxarias – Série P+L. **Graxarias Processamento de Materiais de Abatedouros e Frigoríficos Bovinos e Suínos**. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.crq4.org.br/downloads/graxarias.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2013.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Guia Técnico de Frigoríficos – Industrialização de Carne (Bovina e Suína) – Série P+L.

Frigoríficos Industrialização da Carne Bovina e Suína. São Paulo, 2008.

Disponível em:

<http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/documentos/frigorifico.pdf>.

Acesso em: 01 mai. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Anuário Estatístico – Suinocultura.** Central de Inteligência da Embrapa Suínos e Aves.

Concórdia, out. 2011. Disponível em:

<http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_e3n75c3h.pdf>.

Acesso em: 14 abr. 2013.

FRANCHIN, Aline Constanzo. **Nitrificação de Efluente de Reator Anaeróbico Compartmentado em Filtros Percoladores com a utilização da serragem de Couro do tipo Wet Blue como meio de suporte.** São Carlos, 2006. Disponível em:

<www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde.../Franchin,A.C.2006.pdf>.

Acesso em: 30 mar. 2013.

FRICK, Julia Menegotto. **Estudo de Monitoramento de Efluentes Líquidos Indústrias do Rio Grande do Sul.** 2011. Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/36896/000793031.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 23 abr. 2013.

GARCEZ, Lucas Nogueira. **Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitário e industrial.** São Paulo, 2004. Disponível em:

<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Manual%20de%20Tecnica%20de%20Laboratorio_Aguas%20e%20Esgotos%20Sanitarios%20e%20Industriais.pdf>. Acesso em: 06 mai. 2013.

GIORDANO, Gandhi. **Tratamento de Efluentes Industriais.** Apostila de Curso.

Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente - UERJ, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em:

<<http://xa.yimg.com/kq/groups/24138517/1421219182/name/Apostila+-+Tratamento+de+efluentes+industriais.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal.** v. 38, 2010. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/comentarios.pdf>>.

Acesso em: 12 abr. 2013.

KADLEC, Robert H.; WALLACE, Scott D. **Treatment Wetlands.** – 2.nd ed. Boca Raton: CRC, Press, 2009.

KRUMMENAUER, Karine; ANDRADE, Jairo José de Oliveira. **Estudo da incorporação da serragem de couro curtido ao cromo no microrrevestimento asfáltico.** 2005. Disponível em:

<<http://www.aaqtic.org.ar/congresos/brasil2005/pdf/ESTUDO2.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

LAZZARI, Ney et al. Perfil Socioeconômico do Vale do Taquari – RS. **Revista Valores do Vale**. 4 ed. Santa Cruz do Sul, 2003.

LEME, Edson José de Arruda. **Manual Prático de Tratamento de águas residuárias**. São Carlos – SP, 2008.

LO MONACO, Paola A.; MATOS, Antonio; JORDÃO, Claudio P.; CECOM, Paulo R.; MARTINEZ, Mauro A. Eficiência de materiais orgânicos filtrantes no tratamento de águas residuárias da lavagem e despulpagem dos frutos do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 40 10, n.1-4, jan./dez. 2002. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/Vol10/v10n1-4p40-47.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2013.

LO MONACO, Paola A.; MATOS, Antonio; JORDÃO, Claudio P.; CECOM, Paulo R.; MARTINEZ, Mauro A. Influência da granulometria da serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.116-119, 2004. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n1/v8n1a17.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2013.

LO MONACO, Paola A.; MATOS, Antonio T. de; SARMENTOS, Antover Panazzolo; LOPES JUNIOR, Antonio Vieira; LIMA, Jonas Torres. Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.17 n.6, 473-480p, nov./dez. 2009. Disponível em: <<http://www.gpqa.ufv.br/Publicacoes/filtroorganico/DESEMPENHO%20DE%20FILTROS%20CONSTITUIDOS%20POR%20FIBRAS%20DE%20COCO%20NO%20TRATAMENTO%20DE%20AGUAS%20RESIDUARIAS%20DE%20SUINOCULTURA.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2013.

MAGALHÃES, Marcos A. de; MATOS, Antonio T. de; DENÍCULI, Wilson; TINOCO, Ilda. Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, vol.10, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662006000200031&script=sci_arttext>. Acesso em: 06 mai. 2013.

MARMITT, Sandro; MACHRY, H.; MULLER, C ; HAETINGER, C.; Stülpe, Simone . **Degradação de Efluentes de Curtume por Processo Fotoeletroquímico com diferentes eletrodos: uma avaliação cinética**. Tecno-lógica (Santa Cruz do Sul . Online), v. 17, p. 24-29, 2013. Disponível em: <<http://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica>> . Acesso em: 10 out. 2013.

MAYER, C.; MORITZ, R.; KIRSCHNER, C.; BORCHARD, W.; MAIBAUM, R.; WINGENDER, J.; FLEMMING, H.-C. The role of intermolecular interactions: studies on model systems for bacterial biofilms. *International Journal of Biological Macromolecules*. 1999. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813099000574>>. Acesso em: 02 mai. 2013.

METCALF & EDDY. Wastewater engineering: treatment and reuse. 4 ed. Boston. 2003.

MISSAGIA, Beatriz. **Estudo das comunidades bacterianas em Filtros Biológicos Percoladores utilizados para o pós-tratamento de efluentes de um reator UASB**. Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/ENGD-89WQGG/530d.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 02 mai. 2013.

NETTO, Jose M. de Azevedo; RICHTER, Carlos A. **Tratamento de água: Tecnologia Atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

PERES, João Geraldo Molinari. **Viabilidade de utilização da serragem de couro para fins de obtenção de um material alternativo de construção**. Campinas, 2005. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000353152>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

PORTAL SÃO FRANCISCO. Ecosistemas Aquáticos. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/aquaticos/ecosistemas-aquaticos-3.php>>. Acesso em: 02 mai. 2013.

RIBEIRO, Daniel Veras.; YUAN, Shin Yung; MORELLI, Márcio Raymundo. Efeito da adição de serragem de couro tratada quimicamente nas propriedades do cimento Portland. **Revista Brasileira Química Nova**, São Paulo, v.34, n.6, p.979-983, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422011000600012&script=sci_arttext>. Acesso em: 12 abr. 2013.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA. Resolução n. 128 de 07 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/upload/Resolucao%20CONSEMA%20n%20128_2006%20%20Fixacao%20de%20Padroes%20de%20Emissao%20de%20Efluentes%20Liquidos.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2013.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA. Resolução n. 129 de 24 de novembro de 2006. Dispõe sobre a definição de Critérios e Padrões de Emissão para Toxicidade de Efluentes Líquidos lançados em águas superficiais do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/upload/Resolucao%20CONSEMA%20n%20129_2006%20%20Dispoe%20sobre%20a%20definicao%20crit%20e%20padroes%20emissao%20t>.

oxic%20effluent%20liqu%20lançados%20nas%20aguas%20superf%20RS.pdf>.
Acesso em: 30 abr. 2013.

SOUZA, Luciane Felipe de; BIDONE, Francisco Ricardo Andrade; POVINELLI, Jurandyr. Serragens de couro curtido tipo Wet Blue utilizadas como meio suporte em filtros biológicos destinados ao tratamento de esgotos sanitários. In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2006. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/i-170.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2013.

TEIXEIRA, Roberta Miranda. **Remoção de nitrogênio de efluentes da indústria frigorífica através da aplicação dos processos de nitrificação e desnitrificação em biorreatores utilizados em um sistema de lagoas de tratamento.** Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://www2.enq.ufsc.br/teses/d031.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2013.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: DESA UFMG, 1996.