



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA ENTRE PAVIMENTO
FLEXÍVEL E RÍGIDO PARA EXECUÇÃO EM UMA VIA MUNICIPAL
EM ARROIO DO MEIO-RS**

Eduardo Augusto Scheid

Lajeado, julho de 2021

Eduardo Augusto Scheid

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA ENTRE PAVIMENTO
FLEXÍVEL E RÍGIDO DE UMA VIA MUNICIPAL EM ARROIO DO
MEIO-RS**

Projeto de monografia apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari-Univates, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa Ma. Carolina Becker Pôrto
Fransozi

Lajeado, julho de 2021

Eduardo Augusto Scheid

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA ENTRE PAVIMENTO
FLEXÍVEL E RÍGIDO DE UMA VIA MUNICIPAL EM ARROIO DO
MEIO-RS**

A banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil:

Profa. Ma. Carolina Becker Pôrto Fransozi -
Orientadora
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Profa. Ma. Helena Batista Leon
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Prof. Me. Matheus Lemos Nogueira
Universidade de Caxias do Sul - UCS

Lajeado, julho de 2021

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Materiais usados na camadas de bases e sub-bases	10
Quadro 2 - Espessura mínima de revestimento betuminoso, conforme o número N	15
Quadro 3 - Análise comparativa entre os Pavimentos Rígido e Flexível	27
Quadro 4 - Nomenclatura de Patologias em Pavimentos Flexíveis	33
Quadro 5 - Fator de Ponderação específico para cada classe de defeitos	35
Quadro 6 - Limites de valores do índice de Gravidade Global para cada conceito	36
Quadro 7 - Fatores de Equivalência de carga no modelo USACE	39
Quadro 8 - Coeficientes de Equivalência Estrutural	41
Quadro 9 - Formulário de Dimensionamento Pavimento Rígido	47
Quadro 10 - Fator de Segurança de Cargas	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Correlação CBR (%) x Coeficiente de Recalque (kgf/cm²/cm)	44
Tabela 2 - Afundamento nas Trilhas de Rodas	52
Tabela 3 - Índice de Gravidade Global	56
Tabela 4 - Contagem de Veículos (Sentido Bairro São Caetano - Centro)	59
Tabela 5 - Contagem de Veículos (Sentido Bairro Centro - São Caetano)	60
Tabela 6 - VHP expandido para Volume Médio Diário - Sentido São Caetano - Centro	61
Tabela 7 - VHP expandido para Volume Médio Diário - Sentido Centro - São Caetano	61
Tabela 8 - Determinação do Fator Eixo	61
Tabela 9 - Determinação do Fator Carga	62
Tabela 10 - Dimensionamento do Pavimento Rígido	68
Tabela 11 - Número de Repetições Previstas por Eixo	69
Tabela 12 - Composição do Custo de Instalação do Pavimento Rígido	73
Tabela 13 - Composição do Custo de Instalação do Pavimento Flexível	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise de Custos dos Pavimentos Rígido e Flexível	74
Gráfico 2 - Análise econômica conforme variação da TMA	75
Gráfico 3 - Variação dos preços do CAP 50-70 e Cimento Portland	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração das estruturas pavimentos tipos rígidos (a) e flexíveis (b)	9
Figura 2 - Estrutura Pavimento tipo Flexível	12
Figura 3 - Simbologia das camadas do pavimento tipo flexível	16
Figura 4 - Afundamento de Trilhas de Roda	18
Figura 5 - Panela	19
Figura 6 - Escorregamento de Massa Asfáltica	20
Figura 7 - Estrutura Pavimento tipo Rígido	23
Figura 8 - Comparativo das pressões das solicitações nos pavimentos	28
Figura 9 - Trecho de estudo nos Mapa do Estado do Rio Grande do Sul, cidade de Arroio do Meio e Bairro Aimoré.	32
Figura 10 - Coeficiente de Recalque no Topo da Sub-base - CCR	46
Figura 11 - Comparativo entre Placas de Concreto curtas e longas	48
Figura 12 - Medição do Afundamento da Trilha de Roda	51
Figura 13 - Patologia no Pavimento Flexível do trecho de estudo: Panela	53
Figura 14 - Patologia no Pavimento Flexível do trecho de estudo: Trinca Couro de Jacaré	54
Figura 15 - Patologia no Pavimento Flexível do trecho de estudo: Ondulações	55
Figura 16 - Patologia no Pavimento Flexível do trecho de estudo: Afundamento das Trilhas de Rodas	55
Figura 17 - Tráfego de Veículos Comerciais	57
Figura 18 - Filmagem do tráfego	58
Figura 19 - Espessuras do Pavimento Flexível dimensionado	65
Figura 20 - Ábaco de Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR) e coeficiente de recalque (k) do subleito	67
Figura 21 - Ábaco de Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR), Sub-base de Concreto Compactado a Rolo e coeficiente de recalque (k) no topo da sub-base	68
Figura 22 - Espessuras do Pavimento Rígido dimensionado	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAP - Cimento Asfáltico de Petróleo

CBR - Índice de Suporte Califórnia

CBUQ - Concreto Betuminoso Usinado a Quente

CCR - Concreto Compactado a Rolo

CNT - Confederação Nacional do Transporte

CP - Cimento Portland

CTB - Código de Trânsito Brasileiro

DAER - Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes

FSC - Fator de Segurança de Cargas

IGG - Índice de Gravidade Global

IGI - Índices de Gravidade Individual

NBR - Norma Técnica brasileira

PCA - Portland Cement Association

TMA - Taxa Mínima de Atratividade

USACE - United States Army Corps of Engineers

VHP - Volume Horário de Projeto

VMD - Volume Médio Diário

VPL - Valor Presente Líquido

RESUMO

A escolha da estrutura de um pavimento deve ser feita com embasamentos técnicos e econômicos. Por isso, soluções para a disponibilidade de material, solicitações de tráfego e suporte da estrutura, são situações técnicas do pavimento que devem ser analisadas. Já no aspecto econômico, devem ser mensurados os custos de implantação e manutenção da rodovia. Visando à maximização de desempenho e a minimização de custos, foram estudadas e discutidas, a partir de análises de dimensionamento, as escolhas dos pavimentos rígidos e flexíveis. Este trabalho objetivou avaliar a melhor alternativa de pavimento, entre os dois tipos já citados, para um trecho de via municipal na cidade de Arroio do Meio/RS. A partir das contagens de veículos, e do número N calculado para o projeto de $5,19 \times 10^7$, realizou-se o dimensionamento dos pavimentos. Para o pavimento rígido, foram definidas as espessuras de 19 centímetros para o revestimento de placas de concreto de cimento Portland CP II, e 10 centímetros de sub-base de concreto compactado a rolo, através do método de dimensionamento Portland Cement Association - 1984. Para o pavimento flexível, através do método de dimensionamento da AASHTO e do DNER, foram definidas as espessuras de 16 centímetros de sub-base de macadame hidráulico, 15 centímetros de base de brita graduada simples e 12,5 centímetros de revestimento de concreto betuminoso usinado à quente. Concluiu-se que o pavimento rígido apresentou uma melhor viabilidade econômica, representando uma economia de aproximadamente 38% em um período analisado de 20 anos, e técnica em relação ao pavimento flexível, gerando maior conforto de rolamento aos usuários da via.

Palavras-chave: Pavimento Rígido; Pavimento Flexível; Desempenho; Custos;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
1.1 Problema de pesquisa	5
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo geral	6
1.2.2 Objetivos específicos	6
1.3 Limitações	6
1.4 Justificativa da pesquisa	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 Subleito	9
2.2 Bases e Sub bases de Pavimentos	10
2.3 Pavimento Flexível	12
2.3.1 Dimensionamento de Pavimento Flexível	14
2.3.2 Patologias em Pavimentos Flexíveis	17
2.3.3 Avaliação da Superfície de Pavimentos Asfálticos	21
2.4 Pavimento Rígido	23
2.4.1 Dimensionamento de Pavimento Rígido	26
2.5 Comparativos gerais entre os Pavimentos Rígidos e Flexíveis.	27
2.6 Análise de Custos	29
2.7 Trabalhos Semelhantes Consultados	29
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	31
3.1 Caracterização da área de estudo	31
3.2 Caracterização do Subleito	32
3.3 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Asfálticos	33
3.4 Volume de Tráfego e Número Equivalente N	37
3.5 Dimensionamento de Pavimento Flexível	41
3.6 Dimensionamento de Pavimento Rígido	43
3.7 Análise dos Custos dos Pavimentos	49

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Asfálticos	51
4.2 Volume de Tráfego e Número Equivalente N	58
4.3 Dimensionamento de Pavimento Flexível	63
4.4 Dimensionamento do Pavimento Rígido	65
4.5 Análise dos Custos dos Pavimentos	70
5 CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS	79
ANEXOS	86
ANEXO A - Classificação dos Veículos por Classes / DNIT	87
ANEXO B - Exemplo de cálculo de espessura de Pavimento de Concreto	92
ANEXO C - Formulário de Inventário do Estado de Superfície do Pavimento	93
ANEXO D - Planilha de Cálculo do IGG	94
ANEXO E - Formulário para Contagem de Veículos	95
ANEXO F - Tensões Equivalentes conforme eixos (MPa)	96
ANEXO G - Fator de Erosão por Eixos	98
ANEXO H - Análise da Erosão pelo Número de Repetições Admissíveis	100
ANEXO I - Análise de Fadiga pelo Número de Repetições Admissíveis	101
ANEXO J - Limites de Peso por Eixo - Resolução nº 12/98 - CONTRAN	102
ANEXO K - Decomposição do Custo Unitário cód. 699 - Fornecimento de Pedra Britada e Usinada Comercial	103
ANEXO L - Decomposição do Custo Unitário cód. 861 - Sub-base ou Base Brita Graduada	104
ANEXO M - Decomposição do Custo Unitário cód. 862 - Execução Sub-base ou Base Brita Graduada	105
ANEXO N - Decomposição do Custo Unitário cód. 877 - Macadame Hidráulico Pó de Pedra	106
ANEXO O - Decomposição do Custo Unitário cód. 881 - Imprimação	107
ANEXO P - Decomposição do Custo Unitário cód. 883 - Pintura Ligação	108
ANEXO Q - Decomposição do Custo Unitário cód. 890 - Lavagem Agregado	109
ANEXO R - Decomposição do Custo Unitário cód. 896 - CBUQ sobre Base Granular	110
ANEXO S - Decomposição do Custo Unitário cód. 931 - Concreto Compactado a Rolo	111
ANEXO T - Decomposição do Custo Unitário cód. 932 - Placa Concreto Cimento Portland	112
ANEXO U - Decomposição do Custo Unitário cód. 933 - Cura Placa Concreto	113
ANEXO V - Decomposição do Custo Unitário cód. 934 - Junta Transversal Serrada e Selada	114

ANEXO W - Decomposição do Custo Unitário cód. 935 - Junta Longitudinal Serrada e Selada	115
ANEXO X - Decomposição do Custo Unitário cód. 1530 - Meio-fio MFC05	116
ANEXO Y - Dec. do Custo Unitário cód. 8084 - Reperfilagem em CBUQ	117

1 INTRODUÇÃO

Conforme pesquisa rodoviária da Confederação Nacional do Transporte – CNT, uma parcela relevante dos pavimentos no Brasil é considerada de baixo conforto ao rolamento. De acordo com a Pesquisa de Rodovias da CNT (2019), em toda a malha rodoviária do país, 52,4% dos pavimentos apresentam problemas e 0,9% estão totalmente destruídos. Ainda conforme a pesquisa, acredita-se que, para a recuperação de toda a malha viária federal, com ações emergenciais de manutenção e de reconstrução, são necessários R\$ 38,60 bilhões de reais.

A falta de investimentos nas rodovias acaba acarretando em um número crescente de acidentes, desperdícios de cargas e elevado gasto com manutenção (BERNUCCI et al., 2008). Devido a isso, a baixa qualidade das vias faz com que o país perca por ano, aproximadamente, R\$ 13 bilhões de reais, conforme a Pesquisa de Rodovias realizada pela CNT (2019), afetando assim, a competitividade da economia brasileira. Do valor informado, cerca de R\$ 3,3 bilhões de gastos referentes referem-se a consumo desnecessário de combustível e R\$ 9,73 bilhões em gastos com acidentes ocorridos.

De acordo com Gomes (2004), o desenvolvimento das cidades de todo o mundo está diretamente ligado com seu sistema de transporte. Esse, que por sua vez, atende a necessidade de deslocamentos de materiais, alimentos e pessoas, contribuindo, assim, com indispensáveis benefícios trazidos à sociedade como um todo. No Brasil, o modal rodoviário é de expressiva importância, pois é responsável, de acordo com a Confederação Nacional de Transporte, por

mais de 60% do escoamento da produção brasileira e o transporte de mais de 90% de passageiros (CNT, 2019).

A malha rodoviária pavimentada brasileira é composta por 99% de pavimentos flexíveis, com algum tipo de revestimentos asfálticos. Já os pavimentos rígidos com revestimento de placas de concreto de cimento Portland, possuem uma representatividade muito inferior, de aproximadamente 1%, conforme dados da Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2016). Para Santos (2011), os custos de implantação podem ser interpretados como o fator para a escolha, onde, geralmente, os pavimentos rígidos tem um custo superior de implantação em comparação ao pavimento flexível.

Segundo Garnett Neto (2001), um dos fatores para que o pavimento rígido não seja utilizado em larga escala no país está relacionado ao tempo de interdição do tráfego de veículos por períodos superiores em relação ao pavimento flexível durante as manutenções, embora apresente inúmeras vantagens e maior vida útil. Ainda, conforme o autor, em países cuja malha rodoviária pavimentada em concreto possui extensão significativa, os benefícios, como durabilidade e níveis de serviço superiores desse tipo de pavimentação são evidentes.

Visando à maximização de desempenho e a minimização de custos de implantação ou de manutenção, têm sido amplamente estudado e discutido quanto à escolha entre pavimentos rígidos e flexíveis. Como critério de seleção sobre o tipo de pavimento, geralmente, é adotado o estudo de tráfego e os seus custos de implantação. Para níveis elevados de solicitação do tráfego, pavimentos de concreto e asfálticos tornam-se competitivos, levando em consideração a análise de custos ao longo de um período de vida útil do pavimento e custos de manutenção (SANTOS, 2011).

Conforme Gomes (2004), devido à escassez de recursos destinados para obras rodoviárias, vê-se a necessidade e importância da realização de estudos de planejamento, operação e controle criterioso da aplicação racional destes. De acordo com o DNIT (2011), de maneira geral, inclui as atividades envolvidas no planejamento, projeto, construção, manutenção e avaliação dos pavimentos da malha rodoviária no país. O sistema de gerenciamento de pavimentos é um conjunto de métodos adotados para encontrar estratégias

que auxiliem no momento de construir e avaliar, e mantenham os pavimentos em condições aceitáveis para os usuários, durante todo o período de projeto estimado.

A escolha da estrutura de um pavimento para uma determinada rodovia, deve ser sempre baseada nos embasamentos técnico e econômico. As soluções para as disponibilidades de material, solicitações de tráfego e suporte da estrutura, são situações técnicas do pavimento que devem ser analisadas. Já no aspecto econômico, devem ser mensurados os custos de implantação e manutenção da rodovia (SANTOS, 2011).

A análise de custos no ciclo de vida em um pavimento é feita a partir de uma avaliação econômica de todos os custos que envolvem a vida de um pavimento durante seu período estimado em projeto, visando, desta forma, determinar as soluções mais adequadas, técnica e economicamente, para a implantação de um novo projeto. De maneira geral, a avaliação se baseia inicialmente na construção e manutenção da via, e, após, analisa os custos relacionados ao usuário, como atrasos no tempo de viagem, custos operacionais do veículo e custos de acidentes (SANTOS, 2011).

Dentro do contexto apresentado, e considerando-se que, no Brasil, a manutenção e conservação rodoviária tem sido negligenciada, a opção pela utilização de pavimentos rígidos de concreto, em maior escala, talvez seja uma das alternativas mais eficiente para minimizar os problemas das estradas brasileiras, principalmente das rodovias com alta concentração de tráfego de veículos comerciais.

1.1 Problema de pesquisa

A utilização de um pavimento rígido em substituição do pavimento flexível, já aplicado na via, seria uma alternativa mais eficiente se comparada técnica e economicamente ao trecho de estudo?

1.2 Objetivos

Nos itens a seguir são apresentados os objetivos geral e específicos.

1.2.1 Objetivo geral

Realizar um estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível para avaliar qual método é mais adequado técnica e economicamente para o trecho definido de uma via municipal em Arroio do Meio, RS.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos, que foram as atividades executadas, ações que levaram ao atingimento do objetivo geral.

- a) analisar a situação atual do pavimento, por meio de avaliação objetiva (IGG);
- b) dimensionar uma estrutura de pavimento rígido para o trecho analisado;
- c) dimensionar uma estrutura de pavimento flexível para o trecho analisado;
- d) comparar os custos de construção e manutenção dos pavimentos dimensionados ao longo de um período de 20 anos;

1.3 Limitações

No presente trabalho não foram considerados os projetos de drenagem, dimensionamento de acostamento, projeto de sinalização, estudos topográficos e estudos hidrológicos.

1.4 Justificativa da pesquisa

De acordo com registros em jornais locais, na cidade de Arroio do Meio - RS, nos últimos 8 anos foram realizadas três obras de recapeamento asfáltico, na Rua Presidente Vargas, trecho definido para o estudo em questão. No qual, de maneira precoce, em pouco mais de um ano de conforto, começaram a aparecer as primeiras patologias na superfície do pavimento. Este trecho da via gera frequente descontentamento dos usuários (ADMINISTRAÇÃO..., 2012, texto digital); (MOBILIDADE..., 2017, texto digital); (RUAS..., 2020, texto digital); (MOBILIDADE..., 2015, texto digital); (MORADORES..., 2017, texto digital); (MORADORES..., 2018, texto digital).

O trecho definido para estudo, por se tratar de uma zona industrial na cidade e única via permitida para acesso a importantes empresas da cidade em questão, apresenta um considerável tráfego de veículos comerciais.

A manutenção e recuperação recorrente da via, combinado com o valor dos materiais, transportes, mão de obra, entre outros, tem se tornado para o município em questão um custo elevado de investimento para um tempo de utilização e durabilidade muito inferior ao mínimo exigido e esperado em um projeto de pavimentação. A falta do projeto ideal, o tráfego de veículos comerciais e as intempéries, justificam a necessidade de uma pesquisa avaliativa e comparativa neste trecho.

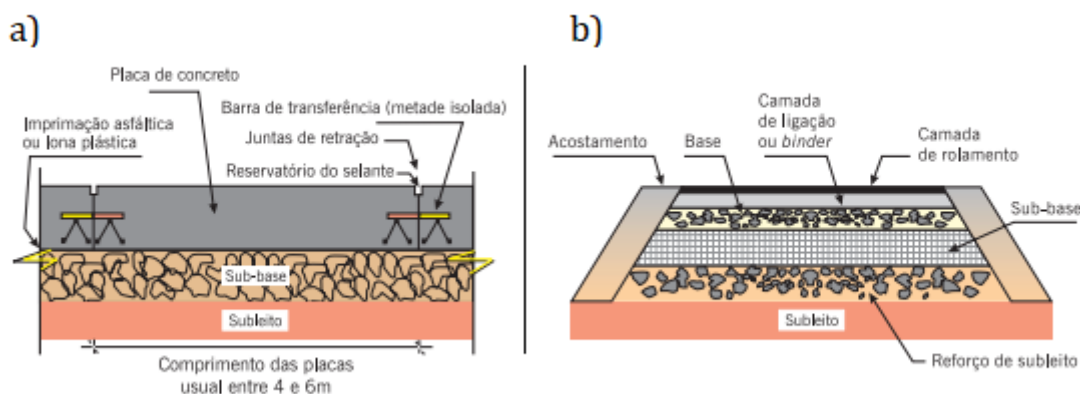
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme Bernucci et al. (2008), um pavimento pode ser definido como uma estrutura de múltiplas camadas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada a resistir aos esforços gerados pelo tráfego de veículos e intempéries causados pelo clima, a fim de propiciar aos usuários conforto, economia e segurança ao trafegar. De acordo com Balbo (2007), a necessidade de construção das diferentes camadas depende das particularidades de cada projeto, no entanto, para ser considerado um pavimento é necessário que haja o solo de fundação, ou subleito, e a camada de revestimento.

Conforme Neto (2011), a maior parte dos materiais utilizados na construção dos pavimentos, diferenciando-se principalmente pelo seu revestimento, possuem características em comum, como o solo e os agregados. Independente do pavimento empregado, deve sempre ser feito um estudo detalhado de solo, para ser possível o correto dimensionamento de acordo com as propriedades da fundação.

O pavimento rodoviário classifica-se, resumidamente, em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis, utilizando-se a nomenclatura de pavimentos de concreto de cimento Portland e pavimentos asfálticos, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento do pavimento. Na Figura 1 é apresentada, esquematicamente, as diferenças das estruturas das camadas de cada tipo de revestimento, rígido e flexível (BERNUCCI et al., 2008).

Figura 1 - Ilustração das estruturas pavimentos tipos rígidos (a) e flexíveis (b).



Fonte: Adaptado de Bernucci et al. (2008)

2.1 Subleito

Segundo Balbo (2007), o subleito é determinado como o terreno de fundação, constituído de materiais naturais, regularizado e compactado, preparado, assim, para receber as camadas superiores do pavimento. Este, por sua vez, deve ser estudado até a profundidade onde as cargas impostas pelo tráfego atuam de forma significativa, numa faixa de 0,60 m² a 1,50 m. O estudo do subleito tem como objetivo o reconhecimento dos solos, visando assim à caracterização das diversas camadas superiores (DNIT, 2006a).

Conforme DNIT (2006a), para a caracterização dos materiais de subleito, são utilizados os ensaios de compactação AASHTO, exigindo um grau mínimo de compactação de 100% em relação a este ensaio. O Índice de Suporte Califórnia deve ser determinado em corpos-de-prova moldados nas condições de umidade ótima e densidade máxima correspondentes a este ensaio.

Conforme Bernucci et al. (2008), o Índice de Suporte Califórnia é um ensaio realizado para avaliar o potencial de ruptura do subleito. Por meio de ensaios de compactação, expansão e penetração do corpo de prova em laboratório é possível avaliar a resistência do material frente a deslocamentos significativos. Os valores, referenciados como resultados padrões, equivalentes a 100%, foram definidos a partir dos ensaios realizados com os materiais

granulares de base de pavimentos com bom desempenho e a média de resistência à penetração. Os materiais são referenciados por porcentagem e seus valores são comparados ao valor padrão para designar se sua resistência é melhor ou pior àqueles materiais de referência.

2.2 Bases e Sub bases de Pavimentos

A escolha dos materiais constituintes das camadas de base, sub-base e reforço do subleito são feitas através de métodos de seleção e de caracterização de propriedades. A seleção dos materiais consiste em verificar os materiais disponíveis na região, de acordo com as características necessárias para serem empregados na estrutura dos pavimentos. As características dos materiais são definidas através de suas propriedades geotécnicas no estado compactado. Estes, para serem utilizados em pavimentação, devem ser resistentes, pouco deformáveis e com permeabilidade compatível com sua função na estrutura (BERNUCCI et al., 2008).

De acordo com Balbo (2007), a base terá maior espessura quando seu objetivo for distribuir esforços para as camadas inferiores. Devido a isso, e visando o aspecto econômico, é recomendado que se construa uma camada de sub-base, dividindo a camada de base em duas, sendo que a sub-base será economicamente mais viável. Segundo Senço (2007), a base e a sub-base podem ser classificadas e distribuídas em rígidas e flexíveis, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Materiais usados na camadas de bases e sub-bases

Bases	Rígidas	Concreto de Cimento
		Macadame de Cimento
		Solo-cimento
	Flexíveis	Solo Estabilizado
		Macadame Hidráulico
		Base de Brita Graduada com ou sem Cimento
		Macadame Betuminoso

		Alvenaria Poliédrica
		Paralelepípedos

Fonte: Adaptado de Senço (2007).

Para Senço (2007), os tipos de bases e sub-bases classificadas como rígidas, são os concretos de cimento, que são misturas dosadas de agregados, areia, cimento e água, onde a placa de concreto pode exercer a função conjunta de base e revestimento. O Macadame de Cimento é uma base construída com agregados graúdos, de diâmetros de 50mm a 90mm, misturada com material de granulometria fina e cimento, para servir como preenchimento dos vazios e garantir uma ligação entre os agregados. O solo cimento é constituído por solo, escolhido pelo projetista, misturado com cimento e água, essa, quando uniformizada e compactada, satisfaz as exigências para ser utilizada como base do pavimento.

Conforme DNIT (2006a), para pavimentos flexíveis, a estabilização granulométrica camadas constituídas por solos, britas de rochas e escórias de alto forno se dá através da compactação de um ou mais materiais que apresentam uma granulometria apropriada e índices geotécnicos específicos. Os materiais, designados como “cascalhos”, “saibros”, são materiais naturais, muitas vezes, utilizados após sofrerem britagem e peneiramento, para se enquadrar nas especificações.

De acordo com DNIT (2006a), o macadame hidráulico e seco consiste em uma camada de brita que após a compressão tem os vazios preenchidos de materiais de enchimentos, como finos de britagem, ou mesmo solos de granulometria e plasticidades apropriadas. O macadame hidráulico tem a penetração do material de enchimento feito através da irrigação, já o macadame seco dispensa a irrigação, simplificando o processo e evitando o encharcamento do solo de fundação.

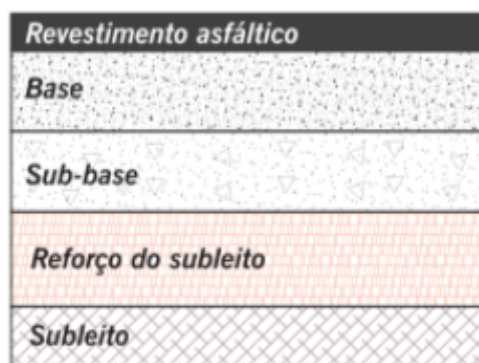
Para Senço (2007), a base de brita graduada se caracteriza por ser uma mistura feita em usinas, com agregados previamente dosados, contendo materiais de enchimento, água e podendo ou não ser utilizado cimento. Já a base de macadame betuminoso, também chamada

de base negra, consiste na superposição de camadas, com espessura pré definida em projeto, de agregados interligadas com material betuminoso.

2.3 Pavimento Flexível

Conforme Bernucci et al. (2008), os pavimentos asfálticos, ou flexíveis, são compostos por quatro camadas principais, sendo elas o reforço do subleito, sub-base, base e revestimento asfáltico. O revestimento é uma mistura de agregados e ligantes asfálticos, basicamente. As diferentes camadas da estrutura de uma pavimento tipo flexível são representadas pela Figura 2.

Figura 2 - Estrutura pavimento tipo flexível



(a) Estrutura de pavimento-tipo

Fonte: Bernucci et al. (2008)

De acordo com Balbo (2007), o subleito é caracterizado pelo solo do local, formado por material natural, ou de empréstimo, consolidado e compactado. A camada de reforço do subleito é utilizada quando o solo do subleito tiver baixa capacidade de resistência, fazendo com que a fundação tenha maior capacidade e ajude as camadas superiores, ou seja, aliviando a magnitude dos esforços impostos.

A sub-base tem por finalidade diminuir a espessura da camada de base, auxiliando na resistência às cargas transmitidas pela base. Quando as solicitações à camada de base

resultarem em uma camada muito espessa, realiza-se a divisão desta, criando a sub-base, ocasionando assim em um custo inferior à obra (FERNANDES, 2016).

Conforme definido por DNIT (2006a), a base tem a finalidade de resistir e distribuir os esforços provenientes da ação do tráfego, transmitindo estes às camadas inferiores. Ela pode ser composta de materiais estabilizados naturalmente ou quimicamente, misturas de solos e agregados, britas graduadas, e através de aditivos como cal, cimento, betume, entre outros.

Revestimento é a camada da superfície do pavimento, que tem a finalidade de resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las, de forma atenuada, às camadas inferiores. Além de gerar conforto e segurança aos usuários da via, tem a função de impermeabilizar o pavimento (BERNUCCI et al., 2008).

O revestimento dos pavimentos flexíveis é composto, na maioria das vezes, por interação, por penetração ou por mistura, entre material betuminoso e agregados minerais. Um dos tipos de revestimentos mais utilizados pelas estradas e rodovias como pista de rolagem é o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), comumente chamado de concreto asfáltico, aplicado a elevadas temperaturas. A mistura a quente é feita em usina apropriada, com ligante asfáltico, agregado (gráudo e miúdo), material de enchimento e *filler* (DNIT, 2006a).

Conforme Balbo (2007), o concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) é o produto da mistura de agregados minerais bem graduados, minerais de enchimento e ligante, sendo o cimento asfáltico de petróleo (CAP) o ligante mais convencional, utilizado para a execução de superfícies de rolamento ou camadas de ligação das estruturas de pavimento flexíveis. Quando corretamente dimensionado, este material de revestimento é muito resistente. Porém, o teor de ligante, se não for corretamente empregado, pode resultar em deformações por fadiga ou exsudação quando em excesso, ou torná-lo muito propício a sofrer trincas por fadiga quando em baixa quantidade.

De acordo com DNIT (2006a), o método de dimensionamento do DNER, mais comumente utilizado no país, é baseado no método original do USACE, e o da AASHTO, que

são métodos empíricos, com base experimental referente a condições climáticas e de solos, que visam a proteção do subleito contra a geração de deformações plásticas excessivas durante o período de projeto. Método que foi utilizado neste presente trabalho.

Conforme DNIT (2006a), existem outros métodos de dimensionamento, que aplicam modelos de previsão de desempenho do pavimento. São os métodos do tipo mecanístico-empírico, que estão embasados em propriedades mecânicas dos solos e materiais de pavimentação.

Um aspecto de relevância da aplicação de modelos mecanístico-empíricos, tanto no projeto de pavimentos novos como no de restauração, é a caracterização do comportamento tensão-deformação dos materiais sob as cargas transientes dos veículos. Para isso, os módulos aplicados no modelo são, o Módulo de Deformação Resiliente (MR) e o Módulo de Elasticidade Efetivo "in situ" (Eef). O Módulo de Deformação Resiliente (MR) se refere às condições de compactação e de solicitação do ensaio de laboratório, já o Módulo de Elasticidade Efetivo "in situ" (Eef) reflete ou sintetiza o estado de tensões, a compactação e o modo de solicitação a que a camada é submetida pelas cargas dos veículos em movimento. (DNIT, 2006a).

2.3.1 Dimensionamento de Pavimento Flexível

Conforme Biroli (2003), o dimensionamento de pavimentos flexíveis visa determinar as espessuras de cada uma das camadas do pavimento. Essas camadas, como um todo, têm que ser capazes de resistir aos esforços provenientes das cargas do tráfego e às intempéries causadas pelas condições climáticas, durante o período determinado pelo projeto.

O dimensionamento dos pavimentos flexíveis mais comumente utilizados no país é baseado nos métodos utilizados pela American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO, 1993) e pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER, 1981). Utilizando este o método a capacidade de suporte do subleito e dos demais materiais que constituem um pavimento é feito pelo CBR (DNIT, 2006a).

Conforme o DNIT (2006a, pg. 142), a classificação dos materiais empregados no pavimento devem ser:

- a) Materiais para reforço do subleito, os que apresentam C.B.R. maior que o do subleito e expansão $\leq 1\%$ (medida com sobrecarga de 10 lb)
- b) Materiais para sub-base, os que apresentam C.B.R. $\geq 20\%$, I.G. = 0 e expansão $\leq 1\%$ (medida com sobrecarga de 10 lb)
- c) Materiais para base, os que apresentam: C.B.R. $\geq 80\%$ e expansão $\leq 0,5\%$ (medida com sobrecarga de 10 lb), Limite de liquidez $\leq 25\%$ e Índice de plasticidade $\leq 6\%$.

Conforme o DNER (1981), o pavimento é dimensionado em função do número equivalente de operações, denominado número N, de um eixo estabelecido como padrão, durante um período escolhido de projeto. Portanto, para a definição deste número, é desejável que sejam definidos os elementos relativos ao tráfego, como o volume médio diário anual (VMDa), a classificação e o carregamento da frota (Anexo A), bem como o fator de equivalência de carga (DNIT, 2006). Conforme representada no Quadro 2, para cada valor do número N, tem-se, previamente, determinada a espessura mínima que o revestimento betuminoso do pavimento deve ter.

Quadro 2 - Espessura mínima de revestimento betuminoso, conforme o número N

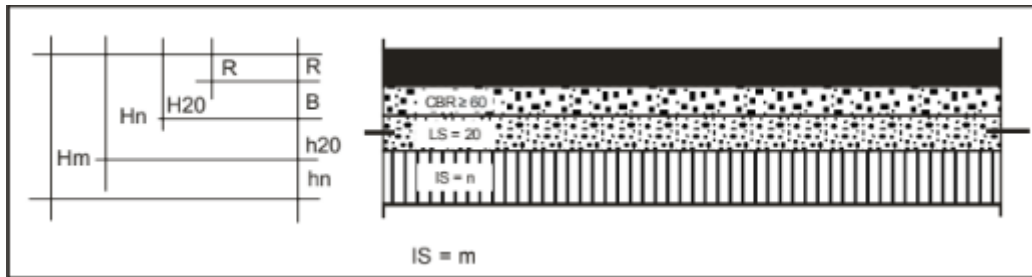
N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso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

Fonte: DNIT (2006a).

A Figura 3, apresenta a simbologia utilizada no dimensionamento do pavimento flexível. As espessuras das camadas, são representadas por Hm, que representa a espessura total do pavimento dimensionado, hn designa, de modo geral, a espessura de camada do reforço do subleito, H20, representa a espessura sobre a sub-base e h20 a espessura de

sub-base. Os símbolos B e R representam, respectivamente, as espessuras de base e de revestimento. A espessura construtiva mínima para as camadas de base e sub-base é de 15 cm. (DNIT, 2006).

Figura 3 - Simbologia das camadas do pavimento tipo flexível.



Fonte: DNIT (2006).

Os coeficientes estruturais, utilizados nas equações de dimensionamento das camadas, são definidos como Kr para a camada de revestimento, Kb para a camada de base, Ks para a camada de sub-base e Kref para a camada de reforço, os valores destes são previamente determinados, variando de 2 a 1, conforme o material constituinte, por DNIT (2006a).

Os coeficientes de equivalência estrutural representam coeficientes de equivalência para os diferentes materiais constitutivos utilizados no dimensionado do pavimento (DNIT, 2006).

Conforme DNIT (2006a), as Inequações 1, 2, 3 e 4 são utilizadas para a obtenção das camadas dos pavimentos:

$$H = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad (1)$$

$$RK_r + BK_b \geq H_{20} \quad (2)$$

$$RK_r + BK_b + h_{20} K_s \geq H_n \quad (3)$$

$$RK_r + BK_b + h_{20} K_s + h_n K_{ref} \geq H_m \quad (4)$$

Onde:

H20 é a espessura da base e revestimento;

R é a espessura da camada de Revestimento;

K_r é o coeficiente de equivalência estrutura do material do revestimento;

B é a espessura da camada de Base;

K_b é o coeficiente de equivalência estrutura do material da base;

H_m é a espessura do topo do revestimento até o topo do subleito;

h_{20} é a espessura da camada de Sub-base;

K_s é o coeficiente de equivalência estrutura do material da Sub-base;

h_n é a espessura da camada de Subleito;

K_{ref} é o coeficiente de equivalência estrutura do material da Subleito;

Conforme o DNIT (2006a, pg. 148), para a determinação do acostamento do pavimento dimensionado:

“não se dispõe de dados seguros para o dimensionamento dos acostamentos, sendo que a sua espessura está, de antemão, condicionada à da pista de rolamento, podendo ser feitas reduções de espessura, praticamente, apenas na camada de revestimento. A solicitação de cargas é, no entanto, diferente e pode haver uma solução estrutural diversa da pista de rolamento.”

2.3.2 Patologias em Pavimentos Flexíveis

As patologias dos pavimentos flexíveis podem ser analisadas como um comportamento bastante complexo, pois cada ação sofrida por este, provoca uma alteração específica sobre as propriedades do material. Ou seja, cada ação dará origem a novos tipos de defeitos e, dessa forma, a situação da estrutura tem comprometido e seu desempenho com o passar do tempo (MAIA, 2012).

Conforme definido por DNIT (2003a), as patologias em pavimentos com revestimento asfáltico podem ser: Deformações de Superfície (Afundamento e Corrugações); Defeitos de Superfície (Exsudação de Asfalto e Desgaste); Panela; Escorregamento do Revestimento Betuminoso; Trincas e Fissuras (Fendas); Remendos;

Os afundamentos são deformações permanentes nas vias, caracterizadas por depressão da superfície do pavimento, causadas principalmente pela ação repetida de cargas de rodas e fluxo canalizado dos veículos, conforme retratado na Figura 4 (DNIT, 2003a).

Figura 4 - Afundamento de Trilhas de Roda



Fonte: DNIT (2003a).

Afundamento plástico nas trilhas de rodas podem ser ocasionados devido ao excesso de ligante asfáltico, um erro de dosagem, e também devido a má escolha do revestimento utilizado, quando o tipo selecionado não comporta a carga solicitante. O afundamento plástico nas trilhas de rodas geralmente apresentam sollevamento lateral, de acordo com Bernucci et al. (2008).

O Afundamento de consolidação é a formação de depressões causadas pela consolidação diferencial das camadas do pavimento ou do subleito, sem que estejam acompanhadas de deslocamentos laterais, ou sollevamento. O Afundamento de Consolidação local se caracteriza por ter extensões menores que 6 metros. Já o Afundamento de Consolidação da Trilha de Roda se caracteriza por ter extensão superiores a 6 metros (DNIT, 2003a).

As ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento são deformações causadas, principalmente, pela má execução da base do pavimento e excesso de asfalto com baixa resistência da massa específica, causando fluência da massa (DNIT, 2003a). Essas corrugações na via são resultados de vibrações excessivas, associadas às tensões cisalhantes horizontais, geradas pelos veículos em movimento, principalmente em áreas submetidas à aceleração e frenagem, como em rampas e curvas (SILVA, 2008).

A Exsudação pode ser definida como o excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento (DNIT, 2003a). Conforme Silva (2008), normalmente, devido ao calor do asfalto, o

baixo volume de vazios do pavimento e o excesso de ligantes na massa asfáltica fazem com que esse ligante sofra exsudação através do revestimento, criando um fenômeno de espelhamento, de brilho, principalmente na trilha de roda do pavimento.

O desgaste é caracterizado pela aspereza superficial do revestimento. Em estágio avançado do desgaste superficial, acontece o arrancamento progressivo do agregado do pavimento. A unidade de medida do desgaste é feita em metros quadrados (DNIT, 2003a). Conforme Bernucci et al. (2008), as causas para os desgastes superficiais são a falta de adesividade entre ligante e agregado, erros na dosagem, com deficiência no teor de ligantes, segregação de massa asfáltica, presença de água aprisionada e sobrepressão nos vazios da camada de revestimento. O deslocamento do revestimento e a remoção dos agregados pelo tráfego são problemas que podem ser explicados pela falta de adesividade entre o ligante asfáltico e o agregado. Isso também pode acarretar a segregação do pavimento, quando ocorre a concentração de agregados em uma área e a deficiência em outra.

Conforme Silva (2008), as panelas, retratadas na Figura 5, são evoluções de trincas, afundamentos e desgastes, pois no local onde havia essas imperfeições, com a ação do tráfego e dos intempéries, principalmente, da água, houve a remoção do revestimento e desagregação das camadas do pavimento. Por isso, conforme ocorrências, os meses de estações mais chuvosas são quando há o maior número de aparecimentos de panelas nas vias.

Figura 5 - Panela



Fonte: Bernucci et. al. (2008)

Conforme Bernucci et al. (2008), o escorregamento de massa asfáltica, apresentado na Figura 6, ocorre por fluência devido ao excesso de ligante. Já o escorregamento do revestimento asfáltico ocorre por falhas construtivas e de pintura de ligação.

Figura 6 - Escorregamento de Massa Asfáltica



Fonte: Bernucci et. al. (2008)

A principal causa atribuída para o aparecimento de trincas no revestimento está relacionada com a fadiga, repetição de passagem de carga de veículo comercial. Ainda, conforme Silva (2008), as trincas transversais no pavimento são causadas pela reflexão de juntas, devido a movimentação térmica e as cargas geradas pelo tráfego ou também devido a retração da camada de revestimento asfáltico. Para Maia (2012), as prováveis causas para o aparecimento desta patologia são a retração térmica da camada de revestimento, má execução da junta longitudinal de trabalho, a fadiga por solicitações excessivas do tráfego, mau dimensionamento das camadas, reflexão de trincas e assentamento da fundação.

De acordo com Bernucci et al. (2008), as trincas isoladas longitudinais acontecem devido ao envelhecimento do ligante asfáltico e também por causa de falhas na execução, como na temperatura de compactação e na dosagem da mistura asfáltica. Um conjunto de trilhas longitudinais longas podem ser decorrentes de uma ação conjunta do tráfego e da infiltração de água pelos acostamentos, quando este não é protegido, causando a ação de umedecimento da base. Esta patologia está relacionada com a retração térmica em ambientes sujeitos a baixas temperaturas e também, em pavimentos de base-rígida e semi-rígida podem ser decorrentes das reflexão de trincas de placas de concreto de cimento Portland.

Conforme DNIT (2003a), um conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, podendo apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas do eixo da via, é denominada trinca couro de jacaré. De acordo com Pinto (2003), esta patologia está associada, principalmente, à repetida passagem de tráfegos e a insuficiente capacidade de carga do pavimento.

As trincas tipo couro de jacaré (J) e couro de jacaré com erosão (JE), conforme Bernucci et al. (2008), estão associadas, além do tráfego e ao subdimensionamento do pavimento, às ações climáticas, envelhecimento do ligante, falha na compactação do revestimento, baixo teor de ligante asfáltico ou envelhecimento desse, perda da flexibilidade do revestimento (pelo tempo ou pela temperatura elevada na usinagem), recalques diferenciais, entre outros.

Conforme Ribeiro (2017), devido à retração do revestimento asfáltico e às variações diárias de temperatura, formam-se as trincas em bloco. Elas não estão relacionadas ao tráfego intenso, por isso, podem ser encontradas em locais variados. Esta patologia indica que o local de sua formação tornou-se menos flexível, pois devido a oxidação ou volatilização dos maltenos, sofreu endurecimento.

A atividade do remendo, apesar de ser uma forma de conservação, é considerada uma patologia, um defeito no pavimento, por provocar danos ao conforto ao rolamento e apontar um local de fragilidade do revestimento (BERNUCCI et al., 2008). Conforme DNIT (2003a), o remendo considerado profundo é aquele em que há a substituição do revestimento e de uma ou mais camadas inferiores do pavimento, normalmente apresentando forma de quadrilátero bem definido. Já o remendo superficial é caracterizado por ser uma correção da superfície do revestimento, apenas com a aplicação de uma camada betuminosa sobre a área localizada.

2.3.3 Avaliação da Superfície de Pavimentos Asfálticos

De acordo com Bernucci et al. (2008), o principal objetivo do pavimento é garantir a trafegabilidade, proporcionar aos usuários conforto ao rolamento e segurança. Por isso,

segundo o autor, são necessárias as avaliações funcionais, pois relaciona-se à apreciação da superfície e como este estado influencia no conforto ao rolamento.

A avaliação da superfície de pavimentos asfálticos pela determinação do Índice Global de Gravidade é uma das avaliações existentes que visa avaliar a superfície do pavimento a partir de levantamentos de patologias observadas. Assim como, a avaliação do valor de serventia atual, na qual atribui-se notas para a qualidade do pavimento (BERNUCCI et al., 2008).

Para um completo diagnóstico do estado de conservação do pavimento, são utilizadas avaliações funcionais, da superfície, complementando-as com as avaliações estrutural do pavimento, nas quais são utilizados métodos de medidas de deflexões em múltiplos pontos. Os equipamentos comumente utilizados no Brasil para esse modelo de avaliação são: a viga Benkelman, que impõe um carregamento quase estático e o Falling Weight Deflectometer (FWD), que aplica um carregamento por impacto (BALBO, 2007).

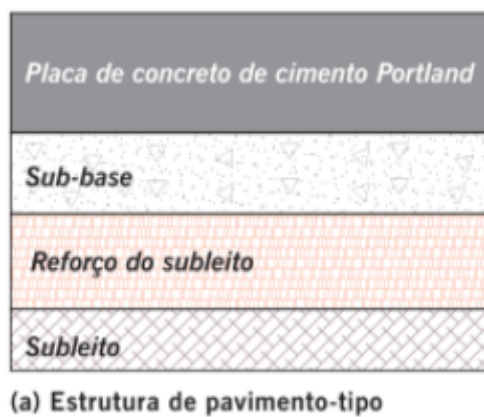
Tendo como objetivo a avaliação das superfícies de pavimentos asfálticos, foi elaborada a norma 006 (DNIT, 2003b) com as condições exigíveis para a avaliação dos tipos flexíveis e semi-rígidos. A avaliação é feita mediante contagem e classificação das ocorrências aparentes e da medida das deformações permanentes nas trilhas de roda.

Conforme Bernucci et al. (2008), para ser possível definir qual o tipo de restauração será necessário é preciso realizar um estudo de condição do pavimento. O levantamento quantitativo das degradações existentes da superfície do pavimento, é chamada de Avaliação Objetiva. Onde são apresentados as descrições dos defeitos e seus níveis de severidade. Esta, por sua vez, tem como objetivo avaliar a superfície do pavimento, se tratando de uma avaliação funcional, pois não verifica a condição estrutural. Já a Avaliação Subjetiva define-se pela atribuição de notas para as condições apresentadas na superfície.

2.4 Pavimento Rígido

Conforme Bernucci et al. (2008), os pavimentos rígidos podem ser definidos como aqueles nos quais é utilizado revestimento de placas de concreto de cimento Portland. Neste tipo de pavimento a espessura total é fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto e da resistência das camadas inferiores. As diferentes camadas da estrutura de um pavimento tipo rígido podem ser observadas na Figura 7.

Figura 7 - Estrutura Pavimento tipo Rígido



Fonte: Bernucci et al. (2008).

De acordo com Balbo (2009), a camada de rolamento dos pavimentos rígidos é elaborada com concreto produzido com agregados e ligantes hidráulicos, com pré-moldagem ou produção *in loco*. Segundo o autor, há diversos modelos de revestimentos de pavimentos rígidos, entre eles os pavimentos de concreto armado, que trabalham com regime de compressão no banzo comprimido, sem sofrer esmagamento; os pavimentos de concreto com armadura contínua, que são resistentes a fissuração de retração; os pavimentos de concreto protendido, placas de grandes dimensões planas e pouco espessas, trabalhando em regime elástico; os pavimentos de concreto pré-moldado, que atendem as necessidades de transporte, elevado controle e precisão, e rápida substituição de placas deterioradas.

Os pavimentos de concreto simples são constituídos de placas de concreto de cimento Portland, com valores de alta resistência em relação a concretos estruturais para edifícios,

apoiados sobre o subleito, devendo resistir tanto aos esforços de compressão, quanto aos de tração, pois não possuem armaduras para isso. As placas são separadas por juntas moldadas ou serradas, para controlar a fissuração por retração, empenamento ou dilatação térmica. Podem apresentar ou não barras de transferências entre as placas (OLIVEIRA, 2000).

Ainda, conforme Balbo (2009), podem ser utilizados como revestimento em pavimentos rígidos o *Whitetopping*, que consiste em uma camada rígida de reforço para a reabilitação de pavimentos asfálticos, executadas com concreto de cimento Portland e também o *Whitetopping* Ultradelgado, que consiste em uma camada delgada de concreto, de elevada resistência, sobre a antiga superfície asfáltica fresada.

Conforme DNIT (2004c), para o pavimento rígido, o concreto de cimento Portland utilizado pode ser o CP-I (Portland comum), CP-II (Portland Composto), CP-III (Portland de Alto Forno e CP-IV (Portland Pozolânica), para a fabricação com fins de pavimentação. Os agregados (grãos e miúdos) devem atender à granulometria e qualidade estabelecidos pela norma NBR 7211 (ABNT, 2019).

As normas DNIT-ME 036 (2004a) e DNIT-ME 037 (2004b) orientam que a água de amassamento deve estar limpa, livre de impurezas, com limites estabelecidos aceitos de sais e matéria orgânica, evitando assim, problemas como, atraso no processo de pega, corrosão das armaduras provocadas pelos íons dos sais, dificuldade de coesão interna entre outras complicações.

Os aditivos empregados no concreto tem funções de melhorar suas características, melhorando sua trabalhabilidade, reduzindo a permeabilidade, retardando o tempo de pega e aumentando a resistência mecânica, conforme estabelecido pela norma NBR 11768-1 (ABNT, 2019).

Conforme definido pelo DNIT (2005b), para pavimentos rígidos têm sido adotada a prática de instalação de uma sub-base entre a placa de concreto de revestimento e solo de subleito. Esta camada, usualmente delgada, tem as funções de uniformizar o suporte disponível, evitar os efeitos de mudanças excessivas de volume dos solos do subleito e eliminar a ocorrência do fenômeno de bombeamento de finos plásticos. A sub-base neste tipo

de pavimento é, obrigatoriamente, adotada quando o tráfego for intenso, com mais de 300 veículos comerciais por dia, por faixa de rolamento.

De acordo com DNIT (2005b, pg. 72), os parâmetros definidos para a escolha do material constituinte da sub-base devem ter:

“a dimensão máxima do agregado inferior a $\frac{1}{3}$ da espessura da sub-base, a porcentagem de material passando na peneira ABNT 0,075mm deverá ser igual ou menor do que 35% , o índice de plasticidade (IP) deve ser igual ou menor do que 6%, e o limite de liquidez (LL) máximo deve ser de 25%.”

Conforme DNIT (2005b), o método traz, de forma implícita nos ábacos de dimensionamento, o dano acumulado por fadiga, conhecida como Lei de Miner. O critério de fadiga, fator utilizado para dar segurança ao pavimento dimensionado, possui um consumo total admissível de 100%. “Esta lei determina que a parcela da resistência à fadiga não consumida por uma certa classe de carga, fica disponível para uso por outras cargas, sendo que o dano total é a soma final dos consumos individuais da resistência à fadiga” (DNIT, pg 90, 2005b).

A erosão, outro modelo de ruína utilizado no dimensionamento, é a perda de material da camada de suporte direto da placa de concreto, por ação combinada da água e da passagem de cargas. Este dano no pavimento, causado por bombeamento, formação de vazios ou contato entre a placa e a fundação, acarreta na formação de “degraus” nas juntas transversais da via (DNIT, 2005b).

Conforme DNIT (2005b), para o dimensionamento do pavimento foi introduzido o conceito de fator de erosão, que mede o poder que uma certa carga tem para impor uma certa deformação vertical à placa, ligado ao parâmetro de erosão. O modelo de erosão é o índice de serventia do pavimento em função do grau de escalonamento, da intensidade do tráfego e da espessura do pavimento. O critério do dano causado por erosão é intimamente ligado às condições climáticas regionais e à eficiência da drenagem. O limite recomendado para o dano total por erosão é igual a 100%

2.4.1 Dimensionamento de Pavimento Rígido

Conforme DNIT (2005b), o método da Portland Cement Association – PCA – 1984, para dimensionamento do pavimento rígido, é utilizado para os tipos de pavimentos de concreto simples, com e sem barras de transferência, pavimentos de concreto com armadura distribuída, contínua e descontínua. Os parâmetros que o método utiliza são os fatores de fadiga e erosão, tipo de pavimento, distribuição do tráfego, características do concreto, acostamentos, sub-bases com cimento, barras de transferências e o fator de segurança de carga.

Este método é baseado em estudos sobre o comportamento das placas de concreto, ensaios sobre o comportamento e influência das juntas, sub-bases e acostamentos no desempenho de pavimentos de concreto, estudos de tráfegos e pistas experimentais (AASHTO) e observação de pavimentos em serviço (DNIT, 2005b).

De acordo com DNIT (2005b), para o dimensionamento da espessura do pavimento deve-se, inicialmente, calcular o número de eixos totais por classe de carga, que irão gerar solicitações no pavimento durante o período de projeto previsto (vida útil). Os parâmetros utilizados para a definição da espessura do pavimento dimensionado são o tipo de acostamento, a adoção de barras de transferência, a resistência do concreto à tração na flexão aos 28 dias, o coeficiente de recalque e o fator de segurança. O coeficiente de recalque (k), outro parâmetro utilizado para o dimensionamento da espessura do pavimento, varia de acordo com o material de base adotado.

Após a definição do valor do coeficiente de recalque, deve-se determinar os fatores de erosão causados para cada tipo de eixo, definido a partir destes e suas respectivas cargas que irão atuar no pavimento. Definido o fator, é possível definir o fator de fadiga e as repetições admissíveis para o tipo de pavimento escolhido. A partir da soma das porcentagens de fadiga e erosão, é possível verificar se a espessura estimada para o projeto cumpre com os requisitos exigidos (DNIT, 2005b).

Todo o dimensionamento do pavimento é feito por meio da utilização de quadros e ábacos pré-definidos e fornecidos pelo DNIT, no manual de pavimentos rígidos de 2005, a partir de pistas experimentais estudadas, conforme Anexo B.

2.5 Comparativos gerais entre os Pavimentos Rígidos e Flexíveis.

Conforme Silva et al. (2018), a partir de dados estudados sobre pavimentos rígidos e flexíveis, quanto ao dimensionamento e à espessura das camadas dos pavimentos, os materiais utilizados na implantação e seus desempenhos, foi possível a elaboração de um comparativo geral entre estes. Conforme representados no Quadro 3, estão dispostas algumas das principais diferenças entre os pavimentos rígidos e flexíveis.

Quadro 3 - Análise comparativa entre os Pavimentos Rígido e Flexível;

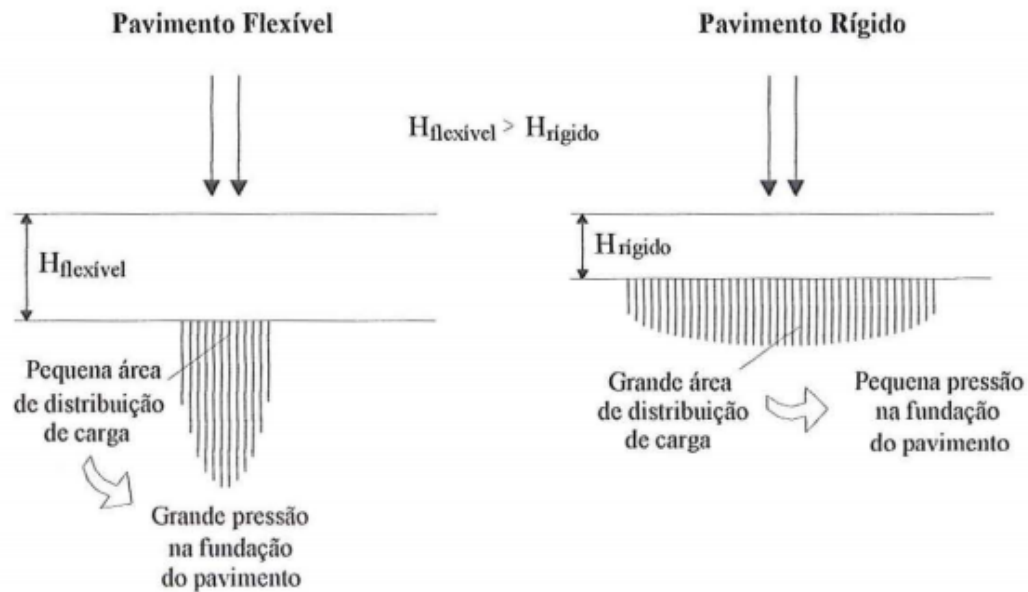
Pavimentos Rígidos	Pavimentos Flexíveis
Estruturas mais delgadas;	Espessuras mais espessas e múltiplas camadas (Requer maior escavação do terreno);
Resistente a produtos e ataques químicos;	Fortemente afetado por produtos químicos;
Maior visibilidade horizontal;	Visibilidade reduzida à noite;
Pequena necessidade de manutenções e conservações;	Grande necessidade de manutenções e conservações;
Baixa aderência das demarcações viárias;	Alta aderência das demarcações viárias;
Maior vida útil projeto (Mínima 20 anos);	Menor vida útil de projeto (Máximo 10 anos);
Maior segurança quanto à derrapagem;	Superfície muito escorregadia quando molhada;
Melhor difusão de luz, cor clara;	Baixa reflexão de luz, cor escura;
Menor absorção e retenção de calor;	Maior absorção e retenção de calor;
Melhor drenagem superficial;	Necessita maiores caimentos;
Pouco afetada por intempéries;	Muito afetada pelos intempéries, causando degradação;

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2018); Adaptado de Andrade Júnior; Reis (2018).

O pavimento de concreto simples, de cimento Portland, conforme Carvalho (2007), tem alta durabilidade, pouca necessidade de manutenção e diminui o número de acidentes

relacionados à condição da via ou rodovia, por proporcionar melhor escoamento de água e melhor difusão de luz, principalmente, em comparação com o pavimento flexível de concreto betuminoso usinado a quente.

Figura 8 - Comparativo das pressões das solicitações nos pavimentos.



Fonte: Biruli (2003).

Conforme retratado na Figura 8, as solicitações geradas pelas cargas de tráfego são melhor dispersadas pelos pavimentos rígidos, exigindo assim, menos resistência de sua fundação. Por este motivo, no dimensionamento do pavimento rígido é dispensada a implantação da camada de reforço de subleito. Já nos pavimentos flexíveis, as cargas não são tão bem dispersas, o que exige mais de sua fundação. Dessa forma, os pavimentos flexíveis seriam mais indicados para os solos com maiores resistências, e que não necessitem de reforço nas camadas de subleito, tornando-o mais simples sua execução (NETO, 2011 apud SILVA et. al., 2018).

2.6 Análise de Custos

Conforme Barbosa (2005), a viabilidade econômica de um projeto deve ser analisada a partir da Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que é a taxa de juros equivalente à maior rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco.

Segundo Helfert (2000), pelo método da VPL (Valor Presente Líquido), é possível realizar uma análise dos valores finais em termos de valor presente equivalente. Essa avaliação permite quantificar a liquidez do saldo que determina as compensações financeiras.

Conforme Schroeder (2005), o Valor Presente Líquido utiliza como critério os fluxos de caixa descontados a uma determinada taxa. Esta taxa é denominada de TMA, ou seja, o retorno mínimo exigido para o projeto de investimento.

De acordo com Goes (2018), a Taxa Mínima de Atratividade é uma taxa que pode ser definida de acordo com o projeto ou política de cada empresa. No entanto, geralmente, a determinação ou escolha da TMA é baseada nas principais taxas de juros praticada pelo mercado, como a Taxa Básica Financeira (TMF), Taxa Referencial (TR), Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP), Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC).

2.7 Trabalhos Semelhantes Consultados

Conforme estudado por Cavalet et al. (2019), no qual foi feito uma avaliação comparativa de viabilidade de implantação entre pavimento de concreto e pavimento asfáltico, no trecho da SC-114 localizado entre Otacílio Costa e Lages, em um período analisado de 20 anos, e considerando os custos de dimensionamento e manutenções, o pavimento rígido apresentou melhor custo benefício. Os custos de construção e manutenção, foram respectivamente de R\$1.742.275,73 e R\$1.045.690,50 para o pavimento flexível, e R\$1.205.237,40 e R\$247.371,06 para o pavimento rígido. Por isso, a partir destes resultados, considerando os custos de construção e manutenção dos pavimentos, de acordo com Cavalet et al. (2019), para a rodovia específica de estudo, a implantação do pavimento rígido se tornou a alternativa mais viável economicamente.

Conforme o estudo de caso apresentado por Mesquita (2001), as comparações entre a implantação de pavimentos de concreto de cimento portland e pavimento de concreto betuminoso usinado a quente, a implantação de um pavimento rígido, com um período de projeto de 20 anos, se torna, aproximadamente, 9% mais econômica, ao final do período, em comparação ao pavimento flexível.

De acordo com Mesquita (2001), o custo inicial de implantação de um pavimento rígido (R\$ 334.259,10/km) é, aproximadamente, 2 vezes superior ao investimento de implantação de um pavimento flexível (R\$ 191.939,40/km), ao final do período de 20 anos, devido aos custos das manutenções do pavimento flexível, recomendadas a cada 6 anos, o pavimento rígido demonstra um melhor custo-benefício.

De acordo com Carvalho (2007), o pavimento de concreto é uma solução técnica e economicamente recomendável para a malha viária do país. Reduzindo assim os gastos das Agências (Órgãos Públicos e Concessionárias), e o mais importante, dando ao usuário rodovias e vias urbanas seguras e confortáveis para trafegar.

No comparativo entre os estudos de Silva et al. (2018) e Mesquita (2001), fica evidente que devido ao aumento do preço do petróleo nos 15 últimos anos (intervalo entre os estudos), os derivados deste, como o concreto betuminoso, elevaram seu valor, fez-se com que o preço do pavimento rígido de cimento portland torna-se competitivo já no momento de instalação, e tornando-se mais econômico, com o passar do período de projeto estimado, em comparação ao pavimento flexível.

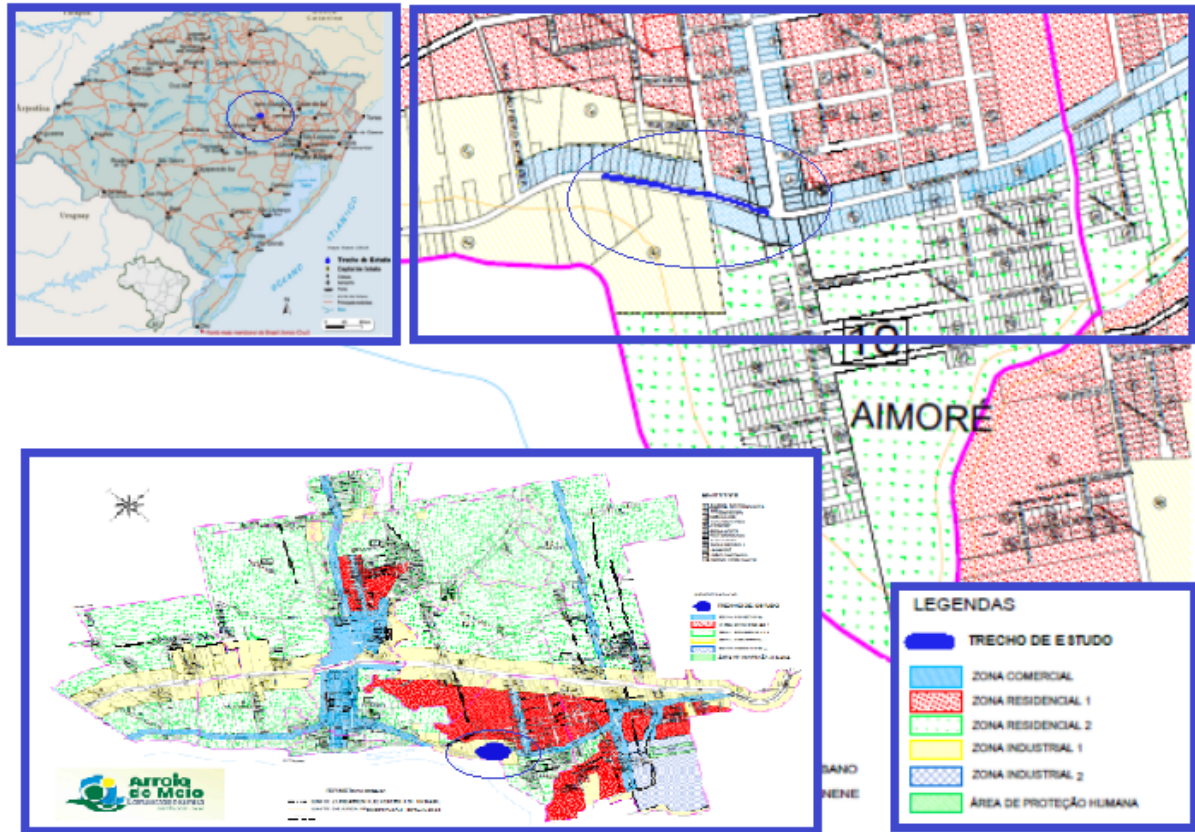
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo foram apresentados os procedimentos metodológicos do trabalho, onde foram apresentados o trecho definido para estudo e as etapas realizadas para obter as informações necessárias para analisar de forma comparativa, conforme definido como objetivo geral, o método de pavimentação mais adequado técnica e economicamente para o local.

3.1 Caracterização da área de estudo

O trecho definido para o estudo se encontra no estado do Rio Grande do Sul, no município de Arroio do Meio, fazendo parte da Rua Presidente Vargas, localizada no Bairro Aimoré. O local escolhido da via já implantada tem a extensão de 300 metros e largura de 12 metros. É uma via de sentido duplo e pista de rolamento simples, sem acostamento. Este trecho foi escolhido devido ao tráfego de veículos comerciais no local, o que acaba acarretando o surgimento, recorrente e precoce, de patologias no pavimento atual. Este tráfego se deve ao fato de ser uma zona industrial da cidade e o único trecho permitido de acesso a empresas de grande porte que se encontram por lá, como BRF - Brasil Foods S/A, Dália Alimentos, Companhia Minuano de Alimentos e Curtume Aimoré S/A. Na Figura 9, está representada a localização do trecho de estudo, nos mapas do estado do Rio Grande do Sul, no município de Arroio do Meio e na Rua Presidente Vargas, Bairro Aimoré.

Figura 9 - Trecho de estudo nos Mapa do Estado do Rio Grande do Sul, cidade de Arroio do Meio e Bairro Aimoré.



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

3.2 Caracterização do Subleito

Para a identificação do Índice de Suporte Califórnia (CBR) do solo de subleito do trecho definido para estudo, seriam realizados os procedimentos padronizados pela norma DNIT 172/2016 - ME (DNIT, 2016). Mas, devido ao agravamento da situação da pandemia de Covid-19, onde foi decretado lockdown na região do Vale do Taquari e no estado do Rio Grande do Sul durante o período de realização desta pesquisa, tornou-se inviável a realização do ensaio no Laboratório de Tecnologias de Construção - LATEC em função das restrições estabelecidas e consequente redução dos horários e do número de pessoas a ocupar o espaço.

Diante de tal situação, foi-se decidido a utilização de um trabalho base para determinar o valor do CBR do solo. O trabalho utilizado como base se trata de um projeto de pavimentação realizado pela Prefeitura de Arroio do Meio na rua Alagoas, no bairro Aimoré,

local com distância de 500 metros do trecho definido para estudo. Para o local em questão, após a realização de ensaios por parte da prefeitura, resultou em um CBR de 8% para o solo do subleito.

3.3 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Asfálticos

A avaliação objetiva do pavimento localizado na área de estudo foi realizada por meio da norma DNIT 006/2003 - PRO (DNIT, 2003b). O procedimento foi feito manualmente, por amostragem e anotado em formulário apropriado (ANEXO C) os defeitos observados .

As superfícies de avaliação têm 6 metros de comprimento, sendo 3 metros antes e 3 metros após a estação considerada. As estações são localizadas, em rodovias de pista simples a cada 40 metros, ou a cada 20 metros alternados entre faixas (DNIT, 2003b).

Após realizado o levantamento em campo, foi feito o cálculo do índice de gravidade global. Para sua aplicação, foi necessário, primeiramente, identificar as patologias da superfícies asfáltica. Estas foram classificadas em 8 tipos e para cada uma delas há um fator de ponderação que foi utilizado no cálculo, como detalhado no Quadro 4.

Conforme norma DNIT 005/2003 – TER (2003a) do DNIT, os defeitos da superfície asfáltica são:

Quadro 4 - Nomenclatura de Patologias em Pavimentos Flexíveis

DEFEITO	NOMENCLATURA
Fissuras	FI
Trincas isoladas transversais curtas	TTC
Trincas isoladas transversais longas	TTL
Trincas isoladas longitudinais curtas	TLC
Trincas isoladas longitudinais longas	TLL
Trincas interligadas tipo couro de jacaré sem erosão	J
Trincas interligadas tipo couro de jacaré com erosão	JE
Trincas isoladas devido à retração térmica	TRR
Trincas em bloco sem erosão	TB

Trincas em bloco com erosão	TBE
Afundamentos plásticos locais	ALP
Afundamentos plásticos nas trilhas de roda	ATP
Afundamentos de consolidação locais	ALC
Afundamentos de consolidação nas trilhas de roda	ATC
Corrugação ou Ondulação	O
Escorregamento de Revestimento Betuminoso	E
Exsudação	EX
Desgaste acentuado	D
Panela	P
Remendos	R

Fonte: DNIT (2003a).

A norma DNIT 006/2003 - PRO (DNIT, 2003b), solicita que seja feita a verificação dos afundamentos presentes na via de estudo, através da utilização de treliça de alumínio específica para medição das flechas nas trilhas de roda.

Conforme DNIT (2003b), os fatores de ponderação estabelecidos para a média e variância das medidas das flechas nas trilhas de rodas internas e externas são definidos pelos critérios:

a) se a média for igual ou menor que 30 mm, então o fator de ponderação é igual a 4/3; quando maior que 30 mm o IGI é igual a 40;

b) se a variância for igual ou menor que 50 mm, então o fator de ponderação é igual a 1; se maior que 50 mm, o IGI é igual a 50.

O Quadro 5 especifica quais são os valores dos fatores de ponderação de cada uma das classes de patologias classificadas por DNIT (2003a).

Quadro 5 - Fator de Ponderação específico para cada classe de defeitos

Tipo	Codificação dos Defeitos	Fator de Ponderação
1	FC - 1 (FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR)	0,2
2	FC - 2 (J e JB)	0,5
3	FC - 3 (JE e TBE)	0,8
4	ALP e ATP	0,9
5	O e P	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT (2003a).

Para a realização dos cálculos das frequências, foram analisados os dados coletados dos defeitos e subdivididos em segmentos que possuem as mesmas características. A frequência absoluta (fa) corresponde ao número de vezes em que a ocorrência foi verificada. A frequência relativa (fr), dada em porcentagem, é obtida através da Equação 5:

$$Fr = (Fa \times 100) / n \quad (5)$$

Onde:

fr é frequência relativa (%);

fa é frequência absoluta;

n é número de estações inventariadas;

Obs.: para os cálculos de frequência relativa (fr) e índice de gravidade individual (IGI), quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipo 1, 2 e 3 (relativas às fendas), só foram consideradas as do tipo mais grave (DNIT, 2003b).

Para cada uma das ocorrências inventariadas, foram calculados os Índices de Gravidade Individual (IGI), através da Equação 6:

$$IGI = (Fr \times Fp) \quad (6)$$

onde:

Fr é a frequência relativa;

Fp é o fator de ponderação;

O Índice de Gravidade Global (IGG), por sua vez, foi obtido através do somatório dos Índices de Gravidade Individual, conforme Equação 7. Os resultados foram observados com o preenchimento da planilha de cálculo definida pelo DNIT (2003b), conforme o Anexo D.

$$IGG = \sum IGI \quad (7)$$

Onde:

IGG corresponde ao Índice de Gravidade Global;

IGI é o Índice de Gravidade Individual;

A verificação do Conceitos de Degradação da via, se dá pelo resultado do Índice de Gravidade Global, onde, conforme Quadro 6, se o resultado for de 0 a 20, é considerado como ótima, de 20 a 40, boa, de 40 a 80, regular, de 80 a 160, ruim, e se superior a 160, péssimo.

Quadro 6 - Limites de valores do índice de Gravidade Global para cada conceito

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Fonte: DNIT (2003b).

A análise do Índice Global de Gravidade foi feita com o intuito de analisar o trecho de pavimento do local de estudo. Avaliando, desta forma, por meio do resultado obtido, a qualidade do pavimento flexível já existente.

3.4 Volume de Tráfego e Número Equivalente N

A contagem de tráfego foi realizada em campo, através de filmagem com *smartphone* e anotações com o auxílio de planilhas Excel, onde foi contado o número de veículos que circulam no local e em determinado sentido. Durante três dias foram feitas contagens experimentais, para definição do horário de maior tráfego. Após definido o horário, durante período de dois meses, foram feitas contagens em diferentes dias da semana. Os horários das contagem foram das 07h30 às 08h30, de segunda-feira à sexta-feira, por se tratar do horário de maior fluxo.

A partir das contagens em campo, foi definido o valor de Volume Horário de Projeto. Conforme DNIT (2006b), no Manual de Estudos de Tráfego, para rodovias em que não se dispõem de informações mais precisas do comportamento do tráfego, normalmente rodovias rurais, utiliza-se o fator K. O fator K, utilizado para a expansão dos dados de tráfego horários, representa que o VHP tem o valor de 8,5% do Volume Médio Diário, de acordo com DNIT (2006b).

Mesmo se tratando de uma rodovia urbana, mas pelo fato de não haver informações precisas sobre o tráfego no trecho de estudo, optou-se pela utilização do fator K, para expansão dos dados, igual ao valor recomendado por DNIT (2006b) para rodovias rurais.

Conforme Senço (2008), a relação entre o Volume Horário de Projeto e o Volume Diário Médio de uma via chama-se Fator K, comumente determinado a partir do volume da 50ª Hora (curva da enésima hora), que pode ser apresentado pela Equação 8.

$$K = VHP / VDM \quad (8)$$

Onde:

K é o fator da Hora de Projeto;

VHP é o Volume Horário de Projeto;

VMD é o Volume Médio Diário (veículos);

Os veículos contabilizados foram classificados conforme determinado por DNIT (2006b). Todos os dados e classificações foram realizadas mediante preenchimento do formulário disponibilizado pela norma, disposto no Anexo E.

Para a determinação dos carregamentos da frota, não foram realizadas a pesagem dos veículos comerciais, os carregamentos por eixo dos veículos foram estimados conforme Resolução nº 12/98 do Código de Trânsito Brasileiro – CTB, que estabelece os limites de peso máximo permitido, conforme Anexo J. E o peso bruto total considerado por unidade foi igual a 45 toneladas (BRASIL, 1998).

A partir dos dados obtidos pela contagem, foi definido o VMD, que é a progressão do volume médio diário, obtido através de contagem de veículos em um único sentido da via, durante um horário especificado, para o volume total do ano. A sua projeção ao longo do período de projeto foi baseada em taxas de crescimento do tráfego e no conhecimento de eventuais alterações previstas para o sistema de transporte regional.

O Volume Médio de veículos, que considera o tráfego atual para prever um comportamento futuro, foi determinado pela Equação 9.

$$VM = [VMD \times (2 + (P - 1) \times t / 100)] / 2 \quad (9)$$

Onde:

VMD é o Volume Médio Diário (veículos);

P é o Período de projeto (em anos);

t é a Taxa de crescimento anual (%);

Para o carregamento da frota foi considerado a distribuição de cargas por eixo, onde o eixo simples padrão (ESP) representa um eixo simples com roda dupla que possui carga total de 8,2 tf (82 kN ou 1800 lbf) e pressão de pneu de 5,5 kgf/cm² (550 kPa ou 80 psi).

O fator eixo é um valor médio que indica quantos eixos possuem, em média, os caminhões da frota. Este fator foi definido pela Equação 10.

$$FE = n / VMDc \quad (10)$$

Onde:

n é o Σ total de eixos;

VMDc é o Volume Médio Diário considerando somente os veículos comerciais;

Conforme DNIT (2006b), para padronização dos cálculos de dimensionamento de pavimentos o fator de equivalência de carga, que transforma qualquer magnitude de cargas em um número equivalente de operações de um eixo padrão de 8,2 tf, em função do tipo de eixos, foi realizada as conversões através de relações empíricas já estabelecidas, conforme o modelo USACE, especificado no Quadro 7.

Quadro 7 - Fatores de Equivalência de carga no modelo USACE

Tipos de eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 - 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	≥ 8	$FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo	0 - 11	$FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
	≥ 11	$FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem triplo	0 - 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

Onde P é o peso bruto total sobre o eixo.

Fonte: DNIT (2006b), adaptado Balbo (2007).

Para a definição do fator de carga total, a partir do modelo USACE, utilizou-se a Equação 11.

$$FC = \sum FC * p_i / 100 \quad (11)$$

Onde:

Fc é o fator carga;

Pi é a porcentagem correspondente a cada tipo de veículo;

Para a determinação do fator climático regional (FR) foi considerado as variações de umidade no período de um ano, pois esta influencia na capacidade de suporte dos materiais do pavimento. Para a região do Vale do Taquari, localização onde se encontra o trecho definido para o projeto, foi utilizado um Fator Climático regional de 1,0.

O número N, que representa o número de repetições de carga equivalente ao eixo padrão rodoviário, aplicados no pavimento, foi determinado pela Equação 12.

$$N = 365 \times VM \times P \times FC \times FE \times FR \quad (12)$$

Onde:

N é o número equivalente de operações de eixo padrão;

VM é o volume médio de tráfego no sentido mais solicitado, no ano do período de projeto (considerando o crescimento da frota para o período de projeto previsto);

P é o período de projeto ou vida útil, em anos;

FC é o fator de carga;

FE é o fator de eixo;

FR é o fator climático regional;

Ainda, para o dimensionamento do pavimento rígido, foi calculado o número de repetições previstas de passagens dos eixos solicitantes para cada classe de veículo.

O número de eixos solicitantes para cada classe foi realizado pela Equação 13.

$$n_i = VMD \times p_i \times FE / 100 \quad (13)$$

Onde:

n_i é o número de eixos solicitantes dos veículos por classe;

p_i é a porcentagem dos veículos da classe calculada, em relação ao VMD;

VMD é o Volume Médio Diário (veículos);

FE é o fator de eixo;

Foi determinada para cada classe de veículos, a frequência das cargas por eixo, através da Equação 14.

$$n_{ij} = p_{ij} \times n_i / 100 \quad (14)$$

Onde:

n_{ij} é o número de eixos solicitantes dos veículos de classe i e de carga por eixo j ;

p_{ij} é a porcentagem dos veículos de classe i que têm carga por eixo j .

n_i é o número de eixos solicitantes dos veículos por classe;

Após calculados os eixos solicitantes para cada classe de veículos e, para cada classe, os eixos solicitantes de carga prevista, foram selecionados os veículos, de acordo com suas cargas por eixo, e somadas as parcelas, utilizando planilhas Excel. Obtendo-se, desta forma, o número de eixos solicitantes para cada tipo de eixo, durante o período de projeto.

3.5 Dimensionamento de Pavimento Flexível

O dimensionamento do pavimento flexível foi feito pelo Método do DNER (1981), um método empírico que emprega ensaios de resistências dos solos.

Após definido o Índice de Suporte Califórnia (CBR) do solo do subleito, foram dimensionadas as camadas superiores. A base foi dimensionada utilizando um CBR de 80% e a sub-base de 20%, valores considerados como mínimos para o dimensionamento por DNIT (2006b). Como o solo do subleito demonstrou resistência suficiente, com um CBR de 8%, não foi necessário o dimensionamento da camada de reforço do subleito, indicada para solos com CBR inferiores a 2%.

Os Coeficientes de Equivalência Estrutural (k), para os diferentes materiais constitutivos do pavimento, foram obtidos pelo Quadro 8.

Quadro 8 - Coeficientes de Equivalência Estrutural

Componentes dos pavimentos	Coeficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00

Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento por penetração	1,20
Base granular	1,00
Sub-base granular	0,77 (1,00)
Reforço do subleito	0,71 (1,00)
Solo-cimento (resistência à compressão em 7 dias > 45 kgf/cm ²)	1,70
Idem (resistência à compressão em 7 dias entre 45 kgf/cm ² e 35 kgf/cm ²)	1,40
Idem (resistência à compressão em 7 dias inferior 35 kgf/cm ²)	1,00

Fonte: DNIT (2006a).

O dimensionamento da camada de revestimento do pavimento foi obtido a partir do número N, conforme já demonstrado no Quadro 2, onde é possível verificar a espessura mínima recomendada de revestimento betuminoso para cada intervalo de valores.

A determinação da espessura da camada de base foi feita, primeiramente, a partir da utilização da Equação 15, que especifica qual é a espessura total da base mais o revestimento.

$$H_{20} = 77,67.N^{0,0482}.CBR^{-0,598} \quad (15)$$

Onde:

H₂₀ é a espessura da base e revestimento;

N é número N definido para o projeto;

CBR é índice de suporte do material abaixo da camada do pavimento à ser calculada;

Definido o valor da espessura total da base mais revestimento, e utilizando a Equação 16, foi dimensionada a espessura da camada de base necessária para resistir às solicitações.

$$R.Kr + B.Kb \geq H_{20} \quad (16)$$

Onde:

R é a espessura da camada de revestimento;

Kr é o coeficiente de equivalência estrutura do material do revestimento;

B é a espessura da camada de base;

Kb é o coeficiente de equivalência estrutura do material da base;

H20 é a espessura total da base mais o revestimento;

A espessura da camada da sub-base foi dimensionada a partir da Equação 17, que utilizou o valor de Hm, espessura da superfície do revestimento até a superfície do subleito, definida a partir da Equação 15, e após, aplicada, na qual determinou a espessura da sub-base que terá condições de resistir aos esforços solicitados.

$$R.Kr + B.Kb + h20.Ks \geq Hm \quad (17)$$

Onde:

R é a espessura da camada de revestimento;

Kr é o coeficiente de equivalência estrutura do material do revestimento;

B é a espessura da camada de base;

Kb é o coeficiente de equivalência estrutura do material da base;

h20 é a espessura da camada de sub-base;

Ks é o coeficiente de equivalência estrutura do material da sub-base;

Hm é a espessura da superfície do revestimento até a superfície do subleito;

Como não se mostrou necessário, não foi realizado o dimensionamento da camada de reforço de subleito do pavimento.

O fator de crescimento - Fc, utilizado no dimensionamento dos pavimentos, tanto o rígido quanto o flexível, foi definido, a partir da recomendação do DAER (2010), no valor de 3% ao ano.

3.6 Dimensionamento de Pavimento Rígido

O método escolhido para o dimensionamento do pavimento rígido foi o Método da Portland Cement Association - PCA. O método PCA parte de uma espessura para a placa de

concreto pré definida pelo projetista, e o procedimento de dimensionamento baseia-se em verificar se a espessura é suficiente. Para o cálculo da espessura da placa de concreto, foi levado em consideração a resistência à tração na flexão da mesma (DNIT, 2005b).

Para a verificação, foi necessário a utilização da relação tensão de tração por módulo de ruptura, que é baseada no número de repetições admissível de carga para cada pavimento, e quando o número de repetições é superior ao admissível, pode provocar o rompimento por fadiga. Quando a relação for inferior a 0,5, o número de repetições de carga permitido é infinito. Isso significa que veículos de passeio ou mesmo com pouca carga, não influenciam no dimensionamento do pavimento (SENÇO, 2007).

A determinação do coeficiente de recalque do subleito que permite a estimativa do coeficiente de recalque no topo da sub-base, foi feita por meio da correlação ao CBR do mesmo material, conforme representadas na Tabela 1. Conforme Senço (2007), as tensões de tração na placa, dependem, entre outros fatores, da deformação dessa placa por flexão, e essa deformação depende do coeficiente de recalque do material de suporte.

Tabela 1 - Correlação CBR (%) x Coeficiente de Recalque (kgf/cm²/cm)

CBR (%)	COEFICIENTE DE RECALQUE (kgf/cm²/cm)
3	2,77
4	3,32
5	3,87
6	4,43
7	4,71
8	5,00
9	5,26
10	5,54
15	6,37
20	6,92
30	9,14

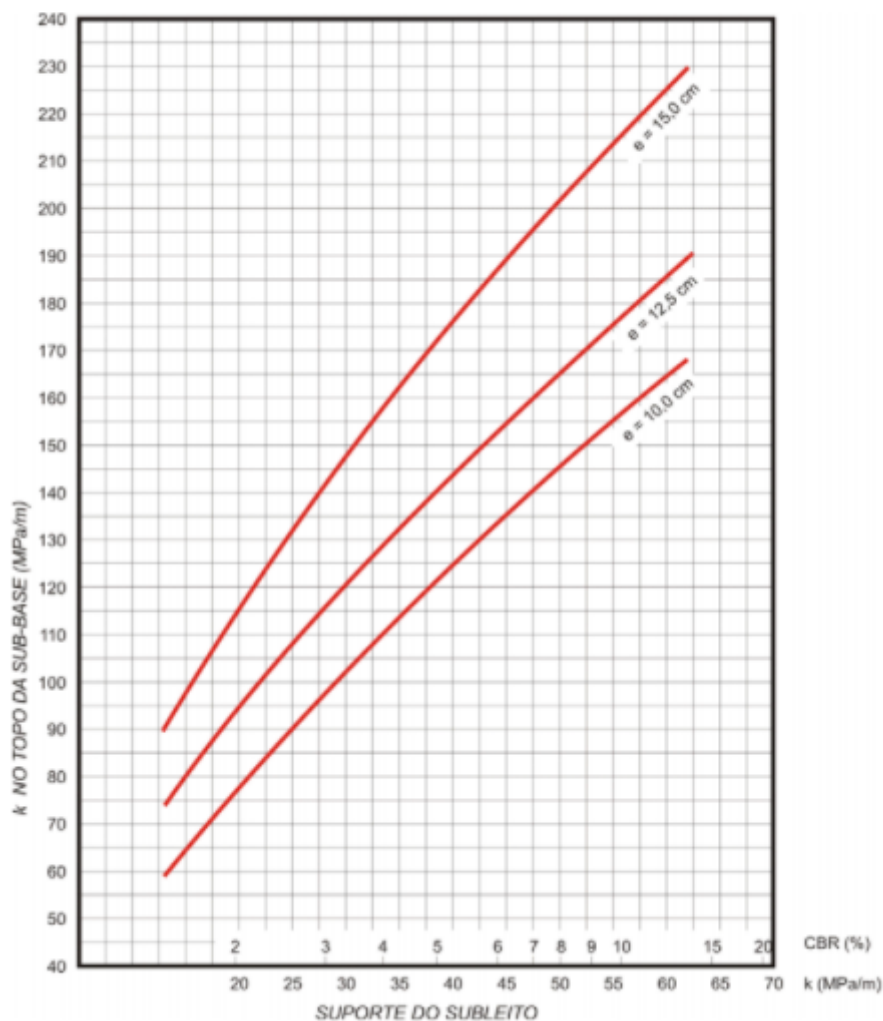
40	11,63
50	13,85
60	16,07
80	19,39
100	22,16

Fonte: Adaptado de Senço (2007)

A determinação da espessura da sub-base foi feita com a utilização do Figura 10. A partir do coeficiente de recalque do material do subleito e da espessura da sub-base, foi possível determinar o coeficiente no topo da sub-base.

O material utilizado na implantação do pavimento de concreto é o CCR - Concreto compactado a rolo, porque ele eleva de maneira considerável o coeficiente de recalque k utilizado no dimensionamento do pavimento de concreto, fazendo com que obtenha-se espessuras mais esbeltas se comparado com outras sub bases.

Figura 10 - Coeficiente de recalque no topo da sub-base - concreto compactado a rolo



Fonte: DNIT (2005b)

Os fatores de segurança de carga foram adotados em função da intensidade e do peso do tráfego. Onde, para o tráfego pesado utiliza-se um fator de segurança de 1,1. Fator escolhido para o projeto.

O período de projeto utilizado para o dimensionamento do pavimento rígido foi de 20 anos, e a taxa de crescimento foi a mesma para o dimensionamento do pavimento flexível, de 3% ao ano.

O formulário para determinação do consumo de resistência à fadiga e os danos causados pela erosão, foi preenchido com os valores dos parâmetros especificados nas

colunas, descritas no Quadro 9. A determinação dos valores necessários foi feita com o auxílio e utilização dos Anexos F, G, H e I.

Quadro 9 - Formulário de Dimensionamento Pavimento Rígido

Col. 1	Col. 2	Col. 3	ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROSÃO	
			Col. 4	Col. 5	Col. 6	Col. 7
Carga p/ Eixo (tf)	Carga p/ Eixo Corrigida	Número de Repetições Previstas (20 anos)	Número de Repetições Permissíveis FADIGA (20 anos)	Consumo de Resistência à Fadiga	Número de Repetições Permissíveis EROSÃO(20 anos)	Consumo de Resistência à Erosão
EIXO SIMPLES						
Tensão Equivalente			Tensão Fadiga		Tensão Erosão	
			CRF es Subtotal =		CRF es Subtotal =	
EIXO TANDEM DUPLO						
Tensão Equivalente			Tensão Fadiga		Tensão Erosão	
			CRF es Subtotal =		CRF es Subtotal =	
EIXO TANDEM TRIPLO						
Tensão Equivalente			Tensão Fadiga		Tensão Erosão	
			CRF es Subtotal =		CRF es Subtotal =	
			CRF TOTAL =		CRF TOTAL =	

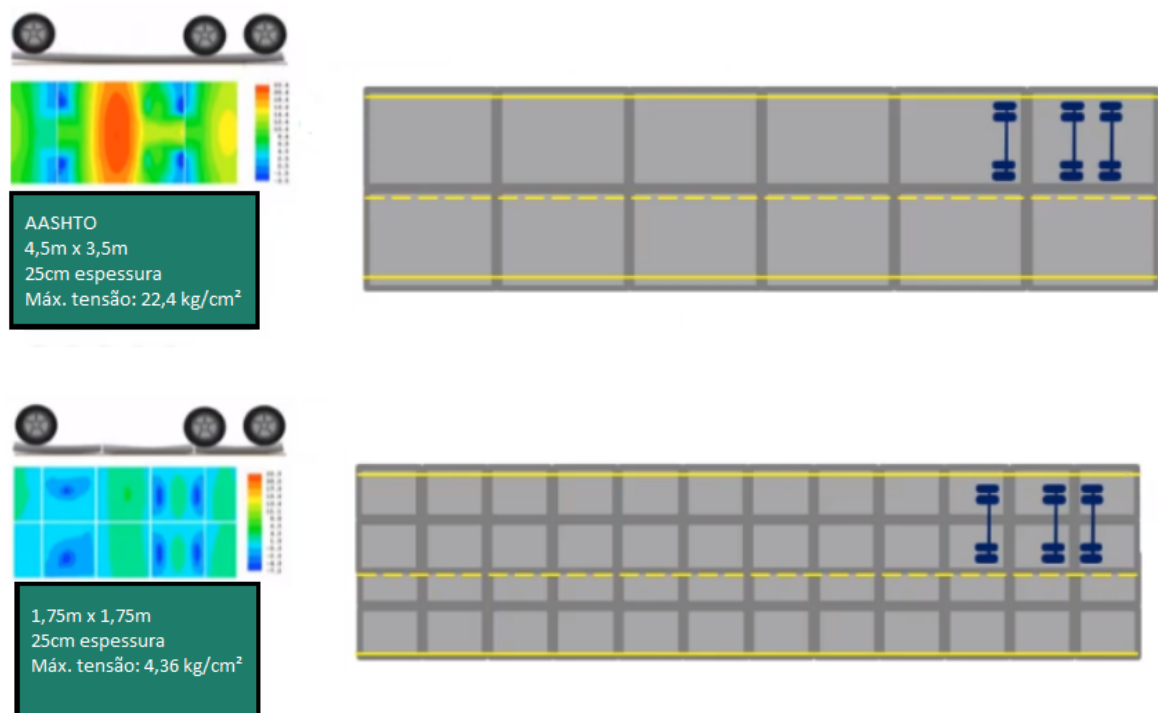
Fonte: Adaptado de DNIT (2005b)

A partir do preenchimento do formulário, foi verificado se a espessura estimada cumpre com os requisitos solicitados. Nenhuma das somas das colunas podiam ultrapassar 100%, caso isso acontecesse, seria alterada a espessura previamente definida por uma maior e

verificada novamente. E se a porcentagem à fadiga consumida ou a porcentagem de dano por erosão fossem muito próximas de zero, ou abaixo de 40%, seria aplicado novamente a verificação alterando a espessura previamente escolhida por uma espessura menor.

Ainda, conforme recomendações da ABCP, foram utilizadas, para o revestimento, placas de concreto de 1,75m x 1,75m. A escolha dessas dimensões se deve por que placas mais curtas têm maior resistência aos esforços de cargas, distribuindo-os de maneira equitativa pela superfície, e apresenta menor variação térmica na placa, evitando futuras fissurações, conforme representadas na Figura 11.

Figura 11 - Comparativo entre Placas de Concreto curtas e longas.



Fonte: Salgado (2020).

Na Figura 11, na qual estão representadas as tensões sofridas pelas placas curtas e longas, pode-se observar que no teste realizado pela Associação Brasileira de Cimento Portland, em uma placa de 25 cm, a mesma carga aplicada por 3 eixos duplos, nas placas curtas, de 1,75m x 1,75m apresentou a máxima tensão na placa de 4,36 kg/cm, enquanto a

placa longa, de 4,5m x 3,5m apresentou uma tensão máxima de 22,4 kg/cm. Este resultado demonstra que nas placas curtas ocorre uma distribuição de maneira mais uniforme da carga aplicada, garantindo mais durabilidade para ela.

3.7 Análise dos Custos dos Pavimentos

A análise de custos das implantações dos pavimentos foi feita a partir dos valores obtidos na planilha de Preços Unitários dos Serviços de Obra do DAER - RS (DAER, 2019). A prefeitura de Arroio do Meio - RS, cidade onde está localizado o trecho de estudo, utiliza estas tabelas de orçamentos, justificando assim a escolha desta para a caracterização dos custos do projeto. Os materiais necessários para a implantação de ambos os pavimentos, bem como seus custos unitários e as quantidades, serão distribuídos em uma tabela.

Os custos de implantação e de manutenção foram calculados a partir das fórmulas do Valor Presente Líquido, para que com isso, seja possível analisar a viabilidade ou não do retorno ou compensação financeira do projeto em questão, identificando os custos totais da construção, desde a etapa de instalação, levando em consideração os custos de manutenção para cada pavimento, até o período de projeto de 20 anos.

O método consiste em trazer para uma data inicial, data zero, todos os fluxos de caixa de um projeto de investimento e somá-los ao valor do investimento inicial, usando como taxa de desconto a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) do projeto. Com o cálculo do Valor Presente Líquido foi possível, descontando as taxas de juros, obter a verdadeira noção do valor do dinheiro no futuro.

A Taxa Mínima de Atratividade foi definida a partir de uma média entre as principais taxas de juros aplicadas no mercado, são elas: Taxa Básica Financeira (TMF), Taxa Referencial (TR), Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP), Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC).

Compreende-se que quando as taxas fornecidas pelo mercado financeiro são taxas nominais, isto é, seus valores não consideram o efeito da inflação no período. De acordo com Cavalcanti (2015), para a definição da TMA, as taxas de juros nominais foram transformadas

em efetivas através da Equação 18.

$$i = (1+iq)^q - 1 \quad (18)$$

Onde:

i é a taxa de juros de maior período (ex. ao ano);

iq é a taxa de juros de menor período (ex. ao mês);

q é o número de períodos menores contidos no período maior

Os custos de instalação para cada um dos pavimentos analisados foram planilhados, e a partir disso, levando-se em consideração a TMA, foi analisado o Valor Presente Líquido (VPL) para cada um dos projetos.

Como não houve retorno financeiro, como uma praça de pedágio instalada no trecho, por exemplo, a análise de viabilidade de projeto se deu pelo projeto menos custoso ao final dos 20 anos comparados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Asfálticos

A avaliação objetiva do trecho de pavimentação asfáltica do local de estudo foi realizada por meio da norma DNIT 006/2003 - PRO (DNIT, 2003b). O procedimento, que visa avaliar a superfície do pavimento, foi feito manualmente, com a utilização de uma treliça de alumínio para a medição dos afundamentos dos trilhos de roda, planilha para registro de patologias e uma trena de 30 metros para a determinação das estacas (FIGURA 12). Na pista simples do local de estudo, as estações foram colocadas, em um mesmo sentido, a cada 40 metros, e a cada 20 metros alternados entre as faixas, conforme determina DNIT (2003b).

Figura 12 - Medição do Afundamento da Trilha de Roda



Fonte: Autor (2021).

Os resultados das medições dos afundamentos nas trilhas de rodas internas e externas, em milímetros, no trecho de estudo estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Afundamento nas Trilhas de Rodas

Local:	Rua Presidente Vargas, Bairro Aimoré, Arroio do Meio - RS
Data:	06/03/2021
Número de Estações:	14
Flecha Interna (mm)	Flecha Externa (mm)
20	18
16	33
4	17
4	17
2	2
9	24
4	7
7	6
8	3
5	4
4	33
5	14
19	32
5	15
TRI	TRE
8,00	16,07
TRlv	TREv
35,23	122,99

Fonte: Autor (2021).

Em campo, foi possível identificar as patologias da superfície do pavimento flexível, conforme DNIT (2003a), e registrado na planilha para posteriormente serem calculadas. Alguns exemplos das patologias identificadas no trecho de estudo, como panelas, trinca de

couro de jacaré, ondulações e afundamentos nas trilhas de rodas, estão representadas pelas Figuras 13, 14, 15 e 16.

Figura 13 - Patologia no pavimento flexível do trecho de estudo: panela



Fonte: Autor (2021).

Na Figura 13, é possível observar a patologia na superfície do pavimento flexível conhecida como panela. Conforme DNIT (2005a), os principais fatores para que ocorra a formação desta patologia na superfície é devido ao excesso de carga por eixo dos veículos, deficiências no projeto, deficiências construtivas e ação da água devido à infiltração. Também, a partir da Figura 13, percebe-se que abaixo da camada de revestimento asfáltico se encontram paralelepípedos. Salientando assim, que o provável aparecimento desta patologia se deve pelo fato de não haver um correto dimensionamento deste pavimento.

Figura 14 - Patologia no pavimento flexível do trecho de estudo: trinca couro de jacaré



Fonte: Autor (2021).

Na Figura 14 está retratada a patologia chamada de Trinca Couro de Jacaré. Este defeito, conforme DNIT (2005a), é comumente causado devido ao subdimensionamento ou má qualidade da estrutura de uma das camadas do pavimento, colapso do revestimento asfáltico devido à repetição das ações do tráfego e a baixa capacidade de suporte do solo.

Novamente, pode-se entender, a partir das patologias observadas e do conhecimento do local de estudo, onde não houve acesso a nenhum tipo de estudo detalhado do solo e das camadas inferiores do pavimento por parte da prefeitura do município, que o fato de não haver um correto dimensionamento das camadas do pavimento flexível está diretamente ligado ao aparecimento das precoces patologias na superfície.

Figura 15 - Patologia no pavimento flexível do trecho de estudo: ondulações



Fonte: Autor (2021).

Figura 16 - Patologia no pavimento flexível do trecho de estudo: afundamento das trilhas de rodas



Fonte: Autor (2021).

Nas Figuras 15 e 16 estão retratadas as patologias chamadas de Ondulações e Afundamento das Trilhas de Rodas. Estes defeitos, conforme DNIT (2005a), podem ocorrer devido a instabilidade da mistura betuminosa da camada de revestimento, ou uma mistura

com baixa estabilidade e compactação insuficiente de uma ou mais camadas durante a construção.

Conforme Benucci et al. (2008), os afundamentos são deformações permanentes nas vias causadas principalmente pela ação repetida de cargas de rodas e fluxo canalizado dos veículos. E as ondulações transversais na superfície do pavimento são deformações causadas, principalmente, pela má execução da base do pavimento ou excesso de revestimento asfáltico com baixa resistência.

Após realizado o levantamento em campo, e feito o levantamento das patologias apresentadas no pavimento asfáltico do local, conforme DNIT (2003a), foi feito o cálculo do índice de gravidade global, apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Índice de Gravidade Global

Local:	Rua Presidente Vargas, Bairro Aimoré, Arroio do Meio - RS							
Data:	06/03/2021							
Número de Estações:					14			
Tipo	Natureza do Defeito	Frequência Absoluta		Frequência Relativa (%)		Fator de Ponderação	Índice de Gravidade Individual	
1	(FCI) F,TTC,TTL,TLC,TLL,TRR	7		50,00		0,20	10,00	
2	(FCII) J,TB	6		42,86		0,50	21,43	
3	(FCIi) JE,TBE	0		0,00		0,80	0,00	
4	ALP, ATP	8		57,14		0,90	51,43	
5	O, P	4		28,57		1,00	28,57	
6	E	0		0,00		0,50	0,00	
7	D	3		21,43		0,30	6,43	
8	R	5		35,71		0,60	21,43	
9	F= (TRI+TRE)/2 em mm	TRI =	8,00	TRE =	16,07	F= 24,07	32,09	
10	FV = (TRIV + TREv)/2	TRIV =	35,23	TREv =	122,99	FV = 158,23	50	
						Σ	221,38	

Fonte: Autor (2021).

De acordo com DNIT (2003b), para cada tipo de patologia identificada no trecho de estudo foi utilizado um valor de fator de ponderação. Este, multiplicado pela frequência relativa (frequência que a patologia foi identificada de acordo com o número de estacas

utilizadas) resulta no Índice de Gravidade Individual. Após, somado todos os índices de Gravidade Individual, encontrou-se o valor de Índice de Gravidade Global igual a 221,38. Este IGG representa que, conforme o ensaio de avaliação objetiva, o trecho de pavimentação asfáltica do local de estudo encontra-se em situação “Péssimo”.

Analisando o valor encontrado de IGG, percebe-se que o tráfego de veículos comerciais e a necessidade destes terem de ficar estacionados sobre a via em uma “fila de espera”, como apresentado na Figura 17, e o fato de não ter sido realizada a correta estrutura do pavimento, apenas executado o revestimento asfáltico, como pode ser observado na Figura 16, ocasionaram as diversas patologias na superfície do pavimento.

Figura 17 - Tráfego de veículos comerciais



Fonte: Autor (2021).

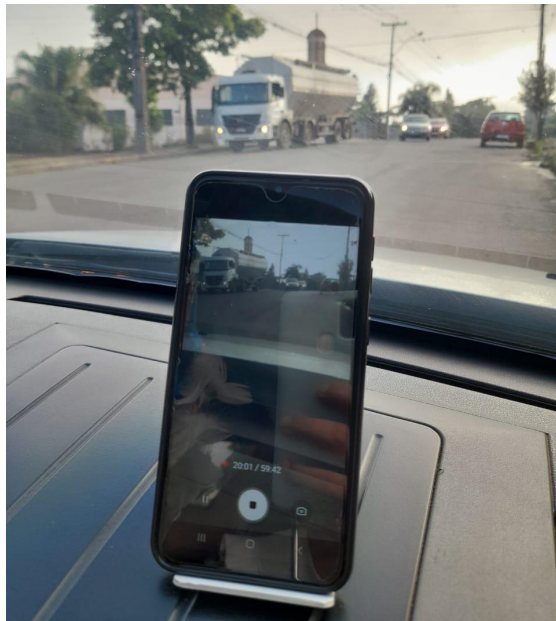
Conforme Cavalet et al. (2019), é usualmente adotado nos projetos de pavimentos flexíveis o período de projeto de 10 anos. Porém, é recomendada intervenções anuais de manutenções preventivas e a cada 5 anos a realização de uma manutenção corretiva ou restauração. Levando em consideração estes dados e analisando o trecho em estudo, identifica-se que o pavimento em questão, que recebeu recapeamento asfáltico, manutenção corretiva, em janeiro de 2020, conforme verificado em jornais locais, apresenta diversas

patologias de maneira precoce, conforme avaliação do Índice de Gravidade Global realizado em março de 2021 (RECAPEAMENTO ASFÁLTICO..., texto digital, 2020).

4.2 Volume de Tráfego e Número Equivalente N

A contagem de veículos, para definição do volume de tráfego, realizada no trecho de estudo, foi feita com o auxílio de filmagens, utilizando um *smartphone*, conforme apresentado na Figura 18, e posteriormente registrada em planilhas do excel.

Figura 18 - Filmagem do tráfego



Fonte: Autor (2021).

Durante o período de 3 dias, foram realizadas contagens experimentais, para ser possível a identificação do horário de maior fluxo de veículos do local. Este, por sua vez, foi definido como sendo o horário das 07h30 às 08h30. Após definido o horário, dentro do período de dois meses, foram feitas contagens esporádicas em diferentes dias da semana. A partir das contagens em campo, foi definido o valor de Volume Horário de Projeto de ambos os sentidos da via.

Conforme DNIT (2006), para medir a utilização média de uma via, o índice adequado é o Volume Médio Diário (VMD). Porém, é importante determinar o Volume Horário de Projeto (VHP), pois guarda relação com a capacidade da via e é de especial importância no seu dimensionamento.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentadas as contagens de veículos em ambos os sentidos da via estudada.

Tabela 4 - Contagem de Veículos (Sentido Bairro São Caetano - Centro).

VHP - -> CENTRO									
DIA	PASSEIO	ÔNIBUS		CAMINHÕES					
	2 E	2CB	3CB	2C	3C	4CD	3S2	3S3	3D4
08-03-2021	92	1	1	4	9	11	0	0	0
11-03-2021	98	2	0	6	7	5	0	1	0
12-03-2021	89	2	0	8	9	8	0	3	0
15-03-2021	86	2	0	5	8	9	0	2	0
17-03-2021	88	2	0	7	7	7	0	0	0
18-03-2021	94	2	0	4	6	8	0	0	0
19-03-2021	86	1	0	4	7	6	0	1	0
23-03-2021	90	2	0	5	5	7	0	2	0
25-03-2021	87	2	0	6	9	9	0	2	0
26-03-2021	94	2	0	7	8	4	0	2	0
31-03-2021	92	3	0	8	5	9	0	3	0
01-04-2021	89	2	1	7	8	6	0	2	0
05-04-2021	96	2	0	7	7	8	0	2	0
06-04-2021	92	2	0	6	9	9	0	1	0
08-04-2021	86	1	1	5	8	7	0	3	0
14-04-2021	94	2	0	7	9	7	0	2	0
19-04-2021	87	1	0	9	8	6	0	2	0
20-04-2021	94	2	0	8	4	8	0	2	0
22-04-2021	84	1	0	8	9	7	0	3	0
23-04-2021	88	2	1	5	7	9	0	2	0
26-04-2021	96	2	1	9	9	6	0	3	0

Fonte: Autor (2021).

Tabela 5 - Contagem de Veículos (Sentido Bairro Centro - São Caetano).

VHP --> São Caetano									
DIA	PASSEIO	ÔNIBUS		CAMINHÕES					
	2 E	2CB	3CB	2C	3C	4CD	3S2	3S3	3D4
08-03-2021	52	2	0	1	8	6	0	8	1
11-03-2021	54	2	0	5	9	6	0	4	2
12-03-2021	55	2	0	5	7	8	0	8	2
15-03-2021	58	2	0	4	9	7	1	6	2
17-03-2021	52	2	0	3	7	5	0	6	0
18-03-2021	53	2	0	4	8	8	0	5	0
19-03-2021	58	2	0	6	7	7	1	3	0
23-03-2021	57	2	0	5	7	6	2	4	0
25-03-2021	62	3	0	5	8	8	2	6	2
26-03-2021	61	1	0	4	11	3	1	7	1
31-03-2021	63	3	0	6	7	9	2	7	2
01-04-2021	57	2	0	4	9	8	2	7	2
05-04-2021	62	2	0	6	8	6	2	8	2
06-04-2021	60	2	0	4	9	8	1	6	1
08-04-2021	64	3	0	7	8	9	2	5	2
14-04-2021	58	2	0	5	9	7	2	6	2
19-04-2021	61	3	0	7	7	6	2	5	1
20-04-2021	64	2	0	8	7	8	2	7	2
22-04-2021	52	1	0	6	9	7	1	6	2
23-04-2021	57	2	0	5	7	9	2	8	1
26-04-2021	56	3	0	6	11	9	2	7	2

Fonte: Autor (2021).

Conforme DNIT (2006b), no Manual de Estudos de Tráfego, para rodovias em que não se dispõem de informações mais precisas do comportamento do tráfego, utiliza-se o fator K. Este fator, utilizado para a expansão dos dados de tráfego horários, representa que o VHP tem o valor de 8,5% do Volume Médio Diário. Nas Tabelas 6 e 7 estão representados os

cálculos de expansão do VHP para a determinação do Volume Médio Diário e Volume Médio em ambos os sentidos da via.

Tabela 6 - VHP expandido para Volume Médio Diário - Sentido São Caetano - Centro

VMD - CENTRO											
PASSEIO	ÔNIBUS		CAMINHÕES						VM	VMD	
2 E	2CB	3CB	2C	3C	4CD	3S2	3S3	3D4			
1066,0	22,0	3,0	76,0	89,0	88,0	0,0	22,0	0,0	1550,41	1366,0	

Fonte: Autor (2021).

Tabela 7 - VHP expandido para Volume Médio Diário - Sentido Centro - São Caetano

VMD - SÃO CAETANO											
PASSEIO	ÔNIBUS		CAMINHÕES						VM	VMD	
2 E	2CB	3CB	2C	3C	4CD	3S2	3S3	3D4			
683,0	26,0	0,0	60,0	103,0	87,0	16,0	73,0	17,0	1198,56	1056,0	

Fonte: Autor (2021).

Obs.: alguns fatores relevantes, a partir das contagens e do horário definido, que influenciam no dimensionamento: no sentido centro há um volume consideravelmente maior de veículos de passeio do que no sentido bairro (São Caetano); o número de veículos comerciais bitrem articulado, classificado como 3D4, aparece somente em um sentido (Centro - São Caetano) devido ao fato destes caminhões acessarem a empresa, que está localizada ao lado do trecho de estudo, pelos fundos e apenas passarem pela via em um único sentido

Foram realizados os cálculos para a determinação do número N para ambos os sentidos do tráfego, e após, o maior valor foi utilizado no dimensionamento. Utilizando os procedimentos definidos pelo DNIT (2006a) chegou-se aos valores dos Fatores de Eixo, apresentados na Tabela 8, de Cargas, apresentado na Tabela 9 e Fator Clima igual a 1,0.

Tabela 8 - Determinação do Fator Eixo;

SENTIDO CENTRO					SENTIDO SÃO CAETANO			
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4		Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4

Classe	Quantidade de veículos	nº eixos	Total eixos (nº eixos x quant. veículos)	Classe	Quantidade de veículos	nº eixos	Total eixos (nº eixos x quant. veículos)
2E	1066,0	0	0	2E	682,0	0	0
2CB	22,0	2	44	2CB	26,0	2	52
3CB	3,0	2	6	3CB	0,0	2	0
2C	76,0	2	152	2C	60,0	2	120
3C	89,0	3	267	3C	97,0	3	291
4CD	88,0	3	264	4CD	85,0	3	255
3S2	0,0	3	0	3S2	16,0	3	48
3S3	22,0	3	66	3S3	73,0	3	219
3D4	0,0	4	0	3D4	17,0	4	68
VMD ($\sum$ quant. veículos) =	1366,0	Nº total de eixos ($\sum$ quant. eixos) n=	799	VMD ($\sum$ quant. veículos) =	1056,0	Nº total de eixos ($\sum$ quant. eixos) n=	1053
	FE =	2,6633			FE =	2,81521	

Fonte: Autor (2021).

Tabela 9 - Determinação do Fator Carga

SENTIDO CENTRO						SENTIDO SÃO CAETANO					
Col.1	Col.2	Col.3	Col.4	Col.5	Col.6	Col.1	Col.2	Col.3	Col.4	Col.5	Col.6
Tipo de eixo	Faixa de carga por eixo (tf)	Quant.	FCi	% veículo	% FC	Tipo de eixo	Faixa de carga por eixo (tf)	Quant.	FCi	% veículo	% FC
ESRS	6	300	0,28	42,25	11,74	ESRS	6	374	0,28	39,12	10,87
ESRD	10	98	3,29	13,80	45,40	ESRD	10	86	3,29	9,00	29,59
CEM	12	88	1,27	12,39	15,69	CEM	12	85	0,14	8,89	1,21
ETD	17	202	8,55	28,45	243,22	ETD	17	338	8,55	35,36	302,25
ETT	25,5	22	9,30	3,10	28,82	ETT	25,5	73	9,06	7,64	69,20

Total	710	Total	100,00	344,87		Total	956	Total	100,00	413,12
			FC =	3,45					FC =	4,13

Fonte: Autor (2021).

Aplicada a Equação 19, chegou-se ao resultado do número N de repetições do eixo definido como padrão padrão.

$$N = 365 \times VM \times P \times FC \times FE \times FR \quad (19)$$

Para o sentido Centro, chegou-se ao resultado de $5,19 \times 10^7$. Já para o sentido São Caetano, chegou-se ao resultado do número N igual a $5,08 \times 10^7$. Com isso, o maior valor utilizado para o dimensionado foi o número N do sentido Centro.

Observa-se que ambos os valores são considerados altos, isso se deve principalmente ao fluxo de veículos comerciais, principalmente no sentido São Caetano, o que acaba acarretando no aumento do valor de Fator Carga, e consequentemente aumentando o valor do Número N de repetições. Já para o sentido Centro, percebe-se que o fator relevante foi o fluxo de veículos de passeio e camionetes, que acabou elevando o Volume Médio Diário e aumentando assim o número N.

4.3 Dimensionamento de Pavimento Flexível

O dimensionamento do pavimento flexível foi feito pelo Método do DNER (1981) e baseando-se nas especificações do DNIT (2006a), no qual, o período de projeto utilizado para o dimensionamento do pavimento flexível foi de 10 anos.

A partir do número N, calculado anteriormente, foi definido, por meio do Quadro 2, que a camada de revestimento do pavimento será de 12,5 centímetros de Concreto Asfáltico Usinado a Quente.

Para o cálculo de dimensionamento da camada de base foi utilizado um CBR mínimo de 80%, conforme estabelecido por DNIT (2006a). O material selecionado para essa camada foi a brita graduada simples, pois é um dos materiais granulares mais largamente utilizados no

país em pavimentos asfálticos, desde a década de 1960, conforme Andrade (2017). A brita graduada simples consiste de uma mistura de pedras britadas, que resulta em um material com distribuição granulométrica dita bem graduada. O diâmetro máximo do especificado para este agregado é de 38mm. Quando compactada, a brita graduada apresenta elevada resistência e chegam a apresentar CBR próximos a 100%. A espessura desta camada foi definida em 15 centímetros.

A camada de sub-base do pavimento foi calculada com um CBR mínimo de 20%, também estabelecido por DNIT (2006a). Para a sub-base, foi utilizado o material de macadame hidráulico por que este, muito utilizado nas obras de pavimentação tanto para base como para sub-base, apresenta resistência superior ao macadame seco.

O Macadame hidráulico é obtido por compactação de agregados graúdos, cujos vazios são preenchidos posteriormente com agregados miúdos, pó-de-pedra, uniformemente distribuídos, inicialmente a seco e depois adensados com o auxílio de água. A espessura da camada de sub-base foi definida em 16 centímetros.

O Índice de Suporte Califórnia (CBR) do subleito no trecho de estudo foi definido em 8%, por isso, não foi necessário o dimensionamento de uma camada de reforço do subleito.

As espessuras das camadas para o pavimento flexível dimensionado podem ser observadas na Figura 19.

Figura 19 - Espessuras do Pavimento Flexível dimensionado;



Fonte: Autor (2021).

Conforme apresentado na Figura 19, é necessária uma estrutura considerada para fluxo intenso de veículos, com um revestimento asfáltico de 12,5 cm, para suportar o tráfego do local. Este dimensionamento se deve, principalmente, pelo número de veículos comerciais, aproximadamente 300 veículos por dia, que trafegam neste trecho. Diante disso, levando-se em consideração a estrutura necessária dimensionada para o pavimento e fazendo uma relação com a estrutura precária no local atualmente, torna-se evidente o fato do Índice de Gravidade Global ter considerado o trecho como “péssimo” e o precoce aparecimento de patologias na superfície do pavimento, conforme retratadas nas Figuras 13, 14, 15 e 16.

4.4 Dimensionamento do Pavimento Rígido

O dimensionamento do pavimento rígido foi feito por meio do Método da Portland Cement Association - PCA, conforme DNIT (2005b).

O concreto escolhido, recomendado pela Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (SALGADO, 2020), tem um resistência de tração na flexão de 4,5 MPa aos 28 dias, e uma resistência à compressão de 28 MPa. O cimento utilizado foi o tipo CP II, com brita II, pois este apresenta uma boa resistência e bastante econômico. Utilizou-se também plastificante redutor de água e uma relação água/cimento de 0,5. Foram utilizadas, para o revestimento, placas de concreto de 1,75m x 1,75m, por apresentarem maior resistência aos esforços de cargas.

Para o fator de segurança, utilizado para verificação da espessura do pavimento, foi utilizado o valor de 1,1. Valor considerado para rodovias com alto fluxo de veículos comerciais, conforme Quadro 10.

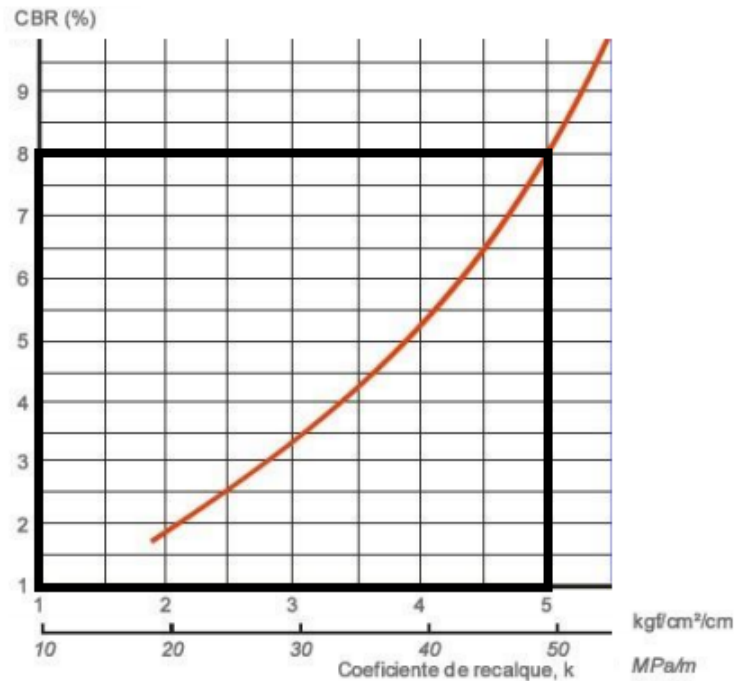
Quadro 10 - Fator de Segurança de Cargas

Tipo de Pavimento	FSC
- estradas rurais, ruas residenciais e vias em geral, submetidas a tráfego leve de caminhões	1,0
- rodovias e vias urbanas, submetidas a tráfego de caminhões pesados	1,1
- auto-estradas, rodovias com mais de duas faixas por pista, ou em qualquer projeto para tráfego ininterrupto ou de grande volume de caminhões pesados	1,2

Fonte: DNIT (2006a).

O coeficiente de recalque (k) do subleito, ou Módulo de Reação, parâmetro utilizado para o dimensionamento do pavimento rígido, foi definido a partir do uso de ábacos, apresentado na Figura 20, disponibilizado por DNIT (2005b). Este, teve o valor considerado de 50 MPa/m.

Figura 20 - Ábaco de Relação entre Índice de Suporte Califórnia (CBR) e coeficiente de recalque (k) do subleito



Fonte: DNIT (2005)

O material escolhido para a sub-base do pavimento, foi o Concreto Compactado a Rolo - CCR, por elevar de maneira considerável o coeficiente de recalque k do topo da sub-base, fazendo com que não seja necessária a realização de um reforço no subleito. Para a sub-base, foi definida a espessura de 10 centímetros e um coeficiente de recalque k de 145 MPa, conforme Figura 21.

As especificações do material de Concreto Rolado a Rolo para a sub-base terá resistência à compressão, aos 7 dias, de 5,0 MPa e uma relação cimento:agregado de 1:2.

Tensão Equivalente	1,68		Tensão Fadiga	0,37333	Tensão Erosão	3,06
6	6,6	148418,8295	100.000.000	0,14842	20.000.000	0,74209
10	11	8255,57	800.000	1,03195	800.000	1,03195
			CRF es Subtotal =	1,18037	CRF es Subtotal =	1,77404
EIXO TANDEM DUPLO						
Tensão Equivalente	1,38		Tensão Fadiga	0,30667	Tensão Erosão	3,17
13	14,3	10770,639	100.000.000	0,01077	2.500.000	0,43083
18	19,8	391856,3898	10.000.000	3,91856	600.000	65,30940
			CRF es Subtotal =	3,92933	CRF es Subtotal =	65,74022
EIXO TANDEM TRIPLO						
Tensão Equivalente	0,96		Tensão Fadiga	0,21333	Tensão Erosão	3,13
8,67	9,537	6937,55865	100.000.000	0,00694	800.000	0,86719
			CRF es Subtotal =	0,00694	CRF es Subtotal =	0,86719
			CRF TOTAL =	5,11664	CRF TOTAL =	68,38146
				OK		OK

Fonte: Autor (2021).

O número de repetições previstas para cada tipo de eixo foi definido, conforme indicado por DNIT (2005), a partir do preenchimento da Tabela 11.

Tabela 11 - Número de Repetições Previstas por Eixo

Classe	Porcentagem de Veículos (pi)	Número de Eixos Solicitantes (ni = Vt * pi * FE / 100)	Frequência das Cargas p/Eixo (nij = ni * pij/100)				
			ESRS	ESRD	CED	ETD	ETT
2CB	6,81%	4991,7	2495,9	2495,9	0,0	0,0	0,0
3CB	0,00%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2C	15,71%	11519,4	5759,7	5759,7	0,0	0,0	0,0
3C	25,39%	18623,0	9311,5	0,0	0,0	9311,5	0,0
4CD	22,25%	16319,2	0,0	0,0	10770,6	5385,3	0,0

3S2	4,19%	4607,8	1520,6	0,0	0,0	3041,1	0,0
3S3	19,11%	21022,9	6937,6	0,0	0,0	6937,6	6937,6
3D4	4,45%	489574,5	122393,6	0,0	0,0	367180,9	0,0
		TOTAL (Nj) =	148418,8	8255,6	10770,6	391856,4	6937,6

Fonte: Autor (2021)

Os valores das tensões Equivalente, Fadiga e Erosão foram retirados através dos ábacos fornecidos nos anexos F, G, H e I, a partir da espessura indicada, de 19 cm, e do coeficiente no topo da sub-base, de 145 MPa.

A partir da planilha de dimensionamento do pavimento, foi possível verificar que, com a espessura de 19 centímetros para a placa de concreto, nos modelos de ruínas, análises de consumo de resistência a fadiga e erosão, ficaram próximos e abaixo dos 100%. Com isso, pode-se afirmar que o pavimento foi corretamente dimensionado.

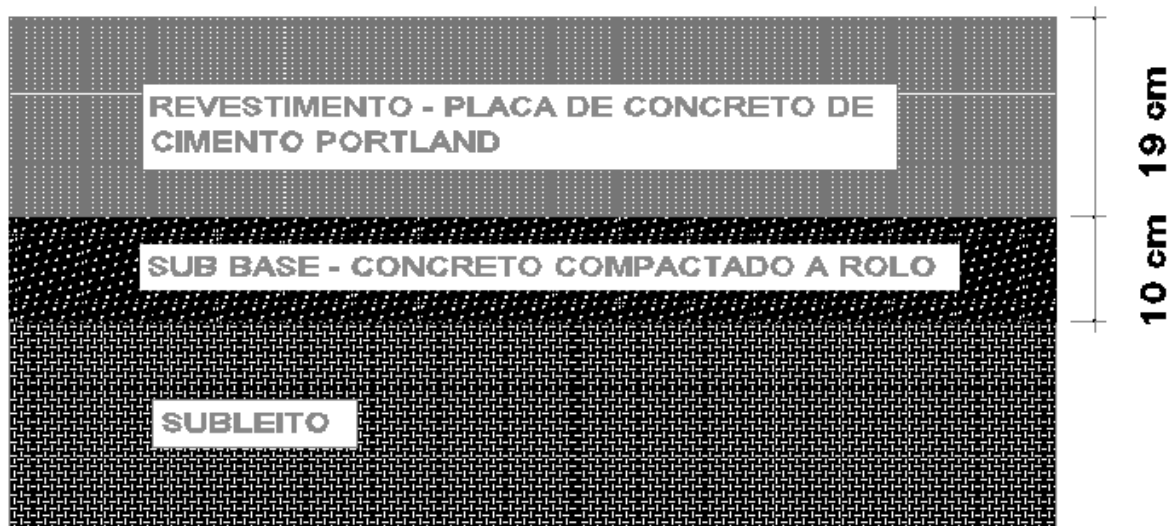
Foram ainda, realizados os dimensionamentos para placas de concreto de 18cm e de 20cm. Porém, a partir do preenchimento da planilha, verificou-se que a placa de 18cm apresentou um consumo de resistência a erosão superior a 100%, podendo ser classificada como subdimensionada. Já a placa de 20cm de espessura, apresentou um consumo de resistência a erosão inferior a 50%, podendo ser classificada como pavimento superdimensionado.

De acordo com DNIT (2005, pg. 98), para o correto dimensionamento do pavimento rígido:

“Se a porcentagem de resistência à fadiga consumida for próxima de zero, as condições estarão satisfeitas, mas a placa estará superdimensionada, devendo-se portanto, diminuir a espessura do pavimento, para que sejam obtidas porcentagens o mais perto possível de 100 %”

As espessuras das camadas do pavimento rígido dimensionado por ser observado na Figura 22.

Figura 22 - Espessuras do Pavimento Rígido dimensionado;



Fonte: Autor (2021).

Ainda, conforme indicações da ABCP, por Salgado (2020), deve-se verificar as espessuras da placa escolhida a partir das relações que esta deve ser menor do que 25 vezes a relação entre o comprimento e a espessura e o fator de esbeltez entre a relação comprimento e largura deve ser inferior a 1,4.

Considerando para a placa a espessura de 19 cm e um comprimento de 1,75m, a relação entre as duas resultou em 9,21, valor aceitável, menor que 25, conforme recomendado por Salgado (2020). Já para o fator de esbeltez, a relação entre largura e comprimento da placa, ambos de 1,75m, resultou em 1,0. Ambos os itens estão corretamente dimensionados conforme especificações.

4.5 Análise dos Custos dos Pavimentos

A análise de custos das obras de instalações dos pavimentos foi desenvolvida a partir dos valores obtidos na planilha de Preços Unitários dos Serviços de Obra do DAER- RS,

Referencial de Preços de Maio de 2019 (DAER, 2019), planilha de preços mais atualizada disponibilizada no site do Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem.

Em uma planilha do Microsoft Excel foram definidos os materiais necessários para a implantação de ambos os pavimentos, e especificado seus custos unitários por m³.

A partir do Valor Presente Líquido - VPL, foi possível identificar qual projeto se identifica como o mais viável economicamente para o período de 20 anos, escolhido para análise. A Taxa Mínima de Atratividade - TMA foi definida a partir de uma média entre as principais taxas de juros praticadas pelo mercado, são elas: TMF – Taxa Básica Financeira (0,1498% a.m.), TR – Taxa Referencial (0,00% a.a.), TJLP – Taxa de Juros de Longo Prazo (0,4242% a.m.) e SELIC – Sistema Especial de Liquidação e Custódia (5,75% a.a.). Com isso, para o primeiro semestre do ano de 2021, foi definida uma TMA de 3,192% ao ano.

Conforme valores utilizados por Garnett Neto (2001), e se baseando em orientações do Eng.º Dejalma Frasson Junior, Regional Sul - Consultor técnico da Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, para o pavimento rígido, foram consideradas as manutenções rotineiras de resselagem de juntas que ocorrem a cada 5 anos. O custo destas manutenções é de 3% ao custo de instalação do pavimento. E para as manutenções de restaurações, que devem ser realizadas a cada 20 anos, o custo dessas equivalem a 18,5% do custo de instalação.

Baseado em Cavalet et al. (2019), para o pavimento flexível, foram consideradas as manutenções rotineiras a partir do primeiro ano de instalação, com um custo de 6,5% em relação ao custo de instalação. Já as restaurações da via, feitas a cada 10 anos, têm um custo de 30% em relação ao de instalação do pavimento, conforme valores sugeridos pelo Eng.º Fabiano de Oliveira Pereira, Superintendente Regional - 11ª SR - Lajeado do DAER-RS.

Levando em consideração os custos das atividades, conforme planilha de Preços Unitários dos Serviços de Obra do DAER - RS, o pavimento rígido apresentou um custo inicial de instalação de R\$ 441.433,20, conforme Tabela 12, e uma VPL após 20 anos de R\$ 514.238,55, já o pavimento flexível apresentou um custo inicial de R\$ 370.023,12, conforme Tabela 13, e uma VPL de R\$ 831.415,78. Com isso, pode-se obter uma economia de até R\$

317.177,23 ao longo de duas décadas, caso opte-se pela opção de instalação do pavimento rígido.

Tabela 12 - Composição do Custo de Instalação do Pavimento Rígido.

PAVIMENTO RÍGIDO			
CÓDIGO	ATIVIDADE	UNIDADE	CUSTO
931	CONCRETO COMPACTADO A ROLO $f_{ctmk}=1,5\text{MPa}$ EM CENTRAL CONCRETO	m^3	R\$ 259,66
SOMA SUB BASE			R\$ 259,66
932	PLACA CONCRETO CIMENTO PORTLAND $f_{ctmk}=4,5\text{MPa}$ C/PAVIMENTADORA EM CENTRAL m^3 CONCRETO - inclusive materiais e transporte	m^3	R\$ 465,28
933	CURA PLACA CONCRETO	m^3	R\$ 5,62
SOMA REVESTIMENTO			R\$ 470,90
934	JUNTA TRANSVERSAL SERRADA E SELADA SEM FORNECIMENTO AÇO D=25mm (R\$ 9,38)	m	R\$ 2.814,00
935	JUNTA LONGITUDINAL SERRADA E SELADA SEM FORNECIMENTO AÇO D=10mm (R\$ 5,80)	m	R\$ 1.740,00
1530	MEIO-FIO CONCRETO PRÉ-MOLDADO - MFC05	m	R\$ 24.120,00
SOMA INSTALAÇÃO			R\$ 25.860,00
CUSTO TOTAL			R\$ 441.433,20

Fonte: Autor (2021).

Tabela 13 - Composição do Custo de Instalação do Pavimento Flexível.

PAVIMENTO FLEXÍVEL			
CÓDIGO	ATIVIDADE	UNIDADE	CUSTO
877	MACADAME HIDRÁULICO PÓ DE PEDRA - exclusive transporte	m^3	R\$ 69,94
890	LAVAGEM AGREGADO	m^3	R\$ 2,03
SOMA			R\$ 71,97
861	SUB-BASE OU BASE BRITA GRADUADA - exclusive transporte	m^3	R\$ 83,20
862	EXECUÇÃO SUB-BASE OU BASE BRITA GRADUADA - exclusive mat e transporte	m^3	R\$13,31

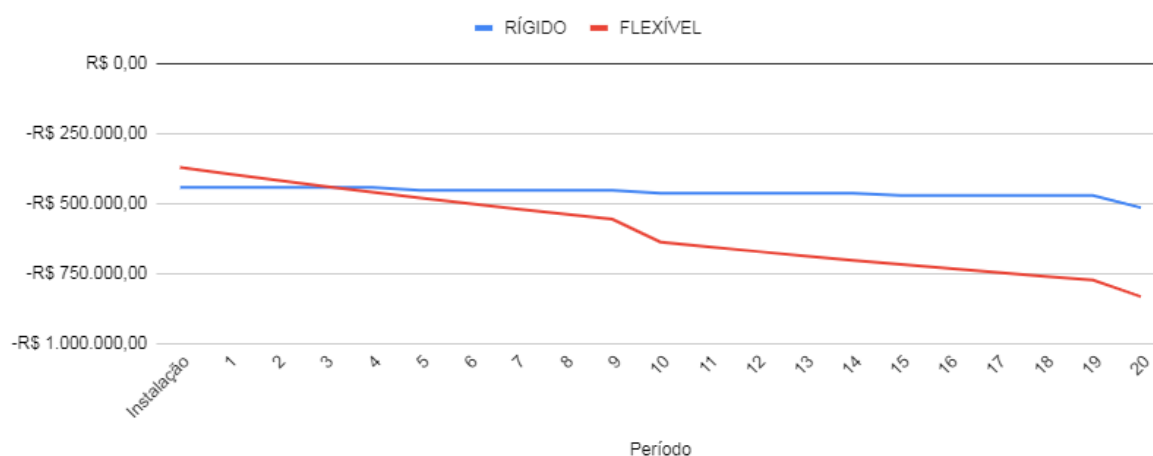
699	FORNECIMENTO DE PEDRA BRITADA E USINADA COMERCIAL	m³	R\$ 113,45
SOMA			R\$ 209,96
8084	REPERFILAGEM EM CBUQ com MOTONIVELADORA - exclusive asfalto e exclusive transporte	m³	R\$ 201,90
899	TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO - exclusive asfalto e inclusive transporte	m³	R\$ 3,17
881	IMPRIMAÇÃO - exclusive asfalto	m³	R\$ 0,23
883	PINTURA LIGAÇÃO - exclusive asfalto	m³	R\$ 0,17
896	CONCRETO BETUMINOSO USINADO QUENTE SOBRE BASE GRANULAR - exclusive asfalto e transporte	m³	R\$ 219,13
SOMA			R\$ 424,60
1530	MEIO-FIO CONCRETO - MFC03	m	R\$ 24.120,00
TOTAL			R\$ 370.023,12

Fonte: Autor (2021).

A decomposição dos custos de cada uma das atividades consideradas está descrita nos Anexos K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, e Y.

Após análise de custos, verificou-se que, após o período de 20 anos, o pavimento rígido demonstrou ser a opção mais viável economicamente, no que diz respeito aos custos dos materiais e manutenções consideradas, conforme pode-se observar no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Análise de Custos dos Pavimentos Rígido e Flexível.

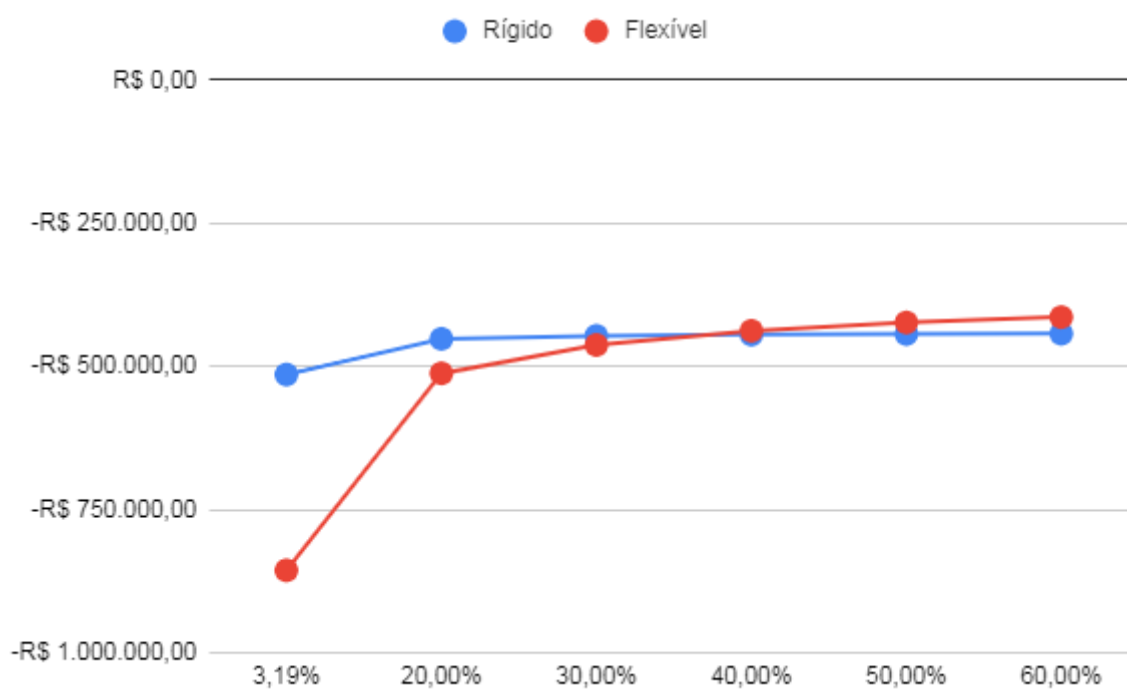


Fonte: Autor (2021).

Conforme observado no Gráfico 1, a partir da análise do valor presente líquido VPL do custo de instalação do pavimento pelo período, feito para identificar o projeto mais vantajoso financeiramente, foi possível constatar que após, aproximadamente, 4 anos o projeto de um pavimento rígido já demonstrou ser economicamente viável em relação ao projeto de um pavimento flexível. E, caso considerado todo o período de análise, 20 anos, esse projeto se prova amplamente viável.

Levando-se em consideração que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é uma taxa variável referente à economia, e esta, em constante mudança, poderia variar a opção do projeto mais viável economicamente. O Gráfico 2 apresenta a viabilidade de cada um dos projetos de pavimento rígido e flexível conforme a variação da TMA.

Gráfico 2 - Análise econômica conforme variação da TMA.

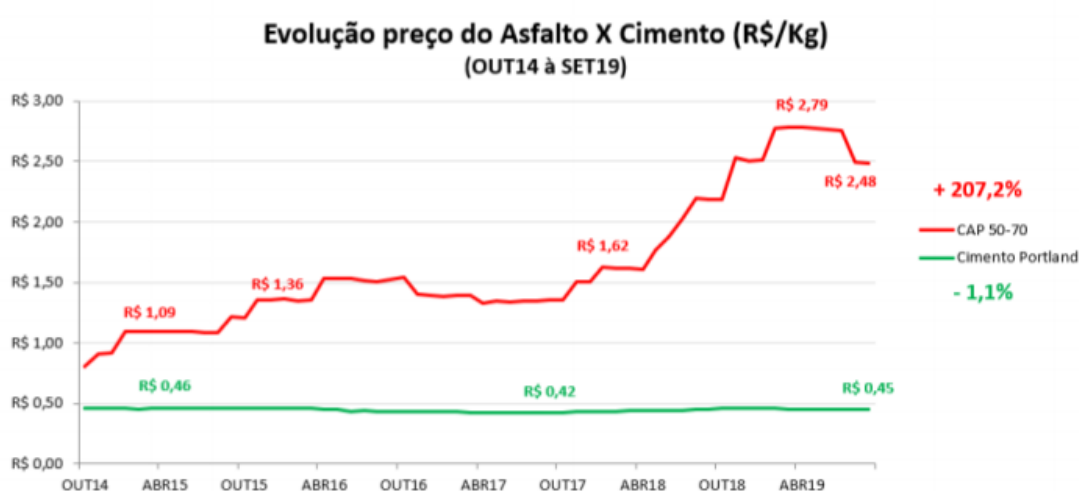


Fonte: Autor (2021).

Conforme apresentado no Gráfico 2, o projeto de um pavimento rígido é economicamente viável até uma TMA de, aproximadamente, 35% a.a.. A partir deste valor, quanto maior for a TMA, o projeto do pavimento flexível torna-se a opção mais viável.

A partir do Gráfico 3, pode-se observar que desde o ano de 2014 até o ano de 2019, o custo do CAP 50-70, composto utilizado na produção de Concreto Betuminoso Usinado a quente, teve um crescimento de, aproximadamente, 207,2%. Enquanto o custo do cimento portland, utilizado na produção das placas de concreto, apresentou uma certa estabilidade, queda de apenas 1,1%, durante este período.

Gráfico 3 - Variação dos preços do CAP 50-70 e Cimento Portland



Fonte: ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) e CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção).

Pode-se observar no Gráfico 3, que devido ao aumento do custo do petróleo, e consequentemente de seus derivados, como o CAP, faz com que o pavimento rígido, em comparação ao pavimento flexível, tenha se tornado economicamente competitivo já no momento de sua instalação.

Conforme Moschetti (2019), e citado anteriormente no item 2.5 deste presente trabalho, além da vantagem econômica em um período de 20 anos analisados, o pavimento rígido apresenta vantagens técnicas em relação ao pavimento flexível. Como, em virtude da cor mais clara dos pavimentos em concreto, proporciona melhor visibilidade à noite e economia de energia, pois possibilita até 30% a mais de reflexão de luz, gerando uma economia de 30 a 60% de energia elétrica na iluminação pública e na sinalização. Pela mesma

razão, apresenta também uma redução de até 14° C na temperatura da superfície do pavimento em relação às superfícies asfálticas.

5 CONCLUSÃO

Devido à escassez de recursos destinados para obras rodoviárias e à negligência apresentada na manutenção das rodovias existentes, torna-se imprescindível e extremamente importante a realização de estudos de planejamento, operação e controle financeiro, para chegar-se à escolha viável de um projeto.

A partir da avaliação objetiva, por meio do método do Índice de Gravidade Global, foi possível analisar a situação atual do trecho estudado. No qual, com o resultado do IGG, no valor de 221,38, e devido às patologias observadas no local, chegou-se à conclusão de que o pavimento atual está em situação considerada “péssima”.

Com a utilização do Método de Dimensionamento para Pavimentos Rígidos, Portland Cement Association -1984, e com o auxílio do DNIT(2005b), foi possível dimensionar o pavimento rígido para o trecho analisado. Para o pavimento rígido, foram definidas, com a utilização de placas de concreto quadradas de 1,75m e os materiais de concreto compactado a rolo para a sub-base e placas de concreto de cimento Portland CP II para o revestimento, as espessuras de 10 centímetros de sub-base e 19 centímetros de revestimento.

A partir das contagens de veículos, e utilizando os procedimentos definidos pelo DNIT (2006b) para a obtenção do número N para projeto, foi possível dimensionar as espessuras do pavimento flexível. Com base no método de dimensionamento da AASHTO e do DNER, foi possível definir as espessuras, para o pavimento flexível no trecho analisado, de 16 centímetros de sub-base de macadame hidráulico, 15 centímetros de base de brita graduada simples e 12,5 centímetros de revestimento de concreto betuminoso usinado à quente.

Em uma análise comparativa sobre as características técnicas, levou-se em consideração que o pavimento de concreto simples, de cimento Portland, em comparação ao pavimento flexível, de CBUQ, tem maior durabilidade; menor necessidade e custo de manutenção ao longo do período de projeto; proporciona melhor visibilidade e economia de energia; melhor conforto de rolamento aos usuários; menor absorção de calor. De uma maneira geral, concluiu-se que o pavimento rígido demonstrou ser a opção mais viável, tecnicamente, para a via pública estudada, rodovia essa, submetida a constante tráfego de veículos comerciais.

Na análise econômica, a opção pelo projeto de instalação de um pavimento flexível, demonstrou-se ser a opção mais viável a curto prazo, com um custo de instalação, aproximadamente, 16,2% inferior, se comparado ao pavimento rígido. Porém, analisando durante todo o período de projeto considerado, 20 anos, e considerando a necessidade de manutenção para cada um dos pavimentos, o pavimento rígido apresentou uma economia, ao final do período, de, aproximadamente, 38,15 %.

Devido a isso, entende-se o porquê a alternativa de utilização do pavimento rígido em maior escala tem se tornado um assunto cada vez mais discutido e estudado no Brasil. Uma vez que, além de apresentar vantagens técnicas em relação ao flexível, tem se tornado cada vez mais economicamente viável, quando considerado um planejamento a médio e longo prazo.

REFERÊNCIAS

ADMINISTRAÇÃO faz melhorias na Presidente Vargas. **Jornal O Alto Taquari**, Arroio do Meio-RS, 06 de fevereiro de 2012. Disponível em: <<http://www.oaltotaquari.com.br/portal/2012/02/administracao-faz-melhorias-na-presidente-vargas/>>. Acesso em Setembro de 2020.

ANDRADE, Lucas Rodrigues. **Comparação do Comportamento de Pavimentos Asfálticos com Camadas de Base Granular, Tratada com Cimento e com Estabilizantes Asfálticos para Tráfego muito Pesado**. 2017. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em:<
<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-13032017-095746/publico/LucasRodriguesdeAndradeCorr17.pdf>> Acesso em agosto, 2020.

DANIELESKI, Maria L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre**. 2004. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em:< http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/maria_luiza_danieleski.pdf> Acesso em agosto, 2020.

ANDRADE JUNIOR, Pedro Roberto de, REIS, Elton Aparecido Prado dos. **Principais diferenças entre o Pavimento Flexível e o Pavimento Rígido**. In ETIC 2018 - Encontro de Iniciação Científica ISSN-21-76-8498, 2018. Toledo Prudente Centro Universitário - Presidente Prudente- SP, 2018. Disponível em: <<http://intertemas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/view/7561/67648053>> Acesso em: março, 2021.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

BARBOSA, Luciana Salles. **Viabilidade econômica em investimentos no mercado imobiliário: gerenciamento de risco e Opções Reais**. 2005. 13 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em:

<<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=7064@2>>. Acesso em junho, 2021.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti de; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2008.

BIROLI, Fernanda Cristian. **Comparação dos Custos de Pavimentos Flexíveis e Rígidos com base em Conceitos de Gerência de Pavimentos**. 2003. 177f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em:

<<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-10072017-154321/pt-br.php>> Acesso em setembro, 2020.

CARVALHO, Marcos Dutra. **Pavimento de concreto: Reduzindo o custo social. Vias Concretas**. São Paulo - SP, 2007. Disponível em: <http://viasconcretas.com.br/wp-content/uploads/2013/02/2007_Artigo_Pavimento-de-concreto_Reduzindo-o-custo-social.pdf>. Acesso em: setembro de 2020.

CAVALCANTI, Ana Paula. **Programa Avaliação Socioeconômica de Projetos**. Fundação Escola Nacional de Administração Pública. Brasília, 2015. Disponível em:<<https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/3011/1/M%C3%B3dulo%201%20-%20Taxa%20de%20Juros.pdf>>. Acesso em: junho de 2021.

CAVALCANTI, M.; PIRES SOBRINHO, C. **Patologias Em Pavimentos de Concreto – Método Icp de Avaliação**. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 4, n. 1, 1 jan. 2019.

CAVALET, Victor N.; LUVIZÃO, Gislaine; NIENOV, Fabiano A.; ZAMPIERI, Lucas Q. **Análise Comparativa do Custo-Benefício entre Pavimentos Flexíveis em Concreto Asfáltico e Pavimentos Rígidos em Concreto de Cimento Portland aplicado em Rodovia de Alto Tráfego**. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, 33., 2019, Balneário Camboriú - SC: Universidade do Oeste de Santa Catarina, 2019. p.729. Disponível em:<http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Infraestrutura/Dimensionamento,%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20e%20Gest%C3%A3o%20de%20Pavimentos%20III/1_719_A_C.pdf>. Acesso em: outubro de 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2019**. Brasília - DF: CNT/ SEST SENAT, 2019. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf>>. Acesso em julho, 2021.

BRASIL. **Lei 9.503 de 23 de setembro de 1997**, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro - CTB. Brasília, DF: Presidência da República, [1998]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503compilado.htm>. Acesso em julho, 2021.

DANIELESKI, Maria L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre**. 2004. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/maria_luiza_danieleski.pdf> Acesso em agosto, 2020.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. DAER - IS - 110/10: **Instruções de Serviço para Estudo de Tráfego**. Rio Grande do Sul, 2010.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. DAER/RS. Referencial de preços - Maio/2019. Rio Grande do Sul, 2019. Disponível em: <https://www.daer.rs.gov.br/upload/arquivos/201909/11111749-6-referencial-maio-2019-com-desoneracao.pdf>> Acesso em agosto, 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER - 667/22: **Método de projeto de pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro, 1981.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT - Publicação IPR - 710: **Manual de Conservação Rodoviária**. Rio de Janeiro, 2005a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT - Publicação IPR - 714: **Manual de Pavimentos Rígido**. Rio de Janeiro, 2005b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT - Publicação IPR - 719: **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT - Publicação IPR - 723: **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro, 2006b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT - Publicação IPR - 739: **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários: Instruções para acompanhamento e análise**. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT - Publicação IPR - 745: **Manual de Gerência de Pavimentos**. Rio de Janeiro, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 005/2003 – TER: **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 006/2003 - PRO: **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 036/2004 - ME: **Pavimento rígido: Água para amassamento do concreto de cimento portland - Ensaio Químico - Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2004a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 037/2004 - ME: **Pavimento rígido: Água para amassamento do concreto de cimento portland - Ensaio comparativo - Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2004b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 049/2004 - **Pavimento Rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-deslizante- Especificação de Serviço**. Rio de Janeiro, 2004c.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 061/2004 – TER: **Pavimento rígido – Defeitos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2004b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 172/2016 - ME: **Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2016.

FERNANDES, Wagner Dambros. **Análise comparativa entre os métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis do Brasil e o método da AASHTO**. 2016. 169f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7929/FERNANDES,%20WAGNER%20DAMBROS.pdf>> Acesso em setembro, 2020.

GARNETT NETO, Gustavo. **Estudo técnico e econômico da manutenção de um pavimento de concreto**. 2001. 118p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258352>>. Acesso em: Outubro de 2020.

GUIMARÃES NETO, Guilherme Loreto. **Estudo Comparativo Entre a Pavimentação Flexível e Rígida**. 2011. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade da Amazônia – UNAMA, Belém, 2011.

GOES, Thaís Bianchin; CHINELATO, Gressa Amanda. **Viabilidade econômico-financeira da cultura do café arábica na região da Alta Mogiana**. Revista Pecege. Edição 04. DOI: 10.22167. Agosto de 2018. e-ISSN: 2359-5078

GOMES, Marcos José Timbó Lima (2004). **Volume Horário de Projeto para as Rodovias Estaduais do Ceará: Análise e Contribuição**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2004. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/4890/1/2004_dis_mjtlgomes.pdf> Acesso em agosto, 2020

MAIA, Iva Marlene Cardoso. **Caracterização de Patologias em Pavimentos Rodoviários**. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, Setembro de 2012. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/68091/1/000154859.pdf>> Acesso em ago 2020.

MESQUITA, José Carlos Lobato. **Pavimento Rígido como Alternativa Econômica para Pavimentação Rodoviária - Estudo de caso - Rodovia BR-262, Miranda - Morro do Azeite - MS**. 2001. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/81479/223394.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em Setembro, 2020.

MOBILIDADE Urbana: população move abaixo-assinados cobrando soluções no bairro Aimoré. **Jornal O Alto Taquari**, Arroio do Meio-RS, 07 de setembro de 2015. Disponível em:<www.oaltotaquari.com.br/portal/2015/09/mobilidade-urbana-populacao-move-abaixo-assinados-cobrando-solucoes-no-bairro-aimore/>. Acesso em Setembro de 2020.

MOBILIDADE urbana - Município inicia reparos de trechos asfálticos nos bairros. **Site Prefeitura de Arroio do Meio** - RS, 10 de agosto de 2017. Disponível em:<<http://www.arroiodomeio.rs.gov.br/site/noticia/1609>>. Acesso em Setembro de 2020.

MOSCHETTI, Ricardo. **O pavimento de concreto é uma realidade nacional. Por quê?**. In:CONCRETE SHOW SOUTH AMERICA, 12. 2019. São Paulo - SP. Resumos [...]. São Paulo, SP: ConcreteShow, 2019. 84 p. Disponível em: <https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2019/09/pavimento_concreto_Ricardo_Moschetti_CShow20190816.pdf>. Acesso em julho, 2021.

MORADORES cobram melhorias na rua após morte de ciclista. **Jornal A Hora**, Lajeado-RS, 24 de Janeiro de 2017. Disponível em:<<https://grupoahora.net.br/conteudos/2017/01/24/moradores-cobram-melhorias-na-rua-apos-morte-de-ciclista/>>. Acesso em Setembro de 2020.

MORADORES reivindicam melhorias na via em frente à BRF, em Arroio do Meio. **Rádio Grupo Independente**. Lajeado -RS, 26 de fevereiro de 2018. Disponível em:<<https://independente.com.br/moradores-reivindicam-melhorias-na-via-em-frente-brf-em-arroio-do-meio/>>. Acesso em Setembro de 2020.

OLIVEIRA, Patrícia Lizi de. **Projeto estrutural de pavimentos rodoviários e de pisos industriais de concreto**. 2000. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-29052006-165910/publico/2000ME_PatriciaLiziOliveira.pdf> Acesso em setembro, 2020.

PINTO, Joana Isabel Baptista Rua. **Caracterização Superficial de Pavimentos Rodoviários**. 2003. 261 f. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) - Faculdade de Engenharia da

Universidade do Porto, Portugal, Julho de 2003. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/11100/2/Texto%20integral.pdf>> Acesso em agosto, 2020.

RECAPEAMENTO asfáltico é executado na principal rua de saída em Arroio do Meio. **Grupo Independente**, Lajeado-RS, 16 de janeiro de 2020. Disponível em: <<https://independente.com.br/recapeamento-asfaltico-e-executado-na-principal-rua-de-saida-e-m-arroio-do-meio/>>. Acesso em abril de 2021.

RIBEIRO, Thiago Pinheiro. **Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 04. Ano 02, Vol. 01. pp 733-754, Julho de 2017. ISSN:2448-0959

RUAS Presidente Vargas, Gustavo Wienandts e Daltro Filho recebem recapeamento asfáltico. **Jornal O Alto Taquari**, Arroio do Meio-RS, 11 de janeiro de 2020. Disponível em: <<http://www.oaltotaquari.com.br/porta/2020/01/ruas-presidente-vargas-gustavo-wienandts-e-daltro-filho-recebem-recapeamento-asfaltico/>> . Acesso em Setembro de 2020.

SALGADO, Maurício. **Conceitos de pavimentos rígidos. Descrição geral dos tipos de pavimentos de concreto**. Curso Pavimentos Urbanos de Concreto. Projeto e Dimensionamento. 1a Parte. São Paulo, SP: ABCP Portland, 13 dez. 2020. 1 vídeo (2h04min). Publicado pelo canal ABCP Portland. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=WtLpMd--1RE>. Acesso em: março, 2021.

SANTOS, Caio Rubens Gonçalves. **Dimensionamento e análise do ciclo de vida de pavimentos rodoviários: um abordagem probabilística**. 2011. 295 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Transporte) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-25082011-140705/publico/Tese_Caio_R_G_Santos.pdf> Acesso em setembro, 2020.

SCHROEDER, Jocimari Tres; SCHROEDER, Ivanir; DA COSTA, Reinaldo Pacheco; SHINODA, Carlos. **O Custo de Capital como Taxa Mínima de Atratividade na Avaliação de Projetos de Investimentos**. Revista Gestão Industrial. Edição 02. Volume 01. pp. 033-042, Maio de 2005. ISSN: 1808-0448

SENÇO, Wlastermiller. **Manual de Técnicas de Projetos Rodoviários**. 1ª ed. São Paulo: Editora Pini, 2008.

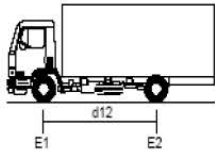
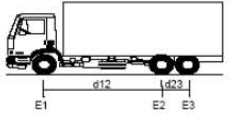
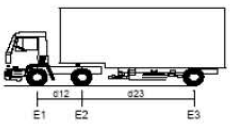
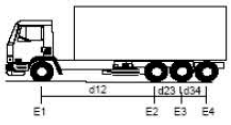
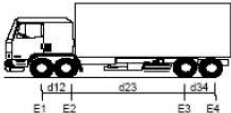
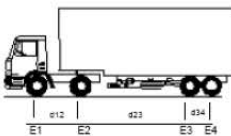
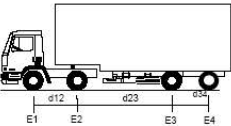
SENÇO, Wlastermiller. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 2ª ed. ampl. São Paulo: Editora Pini, 2007.

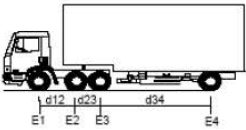
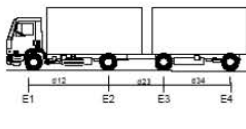
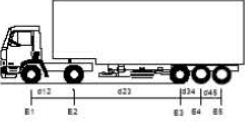
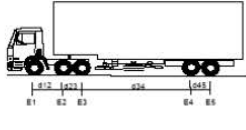
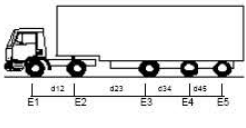
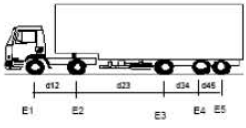
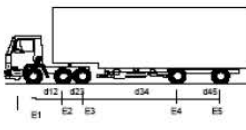
SILVA, Luzilene Souza et al. **Análise comparativa entre as técnicas construtivas de pavimentação empregadas no sistema Bus Rapid Transit (BRT) - Belém - PA versus Fortaleza - CE**. RCT - Revista de Ciência e Tecnologia, [S.l.], v. 4, n. 6, July 2018. ISSN 24477028. Disponível em: <<https://revista.ufrb.br/rct/article/view/4956>>. Acesso em: 01 sep. 2020.

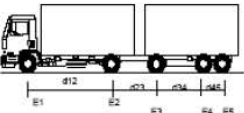
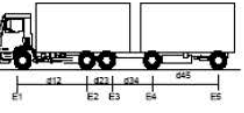
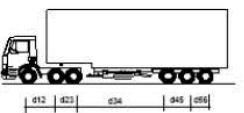
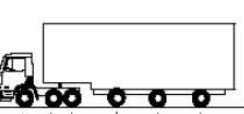
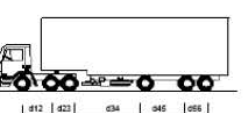
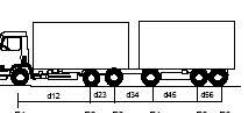
SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. 2 ed. rev. São Paulo: Pini, 2008.

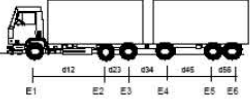
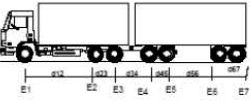
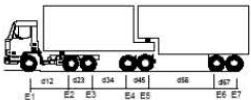
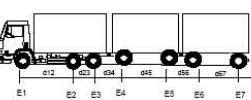
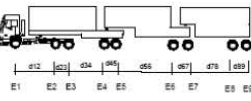
ANEXOS

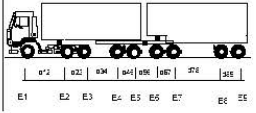
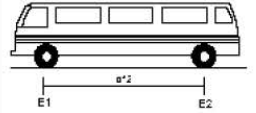
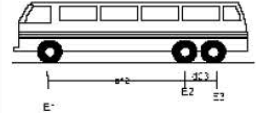
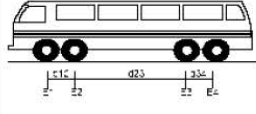
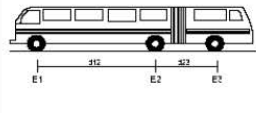
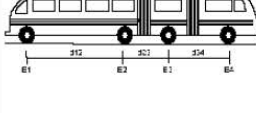
ANEXO A - Classificação dos Veículos por Classes / DNIT

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	2	16(16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples (ES), rodagem simples (RS), carga máxima (CM) = 6t ou capacidade declarada pelo fabricante do pneumático E2 = ES, rodagem dupla (RD), CM = 10t $d12 \leq 3,50m$	2C
	3	23(24,2)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = ES, RS, CM = 6t E2E3 = ES, conjunto de eixos em tandem duplo TD, CM = 17t $d12 > 2,40m$ $1,20m < d23 \leq 2,40m$	3C
	3	26(27,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM = 6t E2 = ED, RD, CM = 10t E3 = ED, RD, CM = 10t $d12, d23 > 2,40m$	2S1
	4	31,5(33,1)	CAMINHÃO SIMPLES E1 = ES, RS, CM 6t E2E3E4 = conjunto de eixos em tandem triplo TT; CM = 25,5t $d12 > 2,40$ $1,20m < d23, d34 \leq 2,40m$	4C
	4	29(30,5)	CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais CED, CM = 12t E3E4 = TD, CM = 17t $1,20m < d34 \leq 2,40m$	4CD
	4	33(34,7)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3E4 = TD, CM = 17t $d12, d23 > 2,40m$ $1,20m < d34 \leq 2,40m$	2S2
	4	36(37,8)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t $d12, d23, d34 > 2,40m$	2I2

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	4	33(34,7)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t d12, d34 > 2,40m 1,20 < d23 ≤ 2,40	3S1
	4	36(37,8)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10m d12, d23, d34 > 2,40m	2C2
	5	41,5(43,6)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD CM10t E3E4E5 = TT, CM 25,5t d12, d23 > 2,40m 1,20m d34, d45 ≤ 2,40m	2S3
	5	40(42)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM17t E4E5 = TD, CM 17t d12, d34 > 2,40m 1,20m < d23, d45 ≤ 2,40m	3S2
	5	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d23, d34, d45 > 2,40m	2I3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4E5 = TD, CM 17t d12, d23, d34 > 2,40m 1,20m < d45 ≤ 2,40m	2J3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3I2

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	5	43(45,2)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4E5 = TD, CM 17t d12, d23, d34 > 2,40m 1,20m < d45 ≤ 2,40m	2C3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3C2
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5E6 = TT, CM 25,5t d12, d34, > 2,40m 1,20m < d23, d45, d56 ≤ 2,40m	3S3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t E6 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45, d56 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3I3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3J3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3C3
	6	19,5(20,5)	CAMINHÃO TRATOR E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD(6 pneus), CM 13,5t 1,20m < d23 ≤ 2,40m A CMT do conjunto vai variar conforme a capacidade do semi-reboque, no mínimo 10 ton até, no máximo o limite legal de 4r ton.	X

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	6	50(52,5)	ROMEUE JULIETA(caminhão trucado + reboque) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3D3
	7	57(59,9)	ROMEUE JULIETA(caminhão trucado + reboque) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67 ≤ 2,40m	3D4
	7	57(59,9)	BI TREM ARTICULADO(caminhão trator trucado + dois semi reboques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67 ≤ 2,40m	3D4
	7	63(66,2)	TREMINHAO(caminhão trucado + dois reboques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t E6 = ED, RD, CM 10t E7 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d56, d67 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3Q4
	9	74(77,7)	TRI TREM(caminhão trator trucado + três semi reboques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t E8E9 = TD, CM 17t d12, d34, d56, d78 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40m	3T6

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	9	74(77,7)	RODOTREM (caminhão trator trucado + dois semi reboques dom dolly) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t E8E9 = TD, CM 17t d12, d34, d56, d78 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40m	3T6
	2	16(16,8)	ÔNIBUS E1 = ES, RS, CM 6t ou a capacidade declarada pelo fabricante do pneumático E2 = ED, RD, CM 10t d12 ≤ 3,50m	2CB
	3	19,5(20,5)	ÔNIBUS TRUCADO E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos, carga máxima 13,5t d12 > 2,40m 1,20 < d23 ≤ 2,40m	3CB
	4	25,5(26,8)	ÔNIBUS DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais, carga máxima 12 ton E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos, carga máxima 13,5t 1,20 < d34 ≤ 2,40m	4CB
	3	26(27,3)	ÔNIBUS URBANO ARTICULADO E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t d12, d23 > 2,40m	2SB1
	4	36(37,8)	ÔNIBUS URBANO BI-ARTICULADO E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t d12, d23, d34 > 2,40m	2IB2

Fonte: DNIT (2006).

ANEXO B - Exemplo de cálculo de espessura de Pavimento de Concreto

Projeto: Pesquisa IPR / Pavimentos Rígidos

Espessura-tentativa: 26cm Juntas com BT: sim _____ não x

Ksb 100 MPa/m Acostamento de concreto: sim _____ não x

Resistência característica à tração na flexão 4,8 Mpa Período de projeto 20 anos

Fator de segurança de cargas, Fsc 1,2.

Cargas por eixo (tf)	Cargas por eixo x Fsc (tf)	Nº de repetições previstas	ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROSÃO	
			nº de repetições admissíveis	Consumo de Fadiga (%)	nº de repetições admissíveis	Danos por Erosão (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Eixos Simples			(8) Tensão equivalente 1,08		(10) Fator de Erosão 2,68	
			(9) Fator da fadiga 0,225			
< 5	6,0	3.270.843	ilimitado	-	ilimitado	-
5 - 6	7,2	203.804	ilimitado	-	ilimitado	-
6 - 7	8,4	290.488	ilimitado	-	ilimitado	-
7 - 8	9,6	238.118	ilimitado	-	26.000.000	0,9
8 - 9	10,8	242.715	ilimitado	-	10.000.000	2,4
9 - 10	12,0	310.404	ilimitado	-	5.100.000	6,1
10 - 11	13,2	282.267	ilimitado	-	2.750.000	10,3
11 - 12	14,4	242.438	ilimitado	-	1.700.000	14,3
12 - 13	15,6	206.645	ilimitado	-	1.000.000	20,7
13 - 14	16,8	65.889	ilimitado	-	630.000	10,5
14 - 15	18,0	39.296	ilimitado	-	420.000	9,4
15 - 16	19,2	5.565	ilimitado	-	290.000	1,9
Eixos Tandem Duplos			(11) Tensão Equivalente 0,94		(13) Fator de Erosão 2,86	
			(12) Fator de Fadiga 0,196			
< 13	15,6	182.532	ilimitado	-	30.000.000	0,6
13 - 14	16,8	5.565	ilimitado	-	16.000.000	-
14 - 15	18,0	12.243	ilimitado	-	9.300.000	0,1
15 - 16	19,2	12.243	ilimitado	-	6.100.000	0,2
16 - 17	20,4	17.808	ilimitado	-	4.000.000	0,4
17 - 18	21,6	30.051	ilimitado	-	2.800.000	1,1
18 - 19	22,8	23.373	ilimitado	-	2.000.000	1,2
19 - 20	24,0	17.808	ilimitado	-	1.600.000	1,1
20 - 21	25,2	17.808	ilimitado	-	1.200.000	1,5
21 - 22	26,4	12.243	ilimitado	-	880.000	1,4
22 - 23	27,6	5.565	ilimitado	-	680.000	0,8
23 - 24	28,8	5.565	ilimitado	-	520.000	1,1
Eixos Tandem Triplos			(14) Tensão equivalente 0,99		(15) Fator de erosão 2,89	
			(16) Fator de fadiga 0,206			
< 24	9,6	30.051	ilimitado	-	4.500.000	0,7
24 - 26	10,4	17.808	ilimitado	-	2.900.000	0,6
26 - 28	11,2	12.243	ilimitado	-	1.900.000	0,6
28 - 30	12,0	18.921	ilimitado	-	1.400.000	1,4
			TOTAL	-	TOTAL	89,3%

Fonte: DNIT (2005).

ANEXO C - Formulário de Inventário do Estado de Superfície do Pavimento

Formulário de Inventário do estado da superfície do pavimento

[illegible]

ANEXO D - Planilha de Cálculo do IGG

Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA:		PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)					Data:		Folha:	
TRECHO:							Estaca ou Quilômetro		Estaca ou Quilômetro	
SUB-TRECHO:		REVESTIMENTO TIPO:								
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações			
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR				0,2					
2	(FC - 2) J, TB				0,5					
3	(FC - 3) JE, TBE				0,8					
4	ALP, ATP, ALC, ATC				0,9					
5	O, P, E				1,0					
6	EX				0,5					
7	D				0,3					
8	R				0,6					
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A () 1 B ()					
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRIV =	FV =	2 A () 2 B ()					
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG		Conceito					
1A) $IGI = \bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$		2A) $IGI = \bar{FV}$ quando $\bar{FV} \leq 50$								
1B) $IGI = 40$ quando $\bar{F} > 30$		2B) $IGI = 50$ quando $\bar{FV} > 50$								
		Operador		Cálculo		Visto				

ANEXO E - Formulário para Contagem de Veículos

[illegible]

ANEXO F - Tensões Equivalentes conforme eixos (MPa)

Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (MPa/m)													
	20		40		60		80		100		150		180	
	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD
12	3,36	2,82	2,95	2,46	2,74	2,31	2,60	2,22	2,49	2,16	2,31	2,08	2,19	2,04
13	3,02	2,56	2,66	2,22	2,47	2,08	2,34	1,99	2,25	1,94	2,09	1,86	1,99	1,81
14	2,74	2,34	2,41	2,02	2,24	1,89	2,13	1,80	2,05	1,75	1,91	1,67	1,82	1,62
15	2,50	2,15	2,20	1,85	2,05	1,72	1,95	1,64	1,88	1,59	1,75	1,51	1,67	1,46
16	2,29	1,99	2,02	1,71	1,88	1,58	1,80	1,51	1,73	1,46	1,61	1,38	1,55	1,33
17	2,11	1,85	1,86	1,58	1,74	1,46	1,66	1,39	1,60	1,34	1,49	1,26	1,43	1,21
18	1,96	1,72	1,73	1,47	1,61	1,35	1,54	1,29	1,48	1,24	1,39	1,16	1,33	1,12
19	1,82	1,62	1,61	1,38	1,50	1,27	1,43	1,20	1,38	1,16	1,29	1,08	1,24	1,04
20	1,70	1,52	1,50	1,29	1,40	1,19	1,34	1,13	1,29	1,08	1,21	1,01	1,16	0,97
21	1,59	1,44	1,40	1,22	1,31	1,12	1,26	1,06	1,21	1,02	1,13	0,95	1,09	0,91
22	1,49	1,36	1,32	1,15	1,23	1,06	1,18	1,00	1,14	0,96	1,07	0,89	1,02	0,86
23	1,40	1,29	1,24	1,09	1,16	1,00	1,11	0,95	1,07	0,91	1,01	0,84	0,97	0,81
24	1,32	1,23	1,17	1,04	1,10	0,95	1,05	0,90	1,01	0,86	0,95	0,80	0,91	0,76
25	1,25	1,18	1,11	0,99	1,04	0,91	0,99	0,85	0,96	0,82	0,90	0,76	0,87	0,73
26	1,19	1,12	1,05	0,95	0,98	0,87	0,94	0,81	0,91	0,78	0,86	0,72	0,82	0,69
27	1,13	1,08	1,00	0,91	0,93	0,83	0,89	0,78	0,86	0,84	0,81	0,69	0,78	0,66
28	1,07	1,03	0,95	0,87	0,89	0,79	0,85	0,74	0,82	0,71	0,78	0,66	0,75	0,63
29	1,02	0,99	0,91	0,84	0,85	0,76	0,81	0,71	0,78	0,68	0,74	0,63	0,71	0,60
30	0,98	0,95	0,87	0,81	0,81	0,73	0,77	0,69	0,75	0,66	0,71	0,61	0,68	0,58
31	0,93	0,92	0,83	0,78	0,77	0,71	0,74	0,66	0,72	0,63	0,68	0,58	0,65	0,55
32	0,90	0,89	0,79	0,75	0,74	68,00	0,71	0,64	0,69	0,61	0,65	0,56	0,62	0,53
33	0,86	0,86	0,76	0,92	0,71	0,66	0,68	0,61	0,66	0,59	0,62	0,54	0,60	0,51
34	0,83	0,83	0,73	0,70	0,69	0,63	0,66	0,59	0,63	0,57	0,60	0,52	0,57	0,49

ES: Eixos Simples

ETD: Eixos Tandem Duplos

Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (Mpa/m)							
	20	40	60	80	140	180		
	ETT	ETT	ETT	ETT	ETT	ETT		
12	2,60	2,00	1,93	1,89	1,85	1,85		
13	1,97	1,78	1,70	1,66	1,61	1,61		
14	1,78	1,59	1,52	1,48	1,43	1,42		
15	1,62	1,44	1,37	1,30	1,27	1,26		
16	1,49	1,32	1,24	1,20	1,15	1,13		
17	1,38	1,21	1,14	1,10	1,15	1,03		
18	1,28	1,12	1,05	1,01	1,04	0,94		
19	1,19	1,04	0,98	0,94	0,96	0,86		
20	1,12	0,98	0,91	0,87	0,88	0,80		
21	1,05	0,92	0,85	0,81	0,82	0,74		
22	0,99	0,86	0,80	0,76	0,76	0,69		
23	0,93	0,81	0,76	0,72	0,71	0,65		
24	0,88	0,77	0,71	0,68	0,67	0,61		
25	0,84	0,73	0,68	0,64	0,63	0,57		
26	0,79	0,70	0,64	0,61	0,59	0,54		
27	0,75	0,66	0,61	0,58	0,56	0,52		
28	0,72	0,63	0,59	0,56	0,53	0,49		
29	0,68	0,60	0,56	0,53	0,51	0,47		
30	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,45		
31	0,62	0,55	0,51	0,49	0,46	0,43		
32	0,59	0,53	0,49	0,47	0,44	0,41		
33	0,57	0,51	0,47	0,45	0,41	0,39		
34	0,54	0,49	0,46	0,43	0,39	0,38		

ETT: Eixos Tandem Triplos

ANEXO G - Fator de Erosão por Eixos

Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (Mpa/m)													
	20		40		60		80		100		150		200	
	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD
12	3,25	3,29	3,20	3,19	3,18	3,13	3,17	3,11	3,16	3,09	3,13	3,04	3,11	3,03
13	3,16	3,23	3,11	3,12	3,09	3,06	3,08	3,04	3,06	3,02	3,03	2,97	3,01	2,95
14	3,08	3,17	3,03	3,06	3,00	2,99	2,99	2,97	2,98	2,95	2,95	2,90	2,93	2,87
15	3,00	3,11	2,95	3,00	2,92	2,93	2,91	2,91	2,90	2,88	2,87	2,83	2,85	2,80
16	2,93	3,06	2,88	2,94	2,85	2,88	2,84	2,85	2,82	2,82	2,79	2,77	2,77	2,74
17	2,87	3,01	2,81	2,89	2,78	2,82	2,77	2,79	2,75	2,77	2,72	2,71	2,70	2,68
18	2,80	2,97	2,74	2,84	2,71	2,77	2,70	2,74	2,69	2,71	2,66	2,65	2,64	2,62
19	2,74	2,92	2,68	2,80	2,65	2,72	2,64	2,69	2,62	2,66	2,59	2,60	2,57	2,57
20	2,69	2,88	2,62	2,76	2,59	2,68	2,58	2,64	2,56	2,62	2,53	2,55	2,51	2,51
21	2,63	2,84	2,57	2,71	2,53	2,64	2,52	2,60	2,51	2,57	2,48	2,50	2,46	2,47
22	2,58	2,80	2,51	2,68	2,48	2,59	2,47	2,56	2,45	2,53	2,42	2,46	2,40	2,42
23	2,53	2,77	2,46	2,64	2,43	2,55	2,42	2,51	2,40	2,48	2,37	2,41	2,35	2,37
24	2,48	2,74	2,42	2,60	2,38	2,52	2,37	2,48	2,36	2,45	2,33	2,31	2,31	2,33
25	2,44	2,71	2,37	2,57	2,34	2,49	2,33	2,45	2,31	2,42	2,28	2,34	2,26	2,29
26	2,40	2,68	2,33	2,54	2,30	2,46	2,28	2,41	2,27	2,38	2,24	2,31	2,22	2,25
27	2,36	2,65	2,29	2,51	2,26	2,43	2,24	2,38	2,22	2,35	2,20	2,27	2,17	2,21
28	2,33	2,62	2,25	2,49	2,22	2,40	2,20	2,35	2,18	2,32	2,16	2,24	2,13	2,18
29	2,29	2,60	2,22	2,46	2,18	2,37	2,16	2,33	2,14	2,30	2,12	2,21	2,09	2,14
30	2,26	2,57	2,18	2,43	2,15	2,53	2,12	2,30	2,11	2,27	2,08	2,18	2,06	2,11
31	2,22	2,55	2,15	2,41	2,11	2,32	2,09	2,27	2,07	2,24	2,04	2,15	2,02	2,07
32	2,19	2,52	2,11	2,38	2,08	2,29	2,05	2,25	2,03	2,22	2,01	2,13	1,98	2,04
33	2,16	2,50	2,08	2,36	2,04	2,27	2,02	2,22	2,00	2,19	1,99	2,10	1,95	2,01
34	2,13	2,48	2,05	2,34	2,01	2,25	1,98	2,20	1,97	2,17	1,94	2,07	1,92	1,98

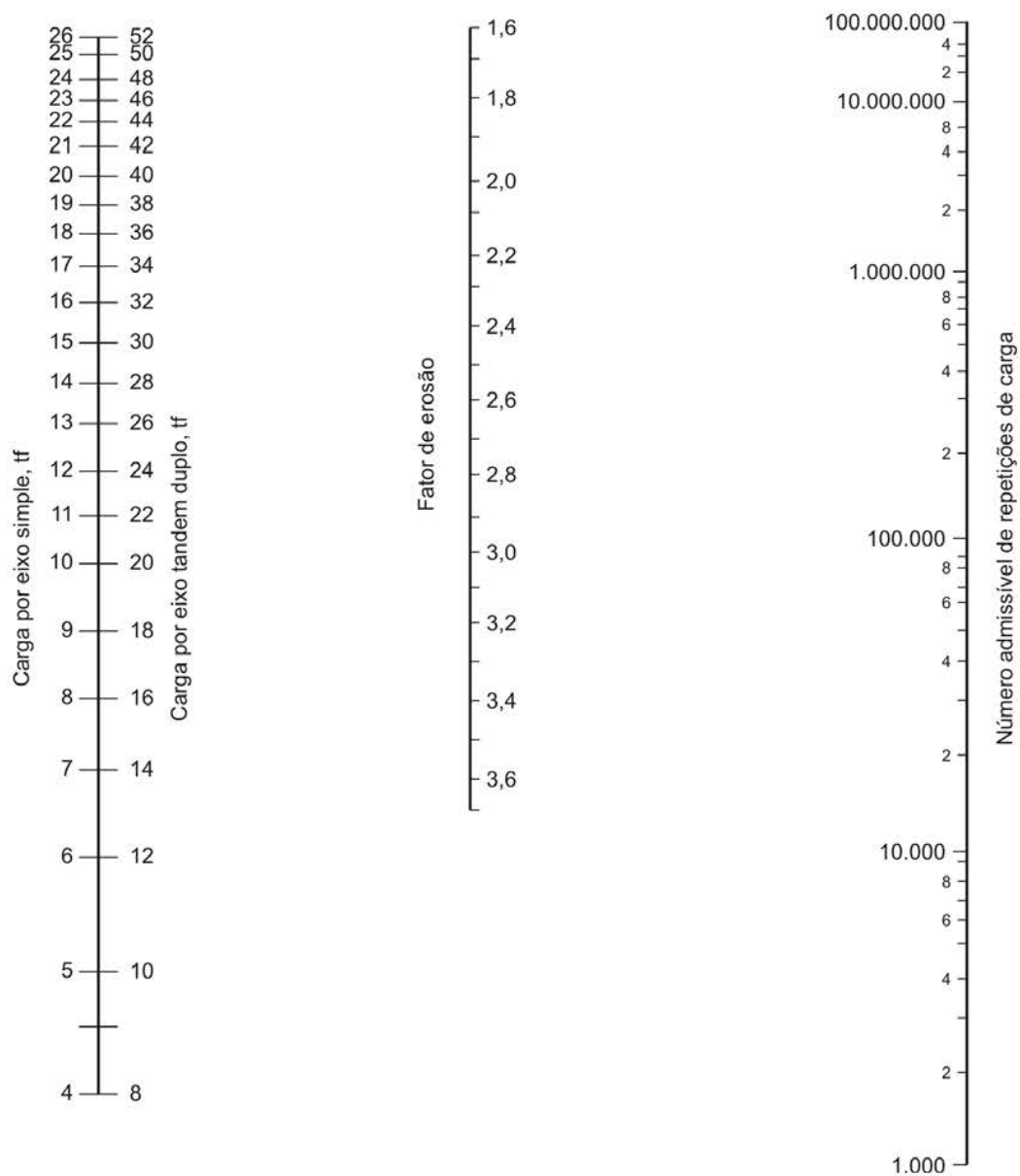
ES: Eixos Simples

ETD: Eixos Tandem Duplos

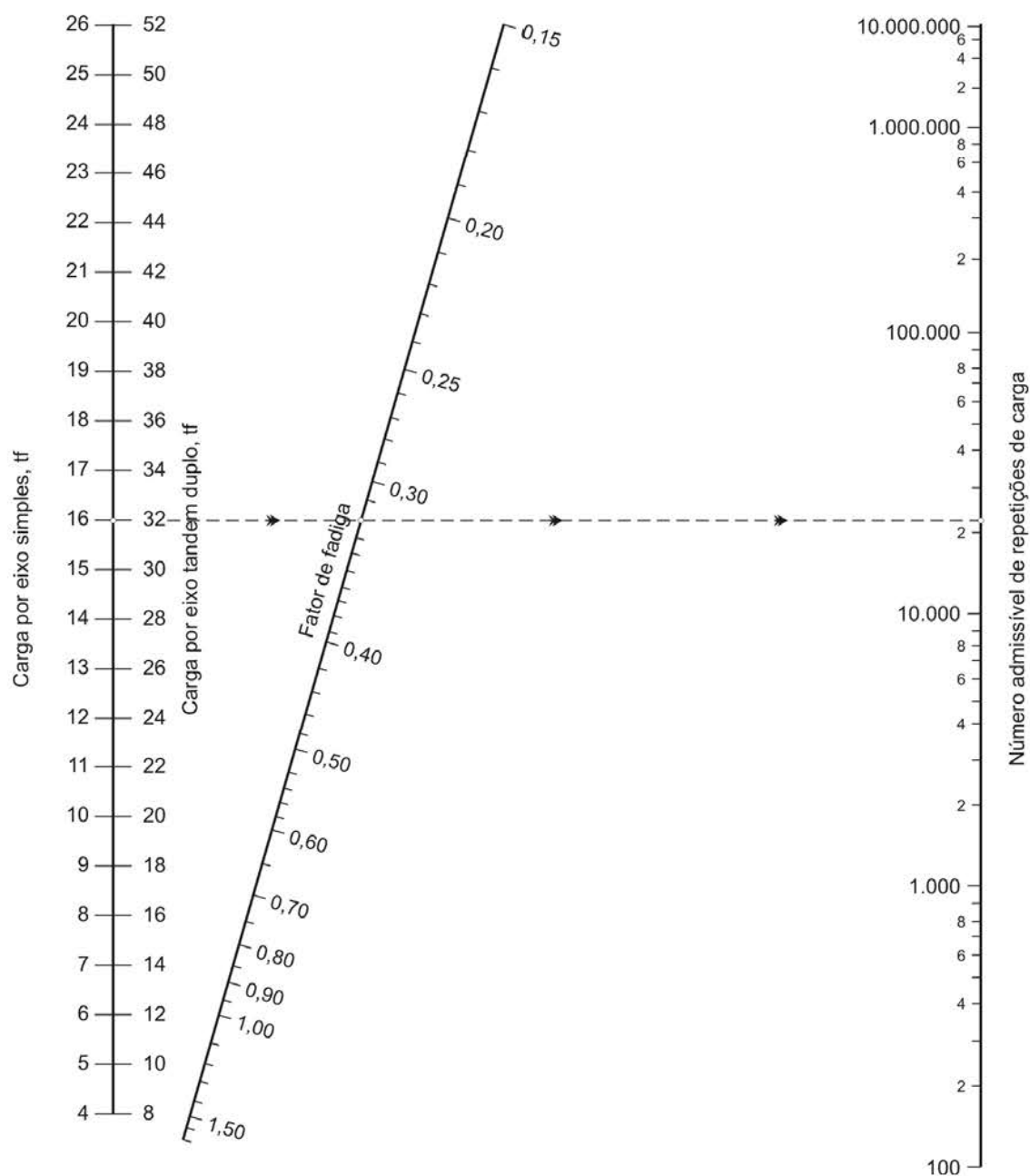
Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (Mpa/m)							
	20	40	60	80	140	180		
	ETT	ETT	ETT	ETT	ETT	ETT		
12	3,29	3,18	3,12	3,09	3,02	2,99		
13	3,23	3,11	3,05	30,10	2,94	2,91		
14	3,17	3,04	2,98	2,94	2,87	2,83		
15	3,12	2,99	2,92	2,88	2,80	2,77		
16	3,08	2,94	2,87	2,82	2,74	2,70		
17	3,03	2,89	2,82	2,77	2,69	2,65		
18	2,99	2,85	2,77	2,72	2,60	2,60		
19	2,96	2,81	2,73	2,68	2,59	2,55		
20	2,93	2,77	2,69	2,64	2,54	2,50		
21	2,89	2,74	2,65	2,60	2,50	2,46		
22	2,87	2,71	2,62	2,56	2,47	2,42		
23	2,84	2,68	2,59	2,53	2,43	2,38		
24	2,81	2,65	2,56	2,50	2,40	2,35		
25	2,79	2,62	2,53	2,47	2,37	2,29		
26	2,77	2,60	2,50	2,44	2,34	2,26		
27	2,74	2,57	2,48	2,39	2,31	2,23		
28	2,72	2,55	2,46	2,37	2,28	2,20		
29	2,70	2,53	2,43	2,35	2,26	2,20		
30	2,68	2,51	2,41	2,33	2,23	2,18		
31	2,67	2,49	2,39	2,31	2,21	2,16		
32	2,65	2,47	2,37	2,29	2,19	2,13		
33	2,63	2,45	2,35	2,27	2,17	2,11		
34	2,61	2,43	2,33	2,27	2,15	2,09		

ETT: Eixos Tandem Triplos

ANEXO H - Análise da Erosão pelo Número de Repetições Admissíveis



ANEXO I - Análise de Fadiga pelo Número de Repetições Admissíveis



ANEXO J - Limites de Peso por Eixo - Resolução nº 12/98 - CONTRAN

EIXO / CONJUNTO DE EIXOS	RODAGEM	SUSPENSÃO	ENTRE-EIXOS (m)	CARGA (kg)	TOLERÂNCIA (7,5%)
Isolado	simples	-	-	⁽¹⁾ 6.000	6.450
Isolado	simples	-	-	⁽²⁾ 6.000	6.450
Isolado	dupla	-	-	10.000	10.750
Duplo	simples	direcional	-	12.000	12.900
Duplo	dupla	tandem	>1,20 ou 2,40	17.000	18.280
Duplo	dupla	não em tandem	>1,20 ou 2,40	15.000	16.130
Duplo	simples+dupla	especial	1,20	9.000	9.680
Duplo	simples+dupla	especial	>1,20 ou 2,40	13.500	14.520
Duplo	Extralarga ⁽⁴⁾	pneumática	>1,20 ou 2,40	17.000	18.280
Triplo ⁽³⁾	dupla	tandem	>1,20 ou 2,40	25.500	27.420
Triplo ⁽³⁾	Extralarga ⁽⁴⁾	pneumática	>1,20 ou 2,40	25.500	27.420

⁽¹⁾ Para rodas com diâmetro inferior ou igual a 830 mm.

⁽²⁾ observada a capacidade e os limites de peso indicados pelo fabricante dos pneumáticos e diâmetro superior a 830 mm.

⁽³⁾ aplicável somente a semi-reboques.

⁽⁴⁾ pneu single (385/65 R 22,5) aplicável somente a semi-reboques e reboques conforme a Resolução nº 62 de 22/05/98 do CONTRAN. A utilização de outros tipos de pneumáticos "single" estará sujeita à Autorização Provisória Experimental - APEX (art. 2º da Resolução Nº 62).

ANEXO K - Decomposição do Custo Unitário cód. 699 - Fornecimento de Pedra Britada e Usinada Comercial

 DAER - Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do RS DGP - Diretoria de Gestão e Projetos SPR - Superintendência de Programação Rodoviária EER - Equipe de Economia Rodoviária											
Custo Unitário do Serviço											
Código: 699			Serviço: FORNECIMENTO DE PEDRA BRITADA E USINADA COMERCIAL					Unidade: m³			
Equipamentos (A)		Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário				
Discriminação			Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo					
B0107 - CARREGADOR FRONTAL PNEUS 14000, capaci: 2,70m³		1,0000	0,8400	0,1600	184,48	56,94	164,07				
E1002 - USINA FICA MISTURADORASOLIDO 3506000h - 10000		1,0000	1,0000	0,0000	134,78	37,96	134,78				
(A) TOTAL							298,85				
Mão de Obra (B)			Unidade	Quantidade	Salário Base	Custo Horário					
Discriminação											
H0001 - SERVENTE			h	4,0000	15,54	62,16					
H0005 - ENCARREGADO			h	1,0000	41,30	41,30					
(B) TOTAL							103,46				
(C) Produção da Equipe 131,2500 m³ / H					Custo Horário Total (A + B)		402,31				
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =							3,06				
Materiais (E)			Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário					
Discriminação											
M00019 - PEDRA Nº 01 - excludive frete			m³	63,32	1,3000	82,31					
(E) TOTAL							82,31				
Transporte (F)		Custo de Transporte				Dist. de Transporte			Custo	Consumo	Custo Unitário
Discriminação		Fixo	CCS	CRP	CPV	CCS	CRP	CPV			
(F) TOTAL											0,00
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)										85,37	
Bonificação: 92,90 %										28,08	
Subtotal:										113,45	
Preço Unitário Total:										113,45	
COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS REFERENCIAL DE PREÇOS MAIO/2019 s/ DESONERAÇÃO											

ANEXO L - Decomposição do Custo Unitário cód. 861 - Sub-base ou Base Brita Graduada

 DAER - Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do RS DGP - Diretoria de Gestão e Projetos SPR - Superintendência de Programação Rodoviária EER - Equipe de Economia Rodoviária											
Custo Unitário do Serviço											
Código: 861		Serviço: SUB-BASE OU BASE BRITA GRADUADA - ex clusive transporte						Unidade: m ³			
Equipamentos (A)		Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário				
Discriminação			Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo					
B0106 - CAMINHÃO EMPESADO RREGADOR 8.000 LITROS (ATEGO 2426 ou		1,0000	0,6000	0,4000	130,62	38,78	93,88				
B0107 - CARREGADOR FRONTAL PNEUS 180HJ, capacid: 2,70m ³		1,0000	0,6500	0,3500	184,48	56,94	139,84				
B0151 - DISTRIBUIDOR DEAGREGADO REBOCÁVEL C/ CAMINHÃO ATEGO		1,0000	0,6600	0,3400	118,73	42,68	92,87				
B0602 - MOTONIVELADORA - 104HJ		1,0000	0,2000	0,0000	175,47	64,70	35,09				
B0651 - ROLO COMPACTADOR DE8 PNEUS, AUTOPROPELIDO - 135 HJ		2,0000	0,6800	0,3200	121,52	39,90	190,80				
B0655 - ROLO COMPACTADOR LISO E PÉ DECARNEIRO - 97/05 HJ		1,0000	1,0000	0,0000	129,44	37,44	129,44				
E1002 - USINA FIXA MISTURADORASOLIDO 350600Hh - 100HJ		1,0000	1,0000	0,0000	134,78	37,96	134,78				
(A) TOTAL							816,70				
Mão de Obra (B)			Unidade	Quantidade	Salário Base	Custo Horário					
Discriminação											
H0001 - SERVENTE			h	8,0000	15,54	124,32					
H0006 - ENCARREGADO			h	2,0000	41,30	82,60					
(B) TOTAL							206,92				
(C) Produção da Equipe 102,0900 m ³ / H					Custo Horário Total (A + B)		1.023,62				
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =							10,02				
Materiais (E)			Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário					
Discriminação											
S04 - PEDRA BRITADA - produção.			m ³	32,87	1,6000	52,59					
(E) TOTAL							52,59				
Transporte (F)		Custo de Transporte				Dist. de Transporte			Custo	Consumo	Custo Unitário
Discriminação		Fixo	CCS	CRP	CPV	CCS	CRP	CPV			
(F) TOTAL							0,00				
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)										62,61	
Bonificação: 32,90 %										20,69	
Subtotal:										83,20	
Preço Unitário Total:										83,20	
COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS REFERENCIAL DE PREÇOS MAIO/2019 s/ DESONERAÇÃO											

ANEXO O - Decomposição do Custo Unitário cód. 881 - Imprimação

 DAER - Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do RS DGP - Diretoria de Gestão e Projetos SPR - Superintendência de Programação Rodoviária EER - Equipe de Economia Rodoviária		Custo Unitário do Serviço												
Código: 881		Serviço: IMPRIMAÇÃO - exclusiva a frio								Unidade: m²				
Equipamentos (A)		Qtde		Utilização		Custo Operacional		Custo Horário						
Discriminação				Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo							
B0105 - CAMINHÃO MÉDIO DISTRIBUIDOR ASFALTO 6.000 LITROS (ATEGO)		1,0000	1,0000	0,0000	132,28	52,75	132,28							
B0050 - TANQUE ARMAZENAMENTO EMULSÃO - 30.000 L		1,0000	1,0000	0,0000	6,62	4,61	6,62							
B0057 - TRATOR INDUSTRIAL DE PNEUS ROD. 8,34 M d. MF4297 -		1,0000	0,0000	1,0000	108,21	27,43	27,43							
E0051 - VOSSOURA MECÂNICA REBOCÁVEL VMR-240 ou similar		1,0000	0,0000	1,0000	4,76	3,45	3,45							
(A) TOTAL							169,78							
Mão de Obra (B)		Unidade		Quantidade		Salário Base		Custo Horário						
Discriminação														
H0001 - SERVENTE		h		6,0000		15,54		93,24						
H0006 - ENCARRREGADO		h		1,0000		41,30		41,30						
(B) TOTAL							134,54							
(C) Produção da Equipe: 1.666,6670 m² / H							Custo Horário Total (A + B)		304,32					
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =									0,18					
Materiais (E)		Unidade		Custo		Consumo		Custo Unitário						
Discriminação														
(E) TOTAL							0,00							
Transporte (F)		Custo de Transporte				Dist. de Transporte			Custo		Consumo		Custo Unitário	
Discriminação		Fixo	CCS	CRP	CPV	CCS	CRP	CPV						
(F) TOTAL							0,00							
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)										0,18				
Bonificação: 32,90 %										0,05				
Subtotal:										0,23				
Preço Unitário Total:										0,23				
COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS REFERENCIAL DE PREÇOS MAIO/2019 s/ DESONERAÇÃO														

ANEXO P - Decomposição do Custo Unitário cód. 883 - Pintura Ligação

 DAER - Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do RS DGP - Diretoria de Gestão e Projetos SPR - Superintendência de Programação Rodoviária EER - Equipe de Economia Rodoviária		Custo Unitário do Serviço									
Código: 883		Serviço: PINTURA LIGAÇÃO - exc lu siva a sfa lto							Unidade: m²		
Equipamentos (A)		Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário				
Discriminação			Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo					
B0105 - CAMINHÃO MÉDIO DISTRIBUIDOR ASFALTO 6.000 LITROS (ATEGO		1,0000	1,0000	0,0000	132,28	52,75	132,28				
B0050 - TANQUE ARMAZENAMENTO EMULSÃO - 30.000 L		1,0000	1,0000	0,0000	6,62	4,61	6,62				
B0057 - TRATOR INDUSTRIAL DE PNEUS ROD. 8,4x34 16d. MF4297 -		3,0000	0,7600	0,2400	108,21	27,43	266,46				
E0051 - VOSSOURA MECÂNICA REBOCÁVEL VMR-240 ou similar		3,0000	0,7600	0,2400	4,76	3,45	13,33				
(A) TOTAL							418,69				
Mão de Obra (B)			Unidade	Quantidade	Salário Base	Custo Horário					
Discriminação											
H0001 - SERVENTE			h	6,0000	15,54	93,24					
H0006 - ENCARRREGADO			h	1,0000	41,30	41,30					
(B) TOTAL							134,54				
(C) Produção da Equipe 4.000,0000 m² / H							Custo Horário Total (A + B)				553,23
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =											0,13
Materiais (E)			Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário					
Discriminação											
(E) TOTAL							0,00				
Transporte (F)		Custo de Transporte				Dist. de Transporte			Custo	Consumo	Custo Unitário
Discriminação		Fixo	CCS	CRP	CPV	CCS	CRP	CPV			
(F) TOTAL							0,00				
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)										0,13	
Bonificação: 32,90 %										0,04	
Subtotal:										0,17	
Preço Unitário Total:										0,17	
COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS REFERENCIAL DE PREÇOS MAIO/2019 s/ DESONERAÇÃO											

ANEXO Q - Decomposição do Custo Unitário cód. 890 - Lavagem Agregado

		DAER - Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do RS DGP - Diretoria de Gestão e Projetos SPR - Superintendência de Programação Rodoviária EER - Equipe de Economia Rodoviária		Custo Unitário do Serviço							
Código: 890		Serviço: LAVAGEM AGREGADO							Unidade: m³		
Equipamentos (A)		Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário				
Discriminação			Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo					
B0106 - CAMINHÃO ENPESADO RREGADOR 8.000 LITROS (ATEGO 2426 ou		1,0000	1,0000	0,0000	130,62	38,78	130,62				
(A) TOTAL									130,62		
Mão de Obra (B)			Unidade	Quantidade	Salário Base	Custo Horário					
Discriminação											
(B) TOTAL									0,00		
(C) Produção da Equipe 85,0000 m³ / H					Custo Horário Total (A + B)		130,62				
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =									1,53		
Materiais (E)			Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário					
Discriminação											
(E) TOTAL									0,00		
Transporte (F)		Custo de Transporte				Dist. de Transporte			Custo	Consumo	Custo Unitário
Discriminação		Fixo	CCS	CRP	CPV	CCS	CRP	CPV			
(F) TOTAL									0,00		
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)										1,53	
Bonificação: 32,90 %										0,50	
Subtotal:										2,03	
Preço Unitário Total:										2,03	
COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS REFERENCIAL DE PREÇOS MAIO/2019 s/ DESONERAÇÃO											

ANEXO R - Decomposição do Custo Unitário cód. 896 - CBUQ sobre Base Granular

		DAER - Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do RS DGP - Diretoria de Gestão e Projetos SPR - Superintendência de Programação Rodoviária EER - Equipe de Economia Rodoviária		Custo Unitário do Serviço							
Código: 896		Serviço: CONCRETO BETUMINOSO USINADO QUENTE SOBRE BASE GRANULAR - exclusiva a mão de obra e transporte						Unidade: m³			
Equipamentos (A)		Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário				
Discriminação			Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo					
(A) TOTAL									0,00		
Mão de Obra (B)		Unidade	Quantidade	Salário Base	Custo Horário						
Discriminação											
(B) TOTAL									0,00		
(C) Produção da Equipe 33,1500 m³ / H									Custo Horário Total (A + B)	0,00	
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =									0,00		
Materiais (E)		Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário						
Discriminação											
06max - CONCRETO BETUMINOSO USINADO QUENTE SOBRE BASE GRANULAR -		ton	70,17	2,3500					164,89		
(E) TOTAL									164,89		
Transporte (F)		Custo de Transporte				Dist. de Transporte			Custo	Consumo	Custo Unitário
Discriminação		Fixo	CCS	CRP	CPV	CCS	CRP	CPV			
(F) TOTAL									0,00		
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)									164,89		
Bonificação: 32,90 %									54,24		
Subtotal:									219,13		
Preço Unitário Total:									219,13		
COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS REFERENCIAL DE PREÇOS MAIO/2019 s/ DESONERAÇÃO											

ANEXO S - Decomposição do Custo Unitário cód. 931 - Concreto Compactado a Rolo



DAER - Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do RS

DGP - Diretoria de Gestão e Projetos

SPR - Superintendência de Programação Rodoviária

EER - Equipe de Economia Rodoviária

Custo Unitário do Serviço

Código: 931

Serviço: CONCRETO COMPACTADO A ROLÔ fctm k=1,5MPa EM CENTRAL
CONCRETO - inclusive materiais e transporte

Unidade: m³

Equipamentos (A)	Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
Discriminação		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
EI0107 - CARRISADO R.FRONTAL PNEUS 180H3, espess: 2,70m²	1,0000	0,2000	0,8000	184,48	56,94	82,44
EI0602 - MOTONIVELADORA - 104H3	1,0000	1,0000	0,0000	175,47	64,70	175,47
EI0652 - ROLÔ CO MPACTADOR LISO, MONOCILINDRO, AUTO PROPELIDO,	1,0000	0,7000	0,3000	97,22	37,44	79,28
EI0717 - CENTRAL MÓVEL DE CONCRETO MISTURADO RA - 60m³/h	1,0000	0,5000	0,5000	257,28	105,52	181,40
(A) TOTAL						518,69

Mão de Obra (B)	Unidade	Quantidade	Salário Base	Custo Horário
Discriminação				
H0001 - SERVENTE	h	12,0000	15,54	186,48
H0004 - PROFISSIONAL	h	4,5000	19,01	85,54
H0006 - ENCARREGADO	h	1,0000	41,30	41,30
(B) TOTAL				313,32

(C) Produção da Equipe 20,0000 m³ / H

Custo Horário Total (A + B)

831,91

(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =

41,69

Materiais (E)	Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário
Discriminação				
004 - PEDRA BRITADA - produção	m²	32,87	0,8500	27,93
0013 - TRANSPORTE LOCAL 5 RITA	m²	1,95	0,8500	1,65
0015 - TRANSPORTE AEREA	m²	1,95	0,5800	1,13
0018 - TRANSPORTE COMERCIAL CIMENTO	ton	0,51	0,1200	0,06
0020 - TRANSPORTE AEREA FALTO FRIO S/B DI	ton	10,90	0,0012	0,01
- RR-2C (sem BDI)	t	2.176,18	0,0012	2,61
M00011 - CIMENTO PORTLANDO TIPO C.P.M-32	sc 50k	25,05	2,4000	60,12
M00017 - AREIA REGULAR - exclusiva frete	m³	71,96	0,5800	41,73
M00114 - LONA PLÁSTICA 50 MICRA	m²	1,35	11,0000	14,85
(E) TOTAL				160,09

Transporte (F)	Custo de Transporte				Dist. de Transporte			Custo	Consum	Custo Unitário
Discriminação	Fixo	CCS	CRP	CPV	CCS	CRP	CPV			
T0004 - TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE 10 M³	1,40	0,84	0,67	0,55	0,0000	0,0000	1,0000	1,95	1,9000	3,70
(F) TOTAL										3,70

Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)	195,38
Bonificação: 32,90 %	64,28
Subtotal:	259,66
Preço Unitário Total:	259,66

COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS

REFERENCIAL DE PREÇOS MAIO/2019 s/ DESONERAÇÃO

ANEXO V - Decomposição do Custo Unitário cód. 934 - Junta Transversal Serrada e Selada

 DAER - Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do RS DGP - Diretoria de Gestão e Projetos SPR - Superintendência de Programação Rodoviária EER - Equipe de Economia Rodoviária											
Custo Unitário do Serviço											
Código: 934		Serviço: JUNTA TRANSVERSAL SERRADA E SELADA SEM FORNECIMENTO AÇO D=25mm						Unidade: m			
Equipamentos (A)		Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário				
Discriminação			Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo					
B1010 - SERRA CIRCULAR PCORTECONCRETO E AÇO MOTOR 640L 625 HPC		1,0000	1,0000	0,0000	25,62	16,17	25,62				
FERRAMENTAS		%	5,00				6,04				
(A) TOTAL							31,66				
Mão de Obra (B)				Unidade	Quantidade	Salário Base	Custo Horário				
Discriminação											
H0001 - SERVENTE				h	3,5000	15,54	54,39				
H0004 - PROFISSIONAL				h	3,5000	19,01	66,53				
(B) TOTAL							120,92				
(C) Produção da Equipe 30,0000 m / H					Custo Horário Total (A + B)		152,58				
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =							5,08				
Materiais (E)				Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário				
Discriminação											
M00111 - S ELANTE POLIURETANOMER (3 10m)				l	32,08	0,0396	1,27				
M00113 - DISCO DIAMANTADO 400mm PCORTE JUNTA PAZ RIGIDO				un	543,18	0,0011	0,59				
M00117 - CORDÃO POLIPROPILENO TAPUCEL 6mm				m	0,12	1,0500	0,12				
(E) TOTAL							1,98				
Transporte (F)		Custo de Transporte				Dist. de Transporte			Custo	Consum	Custo Unitário
Discriminação		Fixo	CCS	CRP	CPV	CCS	CRP	CPV			
(F) TOTAL							0,00				
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)										7,06	
Bonificação: 32,90 %										2,32	
Subtotal:										9,38	
Preço Unitário Total:										9,38	
COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS REFERENCIAL DE PREÇOS MAIO/2019 s/ DESONERAÇÃO											

ANEXO W - Decomposição do Custo Unitário cód. 935 - Junta Longitudinal Serrada e Selada

 DAER - Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do RS DGP - Diretoria de Gestão e Projetos SPR - Superintendência de Programação Rodoviária EER - Equipe de Economia Rodoviária											
Custo Unitário do Serviço											
Código: 935		Serviço: JUNTA LONGITUDINAL SERRADA E SELADA SEM FORNECIMENTO AÇO D=10mm						Unidade: m			
Equipamentos (A)		Qtde	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário				
Discriminação			Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo					
B1010 - SERRA CIRCULAR PCORTECONCRETO E AS FCMOTOR GASOL 325 HPCL		1,0000	1,0000	0,0000	25,62	16,17	25,62				
FERRAMENTAS		%	5,00				1,72				
(A) TOTAL							27,34				
Mão de Obra (B)				Unidade	Quantidade	Salário Base	Custo Horário				
Discriminação											
H0001 - SERVENTE				h	1,0000	15,54	15,54				
H0004 - PROFISSIONAL				h	1,0000	19,01	19,01				
(B) TOTAL							34,55				
(C) Produção da Equipe 30,0000 m / H					Custo Horário Total (A + B)			61,89			
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =							2,06				
Materiais (E)				Unidade	Custo	Consumo	Custo Unitário				
Discriminação											
M00111 - S ELANTE POLIURETANOMERICO (3 10m)				l	32,08	0,0396	1,27				
M00113 - DISCO DIAMANTADO 400mm PCORTE JUNTA PAZ RIGIDO				un	543,18	0,0017	0,92				
M00117 - CORDÃO POLIPROPILENO TAPUCEL 6mm				m	0,12	1,0500	0,12				
(E) TOTAL							2,31				
Transporte (F)		Custo de Transporte				Dist. de Transporte			Custo	Consum	Custo Unitário
Discriminação		Fixo	CCS	CRP	CPV	CCS	CRP	CPV			
(F) TOTAL							0,00				
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)										4,37	
Bonificação: 32,90 %										1,43	
Subtotal:										5,80	
Preço Unitário Total:										5,80	
COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS REFERENCIAL DE PREÇOS MAIO/2019 s/ DESONERAÇÃO											

ANEXO X - Decomposição do Custo Unitário cód. 1530 - Meio-fio MFC05

 DAER - Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do RS DGP - Diretoria de Gestão e Projetos SPR - Superintendência de Programação Rodoviária EER - Equipe de Economia Rodoviária										
Custo Unitário do Serviço										
Código: 1530		Serviço: MEIO-FIO CONCRETO PRÉ-MOLDADO - MFC05						Unidade: m		
Equipamentos (A)				Utilização		Custo Operacional		Custo		
Discriminação		Qtde		Produtiva	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário		
(A) TOTAL								0,00		
Mão de Obra (B)						Unidade	Quantidade	Salário Base	Custo	
Discriminação									Horário	
(B) TOTAL								0,00		
(C) Produção da Equipe 1,0000 m / H						Custo Horário Total (A + B)			0,00	
(D) Custo Unitário da Execução [(A) + (B)] / (C) =								0,00		
Materiais (E)						Unidade	Custo	Consumo	Custo	
Discriminação									Unitário	
1060 - ESCAVAÇÃO MANUAL VALAS 1PCAT				m²		70,11	0,0500		3,50	
6010 - CONCRETO 6x11 Mx6 RODENAG BMECAC - inclusive transporte				m²		397,50	0,0340		13,51	
6103 - FORMAS COMPENSADO (aproveitamento=6) - inclusive				m²		42,06	0,3150		13,24	
(E) TOTAL								30,25		
Transporte (F)		Custo de Transporte				Dist. de Transporte				
Discriminação		Fixo	CCS	CRP	CPV	CCS	CRP	CPV	Custo	Consumo
(F) TOTAL								0,00		
Custo Unitário Total: (D) + (E) + (F)									30,25	
Bonificação: 32,90 %									9,95	
Subtotal:									40,20	
Preço Unitário Total:									40,20	
COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS REFERENCIAL DE PREÇOS MAIO/2019 s/ DESONERAÇÃO										



UNIVATES

R. Avelino Talini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95914.014 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09