



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA – UNIPAMPA
CENTRO DE TECNOLOGIA DE ALEGRETE – CTA
ENGENHARIA ECONÔMICA**

MARCELO RAMOS NETTO

**ESTUDO DE CASO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE DETERMINADOS TIPOS
DE MANUTENÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL EM UMA VIA DA ZONA URBANA
DE ALEGRETE – RS**

MONOGRAFIA

Alegrete/RS

2016

MARCELO RAMOS NETTO

**ESTUDO DE CASO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE DETERMINADOS TIPOS
DE MANUTENÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL EM UMA VIA DA ZONA URBANA
DE ALEGRETE-RS**

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação de Especialização em Engenharia Econômica na Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Especialista em Engenharia Econômica.

Orientador: Prof. Dr. Telmo Egmar Camilo Deifeld

Alegrete/RS

2016

MARCELO RAMOS NETTO

**ESTUDO DE CASO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE DETERMINADOS TIPOS
DE MANUTENÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL EM UMA VIA DA ZONA URBANA
DE ALEGRETE – RS**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação de Especialização em Engenharia Econômica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Engenharia Econômica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido
em: 12 de julho de 2016.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Telmo Egmar Camilo Deifeld

Orientador

Engenharia Civil – UNIPAMPA

Prof. Dr. Alexandre Silva de Oliveira

Engenharia Mecânica – UNIPAMPA

Prof. Dr. Roberlaine Ribeiro Jorge

Engenharia Agrícola – UNIPAMPA

Dedico este trabalho a meus pais,
Jesus e Ivete, minha namorada Daiane
e a meu irmão Filipe

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, por me dar saúde e disposição ao longo desta caminhada.

Aos meus pais, por sempre me apoiarem no que fosse preciso para meus estudos.

A minha namorada Daiane, pelo amor, carinho e compreensão durante esta caminhada.

Ao meu irmão, Filipe Ramos Netto, pelo auxílio em minhas pesquisas quando necessário.

Agradeço aos amigos por estarem por perto tanto nos momentos de diversão como nos momentos difíceis.

Aos colegas e colaboradores Aldo Temp, Carlos da Conceição, Fabiano Pereira, Henrique Rodrigues, Ricardo Rodrigues e Rodrigo Klamt que ajudaram quando necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a meu orientador Telmo Deifeld pelo auxílio e disponibilidade no desenvolvimento do meu trabalho de conclusão.

Aos professores que ao longo desses quase 2 anos de Curso de Especialização passaram seus conhecimentos técnicos.

A Universidade Federal do Pampa - Unipampa, à qual sinto orgulho de fazer parte.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso da viabilidade econômica de diferentes tipos de manutenção ou sistemas propostos para determinada via da zona urbana de Alegrete-RS, sendo: o método aplicado pela Prefeitura que englobou os serviços de fresagem e recapeamento asfáltico no trecho em estudo da via em questão; e o sistema proposto de pavimentos intertravados de blocos de concreto. A metodologia utilizada neste trabalho visa identificar a viabilidade econômica de um sistema de pavimento que possa ser implantado para combater as manifestações patológicas no pavimento flexível da via estudada, bem como as vantagens na aplicação deste método que possa ser aplicado em comparação ao método adotado pela Prefeitura municipal em questão. Com base nos resultados obtidos em 2013 através de dois métodos de avaliação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte para pavimentos rodoviários: Avaliação Objetiva de Superfície, para determinação do Índice de Gravidade Global (IGG); e a Avaliação Subjetiva de Superfície, para obtenção do Valor de Serventia Atual (VSA), que foi proposto o sistema de pavimento intertravado. A pesquisa foi realizada na seguinte via: Rua dos Andradas, em um trecho com 800 m de extensão, sendo que essa, por sua vez, foi escolhida por sua representatividade na zona urbana de Alegrete. A manutenção realizada pela Prefeitura Municipal de Alegrete (PMA) se mostrou menos custosa inicialmente, levando em conta apenas o investimento inicial, mesmo sendo realizada em um trecho maior, pois foi realizada em um trecho de 1,3 km, enquanto a proposta de pavimentação intertravada de blocos de concreto abrangia 0,8 km. Porém, caso fossem comparados os valores gastos com manutenções em um intervalo de tempo de 20 anos (vida útil do pavimento intertravado) para a mesma extensão de 1,3 km, o sistema de pavimentação intertravada teria um Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) de R\$ 62.704,00 enquanto a manutenção realizada pela PMA apresentaria um CAUE de R\$ 85.178,34, assim sendo a utilização do pavimento intertravado se mostraria viável economicamente. Finalmente, o trabalho relata a importância do planejamento e da gerência dos serviços de manutenção nas vias urbanas.

Palavra-chave: pavimentos flexíveis, alternativas de pavimentação, avaliação econômica.

ABSTRACT

This paper presents a case study of the economic viability of different types of maintenance or proposed systems for certain street the urban area of Alegrete-RS, being: the method used by the City Hall which included the milling services and asphalt resurfacing in the stretch under study the route in question; and the proposed system of interlocked floor concrete blocks. In this work we used the methodology is to identify the economic viability of a flooring system wich can be deployed to combat pathological manifestations in flexible pavement particular street as well as advantages in the application of the repair method that can be applied in comparison the method adopted by the City Hall in case study. The study was based on the results obtained in 2013 using two methods of evaluation of the National Department of Transport Infrastructure for road pavements: Surface objective evaluation to determine the Global Severity Index and the surface of Subjectve Evaluation for obtaining Usefulness Current Value which proposed the interlocked flooring system.. The case study was carried out in the following way: Andradas Street, on a piece of 800 m long, was chosen for its representation in the urban area of Alegrete. The maintenance performed by the Municipality was less costly, even being held in a bigger portions because it was held in a stretch of 1.3 km, while the proposed paving interlocked concrete blocks covered 0.8 km. However, if the maintenance expenses values were compared in a 20-year time span (life of interlocked floor) for the same length of 1.3 km, the interlocked flooring system would have cost Uniform Annual Equivalent (CAUE) of R \$ 62,704.00 while the maintenance performed by PMA present a CAUE of R \$ 85,178.34, so the use of interlocked floor would prove economically viable. This paper describes the importance of planning and management of maintenance services on urban roads.

Keywords: flexible pavements, paving alternative, economic assessment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Camadas do pavimento	23
Figura 2 – Modelos tradicionais de assentamento dos pavers	29
Figura 3 – Afundamento local na Av. Assis Brasil – Alegrete – RS	37
Figura 4 – Afundamento de trilha de roda	37
Figura 5 – Corrugação encontrada na Rua Bento Manoel – Alegrete-RS	38
Figura 6 – Exsudação de asfalto vista na Rua Barão do Amazonas – Alegrete – RS	39
Figura 7 – Desgaste visto na Av. Dr. Lauro Dornelles – Alegrete – RS	40
Figura 8 – Panela encontrada na Av. Dr. Lauro Dornelles – Alegrete – RS	41
Figura 9 – Remendo visto na Rua Barão do Amazonas – Alegrete – RS	42
Figura 10 – Escorregamento de revestimento betuminoso	43
Figura 11 -Trinca interligada tipo-jacaré	44
Figura 12 – Trinca Isolada Transversal	44
Figura 13 – Trinca isolada longitudinal	45
Figura 14 – Trinca interligada tipo bloco	45
Figura 15 – Instrumentos utilizados para verificação das patologias	51
Figura 16 – Demarcação de áreas para inventário de patologias	52
Figura 17 – Placa com os horários p/circulação dos variados PBTs	55
Figura 18 - Logradouros abrangidos pelo Estacionamento Rotativo Pago	59
Figura 19 – Operação tapa-buraco realizada na Rua dos Andradas	64
Figura 20 – Aspecto da Rua dos Andradas logo após manutenção	64
Figura 21 – Aspecto da Rua dos Andradas no período da noite pós-manutenção	65
Figura 22 – Extensão total da Rua dos Andradas	66
Figura 23 – Trecho analisado da Rua dos Andradas	66
Figura 24 – Distribuição das patologias na Rua dos Andradas no ano de 2013	68
Figura 25 – Aspecto da Rua dos Andradas pós fresagem	71
Figura 26 – RECAP 2 em plena execução na Rua dos Andradas	71
Figura 27 – Aspecto de um trecho da Rua dos Andradas pós RECAP 2	72
Figura 28 – Composição de camadas antes e depois da operação de RECAP 2 na Rua dos Andradas	73

Figura 29 – Fluxo de caixa do RECAP no período de 10 anos	82
Figura 30 – Fluxo de Caixa do pavimento intertravado de blocos de concreto no período de 10 anos	84
Figura 31 – Fluxo de Caixa do RECAP no período de 20 anos	86
Figura 32 – Fluxo de Caixa do pavimento intertravado de blocos de concreto no período de 10 anos	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo de distâncias de frenagem entre pavimento flexível e o pavimento intertravado	30
Tabela 2 – Valor do fator de ponderação	32
Tabela 3 – Conceitos de degradação do pavimento em função das patologias	50
Tabela 4 – Média de tráfego e fator de frota vistos na Rua dos Andradas	53
Tabela 5 – Contagem realizada na Rua dos Andradas	106
Tabela 6 – Frota de veículos em circulação – Alegrete-RS	55
Tabela 7 – Frota de veículos em circulação por tipo – Alegrete-RS em 2015 ..	56
Tabela 8 – Frota de veículos em circulação no RS	57
Tabela 9 - Distribuição de vagas-logradouro	60
Tabela 10 – Níveis de serventia	61
Tabela 11 – Planilha de cálculo do IGG para Rua dos Andradas	67
Tabela 12 - Notas atribuídas a Rua dos Andradas referente ao VSA	68
Tabela 13 – Comparação entre IGG e VSA na Rua dos Andradas	69
Tabela 14 – Composição de custos da operação de RECAP 2 na Rua dos Andradas	74
Tabela 15 – Sistema de pavimentação intertravada de blocos de concreto sobre coxim de areia – unidade: m²	75
Tabela 16 – Grupo de encargos sociais I	76
Tabela 17 – Grupo de encargos sociais II	77
Tabela 18 – Grupo de encargos sociais III	77
Tabela 19 – Grupo de encargos sociais IV	78
Tabela 20 – Grupo de encargos complementares V e VI	78
Tabela 21 – Piso salarial dos trabalhadores da construção civil – RS	79
Tabela 22 – Composição dos custos para o sistema de pavimento intertravado (c/mão de obra própria)	80
Tabela 23 – Comparação entre alternativas na via analisada	81
Tabela 24 – Comparativo de características entre pavimentos: flexível e rígido	90

LISTA DE SIGLAS

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials
ABCP – Associação brasileira de cimento Portland
ATR – Afundamentos em trilha de roda
CA – Concreto asfáltico
CAP – Concreto asfáltico de petróleo
CAUE – Custo anual uniforme equivalente
CBUQ – Concreto betuminoso usinado a quente
CNT – Confederação nacional dos transportes
DER – Departamento de estradas e rodagens estaduais
DNER – Departamento nacional de estradas de rodagem
DNIT – Departamento nacional de infraestrutura de transportes
ESRD – Eixo simples de roda dupla
FRN – Fundo rodoviário nacional
ICMS – Índice sobre circulação de mercadorias e serviços
IGG – Índice de gravidade global
IGI – Índice de gravidade individual
IPI – Imposto sobre produtos industrializados
PBT – Peso bruto total
PMA – Prefeitura municipal de Alegrete
PMF – Pré-misturado a frio
PROCERGS – Companhia de processamento de dados do Rio Grande do Sul
PSR – Present servicenbility ratio
SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices de Construção Civil
TCPO – Tabela de composição de preços para orçamento
TIR – Taxa interna de retorno
TMA – Taxa mínima de atratividade
TSD – Tratamento superficial duplo
TST – Tratamento superficial triplo
UNIPAMPA – Universidade federal do pampa
UPA – Unidade de pronto atendimento
VSA – Valor de serventia atual

LISTA DE SÍMBOLOS

fa – Frequência absoluta

fp – Fator de ponderação

fr – Frequência relativa

n – Número de estações inventariadas

ΣX – Somatório de valores de serventia atual individuais

N – Número de membros do grupo de avaliação

i – Taxa mínima de atratividade

t – Período de tempo

Vk – Valor atualizado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Contextualização do tema de pesquisa	16
1.2 Definição do problema e questão de pesquisa	17
1.3 Hipótese	18
1.4 Objetivos	19
1.4.1 Objetivo Geral	19
1.4.2 Objetivos específicos	19
1.5 Justificativa	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Breve histórico	21
2.2 Pavimento rodoviário	21
2.2.1 Funções do pavimento	22
2.2.2 Classificação do pavimento	22
2.2.3 Camadas do pavimento	23
2.2.4 Funções das camadas	23
2.3 Revestimento asfáltico	24
2.3.1 Tipos de revestimentos asfálticos	24
2.3.1.1 Misturas usinadas	25
2.3.1.2 Mistura in situ em usinas móveis	25
2.3.1.3 Fresagem	26
2.4 Pavimento intertravado	27
2.4.1 Colocação dos pavers	27
2.4.2 Paginação	28
2.4.3 Uso dos pavers	29
2.5 Índice de gravidade global (IGG)	30
2.5.1 Obtenção do IGG	30
2.5.2 Condições específicas	32
2.6 Serventia	33
2.6.1 Condições específicas	33
2.6.2 Processo de avaliação	34
2.7 Dimensionamento do pavimento	35
2.8 Deterioração dos pavimentos asfálticos	35

2.9	Patologias em pavimentos com comportamento flexível	36
2.10	Manutenção de rodovia	45
2.11	Gerenciamento em pavimentos rodoviários	46
2.12	Avaliação econômica	47
2.12.1	Análise de investimento	47
2.12.1.1	Técnicas de análise de investimento	47
2.12.1.2	Método do custo anual uniforme equivalente	47
2.13	Definição de medidas	49
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	50
3.1	Método de avaliação proposto	50
3.1.1	Avaliação objetiva de superfície: IGG	50
3.1.1.1	Levantamento de dados	51
3.1.1.2	Critérios para coleta de dados	52
3.1.1.3	Seleção da via a ser analisada	53
3.1.2	Avaliação subjetiva de superfície: VSA	60
3.1.3	Análise temporal dos sistemas: adotado e proposto	62
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
4.1	Análise da Rua dos Andradas	63
4.1.1	Comparação entre IGG e VSA na Rua dos Andradas	68
4.1.2	Materiais utilizados na via analisada	69
4.1.2.1	Paralelepípedo	69
4.1.2.2	Pré-misturado à frio	69
4.1.3	Técnicas de manutenção para as patologias na Rua dos Andradas	70
4.1.4	Recap 2	70
4.1.5	Alternativa de sistema de pavimentação para Rua dos Andradas	74
4.1.5.1	Pavimentação intertravada de blocos de concreto	74
4.1.5.1.1	Comparação de custos entre sistema adotado e sistema proposto ...	80
4.1.5.1.1.1	Comparação entre métodos em um intervalo de tempo de 10 anos	81
4.1.5.1.1.2	Comparação entre métodos em um intervalo de tempo de 20 anos	85
4.1.5.1.2	Comparação de características entre sistema adotado e sistema proposto	89
5	CONCLUSÃO	93

Referências	96
Anexo A – Ficha de Contagem Volumétrica I	102
Apêndice A – Planilha de levantamento	103
Apêndice B – Ficha de Avaliação de Serventia	104
Apêndice C – Condições específicas do teste de serventia	105
Apêndice D – Ficha de Avaliação de Serventia	106

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do tema de pesquisa

Este trabalho apresentará um estudo de caso sobre a viabilidade econômica de diferentes tipos de manutenção do pavimento flexível em determinada via da zona urbana de Alegrete-RS, sendo: o método adotado pela Prefeitura municipal através do Programa de recapeamento asfáltico e sistema proposto nesse trabalho, utilização de pavimento intertravado de blocos de concreto, bem como as vantagens que possa ter cada método.

Buscando a melhoria nas condições de trafegabilidade com soluções que não sejam tão custosas, diversos têm sido os estudos com relação à condição da pavimentação rodoviária no Brasil, tais como os realizados por Gonçalves (1999); Souza (2004); Lee (2005); Rocha (2010).

A pavimentação rodoviária é parte essencial na infraestrutura de um país e está ligada a sua capacidade de crescimento. Neste contexto, sabe-se que vários fatores comprometem a condição destes pavimentos, como por exemplo, a idade dos pavimentos, a grande solicitação do tráfego e a falta de reparo ou manutenção constante destes. A rodovia, especialmente o pavimento, até pela razão da importância do transporte na atividade socioeconômica, dentro de uma perspectiva de longo prazo (de ordem de grandeza, por exemplo, secular) tem de apresentar desempenho satisfatório, permanentemente. Esse desempenho é traduzido na oferta, ao usuário, de condições de tráfego seguras, confortáveis e econômicas – atendendo, assim, ao preceito de otimização do custo total de transporte (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Cada tipo de pavimento apresenta, no decorrer de sua vida de serviço, diversas manifestações de defeitos, relacionados não somente com os tipos de materiais empregados, mas também com os tipos de resposta mecânica na estrutura em questão. A partir daí, conforme observa Balbo (2007), não só os tipos de materiais, mas também o comportamento estrutural do pavimento fornecem, em conjunto, informações úteis aos engenheiros, para que eles entendam os problemas técnicos de pavimentação e as mais adequadas formas de manutenção.

No Brasil, tem destaque, em 1937, a criação, pelo presidente da república Getúlio Vargas, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER),

subordinado ao Ministério de Viação e Obras Públicas, atual Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Entre 1940 e 1950 houve impulso na construção rodoviária brasileira, graças à criação do Fundo Rodoviário Nacional (FRN), em 1946, oriundo do imposto sobre combustíveis líquidos. Nas décadas de 50 a 70 houve grande avanço do setor rodoviário, contudo a partir de meados da década de 70, ocorreu o esvaziamento do FRN (distribuição dos recursos tributários) e acarretou em recursos escassos para o setor rodoviário, uma vez que esses passaram a ser disputados por outras áreas (educação, saúde, entre outros). Com a promulgação da vigente Constituição Federal em 1988 houve o desmonte do modelo antes utilizado, vedando a vinculação de impostos (exceto para educação), resultando assim, na falta de recursos para manutenção em rodovias existentes (Federais, Estaduais e Municipais), primando pela construção de novas rodovias (LEE, 2005; BERNUCCI et al., 2006).

1.2 Definição do Problema e Questão de Pesquisa

O constante aumento dos volumes e de cargas no tráfego rodoviário, faz com que as metodologias de projeto, de seleção de materiais e os métodos construtivos sejam, cada vez mais, melhorados.

O pavimento flexível, contemporaneamente, tem sido bastante executado, tanto em vias urbanas, quanto em rodovias rurais. Por tal motivo, a aplicação dos métodos de conservação, para se prevenir problemas futuros, tem se mostrado útil. Uma vez que o sistema rodoviário brasileiro é considerado um valioso patrimônio, com considerável representatividade no desenvolvimento do país e na manutenção do crescimento da economia, é de grande importância a sua conservação. Nos últimos anos, porém, os pavimentos flexíveis tiveram os métodos de manutenção simplificados, ou praticamente abandonados, tornando a técnica ineficiente (SOUZA, 2004).

No Brasil, o principal responsável pela ruptura dos pavimentos flexíveis é a fadiga do revestimento asfáltico, que sofre a ação de cargas repetidas de tráfego (GONÇALVES, 1999). Além do desgaste natural sofrido por um pavimento, os defeitos podem surgir pela má execução, crescimento da frota veicular e intempéries. Defeitos esses que podem gerar altos custos para os usuários, em

relação a custos operacionais e de combustível, aumentando, também, o tempo de deslocamento (FIGUEIREDO, 2010).

Em Alegrete, na qual foi utilizado, em algumas ruas, o pavimento flexível, conforme informação obtida em conversa informal com o engenheiro responsável pela pavimentação asfáltica do município, pelo fato da cidade não possuir laboratório para asfalto, a execução de asfalto é realizada por uma empresa, que faz a prestação de serviço e que utiliza Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) como tipo de revestimento asfáltico.

Ademais, é possível perceber, visualmente, o aumento da frota de veículos que circulam nesta cidade, desde a criação da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), que trouxe a cidade uma maior circulação de pessoas.

Diante disso, como os pavimentos flexíveis da zona urbana de Alegrete precisam de atenção, principalmente quanto à existência de patologias, pois é dever do município executar ações de restauração e de reparo, para manter seu patrimônio em condições de trafegabilidade, destacam-se as seguintes questões de pesquisa: haja vista que os pavimentos flexíveis da zona urbana de Alegrete apresentaram algum tipo de patologia, quais as medidas que podem ser adotadas para corrigir e/ou evitar os problemas que são comumente encontrados nos pavimentos flexíveis da zona urbana de Alegrete? Quão vantajosa economicamente é cada método de manutenção e quais vantagens específicas de cada método?

1.3 Hipótese

Para sustentação deste estudo de caso são apresentadas as seguintes hipóteses: o sistema de recapeamento asfáltico adotado pela prefeitura municipal na via determinada para estudo e seus respectivos custos ao longo do tempo com as devidas manutenções a serem realizadas definidas no estudo de caso; e o sistema proposto em estudo, de pavimentação intertravada, e seus custos nos mesmos intervalos de tempo, para efeitos de comparação e determinação da viabilidade econômica de ambos os sistemas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Propor o estudo da viabilidade econômica nas recomendações utilizadas no reparo do pavimento flexível em uma via da zona urbana de Alegrete na comparação com o sistema proposto de pavimentação intertravada de blocos de concreto.

1.4.2 Objetivos específicos

- elencar soluções para os tipos de patologias encontradas na via em estudo;
- verificar a viabilidade econômica dos possíveis reparos e manutenções;
- verificar se a Prefeitura Municipal de Alegrete (PMA) possui um programa de planejamento quanto a manutenção do pavimento flexível, além de dados referentes a manutenção recente e volume de tráfego nas vias urbanas.

1.5 Justificativa

Conforme a pesquisa da Confederação Nacional do Transporte (CNT), publicada em 2004, a malha rodoviária brasileira encontra-se em condições insatisfatórias, principalmente no que diz respeito ao desempenho de: trafegabilidade, segurança e economia. Em 2004, a pesquisa mostrou um índice de 74,7% das estradas brasileiras sendo classificadas como deficientes/ruins/péssimas. Para os três quesitos avaliados, pavimento, sinalização e geometria da via, a pior classificação ficou com o último item, apresentando 80,7% das vias em estado deficiente/ruim/péssimo, seguido dos outros itens, respectivamente, com 65,4% e 56,1% (BERNUCCI et al., 2006).

Com base na inexistência de técnicas ou procedimentos para que sejam avaliadas as condições do pavimento urbano, e como consequência, a falta de critérios também verificados na manutenção dos pavimentos urbanos brasileiros atualmente, fundamenta-se a problemática vivenciada nas prefeituras da maioria dos municípios do país e aumenta a necessidade de estudar as alternativas possíveis para a manutenção dos pavimentos urbanos do mesmo. Em sua maioria, os municípios brasileiros fazem uso de adaptações de procedimentos de avaliação ou

ainda identificação de técnicas de manutenção, as quais são recomendadas pelos órgãos rodoviários, tais como: o DERs (Departamento de Estradas e Rodagens Estaduais) e o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), para as situações que ocorrem em âmbito municipal. Logo, não possuindo procedimentos bem estabelecidos, o poder municipal acaba tomando decisões que se baseiam em soluções que não representam a real necessidade dos pavimentos (SCARANTO 2008).

Conforme Shoji (2005), o principal desafio que a maioria das prefeituras municipais brasileiras enfrenta, relaciona-se ao volume de recursos financeiros que são disponibilizados as mesmas, que na ampla maioria das situações são insuficientes para a manutenção da rede pavimentada em condições mínimas aceitáveis para seus usuários. Em geral, sabe-se que as decisões tomadas referentes às manutenções dos pavimentos são realizadas conforme a necessidade do serviço produzido, dessa forma não se adotam critérios que considerem a qualidades dos mesmos. Com isso, através dessa política de “fazer mais”, os pavimentos tem se mostrado subdimensionados, e como consequência, não suportam o aumento do volume de tráfego, o que resulta em pavimentos considerados inaceitáveis (SCARANTO, 2008).

Desta forma, a condição dos pavimentos asfálticos é um assunto importante tanto social, quanto economicamente, pois afeta toda sociedade, quando suas funções não estão atendendo de maneira correta em relação a um tráfego confortável e seguro. Vários são os problemas envolvendo os custos operacionais para o usuário, tais como: defeitos nos veículos, aumento no tempo de percurso, maior consumo de combustível, entre outros. Nesse sentido, verificam-se, em todo Brasil, várias estradas em condições não adequadas de trafegabilidade, pelos mais variados motivos, envolvendo: projetos mal elaborados, materiais de qualidade duvidosa, falta de manutenção, entre outros fatores, o que justifica a realização do presente estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Breve histórico

Ao percorrer a história da pavimentação voltamos à própria história da humanidade, passando pelo povoamento dos continentes, intercâmbio comercial, cultural e religioso, conquistas territoriais, urbanização e desenvolvimento. Assim como os pavimentos, a história também é constituída por camadas e, as estradas formam um caminho para examinar o passado, daí o motivo de ser uma das primeiras buscas dos arqueólogos nas explorações de civilizações antigas (BERNUCCI et al., 2006).

No final do século XIX, o crescente uso das vias pelos veículos tracionados mecanicamente trouxe à tona as deficiências da utilização pura e simples de camadas granulares em pavimentos, como era proposto pelos franceses e ingleses cem anos antes.

Com o pouco desenvolvimento da malha viária na época do império, o Brasil teve o desenvolvimento no setor a partir do século XX, com a chegada do automóvel. Em 1928, foi inaugurada a Rodovia Rio-São Paulo, que veio a se chamar, posteriormente, Rodovia Presidente Dutra, em 1949 (FIGUEIREDO, 2010).

2.2 Pavimento rodoviário

Em uma rodovia o pavimento é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, colocadas sobre um semiespaço considerado teoricamente como infinito – a infraestrutura ou subleito (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

O pavimento é uma estrutura com múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada econômica e tecnicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e oferecer aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com segurança, economia e conforto (BERNUCCI et al., 2006). Há de se exigir de um pavimento dois tipos de qualidades: a funcional e a estrutural. A qualidade funcional está relacionada com as exigências dos usuários: conforto e segurança de circulação. A qualidade estrutural está ligada a capacidade de um pavimento suportar as cargas dos veículos sem sofrer alterações além de determinados valores limites (BRANCO et al., 2006).

2.2.1 Funções do pavimento

Pavimentar uma via de circulação de veículos, antes de tudo, é uma obra civil que procura a melhoria operacional para o tráfego. No momento que é criada, busca-se uma superfície mais regular – garantia de melhor conforto no deslocamento do veículo -, uma superfície mais aderente – garantia de mais segurança em condições de pista úmida ou molhada - e uma superfície menos ruidosa – urbana e rural (BALBO, 2007). Tal condição deve ser garantida durante um determinado período (a vida do pavimento), sob a ação dos carregamentos do tráfego, e nas condições climáticas que estarão expostas (BRANCO et al., 2006).

A meta da pavimentação é propiciar um tráfego confortável e seguro, com estruturas e materiais capazes de suportar os esforços decorrentes da ação do tráfego combinados com as condições climáticas, a um mínimo custo, buscando, se possível, o aproveitamento de materiais locais para as obras, garantindo, assim, um bom desempenho no que se refere aos custos operacionais e de manutenção, ao longo dos anos de serviço de infraestrutura (GONÇALVES, 1999; BALBO, 2007).

2.2.2 Classificação do pavimento

Tradicionalmente, o pavimento rodoviário classifica-se em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis. Contemporaneamente há uma tendência de usar-se a nomenclatura pavimentos asfálticos, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento do pavimento. As cargas de superfície nos pavimentos rígidos são distribuídas por uma grande área em relação às demais camadas, enquanto nos pavimentos flexíveis as tensões são compartilhadas nas diversas camadas, proporcionalmente à rigidez, e as cargas de superfície são distribuídas numa área menor (BERNUCCI et al., 2006).

O pavimento flexível pode ser descrito como aquele em que até certo limite, as deformações não levam ao rompimento e, em geral, o revestimento é betuminoso. Comparado aos pavimentos rígidos, ele tem uma menor condição de distribuir as pressões ao subleito, sendo assim torna-se importante, no dimensionamento, a busca de materiais para as camadas de reforço de subleito e sub-base (SENÇO, 2007).

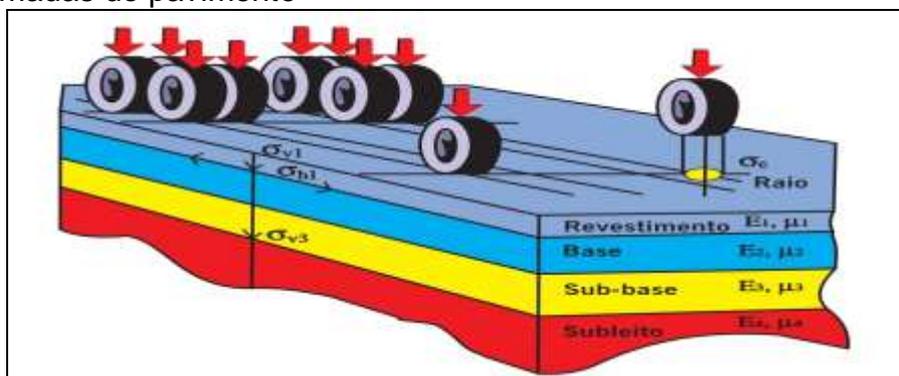
Em geral, os pavimentos flexíveis são associados aos pavimentos asfálticos, sendo compostos por camada superficial asfáltica (revestimento), apoiada sobre camadas de base, de sub-base e de reforço do subleito, constituídas por materiais

granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes (BERNUCCI et al., 2006).

2.2.3 Camadas do pavimento

Respeitando uma terminologia coerente, da forma mais completa possível, o pavimento possui as seguintes camadas: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito, sendo o último a fundação e parte integrante da estrutura. Dependendo do caso, o pavimento poderá não ter camada de sub-base ou de reforço, mas a existência do revestimento, nem que seja primário, e do subleito são condições mínimas para que esta estrutura seja chamada de pavimento, como pode ser visto na Figura 1 (BALBO, 2007; SILVA, 2008).

Figura 1 – Camadas do pavimento



Fonte: Bernucci et al (2006, p.10)

2.2.4 Funções das camadas

A camada de revestimento é, tanto quanto possível, impermeável e recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos, de forma a resistir ao desgaste, com comodidade e segurança (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006). Ademais, esta camada tem a função de “impermeabilizar” o pavimento, aumentar a resistência à derrapagem, resistir aos esforços causados tanto pelo intemperismo como pelo tráfego e melhorar o conforto ao rolamento e a resistência à derrapagem (SILVA, 2008; ROCHA, 2010).

O terreno de fundação do pavimento é a camada conhecida como subleito. Os esforços impostos sobre a superfície do subleito serão aliviados em sua profundidade (normalmente há dispersão no primeiro metro) (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006; BALBO, 2007).

O reforço do subleito é uma camada com espessura constante, colocada por circunstâncias técnico-econômicas, sobre a regularização, com características geotécnicas inferiores ao material usado na camada acima, porém, melhores que o material do subleito (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

Não é obrigatório o emprego de camada de reforço de subleito, em tese, poderiam aliviar as pressões sobre um subleito medíocre. No entanto, por razões econômicas, procura-se utilizá-los, pois subleitos de resistência baixa exigiriam, para alguns tipos de pavimentos (em especial os flexíveis), do ponto de vista de projeto, camadas mais espessas, tanto para base como para sub-base (BALBO, 2007).

A camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e a qual se constrói o revestimento é a base. Já a camada complementar à base é a sub-base, que é construída quando por circunstâncias técnico-econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre regularização (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

2.3 Revestimento asfáltico

O revestimento asfáltico é a camada superior e tem como funções: resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento – (conforto e segurança). Um dos mais antigos e versáteis materiais de construção utilizados pelo homem é o asfalto. A constituição do revestimento asfáltico é feita por associação de agregados e de materiais asfálticos, podendo ser de duas maneiras principais: por mistura ou por penetração (BERNUCCI et al., 2006).

2.3.1 Tipos de revestimentos asfálticos

De um modo geral, nos pavimentos do Brasil, usa-se como revestimento uma mistura de agregados minerais, de vários tamanhos, que podem variar também quanto à fonte, com ligantes asfálticos que, de forma adequada, garanta ao serviço executado os requisitos de impermeabilidade, estabilidade, flexibilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento térmico, de acordo com o tráfego previsto e o clima do local. A fabricação do material de revestimento pode ser feita em usina específica (misturas usinadas), fixa

ou móvel, ou ainda pode ser preparado na própria pista (tratamentos superficiais) (BERNUCCI et al., 2006).

Para a escolha do tipo de revestimento a ser utilizado é realizado um estudo econômico e técnico. Nos serviços de alto padrão como as rodovias principais têm-se utilizado concreto asfáltico como revestimento e para rodovias secundárias tem sido utilizado Pré-Misturado a Frio (PMF), ou Tratamento Superficial Duplo (TSD), ou Tratamento Superficial Triplo (TST), e também Concreto Asfáltico (CA). Por outro lado, para serviços em estradas vicinais vêm sendo usado os tratamentos superficiais (SOUZA, 2004).

2.3.1.1 Misturas usinadas

Em uma usina estacionária, e transportada posteriormente por caminhão para a pista, é realizada a mistura de agregados e ligantes. Logo após, essa mistura é lançada pela vibroacabadora, equipamento apropriado. Na sequência, é realizada a compactação, até que se atinja um grau de compressão que resulte num arranjo estrutural estável e resistente, tanto às deformações elásticas repetidas da passagem do tráfego quanto às deformações permanentes. O CA também conhecido como CBUQ é um dos tipos mais utilizados no Brasil.

As misturas asfálticas a quente são divididas em grupos específicos em função da granulometria dos agregados. O CBUQ pode ser considerado a mais comum mistura asfáltica a quente empregada no país, seja pelos processos de controle exigidos para sua execução, em usina ou pista, seja pelos materiais empregados em sua fabricação. É definida como a mistura proporcionada de agregados de vários tamanhos e cimento asfáltico, sendo ambos aquecidos a temperaturas previamente escolhidas, em função da temperatura do ligante e características de viscosidade. Os PMF são feitos em usinas estacionárias próprias em que as emulsões asfálticas são usadas como ligante para envolver os agregados. No Brasil além de ser utilizado como camadas de pavimento, são frequentes suas aplicações para serviços de manutenção em vias urbanas e mesmo em rodovias (tapa-buracos) (BERNUCCI et al., 2006; BALBO, 2007; ROCHA, 2010).

2.3.1.2 Misturas *in situ* em usinas móveis

As misturas *in situ* são processadas em usinas móveis especiais que realizam a mistura agregados-ligante imediatamente antes da colocação no pavimento, são

utilizadas principalmente em casos de selagem de fissuras e restauração de algumas características funcionais. A lama asfáltica têm sua espessura em torno de 5 mm e caracteriza-se por ser uma mistura bastante fluída de agregados miúdos, material de enchimento e ligante asfáltico, com granulometria 100% de pó-de-pedra. A mesma pode ser utilizada como camada final de pavimentos revestidos com tratamentos superficiais, pelo fato de possuir funções impermeabilizante e aderente (pneu-pavimento) (BERNUCCI et al., 2006; BALBO, 2007).

2.3.1.3 Fresagem

A fresagem, considerada uma técnica de reabilitação, é a principal forma de remoção do revestimento antigo ou de outra camada do pavimento, sendo uma operação de corte, com uso de máquinas especiais, para restauração da qualidade ao rolamento da superfície ou ainda, para o melhoramento da capacidade de suporte (BERNUCCI et al., 2006, YOSHIZANE, 2005).

A fresagem visa possibilitar um tráfego mais tranquilo quanto possível, sendo assim deve produzir uma superfície de textura aparentemente uniforme, não devendo deixar nenhuma saliência diferenciada ou imperfeições no pavimento (JUNIOR, 2011).

A fresagem do revestimento betuminoso existente, quando ocorre sem interrupções, em toda extensão do trecho contratado é considerada contínua, porém quando é pontual em trechos localizados que se está considerando, então é denominada fresagem descontínua. A principal diferença entre ambas é a menor ou maior utilização de equipamento para a técnica, pois na fresagem descontínua há um maior número de horas improdutivas, graças ao maior tempo de manobras e deslocamentos que se fazem necessários (MANUAL DE CUSTOS RODOVIÁRIOS, 2003).

É recomendável a remoção por fresagem previamente à execução de camadas de recapeamento, quando se torna necessário reduzir a energia de propagação de trincas existentes no revestimento asfáltico antigo, retardando assim a sua reflexão nas novas camadas (ROCHA, 2010).

Os principais problemas tratados empregando essa técnica são: panela, trincamentos, pavimento em estado falimentar e correção de superfície para reperfilagem.

Uma das vantagens na utilização da técnica de fresagem, é a questão ecológica de preservação de recursos minerais escassos, pois há o reaproveitamento do material triturado e cortado pelas fresadoras.

2.4 Pavimento intertravado

Geralmente, o pavimento de intertravado de blocos de concreto (pavers), possui em sua composição os seguintes elementos: subleito, sub-base, base, camada de assentamento, confinamentos, e camada de rolamento (NABESHIMA, 2011). Segundo Cruz (2003) o comportamento estrutural desse pavimento é bem semelhante ao dos pavimentos flexíveis, uma vez que os requisitos de especificações de qualidade e execução das camadas de subleito, sub-base e base são basicamente os mesmos do pavimento flexível. Porém, em termos de nomenclatura é classificado como um pavimento rígido, que é aquele cujo revestimento possui uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores, e assim sendo, absorve praticamente a totalidade das tensões advindas do carregamento aplicado (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

O termo utilizado, intertravamento, refere-se à capacidade adquirida pelos blocos de resistir a movimentos de deslocamento individual, que podem ser: vertical, horizontal ou ainda, de rotação em relação à seus vizinhos (MANUAL DE PAVIMENTOS INTERTRAVADOS, 2010).

Obrigatoriamente, o pavimento intertravado deve possuir confinamentos que evitem a perda do intertravamento dos blocos e o deslizamento dos mesmos. Já a camada de assentamento é responsável pelo fornecimento da regularidade final, que se deseja ao pavimento. Muitos dos defeitos que ocorrem prematuramente nos pavimentos intertravados são relacionados a uma má execução da camada de assentamento.

Segundo Muller (2005) as vantagens dos pavimentos de pavers estão principalmente ligadas à necessidade reduzida de manutenção e a simplicidade de sua execução, quando comparados aos pavimentos asfálticos.

2.4.1 Colocação dos pavers

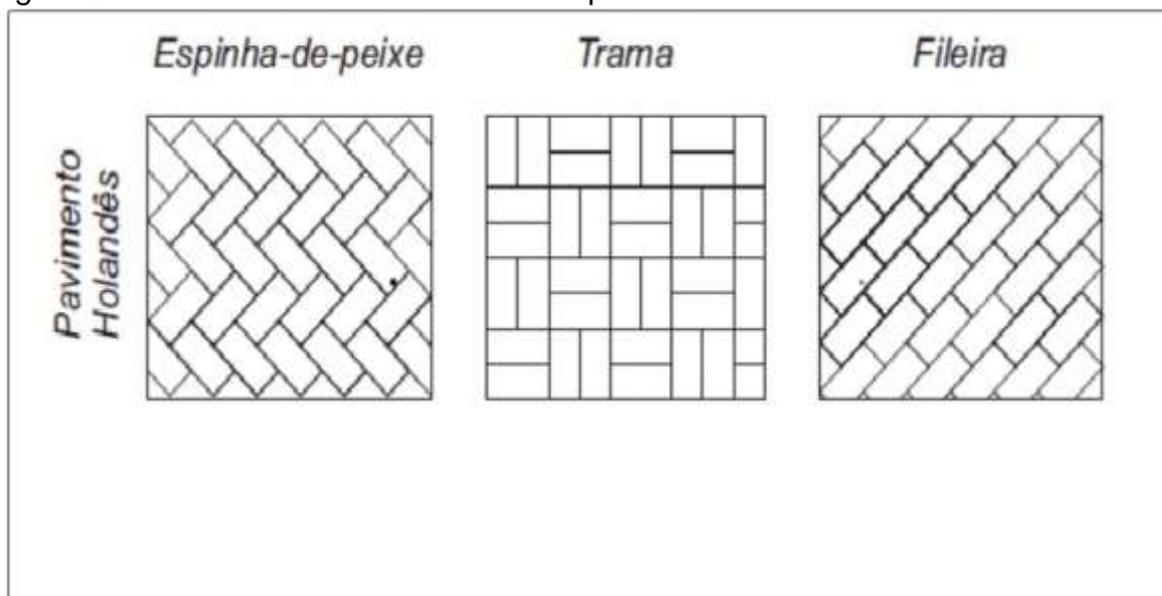
Quanto à colocação das peças, devem ser feitas de modo a evitar que haja o deslocamento das peças já assentadas, de maneira que a distância entre os blocos seja de 2 a 3 mm (CARVALHO 1998; FIORITI, 2007; NABESHIMA, 2011).

Logo após terem sido assentados os pavers, deve-se iniciar o adensamento das peças, que se realiza com um compactador de placa vibratória, o qual se aplica até que a superfície fique nivelada. Após a compactação inicial, deve ser espalhada uma camada de areia fina sobre a superfície de blocos para que seja realizado o rejuntamento. Então é realizada uma nova compactação e assim há liberação para o tráfego.

2.4.2 Paginação

São três os modelos tradicionais de assentamento de pavers retangulares: fileira, trama e espinha de peixe, como pode ser visto na Figura 2. Segundo Cruz (2003) não existe consenso entre os pesquisadores se há influência do formato dos pavers sobre a durabilidade dos pavimentos intertravados. Porém, concorda-se que o arranjo têm influência no desempenho dos pavimentos, pois o sentido do tráfego veicular é peça decisiva no estudo da tendência de deslocamentos desses blocos. Para Cruz (2003), em áreas onde há o tráfego veicular recomenda-se o modelo espinha de peixe, pois o mesmo apresenta níveis maiores de intertravamento e em consequência um maior desempenho estrutural. Também podem aparecer problemas superficiais nos pavimentos de blocos intertravados, tais como falhas no rejuntamento e a quebra de peças, e para esses casos faz-se apenas a re-execução do rejuntamento, bem como a troca das peças que se fizer necessária (CARVALHO, 1998).

Figura 2 – Modelos de assentamento dos pavers



Fonte: Prantomix (2016)

2.4.3 Uso dos pavers

A pavimentação intertravada pode ser considerada de uso comum em alguns lugares do mundo. Conforme Madrid (2004), na África do Sul utiliza-se esse sistema na pavimentação avenidas, além de corredores de tráfegos urbanos, desde a década de 1980. Já na década de 1990, o país pavimentou trechos de algumas rodovias com pavers, que o tornou pioneiro nesse modelo de construção. Além deste, Costa Rica e Colômbia são outros países que têm destaque na construção tanto de ruas como de rodovias com blocos intertravados (NABESHIMA, 2011).

No Brasil, a pavimentação com blocos intertravados de concreto nas ruas ainda se mostra incipiente, pois a pavimentação asfáltica predomina entre os sistemas de pavimentação nas ruas e estradas. O pavimento intertravado, segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2010) é considerado anti-derrapante, que resulta em maior segurança principalmente quando comparados a outros tipos de pavimentação. Conforme testes realizados na cidade japonesa de Ichihara, a distância de frenagem apresentada pelos pavimentos intertravados é menor que nos pavimentos flexíveis, conforme é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparativo de distâncias de frenagem entre pavimento flexível e o pavimento intertravado

Tipo de Pavimento	Distância de Frenagem (m)					
	20 km/h		40 km/h		60 km/h	
	seco	úmido	seco	úmido	seco	úmido
Pavimento Flexível	1,70	3,20	5,85	9,60	14,20	26,70
Pavimento Intertravado	1,68	2,50	5,23	8,15	13,60	21,30

Fonte: ABCP (2010, p. 02)

2.5 Índice de gravidade global (IGG)

O IGG é um índice combinado de falhas, derivado do "Severity Index" utilizado no Canadá pelo "Saskatchewan Department of Highways and Transportation", e que fora adaptado pelo Engenheiro Armando Martins Pereira, levando em conta as condições de pavimentos brasileiros. O IGG é usado como um indicador das condições do pavimento, e muito útil para a tomada de decisões quanto às necessárias intervenções de restauração. Para um determinado trecho homogêneo de pavimento, o IGG permite classifica-lo em função da incidência de defeitos de superfície (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

O IGG reflete as condições do estado superficial dos pavimentos, porém não é determinado para toda a área da pista, e sim de forma amostral para algumas estações com área e distanciamento entre elas arbitrados pela especificação do DNIT. A norma 006/2003 – PRO com a atribuição do IGG estabelece um método de levantamento sistemático de defeitos, que poderá ser empregado em projetos de reforço, sendo que esta norma do DNIT 006/2003 foi revisada em substituição à DNER – PRO 08/1994 e veio a estabelecer um novo critério ou novas faixas de qualidade do segmento com base no valor do IGG (BERNUCCI et al., 2006).

2.5.1 Obtenção do IGG

Para a obtenção do IGG, realiza-se o cálculo do Índice de Gravidade Individual (IGI), como pode ser visto na fórmula 3, que será apresentada posteriormente. Os fatores de ponderação envolvidos nesta fórmula são mostrados na Tabela 2.

A frequência absoluta (fa) pode ser descrita como o número de vezes que a patologia ocorre no trecho estudado, enquanto a frequência relativa (fr) é encontrada através da fórmula 1.

$$fr = \frac{fa \times 100}{n} \quad \dots(1)$$

Onde:

fr = frequência relativa

fa = frequência absoluta

n = número de estações inventariadas

$$IGI = fr \times fp \quad \dots(2)$$

Onde:

IGI = índice de gravidade individual

fr = frequência relativa

fp = fator de ponderação

Para encontrar o valor do IGG, foi realizado o somatório dos IGI dos trechos (fórmula 3).

$$IGG = \sum IGI \quad \dots(3)$$

Onde:

$\sum IGI$ = somatório dos índices de gravidades individuais, que são calculados de acordo com o estabelecido anteriormente

As fórmulas para obtenção do IGG são oriundas da NORMA DNIT 006/2003 – PRO.

Tabela 2 – Valor do Fator de Ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de Ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2003-TER	Fator de Ponderação fp
1	Fissuras e Trincas Isoladas	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE)	0,8
4	Afundamentos	0,9
5	Ondulação, Panela e Escorregamento	1,0
6	Exsudação	0,5
7	Desgaste	0,3
8	Remendo	0,6

Fonte: NORMA 006 – PRO (DNIT, 2003,p.5)

2.5.2 Condições específicas

Para determinadas situações em que uma estação apresentou tipo 1,2 e 3, para efeito de ponderação foi considerada apenas as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em porcentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); assim sendo, na ocorrência dos defeitos do tipo 1 e 2 em uma mesma estação, foram consideradas apenas as do tipo 2.

Para fins de ponderação do IGG, os defeitos foram agrupados em 8 categorias, como mostrado na Tabela 2. Os fatores de ponderação serviram de parâmetro para relacionar a severidade dos defeitos em relação aos demais, sendo que recebem um fator de ponderação maior os defeitos que mais prejudicam a qualidade de rolamento dos veículos. As painelas, ondulações e escorregamentos recebem um fator de ponderação maior, já as fissuras e trincas isoladas são os defeitos que possuem o fator de ponderação menor (BERNUCCI et al., 2006; ALMEIDA, 2011).

2.6 Serventia

É considerada uma avaliação funcional, que tem como função caracterizar o desempenho do pavimento sob o ponto de vista do usuário afim de se obter o Valor de Serventia Atual (VSA) para o pavimento. Avaliar em que grau o pavimento satisfaz os requisitos, do ponto de vista da circulação dos usuários, de conforto e de segurança é o objetivo dessa avaliação (AZAMBUJA, 2009; ROCHA, 2010).

A Serventia, em seu sentido mais amplo, considera como uma das finalidades dos pavimentos a segurança do usuário, contudo, a forma de medida dessa condição de ruptura, ou seja, a medida de Serventia, não permite, nem ao menos implicitamente, que sejam consideradas as condições de aderência entre pneu e pavimento. O clima contribui para a aceleração da deterioração do pavimento, já que a água da chuva pode provocar redução na capacidade de suporte (BALBO, 2007; ROCHA, 2010).

Nos EUA, é denominada *Present servicenbility ratio* (PSR) a avaliação subjetiva de conforto ao rolamento do pavimento, correspondendo no Brasil ao valor de serventia atual (VSA). O valor de serventia atual é uma atribuição numérica compreendida em uma escala que varia de 0 a 5, dada pela média de notas de avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo trafegando em um determinado trecho, em um dado momento da vida do pavimento. Em geral, o VSA logo após a construção do pavimento é elevado, quando bem executado, pois este exibe uma superfície suave, praticamente sem apresentar irregularidades.

A condição de perfeição, sem qualquer irregularidade (VSA=5), na prática não é encontrada. A serventia é prejudicada pelos seguintes elementos: irregularidade longitudinal (QI); afundamentos em trilha de roda (A.T.R); Fissura/Remendo. Quando a serventia atingir um valor baixo na escala de 0 a 5 devem ser feitas manutenções corretivas e com isso o valor de serventia eleva-se novamente (BERNUCCI et al., 2006; SILVA, 2008; ROCHA, 2010).

2.6.1 Condições específicas

Algumas condições específicas são colocadas ao conhecimento dos avaliadores quando os mesmos forem realizar a avaliação funcional:

- a) O avaliador pode classificar como “bom” um pavimento, ainda que suspeite que o mesmo possa se romper no futuro;

- b) O avaliador deve levar em conta que o projeto geométrico dos trechos é adequado para qualquer tipo de tráfego;
- c) A avaliação não deve ser feita sob condições climáticas desfavoráveis;
- d) A resistência à derrapagem do revestimento não deve ser considerada;
- e) Os buracos, saliências, irregularidades nos acessos das pontes e irregularidades ocasionais devidas a recalques de bueiros devem ser desprezados;
- f) Os valores assinalados para os trechos avaliados anteriormente, não devem ser levados em conta para a análise dos demais.

2.6.2 Processo de Avaliação

Conforme a Norma 009/2003 (BRASIL, 2003 d, p.4), para cada trecho deve-se calcular e avaliar os resultados separadamente, do pavimento em estudo. Para o cálculo do VSA utiliza-se a fórmula 4:

$$VSA = \frac{\sum X}{N} \quad \dots(4)$$

Onde:

VSA = valor de serventia atual

X = valores de serventia atual individuais, atribuídos por cada membro do grupo de avaliadores.

N = número de membros do grupo de avaliação.

A norma DNIT 009/2003, alerta que devem ser escolhidos trechos homogêneos, com extensão máxima de 2 Km, para a determinação do VSA.

Algumas perguntas são feitas aos avaliadores para a tomada de decisão, sendo elas:

- a) O trecho em questão atende à finalidade para qual foi construído, e qual seu comportamento, durante um período de 24 horas por dia?
- b) Caso dirigisse um veículo durante 8 horas, qual conforto este pavimento me proporcionaria?
- c) Como se sentiria, ao longo de 800 km dirigindo sobre este pavimento?

As avaliações são realizadas, imediatamente após percorrer o trecho avaliado, sendo a velocidade utilizada próxima do limite permitido.

Aos avaliadores é entregue um texto explicativo sobre as condições específicas a serem consideradas no teste de serventia (Apêndice B) e uma ficha de avaliação de serventia para a via selecionada (Apêndice C) determinando o trecho a ser analisado para que o avaliador atribua uma nota para a via em questão.

2.7 Dimensionamento do pavimento

Um dimensionamento correto consiste em determinar as camadas de modo que sejam suficientes para transmitir, resistir e distribuir as pressões resultantes da passagem dos veículos ao subleito, sem que estas camadas sofram rupturas, deformações apreciáveis ou desgastes excessivos. No dimensionamento do pavimento parte-se do ponto que as cargas aplicadas são estáticas, porém, ele é submetido a cargas repetidas, e por causa dessa repetição sofre deformações permanentes e elásticas, que serão maiores, quanto maior for número de solicitações (SENÇO, 2007).

Os veículos que efetivamente interessam para situações de dimensionamento e análise de pavimentos são os veículos comerciais rodoviários (caminhões e ônibus), haja vista que os danos causados pelos veículos leves são insignificantes às estruturas se comparados aos demais. Partindo do conceito que os efeitos destrutivos ocasionados ao longo do tempo, por diferentes veículos, são desiguais, é realizado um comparativo entre veículos, que é a equivalência entre cargas de veículos. Com isso o eixo simples de rodas duplas (ESRD) com 80 KN sobre si, foi estabelecido como padrão pela American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) Road Test (BALBO, 2007).

2.8 Deterioração dos pavimentos asfálticos

Os pavimentos são concebidos para durarem um determinado período. Durante cada um desses períodos, o pavimento inicia uma condição ótima, até que alcance uma condição ruim. A perda ou decréscimo da condição do pavimento, ao longo do tempo é conhecido como deterioração do pavimento. O entendimento dos mecanismos que regem o processo de deterioração de um pavimento é essencial para que seja feita a identificação das causas que o levaram à sua condição atual, bem como para a escolha e programação da técnica que venha a ser a mais

adequada para sua restauração (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Um pavimento flexível ao longo da sua vida apresenta uma evolução que, se traduz no aparecimento de uma grande diversidade de degradações, as quais contribuem para uma contínua redução da qualidade do pavimento (BRANCO et al., 2006).

2.9 Patologias em pavimentos com comportamento flexível

Com relação às patologias em pavimentos com revestimento asfáltico, elas podem ser classificadas como:

- Deformações de superfície (corrugações e afundamentos);
- Defeitos de superfície (exsudação de asfalto e desgaste);
- Panela;
- Remendo;
- Escorregamento do revestimento betuminoso;
- Trincas e fissuras (fendas).

a) Deformações de superfície

Os afundamentos e as corrugações são os tipos de deformações de superfície.

a.1) Afundamento – Os afundamentos são considerados deformações plásticas (ou permanentes), caracterizados por depressão longitudinal da superfície do pavimento e podem ser plásticos ou de consolidação. A causa desta deformação é a ação repetida da passagem das cargas de roda dos pneus e o fluxo canalizado dos veículos comerciais (SILVA, 2008).

Caso os afundamentos ocorram com extensões até 6m são chamados de afundamentos locais, como é visto na Figura 3. Quando ocorrem com extensões contínuas maiores que 6m são chamados de afundamentos de trilhas de roda (Figura 4) (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Figura 3 – Afundamento local na Av. Assis Brasil – Alegrete-RS



Fonte: NETTO (2013)

Figura 4 – Afundamento de trilha de roda



Fonte: NORMA 005 – TER (DNIT, 2003,p.8)

a.2) **Corrugação** – As corrugações são conhecidas como ondulações transversais ao eixo da via (várias ondulações em intervalos menores de 3 m), devido à má execução (base instável) e excesso de asfalto (baixa resistência da massa asfáltica). As corrugações, demonstradas na Figura 5, estão relacionadas às tensões cisalhantes horizontais geradas pelos veículos nas áreas submetidas à frenagem e aceleração. É comum o aparecimento das corrugações em subidas, rampas, curvas e intersecções (SILVA, 2008).

A ondulação/corrugação pode ser causada por:

- instabilidade da mistura betuminosa da camada de revestimento e/ou da camada de base de um pavimento;
- excesso de umidade das camadas subjacentes;
- contaminação da mistura asfáltica por materiais estranhos;
- retenção de água na mistura asfáltica

(MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Figura 5 – Corrugação encontrada na Rua Bento Manoel – Alegrete-RS



Fonte: NETTO (2013)

b) Defeitos de Superfície

Os defeitos de superfície podem ser: a exsudação do asfalto, o desgaste, às panelas, o escorregamento do revestimento betuminoso e as fendas e fissuras.

b.1) Exsudação de asfalto – No calor ocorre a dilatação do asfalto e não havendo espaço para ele ocupar, devido principalmente a um baixo volume de vazios ou excesso de ligante (problema na massa asfáltica), o mesmo exsudará através do revestimento e ter-se-á uma superfície (normalmente na trilha de roda) que brilha devido ao excesso de ligante betuminoso. Graças também ao calor, o asfalto diminui sua viscosidade e o agregado penetra dentro dele (SILVA, 2008).

A exsudação, que pode ser vista na Figura 6, é mais severa nas trilhas de roda, porém é possível-se manifestar em qualquer região da superfície do pavimento (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Figura 6 – Exsudação de asfalto vista na Rua Barão do Amazonas – Alegrete-RS



Fonte: NETTO (2013)

b.2) Desgaste

O desgaste superficial (Figura 7) pode ser classificado como a associação do tráfego com o intemperismo. No limite poderemos ter uma superfície polida, que pode comprometer a segurança quanto à derrapagem. O desgaste superficial tem no arrancamento progressivo dos agregados seu estágio avançado. O desgaste é caracterizado pela aspereza superficial. (SILVA, 2008). As possíveis causas para o aparecimento de desgastes na via são:

- execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis;
- ligante asfáltico perde adesividade e há o desalojamento progressivo das partículas do agregado;
- perda de agregados ou argamassa fina do revestimento asfáltico.

(YOSHIZANE, 2005; MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Figura 7 – Desgaste visto na Av. Dr. Lauro Dornelles – Alegrete-RS



Fonte: NETTO (2013)

c) Panela

A cavidade ou buraco que se forma no revestimento e pode atingir a base é conhecida como panela. Quando acontece a evolução das trincas, afundamentos ou desgaste, têm-se os buracos. Por causa da estação chuvosa, durante os meses de dezembro a março, há uma tendência de se formarem mais buracos nas ruas e rodovias. Para que possa corrigir este defeito é executado remendo de superfície ou profundo (SILVA, 2008).

A panela, vista na Figura 8, pode ser caracterizada como uma cavidade no revestimento asfáltico que pode ou não atingir camadas subjacentes. Este defeito é muito grave, pois afeta a estrutura do pavimento, permitindo o acesso das águas superficiais ao interior da estrutura. É considerado grave também do ponto de vista funcional, uma vez que afeta a irregularidade longitudinal e, como consequência, a segurança do tráfego e o custo do transporte. Tanto o início, quanto a evolução dessa falha, são aceleradas pela ação do tráfego e de fatores climáticos

(BERNUCCI et al., 2006; MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Figura 8 – Painela encontrada na Rua dos Andradas – Alegrete-RS



Fonte: NETTO (2013)

d) Remendo

Quando o defeito conhecido como painela é preenchido com uma ou mais camadas de pavimento na operação chamada “tapa-buraco”, tem-se o remendo, como pode ser visto na Figura 9. Quando há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento, dá-se o nome de remendo profundo. O remendo superficial é a correção, em determinada área, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa. Na maioria dos casos, o remendo compromete a funcionalidade do pavimento por causar desconforto ao usuário, além de representar um ponto de maior suscetibilidade à deterioração (BERNUCCI et al., 2006; SOUZA, 2004).

Figura 9 – Remendo visto na Rua Barão do Amazonas – Alegrete - RS



Fonte: NETTO (2013)

e) Escorregamento do revestimento betuminoso

Este defeito consiste no deslocamento do revestimento em relação à base, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua, como pode ser visto na Figura 10. A trinca em forma de meia-lua ocorre devido à falta de aderência (falta de limpeza) entre a camada de revestimento e a camada subjacente, ou à massa asfáltica tem baixa resistência. As principais zonas onde há o aparecimento dos defeitos são as áreas de frenagem e de intersecções, quando o veículo causa o deslizamento da massa asfáltica (baixa aderência) ou sua deformação (baixa resistência) (SILVA, 2008).

Figura 10 – Escorregamento de revestimento betuminoso



Fonte: BERNUCCI ET AL (2006,pg.420)

f) Fendas: fissura e trinca

As fendas podem ser classificadas como fissuras ou trincas. As fissuras são as fendas de pequena abertura. As discontinuidades com largura superior às fissuras, que são visíveis a distâncias inferiores a 1,5 m, são as trincas. No revestimento, as trincas podem ocorrer devido à fadiga, ou não. A fadiga está relacionada com a repetição da passagem de carga dos veículos comerciais. Os automóveis não causam problemas estruturais ao pavimento, mas tem responsabilidade na redução do atrito, o que pode causar acidentes.

As trincas em que a fadiga é a responsável podem ser dos tipos: isoladas (trincas transversais e longitudinais), ou interligadas (couro de jacaré).

As fendas ou trincas são causadas normalmente pelos seguintes fatores:

- Tráfego atuante que pelo ciclo de carregamento e alívio promove tensões de tração na fibra interior do revestimento;
- Alternância da mudança diária de temperatura que causa contrações no revestimento existente;
- Reflexão no revestimento de trincas existentes em bases cimentadas (base de solo-cimento)

(MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

A seguir são mostrados diversos tipos de trincas que podem ser encontrados ao longo de um trecho de uma rodovia/via urbana (Figuras 11,12,13 e 14).

Figura 11 – Trinca interligada tipo jacaré



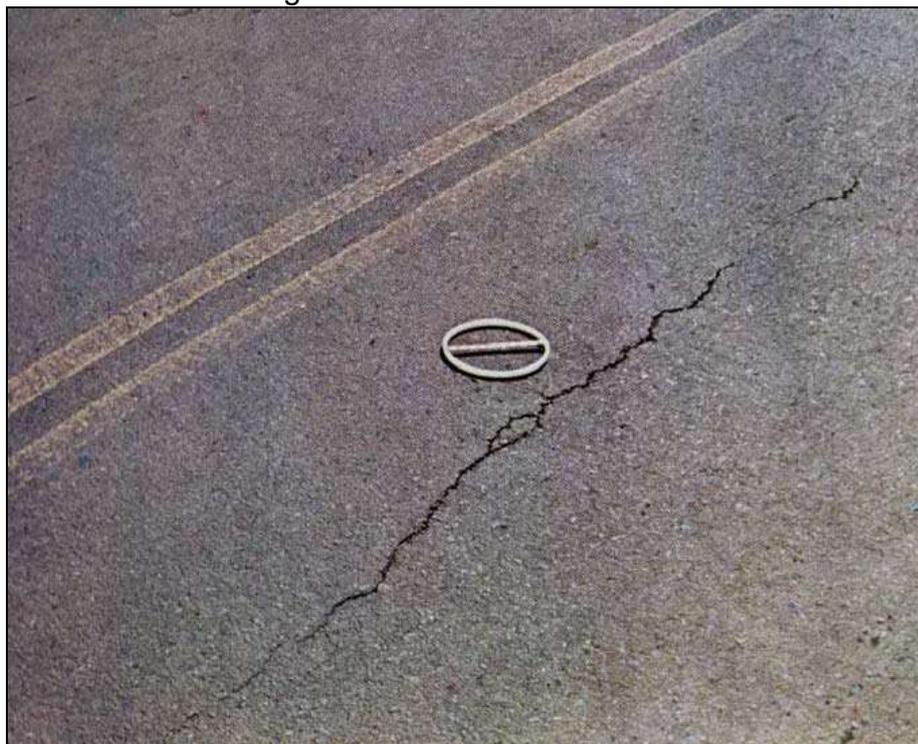
Fonte: NORMA 005 – TER (DNIT, 2003,p.7)

Figura 12 – Trinca isolada transversal



Fonte: NETTO (2013)

Figura 13 – Trinca isolada longitudinal



Fonte: NORMA 005 – TER (DNIT, 2003,p.6)

Figura 14 – Trinca interligada tipo bloco



Fonte: NORMA 005 – TER (DNIT, 2003,p.7)

2.10 Manutenção de rodovia

A manutenção compreende um processo sistemático que, de forma contínua, deve ser submetida uma rodovia, no sentido de que essa, em conformidade com suas funções e magnitude de tráfego, venha a oferecer ao usuário, de forma permanente, um tráfego econômico, confortável e seguro, em concordância com

competentes normas de otimização técnico-econômica do custo total de transporte (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

A manutenção do pavimento é o conjunto de operações desenvolvidas com objetivo de manter ou aumentar as características gerais de desempenho – (segurança, conforto e economia do pavimento) considerando de forma global todos os componentes da rodovia tais como: pavimento, terraplanagem, drenagem, sinalização, entre outros (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

2.11 Gerenciamento em pavimentos rodoviários

Tradicionalmente, a gerência de pavimentos em vias urbanas, têm sido aplicada basicamente pela habilidade dos engenheiros municipais, que na maioria das vezes tomam as decisões quanto à manutenção e reabilitação das vias, baseados na experiência adquirida, sem fazer uso de procedimentos formais de gerência, tanto por falta de recursos como por preconceito. E essas decisões tomadas com base apenas na experiência, acaba não permitindo a avaliação da eficácia de estratégias diferentes, levando em várias situações ao uso ineficiente de recursos que faz com que haja um ciclo vicioso formado por: falta de recursos, pavimentos em péssimas condições e mais falta de recursos (FERNANDES JR, 2007; OLIVEIRA 2013).

Muitas vezes, a falta de gerenciamento e do uso de recomendações técnicas, tanto nos serviços de manutenção como de reabilitação dos pavimentos, faz com que as atividades executadas sejam realizadas sem a devida orientação e de uma forma desorganizada, que acaba produzindo serviços com baixa qualidade e sem que haja o retorno técnico-econômico para o que foi investido. Além disso, o pavimento urbano sofre muitas vezes interferência dos serviços de infraestrutura urbana, que vão desde a abertura de buracos para obras até travessia de galerias de ligações para água, luz telefone, esgotos e águas pluviais.

Segundo Danieleski (2004), conforme seja conhecido o estado da integridade dos pavimentos, há a possibilidade de se prever seu desempenho futuro, traçando diretrizes ou ainda estratégias de conservação, e com isso elaborar programas para manutenção em nível de rede.

Os processos, assim como as técnicas empregadas na reabilitação dos pavimentos, podem visar desde a sobreposição de uma capa asfáltica com pouca

espessura até a reconstrução total de um pavimento, dependendo da avaliação funcional e estrutural realizada bem como o tráfego previsto na via em questão.

2.12 Avaliação econômica

A avaliação econômica é considerada a mais importante no critério de decisão quando da escolha da solução mais adequada entre várias alternativas de restauração. Para isso, são necessárias informações sobre custos ao longo do ciclo de vida do pavimento. Existe um grande grau de incerteza tanto em relação aos custos, quanto à deterioração dos pavimentos. Para eliminar tanto quanto possível essa incerteza, é preciso coletar dados de desempenho de restauração e armazená-los em um banco de dados, preferencialmente no sistema de gerência do órgão rodoviário (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

São colocados alguns conceitos econômicos que serão utilizados posteriormente nesse trabalho, tais como: Análise de Investimentos, Fluxo de Caixa, Vida Econômica, Vida Útil, Taxa Mínima de Atratividade e Métodos de Análise de Investimento.

2.12.1 Análise de investimento

Essa análise reside no emprego de técnicas específicas advindas dos princípios financeiros que objetivam a identificação da melhor opção entre as diferentes possibilidades de investimentos. A análise de investimento se fundamenta tecnicamente em equações que possuem como objetivo específico a identificação e mensuração se há ou não viabilidade em um determinado investimento, assim sendo, se é ou não rentável (BRANDÃO, 2006; ZANATA, 2012).

2.12.1.1 Técnicas de análise de investimento

São vários os métodos para determinação do momento ideal para que haja substituição de ativos depreciáveis ou ainda para analisar alternativas de investimentos que influenciam na tomada de decisão. Alguns desses métodos, são:

- Método do Custo Anual Equivalente (CAUE);
- Método do Pay-Back descontado;
- Método da Taxa Interna de Retorno (TIR);
- Método do Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE);

- Método do Valor Presente Líquido (VPL)

2.12.1.2 Método do custo anual uniforme equivalente (CAUE)

Nesse trabalho será utilizado o método CAUE; que consiste em encontrar a série uniforme anual equivalente ao fluxo de caixa do investimento à uma taxa mínima de atratividade (TMA), logo, busca-se a série uniforme que seja equivalente a todos os custos e receitas para os sistemas em estudo: proposto e adotado, com a utilização de uma determinada TMA (RIBEIRO,2002; CASAROTTO & KOPITTKKE, 2010; ANDRADE, 2014).

O CAUE é calculado pela Fórmula 5, através dos valores obtidos no Valor Atual Líquido (VAL), visto na Fórmula 6, e no Valor Futuro (VF), visto na Fórmula 7.

$$\text{CAUE (i)} = \frac{i}{(1 + i)^n - 1} \quad \dots(5)$$

$$\text{VAL (i)} = \frac{V_k}{(1 + i)^n} \quad \dots(6)$$

$$\text{VF(i)}=V_k (1 + i)^{n-k} \quad \dots(7)$$

Onde:

V_k = valor atualizado

n = período de tempo

i = taxa mínima de atratividade

A TMA utilizada nos cálculos é uma representação do mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando realiza um investimento, ou ainda o máximo que um tomador de dinheiro se propõe a pagar quando faz um financiamento. Basicamente, a TMA é composta de três componentes: o risco do negócio, a liquidez do negócio e o custo de oportunidade (PILÃO & HUMMEL, 2011).

2.13 Definição de medidas

Definir qual a medida de manutenção mais eficaz, em termos econômicos, em uma determinada situação trata-se de uma tarefa complexa, a qual exige a elaboração de um diagnóstico correto para os problemas e, também para o desempenho que o pavimento existente vem apresentando, bem como requer uma análise das consequências das possíveis alternativas a serem aplicadas (RODRIGUES, 1998).

O diagnóstico dos pavimentos urbanos visa o estabelecimento das medidas de manutenção que se fazem necessárias para o controle dos mecanismos de deterioração dos pavimentos que estão sendo avaliados (SCARANTO, 2008).

A partir de avaliações dos pavimentos analisados, elabora-se uma proposta para o seu diagnóstico, contemplando índices que representam as condições de superfície dos pavimentos, que são representados pelo IGG e o VSA, pelo tráfego da via e características geométricas da mesma (SCARANTO, 2008).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Método de avaliação proposto

Por meio de dados obtidos em livros, artigos técnicos, normas, publicações, estudos e situações reais de patologias – vivenciadas em vias urbanas e rurais –, este trabalho visa realizar um estudo de caso na cidade de Alegrete, para identificar a viabilidade econômica de diferentes tipos de manutenções ou sistemas de pavimento que possam ser implantados para combater as manifestações patológicas no pavimento flexível de determinada via, bem como as vantagens na aplicação dos métodos de restauro que possam ser aplicados em comparação ao método adotado pela Prefeitura municipal em questão.

Os defeitos, uma vez identificados, foram comparados por meio de imagens com outras bibliografias, chegando assim, às prováveis causas que levaram ao desenvolvimento das patologias encontradas no pavimento flexível. Uma vez conhecidas as causas que levaram às patologias, foram definidas soluções para a via estudada e as mesmas serão colocadas à prova quanto à viabilidade econômica.

3.1.1 Avaliação objetiva de superfície: IGG

Através das fórmulas e fatores de ponderação vistos no capítulo 2 (alínea 2.5.1 e alínea 2.5.2), obteve-se o IGG. Com isso classificou-se o pavimento, utilizando o valor encontrado do mesmo e, conforme a Tabela 3, foi definida a condição em que o pavimento se encontrava.

Tabela 3 – Conceitos de Degradação do Pavimento em função das patologias

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

Fonte: NORMA 006 – PRO (DNIT, 2003,p.5)

As recomendações contidas no DNIT 006/2003 que rege as condições exigíveis para a Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos foram obedecidas neste trabalho. No entanto, o instrumento utilizado para medição das trilhas de roda não foi treliça padrão recomendada pelo DNIT, por

questão de indisponibilidade do equipamento. Com isso, adaptou-se a pesquisa para a utilização, em conjunto, de uma régua e uma trena, caso se fizesse necessário.

3.1.1.1 Levantamento de dados

O levantamento de dados foi realizado em campo em agosto de 2013 e o cadastro destes dados foi coletado em uma planilha elaborada para o caso em estudo, que pode ser vista no Apêndice A. Na planilha em questão, foram registradas as principais patologias encontradas no pavimento asfáltico. Os instrumentos que auxiliaram na medição das seções e localização das degradações foram: uma régua de 50 cm de comprimento, trenas de 7,5 m e 50 m, prancheta e caneta (Figura 15); um paquímetro para medição das fissuras; um giz e dois cones de sinalização obtidos junto à Guarda Municipal de Alegrete para demarcação do início e término das seções levantadas; além da utilização da máquina fotográfica para a ilustração das patologias.

Figura 15 - Instrumentos utilizados para verificação das patologias

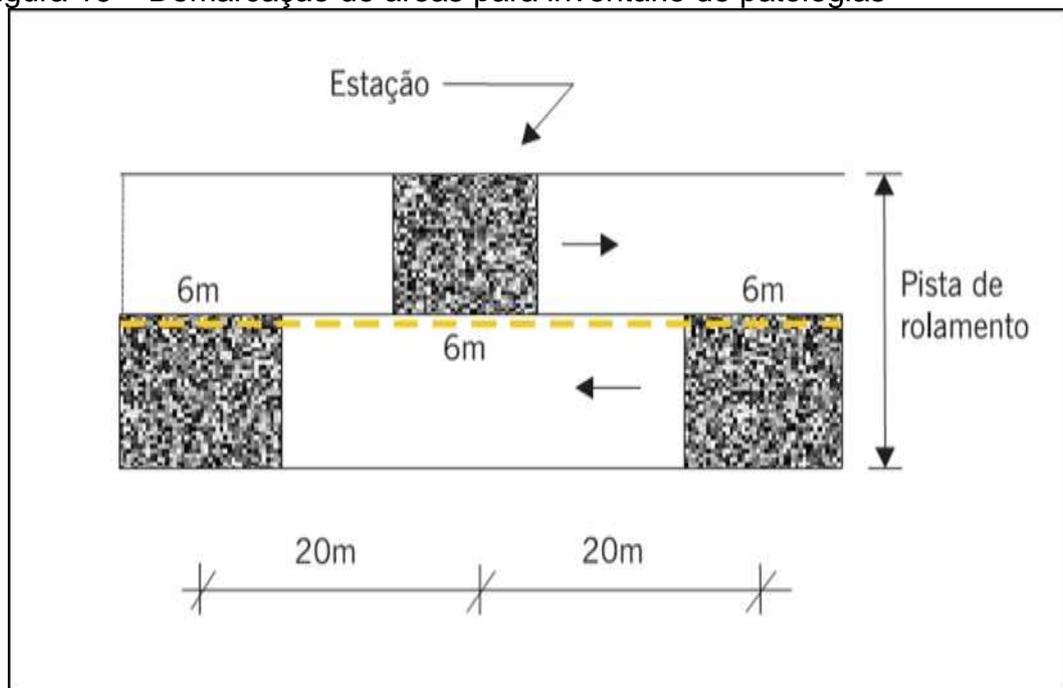


Fonte: NETTO (2013)

3.1.1.2 Critérios para coleta de dados

Estabeleceu-se para a coleta de dados um levantamento a cada 40 m de extensão nas vias que foram analisadas. Para pistas simples com duas faixas de tráfego, as estações foram inventariadas a cada 20 m, alternados entre faixa. A superfície avaliada era estabelecida 3 m antes e 3 m após cada uma das seções demarcadas, sendo assim cada estação possui uma área correspondente a 6 m de extensão e sua largura é igual a da faixa a ser avaliada. A Figura 16 exemplifica uma demarcação de áreas nas estações de pista simples com duas faixas de tráfego.

Figura 16 – Demarcação de áreas para inventário de patologias



Fonte: Bernucci (2006,p.425)

A coleta foi realizada nos trechos determinados da via no dia: 11 de agosto de 2013, a pé nos trechos determinados com inspeção visual e levantamento fotográfico, fazendo uso de instrumentos de medida. Essas coletas nos trechos selecionados foram realizadas em um domingo, por apresentar facilidade de levantamento e segurança, além de apresentar uma menor quantidade de veículos estacionados sobre possíveis remendos.

Algumas seções apresentaram comprimento inferior ao estipulado no trabalho, sendo assim, foram desconsideradas. A extensão total da via escolhida foi de 0,8 Km. Foram anotados e classificados os tipos de defeitos existentes no

pavimento flexível previamente escolhido, porém não foi levado em conta o nível de severidade dos defeitos do tipo panela.

3.1.1.3 Seleção da via a ser analisada

Foram analisados 0,8 Km de pavimentação asfáltica. A via selecionada para o estudo tem certa representatividade na zona urbana de Alegrete.

- Rua dos Andradas: via com tráfego de veículos alto, uma faixa de tráfego e sem presença de linha de ônibus na via.

A Rua dos Andradas é considerada uma pista simples com uma via de mão única. A contagem de veículos na rua foi realizada em 17 de julho de 2013, o tráfego de veículos foi considerado alto, e não possui linha de ônibus na via. O fator de frota, que indica o percentual de veículos comerciais (ônibus e caminhões) em relação ao total de veículos que é dado pela soma de veículos comerciais e de passeio (automóveis e utilitários) foi de 2,33%. Os dados referentes à média, utilizada para classificação do tráfego e ao fator de frota, são vistos na Tabela 4.

Tabela 4 – Média de Tráfego e Fator de Frota vistos na Rua dos Andradas

Via	Média de veículos	Classificação	Veículos de Passeio	Veículos Comerciais	Fator de Frota (%)
Rua dos Andradas	303	Alto	297	6	2,33

Fonte: NETTO (2013)

Conforme o Detran-PR (2002) as vias urbanas podem ser as ruas, avenidas ou ainda os demais caminhos abertos à circulação pública que se localizam dentro dos municípios e podem ser classificadas como: local, coletora e arterial (NABESHIMA, 2011).

Para a classificação do tráfego total, o critério utilizado foi o seguinte:

- a) Baixo: o tráfego máximo é de 150 veículos/hora;
- b) Médio: tráfego variando entre 150 veículos/hora e 300 veículos/hora;
- c) Alto: o tráfego é superior a 300 veículos/hora

(AZAMBUJA, 2009; NABESHIMA, 2011).

Sendo que para esta classificação, foi obtida uma média com as contagens realizadas, levando-se em conta os veículos leves (automóveis e camionetas) e os veículos pesados (ônibus e caminhões).

Com a via determinada e os trechos escolhidos, adotou-se a avaliação realizada por Netto em 2013, sendo a mesma::

Número N de contagens volumétricas classificatórias: Verificou-se em visitas à prefeitura que essa não possui dados sobre o tráfego na zona urbana. As contagens do tráfego na via selecionada realizaram-se no mês de julho de 2013, em dias úteis, ou seja, longe de feriados ou fins de semanas, para que o tráfego normal da via não fosse alterado. Todas essas contagens foram realizadas em quartas-feiras, nas vizinhanças das 9 e 18 horas, que para vias locais representam um dia normal de trabalho. O cadastro dos veículos foi realizado utilizando a Ficha de Contagem Volumétrica I (Anexo A) do Manual de Estudos de Tráfego do DNIT, com as diferentes classificações atribuídas para cada tipo de veículo. No apêndice D se encontra a Tabela 5 com as contagens volumétricas realizadas na via no ano de 2013 (NETTO, 2013).

Para as contagens necessárias os locais utilizados foram aqueles onde os veículos tinham que parar, no caso os semáforos ou sinais de parada obrigatória. A contagem de veículos em um projeto de reabilitação ou implantação de rodovia é realizada durante sete dias, 24 horas por dia, sendo assim na contagem manual a expansão sempre incorrerá em algum erro, pois os valores encontrados não terão a exatidão que teriam caso eles fossem observados em um período completo (MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO, 2006).

Netto optou por realizar as contagens em horários de pico, tais como: 08:00 às 09:00; 11:30 às 12:30; 17:30 às 18:30. Também foi realizada contagem em horários alternados no período da tarde e no período da noite, sendo estes: 14:30 às 15:30; 20:30 às 21:30.

Além de incluir um horário à noite nas contagens volumétricas de tráfego, pelo fato do decreto nº 344/2013 ter entrado em vigor em julho de 2013. O decreto em questão muda o limite do peso bruto total (PBT) de 8,5 toneladas para 9,5 toneladas, como podemos ver na Figura (17) que mostra uma placa de sinalização, que estabelece a circulação dos veículos com variados PBTs situada em frente à Escola Estadual de Educação Básica Dr. Lauro Dornelles na Av. Tiaraju.

Os veículos entre 9,5 t e 16 t têm permitida sua circulação para carga e descarga das 6h às 9h e das 18h às 22h, de segunda à sexta-feira. As carretas e bitrens tem sua circulação proibida no centro de Alegrete, enquanto nos bairros é permitido o tráfego, porém em área delimitada. O fator principal para a mudança no decreto nº132/2013, que disciplinava o tráfego de caminhões e outros veículos de carga pesada foi à necessidade de adequar o PBT aos padrões atuais de fabricação de veículos de carga pesada.

Figura 17 – Placa com os horários para circulação dos variados PBTs



Fonte: NETTO (2013)

Junto à Guarda Municipal foram obtidas algumas informações referentes à evolução da frota veicular no município, do ano de 2010 até o presente ano, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 – Frota de veículos em circulação – Alegrete-RS

Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Veículos	25.323	27.122	28.979	30.669	32.232	33.299

Fonte: Secretaria de Segurança e Cidadania de Alegrete

Baseado nos dados obtidos junto à Guarda Municipal de Alegrete-RS, verificou-se que no período de 2010 a 2015, a frota veicular em circulação apresentou um aumento de 31,50%. Porém, no período 2013-2015 que foi o

intervalo desde o trabalho pesquisado anteriormente, o aumento na frota veicular foi de 8,70%.

É possível verificar a frota de veículos em circulação por Tipo – Alegrete-RS, no ano de 2015, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Frota de veículos em circulação por Tipo – Alegrete-RS em 2015

Tipo	Veículos
Automóveis	18.809
Motocicletas	7.290
Caminhão	1.155
Reboque	1.102
Ônibus/Microônibus	294
Trator	22
Outros	14
Utilitários/Caminhonete/ Camioneta	4.613
TOTAL	33299

Fonte: Secretaria de Segurança e Cidadania de Alegrete

Com base nos dados da Companhia de Processamento de dados do Rio Grande do Sul (PROCERGS), é possível analisar a frota de veículos em circulação no RS, conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Frota de veículos em circulação no RS

Ano	Veículos
2010	4.709.614
2011	5.031.931
2012	5.376.302
2013	5.721.904
2014	6.023.696
2015	6.166.087

Fonte: PROCERGS (2015)

Com base nos dados referentes aos veículos em circulação no RS, é possível verificar que a frota de veículos apresentou um aumento de 30,92%, no período de 2010 à 2015, ou seja, crescimento semelhante ao apresentado no município de Alegrete-RS, foco de nosso estudo. E assim como o município em questão, no período 2013-2015, o estado apresentou crescimento da frota veicular semelhante, de 7,20%.

A **Lei N° 4.872**, de 11 de novembro de 2011, instituiu o Sistema de Estacionamento Rotativo Pago, dentro do perímetro urbano no município de Alegrete-RS.

Quanto ao horários, ficaram determinados da seguinte maneira:

- de Segundas a Sextas-feiras das 09 h às 18 horas;
- Sábados, no período matutino, das 09 h às 12 horas;
- Excetua-se o pagamento do estacionamento rotativo nos domingos e feriados.

O **decreto N° 308**, de 11 de junho de 2013, da Prefeitura Municipal de Alegrete, delimitou as vias públicas para implantação do Estacionamento Rotativo.

Foram delimitadas as seguintes vias públicas, pertencentes ao perímetro urbano:

- **Rua dos Andradas:** entre a Rua Venâncio Aires e Praça General Osório;
- **Rua General Sampaio:** entre a Rua Presidente Franklin Roosevelt e Rua Vinte de Setembro;
- **Rua Venâncio Aires:** entre a Av. Dr. Lauro Dorneles e Rua Coronel Cabrita;

- **Rua General Neto:** entre a Rua Venâncio Aires e Praça Getúlio Vargas;
- **Rua Luiz de Freitas:** entre a Rua Venâncio Aires e Praça Getúlio Vargas;
- **Rua Coronel Cabrita:** entre a Rua Venâncio Aires e Praça Getúlio Vargas;
- **Rua Vinte de Setembro:** entre a Av. Dr. Lauro Dorneles e Rua General Sampaio;
- **Rua Barão do Cerro Largo:** entre a Av. Dr. Lauro Dorneles e Rua General Sampaio;
- **Rua Vasco Alves:** entre a Av. Dr. Lauro Dorneles e Praça Getúlio Vargas;
- **Rua Gaspar Martins:** entre a Av. Dr. Lauro Dorneles e Rua General Sampaio;
- **Rua General Vitorino:** entre a Av. Dr. Lauro Dorneles e Praça Getúlio Vargas;
- **Praça Getúlio Vargas:** em todo seu entorno.

Como pode ser visto, a Rua dos Andradas objeto de estudo no presente caso, é um dos logradouros que faz parte do estacionamento rotativo instituído no município.

Na Figura 18, é possível verificar as vias (em vermelho) que fazem parte do Estacionamento Rotativo Pago, no município de Alegrete-RS.

Tabela 9 – Distribuição de vagas-logradouro

Logradouro	Vagas
Rua dos Andradas	202
Rua General Sampaio	143
Rua Venâncio Aires	93
Rua General Neto	49
Rua Luiz de Freitas	55
Rua Coronel Cabrita	27
Rua Vinte de Setembro	61
Rua Barão do Cerro Largo	62
Rua Vasco Alves	116
Rua Gaspar Martins	76
Rua General Vitorino	123
Praça Getúlio Vargas	196
Total	1203

Fonte: Prefeitura Municipal de Alegrete

Ou seja, o número total de vagas, para o estacionamento rotativo no município de Alegrete é de 1.203 vagas, enquanto a frota de automóveis no município é de 18.809 veículos, referentes aos dados de 2015. Com isso, as vagas do estacionamento rotativo abrangem 15,63 % dessa determinada frota municipal. Somente a Rua dos Andradas possui 16, 79% dessas vagas, ou seja, 202 vagas.

3.1.2 Avaliação subjetiva de superfície: VSA

A medida subjetiva VSA das condições de superfície de um pavimento foi realizada por um grupo de avaliadores que percorreram o trecho em análise, fazendo um registro das suas opiniões sobre a capacidade do pavimento de atender as exigências do tráfego, que sobre ele atua, quanto à suavidade e ao conforto no

momento da avaliação. A avaliação funcional foi realizada em agosto de 2013, em dias úteis e horários comerciais, com 6 motoristas utilizando 3 veículos, nos trechos estabelecidos para análise.

Os motoristas foram:

- 1- Fabiano de Oliveira Pereira (Eng. Civil Responsável na 9ª Superintendência Regional DAER-RS);
- 2- Rodrigo André Klamt (Eng. Civil);
- 3- Carlos Alexandre da Conceição (Eng. Civil – Prefeitura Municipal de Alegrete);
- 4- Aldo Leonel Temp (Eng. Civil);
- 5- Ricardo Eguilhor Rodrigues (Eng. Civil);
- 6- Henrique Eguilhor Rodrigues (Estudante de Eng. Mecânica na Unipampa)

O motorista 1 utilizou o veículo Palio Weekend Adventure, placa ISG 9869 ano 2012 com aro 16; os motoristas 3 e 4 utilizaram o veículo Corsa Premium, placa IPX 3070 ano 2010 com aro 14; e os motoristas 2, 5 e 6 utilizaram o veículo Siena placa IPB 4995 ano 2008 com aro 14.

Conforme os resultados obtidos através da avaliação realizada, classificou-se o pavimento através da Tabela 10 que nos dá a escala de avaliação do VSA, o qual varia de 0 a 5, ou seja, pavimentos variando de “péssimo” à “ótimo” respeitando as condições específicas e o processo de avaliação vistos no capítulo 2 (alínea 2.6.1 e alínea 2.6.2).

Tabela 10 – Níveis de Serventia

Padrão de Conforto ao Rolamento	Avaliação (faixa de notas)
Ótimo	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: NORMA 009 – PRO (DNIT, 2003,p.5)

3.1.3 Análise temporal dos sistemas: adotado e proposto

A avaliação econômica neste trabalho, em específico, tem como objetivo definir os possíveis investimentos na manutenção de uma infraestrutura rodoviária, na procura dos investimentos que venham a minimizar o custo total de transporte, o qual entende-se como a soma dos custos de manutenção da infraestrutura e os custos de operação dos veículos utilizados (LIMA, 2007).

A análise econômica visa comparar o custo de execução de camadas de revestimento das possíveis alternativas de diferentes sistemas de pavimentação. Foram identificados os gastos necessários para a possível construção de determinada via: Rua dos Andradas, cuja extensão analisada é de 800 m, além da comparação de ambos sistemas em suas respectivas vidas úteis, para um estudo temporal de gastos no trecho de 1.300 m.

Salienta-se que para o cálculo da vida útil econômica no estudo em questão, utilizou-se o método do CAUE, comparando diferentes fluxos de caixa. Sendo que a vida útil está ligada ao tempo de utilização de um bem relacionada a capacidade de produzir com menor preço para a empresa em questão, enquanto o fluxo de caixa, é a representação gráfica em um determinado intervalo de tempo das receitas e despesas envolvidas no projeto.

A TMA utilizada para obtenção do CAUE de ambos os sistemas foi de 4% a.a, a mesma utilizada no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do ano de 2006 em exemplos de manutenção de vias. Já quanto as áreas do pavimento asfáltico que passariam pelas devidas manutenções, eram da ordem de: 1/12, 1/6 e 1/3 da área total e com intervalo de tempo de 1/5 nos primeiros 2 anos, 2/5 nos 4 anos seguintes e 2/5 nos últimos 4 anos para cada 10 anos analisados. No pavimento intertravado a manutenção seria de 5% da área total e em intervalos de 1 ano. (RIBEIRO, 2002; MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006; NASCIMENTO, 2013; ANDRADE, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na via definida no item anterior, foi realizado inventário de ocorrência de patologias, tomando por referência a Norma DNIT 006/2003 – PRO e, posteriormente, foram realizadas as médias obtidas através da Avaliação Subjetiva de Superfície, ou seja Valor de Serventia Atual tomando por referência a Norma DNIT 009/2003 – PRO para cada uma das vias selecionadas. A seguir são apresentados e discutidos os resultados encontrados bem como as possíveis alternativas a serem adotadas para a via em questão.

4.1 Análise da Rua dos Andradas

No dia 11 de agosto de 2013, em um domingo, foram levantadas e cadastradas as patologias para realização do IGG.

O material utilizado como base na via foi o paralelepípedo e o revestimento utilizado foi o Pré-Misturado a Frio.

Segundo informações coletadas junto à Prefeitura Municipal de Alegrete a cidade recebeu uma verba do governo federal, na segunda quinzena de 2013, de R\$ 70.000,00 utilizados na compra de 40 toneladas de emulsão asfáltica que foi destinada à manutenção de algumas vias, dentre as quais a Rua dos Andradas, que passou pela operação “tapa-buraco” realizada pela própria Prefeitura.

A operação na via em questão foi realizada em 15 de agosto de 2013 por volta das 14 horas, numa temperatura de aproximadamente 18°C e abrangeu duas quadras da Rua dos Andradas, como pode ser visto nas Figuras 19 e 20. Já na Figura 21 é mostrado o aspecto da via no período da noite do dia 15 de agosto, em que foi realizada a operação em questão. A última manutenção na Rua dos Andradas havia sido realizada há mais de 10 anos. A coleta de lixo na via é realizada de segunda a sábado.

Foram analisados 800 m de extensão, sendo levantadas 20 seções, a coleta de dados e levantamento fotográfico foram realizadas em um domingo, dia 11 de agosto de 2013. A largura da via medida foi 8,90 m, os acostamentos possuem 65 cm e as calçadas medindo 2 m.

Figura 19 – Operação tapa-buraco realizada na Rua dos Andradas



Fonte: NETTO (2013)

Figura 20 – Aspecto da Rua dos Andradas logo após manutenção



Fonte: NETTO (2013)

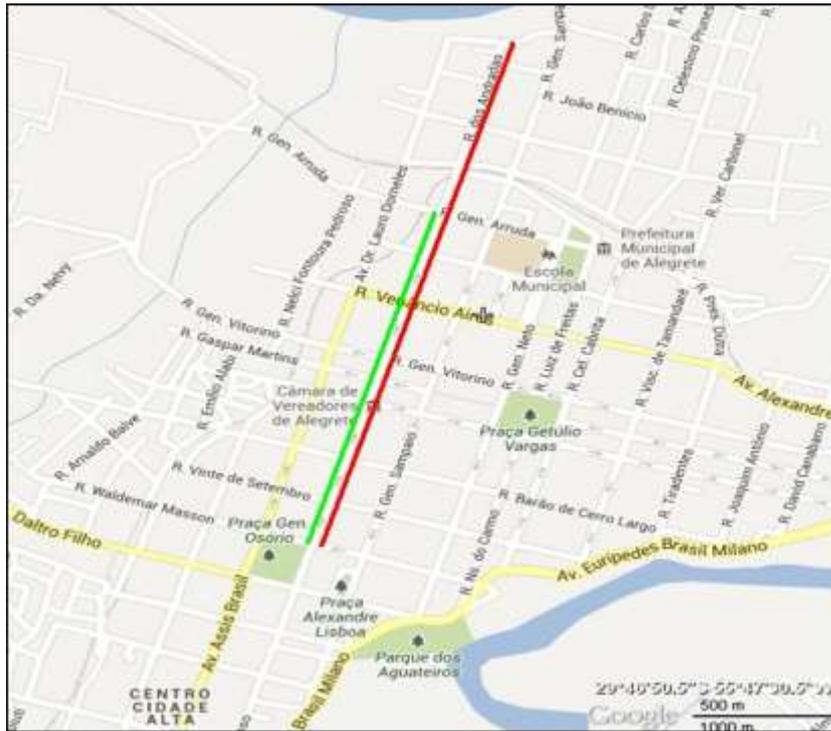
Figura 21 – Aspecto da Rua dos Andradas no período da noite pós-manutenção



Fonte: NETTO (2013)

A Figura (22) mostra a extensão total da Rua dos Andradas (vermelho) e trecho que passou pelo recapeamento realizado pela prefeitura com extensão de 1,3 km (verde), já a Figura (23) estabelece o trecho analisado da via (vermelho), cuja extensão é de 800 m.

Figura 22 – Extensão Total da Rua dos Andradas



Fonte: Google Maps 2013

Figura 23 – Trecho analisado da Rua dos Andradas



Fonte: Google Maps 2013

A Rua dos Andradas, por meio do IGG obteve um valor de **402,50**, assim sendo, seu grau de degradação do pavimento foi considerado **Péssimo** (IGG > 160), conforme a Tabela 2. A quantidade de defeitos encontrados foi grande em todas as seções. Os defeitos vistos com maior frequência relativa, foram às panelas e os desgastes, ambos com 100%. A Tabela 11 apresenta o cálculo realizado na Rua dos Andradas para atribuição do IGG.

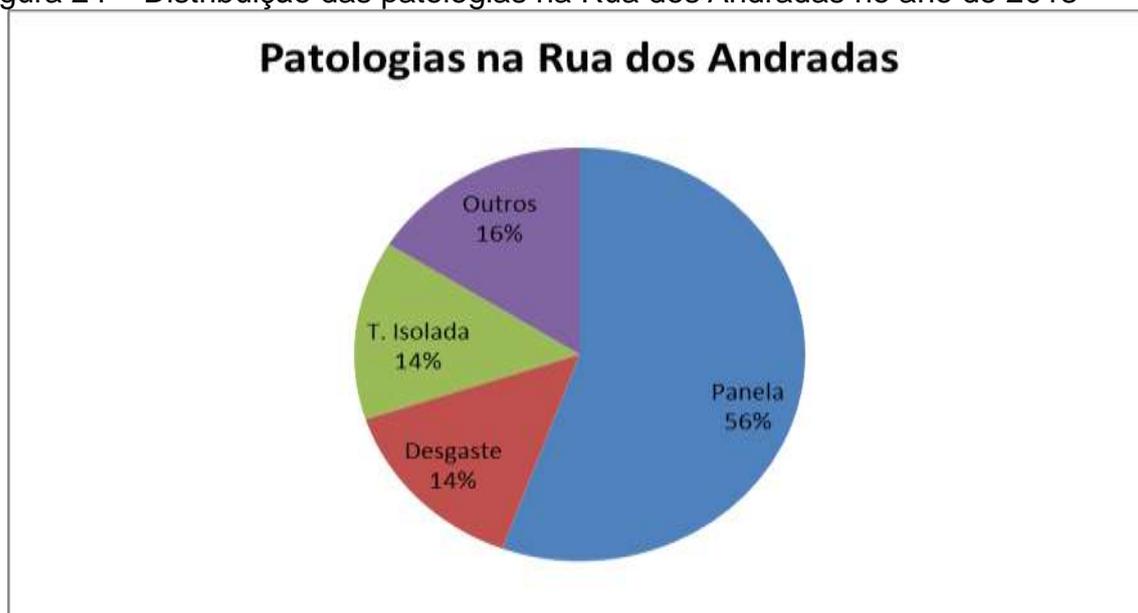
Tabela 11 – Planilha de Cálculo do IGG para Rua dos Andradas

Planilha de Cálculo do IGG		Data: 11/08/2013			
Tipo do Defeito	Defeito	Freq. Absoluta	Freq. Relativa (%)	F. de Ponderação	IGI
1	FC-1 e T. Isoladas	8	40	0,2	8
2	FC -2 (J e TB)	7	35	0,5	17,50
3	FC-3 (JE e TBE)	4	20	0,8	16
4	Afundamentos	12	60	0,9	54
5	Ondulação	18	90	1	90
	Panela	20	100	1	100
	Escorregamento	3	15	1	15
6	Exsudação	18	90	0,5	45
7	Desgaste	20	100	0,3	30
8	Remendo	9	45	0,6	27
Número de estações inventariadas n = 20					Σ IGI = 402,50
					Péssimo

Fonte: NETTO (2013)

O gráfico da Figura 24 apresenta o percentual de contribuição das patologias encontradas na Rua dos Andradas.

Figura 24 – Distribuição das patologias na Rua dos Andradas no ano de 2013



Fonte: NETTO (2013)

Quanto a Avaliação Subjetiva de Superfície, que foca no conforto ao rolamento proporcionado pela via em questão, o Valor de Serventia Atual atribuído a Rua dos Andradas pelos avaliadores foi de **1,2**, ou seja, através da Tabela 9, seu conceito foi considerado **Ruim**. Na Tabela 12 podem ser vistas as notas que cada um dos avaliadores atribuiu à via.

Tabela 12 – Notas atribuídas a Rua dos Andradas referente ao VSA

Rua dos Andradas	M.1	M.2	M.3	M.4	M.5	M.6	Desvio-Padrão	Média	Conceito
Notas	1,5	0,5	2	1,5	0,6	1	0,58	1,2	Ruim

Fonte: NETTO (2013)

4.1.1 Comparação entre IGG e VSA na Rua dos Andradas

Na Rua dos Andradas, os resultados referentes às avaliações objetiva e subjetiva, realizadas na via, foram semelhantes, como é possível verificar na Tabela 13.

Enquanto a avaliação objetiva obteve uma classificação de Péssimo, a avaliação subjetiva também apresentou um resultado fraco, com conceito Ruim. O fato dos resultados obtidos serem abaixo da média em ambas avaliações está ligada a falta de manutenção na via, que há muitos anos não recebia manutenção e em

2013 passou por uma operação “tapa-buraco” que abrangeu uma pequena parte da via, além do fato da via receber um tráfego classificado como alto, conforme classificação realizada por meio de contagens.

Tabela 13 – Comparação entre IGG e VSA na Rua dos Andradas

Via Analisada	Nota do IGG	Conceito do IGG	Média do VSA	Conceito do VSA	Classificação do Tráfego	Última manutenção
Rua dos Andradas	402,50	Péssimo	1,2	Ruim	Alto	2013 – Operação Tapa-buraco 2015/2016 - Recap

OBSERVAÇÕES:

Revestimento em PMF

Base de Paralelepípedo

Fonte: NETTO (2013)

4.1.2 Materiais utilizados na via analisada

4.1.2.1 Paralelepípedo

Verificou-se que a via analisada tinha como base o paralelepípedo, com uma camada de 8 cm. O Paralelepípedo está incluído entre os materiais utilizados como base para pavimentos flexíveis, e é bem verdade que na maioria das vezes ele é utilizado por aproveitamento, pois eram antigos revestimentos que passaram a receber recapeamento com misturas betuminosas. O paralelepípedo pode ser definido como uma peça de pedra paralela com o formato do sólido que lhe dá o nome (SENÇO, 2007).

4.1.2.2 PMF

O PMF era o revestimento utilizado na Rua dos Andradas, com uma camada de 4 cm de espessura, quando da construção do pavimento em questão. Além disso, foi utilizado em agosto de 2013 na operação “tapa-buraco” em alguns pontos da via e em algumas outras vias da cidade em uma operação de manutenção realizada pela Prefeitura Municipal de Alegrete.

Os PMF podem ser definidos entre a mistura de agregado e asfalto, no qual o agregado é empregado à temperatura ambiente, sem prévio aquecimento. O PMF é considerado um produto menos nobre em relação ao pré-misturado a quente e ao CBUQ (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006; SENÇO, 2007).

4.1.3 Técnicas de manutenção para as patologias na Rua dos Andradas

Para o caso da Rua dos Andradas que apresentava um IGG de 402,50 (Péssimo), a norma DNER PRO 010/79 – Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis, estabelece que para IGG >180 deve-se adotar como medida a Remoção parcial ou total do pavimento existente e sua substituição parcial ou total por nova estrutura projetada com base no critério de resistência.

Quando há deterioração estrutural de um pavimento, torna-se necessário recuperar a capacidade de suporte de carga através de adições de camadas ou ainda pela retirada da parte que sofreu deterioração e a execução de uma nova camada de revestimento asfáltico. Com a adição de recapeamento e tratamento das camadas já existentes, pode-se reestabelecer ou aumentar a capacidade estrutural do pavimento comprometido.

4.1.4 Recap 2

Iniciada em dezembro de 2015, a obra na Rua dos Andradas beneficiou 1,3 quilômetros de pista de rolagem, sinalização horizontal e rampas de acesso para cadeirantes e teve sua conclusão em 26 de janeiro de 2016, fechando uma das mais esperadas frentes da segunda edição do Programa de Recuperação Asfáltica e Pavimentos (RECAP), como pode ser visto nas Figuras 25, 26, 27.

Figura 25 – Aspecto da Rua dos Andradas pós fresagem



Fonte: Elaboração Própria

Figura 26 – RECAP 2 em plena execução na Rua dos Andradas



Fonte: Elaboração Própria

Figura 27 – Aspecto de um trecho da Rua dos Andradas pós RECAP 2



Fonte: Elaboração Própria

O recapeamento realizou-se em duas etapas, sendo a primeira entre a Praça General Osório e a Rua Venâncio Aires, enquanto a segunda etapa foi entre as Ruas Venâncio Aires e Simplício Jaques. A primeira etapa utilizou-se de finais de semana e feriados e teve duração aproximada de 10 dias, sendo que a cada dia era realizada a fresagem de uma quadra e a colocação da matéria asfáltica no dia seguinte. Ou seja, a manutenção realizada na via foi a seguinte: fresagem do revestimento existente e aplicação de CBUQ com espessura de 5 cm no trecho. Na Figura 28, é vista a composição de camadas do pavimento e ainda como o mesmo ficou após essa operação.

Figura 28 – Composição de camadas antes e depois da operação de RECAP 2 na Rua dos Andradas



Fonte: Secretaria de Infra-estrutura da PMA (2015)

Essa obra teve como objetivo estimular o desenvolvimento do município a partir de uma requalificação urbana, recuperando o pavimento e ampliando a cobertura asfáltica.

No total, o investimento foi de R\$ 426.154,93, com recursos do Governo Federal captados via emenda parlamentar, mais contrapartida do município, como pode ser visto na Tabela 14. Outro ponto importante e da qualificação dessa via é o fato de se tornar um caminho qualificado do centro do município até a Unidade de Pronto Atendimento (UPA) e a Santa Casa de Caridade de Alegrete.

Tabela 14 – Composição de Custos da operação de RECAP 2 na Rua dos Andradas

Serviços	Valores dos Serviços (R\$)	Pesos (%)
Serviços Preliminares	16.976,28	3,98
Pavimentação/Recapeamento		
Serviços Iniciais	37.070,34	8,79
Pavimentação	351.763,93	82,54
Calçada com Acessibilidade	8.552,75	2,01
Sinalização		
Sinalização Horizontal	11.127,85	2,61
Sinalização Vertical	663,79	0,16
Total	426.154,93	100

Fonte: Secretaria de Infra-estrutura da PMA (2015)

4.1.5 Alternativa de sistema de pavimentação para Rua dos Andradas

4.1.5.1 Pavimentação intertravada de blocos de concreto

Apesar de ter sido utilizado como solução para Rua dos Andradas o recapeamento asfáltico, coloca-se como uma alternativa de construção o pavimento intertravado de blocos de concreto, afim de verificar a sua viabilidade econômica e elucidar suas perspectivas e possíveis vantagens.

Simulando para o caso em que o município optasse por utilizar mão de obra própria, foram utilizados os itens indicados na Tabela de Composição de Preços para Orçamento (TCPO), como pode ser visto à seguir, na Tabela 15.

Tabela 15 – Sistema de pavimentação intertravada de blocos de concreto sobre coxim de areia – unidade: m²

Componentes	Unidade	Consumos
Calceteiro	h	0,23
Servente	h	0,46
Areia lavada tipo fina	m ³	0,005
Areia lavada tipo média	m ³	0,05
Bloco de concreto para pavimentação intertravado 16 faces – comprimento: 110 mm/ espessura: 80 mm/ largura: 220 mm	Un	39
Compactador de placa vibratória, diesel, potência 10 HP/ 7,5 KW – Vida útil 8.000 h	h prod	0,03

Fonte: TCPO – PRO (2010, p.101)

Foram utilizados preços advindos do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices de Construção Civil (SINAPI) com dados do estado do Rio Grande do Sul (RS) referentes a março de 2016 que constam nos relatórios de composições e de insumos, e estão acrescidos do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) com alíquota de 18 %, valor este pesquisado pela Caixa Econômica Federal.

Também foram considerados os encargos sociais do estado do RS sobre a mão de obra. São esses, encargos obrigatórios, que são exigidos pelas leis trabalhistas e previdenciárias ou ainda resultantes de acordos sindicais que são adicionados aos salários dos trabalhadores. A seguir, nas Tabelas 16, 17, 18 e 19 são colocados os encargos incidentes sobre os funcionários horistas.

Tabela 16 – Grupo de encargos sociais I

Grupo I	Horista
Previdência Social	20,00 %
FGTS	8,00 %
Salário-Educação	2,50 %
SESI	1,50 %
SENAI	1,00 %
SEBRAE	0,60 %
INCRA	0,20 %
Seguro Acidente	3,00 %
SECONSI	0,00 %
Total de Encargos Sociais Básicos	36,80 %

Fonte: SINAPI-RS (2016) - Composição de Encargos Sociais

Tabela 17 – Grupo de encargos sociais II

Grupo II	Horista
Repouso Semanal Remunerado	17,91 %
Feridos	4,24 %
Auxílio Enfermidade	0,91 %
13º Salário	10,89 %
Licença Paternidade	0,08 %
Faltas Justificadas	0,73 %
Dias de Chuva	1,36 %
Auxílio Acidente de Trabalho	0,12 %
Férias Gozadas	9,54 %
Auxílio Maternidade	0,03 %
Total	45,81 %

Fonte: SINAPI-RS (2016) - Composição de Encargos Sociais

Tabela 18 – Grupo de encargos sociais III

Grupo III	Horista
Aviso Prévio Indenizado	5,46 %
Aviso Prévio Trabalhado	0,13 %
Férias Indenizadas	3,68 %
Depósito Rescisão Sem Justa Causa	4,53 %
Indenização Adicional	0,46 %
Total	14,26 %

Fonte: SINAPI-RS (2016) - Composição de Encargos Sociais

Tabela 19 – Grupo de encargos sociais IV

Grupo IV	Horista
Reincidência do Grupo I sobre Grupo II	16,86 %
Re Incidência do Grupo I sobre Aviso Prévio Trabalhado e Reincidência do FGTS sobre Aviso Prévio Indenizado	0,48 %
Total do Grupo IV	17,34 %
Total Geral (Grupos I,II,III e IV)	114,21 %

Fonte: SINAPI-RS (2016) - Composição de Encargos Sociais

Para os casos dos custos de mão de obra de produção, são acrescidos os encargos complementares (além das Leis Sociais Básicas, Incidências e Reincidências que já foram colocadas), como podem ser vistos na Tabela 20, a seguir.

Tabela 20 – Grupo de encargos complementares V e VI

Grupo V	Horista
EPI	3,27 %
Seguro de Vida	0,67 %
Vale Transporte	5,57 %
Vale Compras	25,23 %
Café da Manhã	5,96 %
Total do Grupo V	40,69 %
Grupo VI	
ISS e Cofins	8,70 %
Total Geral (Grupos I,II,III,IV,V e VI)	163,60 %

Fonte: SINAPI-RS (2016) - Composição de Encargos Complementares

O grupo V mostra o quão expressiva é a participação relativa dos custos da mão de obra acrescidos dos encargos sociais na construção civil, e a incidência de tributos indiretos que são adicionados, interiormente, a essa significativa parcela de custos.

A seguir, na Tabela 21, é mostrado o piso salarial dos trabalhadores da construção civil – RS (SINAPI/16) com o qual se trabalhou no orçamento do sistema de pavimento intertravado.

Tabela 21 – Piso salarial dos trabalhadores da construção civil - RS

Função	Piso Salarial (Hora) R\$
Servente	10,32
Profissional	12,44

Fonte: SINAPI-RS (2016) – Composição de Encargos Complementares

De posse dos dados referentes a mão de obra e com os insumos definidos, foi realizado o orçamento do pavimento intertravado, como mostra a Tabela 22.

Tabela 22 – Composição dos custos para o sistema de pavimento intertravado (c/mão de obra própria)

Mão de Obra	Unid.	Quant.	Preço	Encargos Sociais	Custo Unitário	Custo Parcial
Calceteiro	h	0,23	12,44	163,60%	32,79	7,54
Servente	h	0,46	10,32	163,60%	27,20	12,51
Materiais	Unid.	Quant.	Preço			Custo Parcial Médio
Areia lavada tipo fina	m ³	0,005	52			0,26
Areia lavada tipo média	m ³	0,05	57,50			2,87
Bloco de concreto para pavimento intertravado 16 faces – comprimento: 110 mm / espessura: 80 mm/ largura: 220 mm	Un	39	1,19			46,43
Equipamentos	Unid.	Quant.	Preço			Custo Parcial Médio
Compactador de placa vibratória, diesel, potência 10 HP (7,5 KW) – Vida útil 8.000 h	H prod	0,03	80,00			2,40
Preço de Execução de 1 m ² (Mão de obra própria)					R\$ 72,01	
Preço de Execução da Rua dos Andradas (L= 8,90 m; C= 800,00 m)					R\$ 512.711,20	

Fonte: Elaboração Própria

O pavimento intertravado, adotado como possível solução a ser utilizada para Rua dos Andradas, apresentou o preço do metro quadrado de R\$ 72,01 (com utilização de mão de obra própria). Para a extensão de 800 m e largura da via de 8,90 m, que haviam sido analisados e conceituados anteriormente, o custo total para implantação do sistema de pavimento intertravado foi de R\$ 512.711,20.

4.1.5.1.1 Comparação de custos entre sistema adotado e sistema proposto

É realizada uma comparação entre a manutenção que foi adotada pelo município, e que consistiu na fresagem do revestimento existente e aplicação de CBUQ com espessura de 5 cm na via em questão; e o sistema proposto que consiste na utilização do sistema de pavimentos de blocos de concreto intertravados

(utilizando mão de obra própria).

A comparação entre os custos do eu seria gasto para aplicação das alternativas: adotada e proposta, são mostradas na Tabela 23 com suas devidas peculiaridades.

Tabela 23 – Comparação entre alternativas na via analisada

Rua dos Andradas	Extensão (m)	Custo por m ² (R\$)	Custo Total (R\$)
Manutenção adotada pela PMA	1300	36,83	426.154,93
Sistema de pavimentos intertravados de blocos de concreto	800	72,01	512.711,20
	1300	72,01	833.155,70

Fonte: Elaboração Própria

A manutenção realizada pela PMA mostrou-se menos custosa, mesmo sendo realizada em um trecho maior. Caso essa manutenção fosse realizada apenas no mesmo trecho (800 m), o custo total seria de R\$ 262.229,60, ou seja, comparando ao sistema proposto teria gasto 48,85% a menos. Para o mesmo trecho de 1300 m, o qual a PMA realizou sua operação de manutenção, caso fosse implantado o sistema de pavimentos intertravados, o custo total seria de R\$ 833.155,70. Assim sendo, em uma visão microeconômica e de curto prazo seria correto adotar o sistema realizado pela PMA.

4.1.5.1.1.1 Comparação entre métodos em um intervalo de tempo de 10 anos

Foi calculado o CAUE do que seria gasto para o sistema adotado pela PMA (RECAP 2), no intervalo de tempo de 10 anos, a vida útil do pavimento flexível, com o mesmo passando por manutenções durante o período, e com uma TMA de 4% a.a.. O intervalo de tempo de 2 anos entre manutenções foi utilizado na comparação de métodos, pois foi o intervalo entre a operação tapa-buraco ocorrida em 2013 e o RECAP 2 que iniciou em dezembro de 2015. A seguir, os dados levados em consideração nos cálculos:

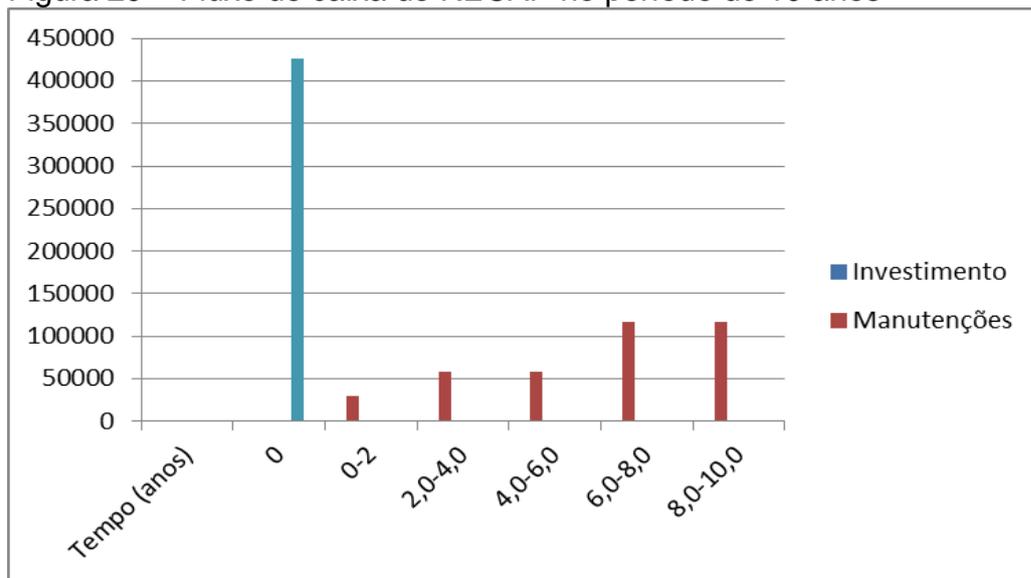
RECAP 2: Extensão = 1300 m ; Largura = 8,90 m ;

Investimento Inicial Total = R\$ 426.154,93 - Intervalo de tempo = 10 anos

Investimento destinado somente a “Pavimentação” = R\$ 351.763,93

A Figura 29 representa o fluxo de caixa utilizado estipulando o intervalo de tempo de 10 anos. Para se chegar ao CAUE, calculou-se primeiramente o VAL, e de posse desse valor se chegou ao VF, para que somente então pudéssemos analisar o CAUE do sistema adotado pela PMA.

Figura 29 – Fluxo de caixa do RECAP no período de 10 anos



Fonte: Elaboração própria

A seguir são vistos os valores encontrados para que se chegasse à obtenção do CAUE para o RECAP:

- VAL = R\$ 578.804,11

Para que se chegasse ao VAL, foram considerados: o investimento inicial total realizado pela PMA, e os gastos com as manutenções estipuladas durante a sua vida útil de 10 anos. Cada manutenção foi realizada em intervalo de tempo de 2 anos, porém em diferentes situações. Do período inicial até o 2º ano, a manutenção foi da ordem de 1/12 da área em questão levando em conta somente o gasto com a “pavimentação”; do 2º ao 4º e do 4º ao 6º ano a manutenção foi da ordem de 1/6 da área em questão e da mesma forma levando em conta somente o gasto com a “pavimentação”, e por fim, do 6º ao 8º e do 8º ao 10º ano a manutenção foi da

ordem de 1/3 da área em questão e levando em conta o que havia sido gasto com a “pavimentação”.

- $VF = R\$ 856.11,48$

O VF, obtido acima, foi calculado de posse do valor encontrado para o VAL e levando em conta o intervalo de tempo estipulado, de 10 anos, conforme a vida útil do pavimento adotado.

- $CAUE = R\$ 71.361,31$

O CAUE obtido para o recapeamento asfáltico realizado pela PMA foi de R\$ 71.361,31, para uma TMA de 4% a.a. Para sua vida útil de 10 anos, o gasto total no fim desse período seria de R\$ 713.613,10.

Pavimento intertravado de blocos de concreto: Extensão = 1300 m ;

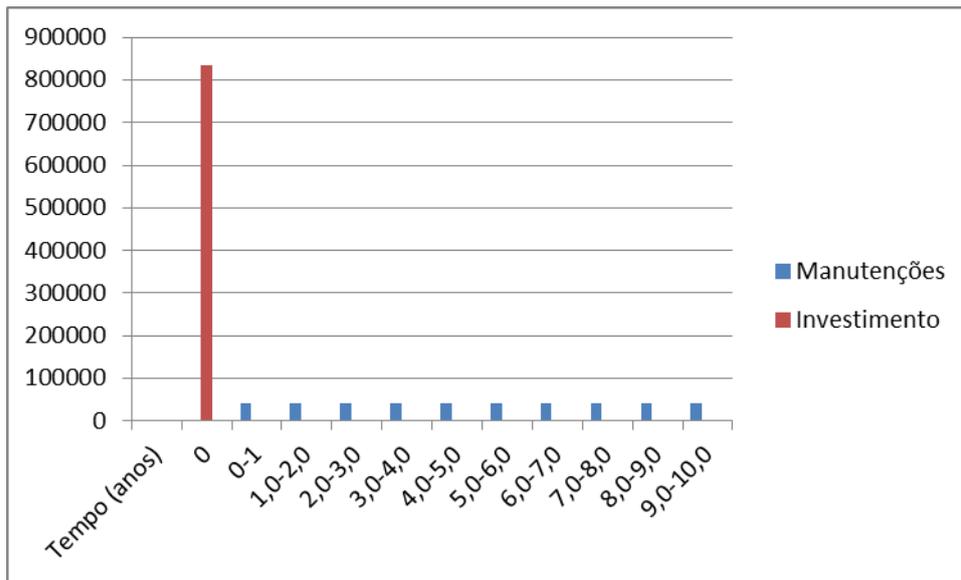
Largura = 8,90 m ; Investimento Inicial Total = R\$ 833.155,70

Intervalo de tempo = 10 anos

Foi calculado o CAUE do que seria gasto para o sistema proposto no trabalho, inicialmente calculado com o intervalo de tempo de 10 anos, para efeitos de comparação, porém salienta-se que este sistema possui vida útil correspondente a 20 anos, e assim como o sistema anterior, o cálculo foi realizado levando-se em conta a seguinte situação: realização anual de manutenções, com uma TMA de 4% a.a.. Optou-se por simular manutenções anuais, pois vários autores na área em estudo citavam o fato de que deveriam ocorrer limpeza e varrições em períodos anuais.

A Figura 30 representa o fluxo de caixa utilizado estipulando o intervalo de tempo de 10 anos. Para se chegar ao CAUE, calculou-se primeiramente o VAL, e de posse desse valor se chegou ao VF, para que somente então pudéssemos analisar o CAUE do sistema proposto.

Figura 30 – Fluxo de caixa do pavimento intertravado no período de 10 anos



Fonte: Elaboração própria

A seguir são vistos os valores encontrados para que se chegasse à obtenção do CAUE para o pavimento intertravado:

- VAL = R\$ 861.298,20

Para que se chegasse ao VAL, foram considerados: o investimento inicial total realizado, e os gastos com as manutenções estipuladas durante o intervalo de tempo de 10 anos. Cada manutenção foi realizada em intervalo de 1 ano. Em todos os períodos a manutenção foi da ordem de 1/20 ou seja, 5% da área total em questão.

- VF = R\$ 1.274.931,74

O VF, obtido acima, foi calculado de posse do valor encontrado para o VAL e levando em conta o intervalo de tempo estipulado, de 10 anos, para que fosse possível à comparação ao sistema adotado pela PMA, cuja vida útil era de 10 anos.

- CAUE = R\$ 106.190,27

O CAUE obtido para a pavimentação intertravada foi de R\$ 106.190,27, para uma TMA de 4% a.a. Para o intervalo de tempo de 10 anos, o gasto total no fim desse período seria de R\$ 1.061.902,70.

Comparando o CAUE para ambos os sistemas: adotado e proposto, vemos que no intervalo de 10 anos, que é a vida útil da alternativa adotada pela PMA, a mesma se mostraria menos custosa, com uma economia de gastos de R\$ 348.289,60 ou 32,80% comparados a pavimentação intertravada de blocos de concreto, se mostrando assim a opção certa.

4.1.5.1.1.2 Comparação entre métodos em um intervalo de tempo de 20 anos

Foi calculado o CAUE do que seria gasto para o sistema adotado pela PMA (RECAP 2), agora em um intervalo de tempo de 20 anos, que é a vida útil da pavimentação intertravada, passando por manutenções durante o período, e com uma TMA de 4% a.a..

RECAP 2: Extensão = 1300 m ; Largura = 8,90 m ;

Investimento Inicial Total = R\$ 426.154,93 - Intervalo de tempo = 20 anos

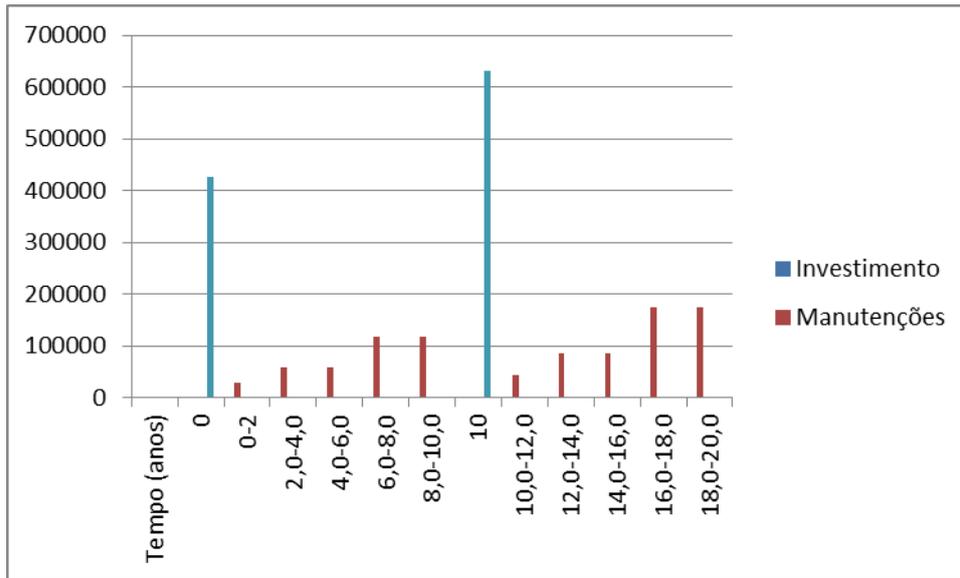
Investimento no 10° ano = R\$ 630.813,40

Investimento inicial destinado a “Pavimentação” = R\$ 351.763,93

Investimento no 10° ano destinado a “Pavimentação” = R\$ 520.672,38

A Figura 31 representa o fluxo de caixa utilizado estipulando o intervalo de tempo de 20 anos. Para se chegar ao CAUE, calculou-se primeiramente o VAL, e de posse desse valor se chegou ao VF, para que somente então pudéssemos analisar o CAUE do sistema adotado pela PMA.

Figura 31 – Fluxo de caixa do RECAP no período de 20 anos



Fonte: Elaboração própria

- VAL = R\$ 1.157.601,43

Para que se chegasse ao VAL, foram considerados: o investimento inicial total realizado pela PMA, o investimento eu teria que ser realizado no 10º ano e os gastos com as manutenções estipuladas durante o intervalo de tempo de 20 anos. Cada manutenção foi realizada em intervalo de tempo de 2 anos, porém em diferentes situações. Do período inicial até 2º ano, a manutenção foi da ordem de 1/12 da área em questão levando em conta somente o gasto com o investimento inicial destinado a “pavimentação”; do 2º ao 4º e do 4º ao 6º ano a manutenção foi da ordem de 1/6 da área em questão e da mesma forma levando em conta somente o gasto destinado a “pavimentação”, e por fim, do 6º ao 8º e do 8º ao 10º ano a manutenção foi da ordem de 1/3 da área em questão e levando em conta o que havia sido gasto com a “pavimentação”. No 10º ano houve um novo investimento, com valores atualizados, e com isso, no período entre o 10º e 12º ano, a manutenção foi da ordem de 1/12 da área em questão levando em conta o gasto atualizado com a “pavimentação”; do 12º ao 14º e do 14º ao 16º ano a manutenção foi da ordem de 1/6 da área em questão e da mesma forma levando em conta o gasto atualizado com a “pavimentação”, e por fim, do 16º ao 18º e do 18º ao 20º ano a manutenção foi da ordem de 1/3 da área em questão e levando em conta o que havia sido gasto com a “pavimentação”.

- $VF = R\$ 2.536.447,28$

O VF, obtido acima, foi calculado de posse do valor encontrado para o VAL e levando em conta o intervalo de tempo estipulado, de 20 anos, conforme a vida útil do pavimento adotado.

- $CAUE = R\$ 85.178,34$

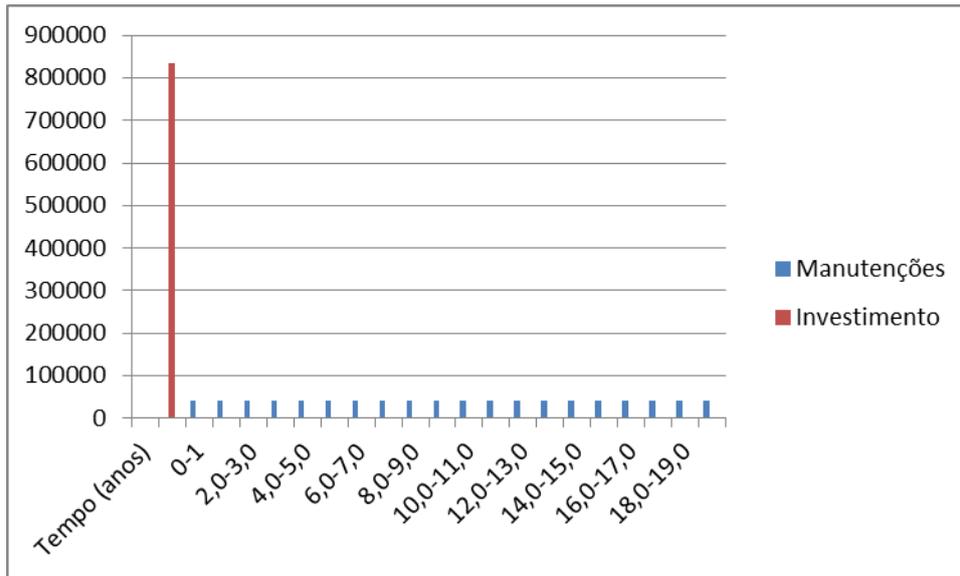
O CAUE obtido para o recapeamento asfáltico realizado pela PMA foi de R\$ 85.178,34, para uma TMA de 4% a.a. Para o intervalo de tempo de 20 anos, o gasto total no fim desse período seria de R\$ 1.703.566.80.

Pavimentado intertravado de blocos de concreto: Extensão = 1300 m ;
Largura = 8,90 m ; Investimento Inicial Total = R\$ 833.155,70

Foi calculado o CAUE do que seria gasto para o sistema proposto no trabalho, porém agora o intervalo de tempo utilizado é sua vida útil que conforme a NBR 15575 Norma de Desempenho, é de 20 anos, levando-se em conta a seguinte situação: realização anual de manutenções, com uma TMA de 4% a.a..

A Figura 32 representa o fluxo de caixa utilizado estipulando o intervalo de tempo de 20 anos. Para se chegar ao CAUE, calculou-se primeiramente o VAL, e de posse desse valor se chegou ao VF, para que somente então pudéssemos analisar o CAUE do sistema proposto.

Figura 32 – Fluxo de caixa do pavimento intertravado no período de 20 anos



Fonte: Elaboração própria

A seguir são vistos os valores encontrados para que se chegasse à obtenção do CAUE para o pavimento intertravado:

- VAL = R\$ 852.167,77

Para que se chegasse ao VAL, foram considerados: o investimento inicial total realizado, e os gastos com as manutenções estipuladas durante o intervalo de tempo de 20 anos. Cada manutenção foi realizada em intervalo de 1 ano. Em todos os períodos, a manutenção foi da ordem de 1/20 ou seja, 5% da área total em questão.

- VF = R\$ 1.867.167,77

O VF, obtido acima, foi calculado de posse do valor encontrado para o VAL e levando em conta o intervalo de tempo estipulado, de 20 anos, para que fosse possível à comparação ao sistema adotado pela PMA.

- CAUE = R\$ 62.704,00

O CAUE obtido para o sistema proposto de pavimentação intertravada foi de R\$ 62.704,00, para uma TMA de 4% a.a. Para sua vida útil de 20 anos, o gasto total no fim desse período seria de R\$ 1.254.080,00.

Comparando o CAUE para ambos os sistemas: adotado e proposto, vemos que no intervalo de 20 anos, a alternativa proposta de pavimentação intertravada de blocos de concreto se mostraria menos custosa, com uma economia de gastos de R\$ 449.486,80 ou 26,39% comparados ao sistema adotado pela PMA no mesmo intervalo de tempo.

4.1.5.1.2 Comparação de características entre sistema adotado e sistema proposto

O sistema adotado de manutenção pela prefeitura foi recapeamento asfáltico, que é considerado um pavimento flexível, enquanto o sistema proposto é o pavimento intertravado de blocos de concreto, que é considerado um pavimento rígido. Algumas características e possíveis vantagens e desvantagens de ambos os sistemas, são mostradas na Tabela 24 conforme Bianchi (2008); Gazeta do Povo (2008); Pini (2011) .

Tabela 24 – Comparativo de características entre pavimentos: flexível e rígido

	Vantagens	Desvantagens
Pavimento Flexível	Execução é mais rápida, oferecendo conforto aos automóveis.	Se necessário reparo, se faz preciso ter uma usina próxima ou condições de se fazer a própria mistura no local. Pode-se deformar com a presença de pingos de óleo advindos de caminhões estacionados.
	Por apresentar rapidez na execução e a utilização de mais equipamentos, diminui a mão de obra.	A estética é desfavorável, com a problemática da manutenção, uma vez que deixa remendos e há perda total de material, não havendo reaproveitamento.
		Necessita de equipamentos e mão de obra especializada.
		Manutenções e recuperações são necessárias, com custos elevados e prejuízos ao tráfego.
		Tem vida útil máxima de 10 anos (com manutenção).
Pavimento Intertravado	Apresenta alta durabilidade; superfície regular e antiderrapante, o que traz conforto ao usuário; menor consumo de iluminação pública graças à sua coloração mais clara. É considerado de fácil instalação, com as peças sendo reaproveitadas em caso que se faça necessária manutenção ou intervenção de concessionárias de energia, telefonia, gás, entre outros.	Apresenta um custo inicial, mais alto, o que faz que por vezes não seja a opção adotada. Além disso, há baixa qualidade da mão de obra para executar esse tipo de piso.
	Em se tratando de estética, as peças podem ter formas, dimensões, cores e texturas variadas, possibilitando dessa forma personalizações de acordo com o projeto.	Pela necessidade de ser bem dimensionado e com exigência de ter uma base bem feita, pode tornar o projeto mais caro. Esse piso não proporciona conforto a quem dirige, pois a trafegabilidade é ruim.
	Necessidade de manutenção e conservação é pequena, sem interrupções o fluxo de veículos.	Há necessidade de muita mão de obra braçal, graças à pouca mecanização.
	Tem vida útil mínima de 20 anos	

Fonte: Elaboração Própria

Como foi possível ver na tabela acima, são diversas as variáveis que podem influenciar na escolha de um ou outro tipo de pavimento a ser utilizado. Porém alguns pontos se destacam há favor do pavimento intertravado, os quais são:

- Manutenção: É necessário, apenas reposição periódica do material de rejuntamento. Os reparos realizados não deixam marcas visíveis, além de permitir fácil reparação quando apresentam afundamentos que possam comprometer sua capacidade estrutural. Isto também facilita para os casos de manutenções subterrâneas e correção do leito trafegável. Para que o pavimento se mantenha em suas condições ótimas, se faz importante que haja uma verificação anual quanto ao enchimento das juntas de selagem, pois o travamento dos pavers está diretamente ligado a esse fator. Nesse caso, se preciso for, preenchem-se os pontos necessários com areia. Além disso, pode ser realizada uma varrição anual, com escova de cerdas duras e o uso de detergente.
- Reutilização de Blocos: Permitem a reutilização das peças, na ordem de 95%, o que torna o pavimento mais econômico. Além desse fato, quando as peças não puderem ter seu reaproveitamento, podem ainda ser recicladas e utilizadas na confecção de peças novas.
- Instalação: Pelo fato de utilizar máquinas de pequeno porte que geram menos ruído e poluição quando comparados ao asfalto e até mesmo permitem a instalação manual de peças.
- Vida útil: Sua vida útil é de 20 anos, conforme a NBR 15.575/2013 - Norma de Desempenho Parte 1.
- Liberação ao tráfego: Logo após a inspeção final e sua aprovação há a imediata liberação do tráfego. Devido ao fato de ser constituído por peças de concreto industrializadas que são aplicadas sobre uma camada de areia e travadas em suas extremidades, a sua execução não necessita de cura e por isso se dá a liberação do tráfego.
- Conforto Térmico: Devido a coloração clara das peças de concreto, apresenta uma redução da absorção de calor do pavimento, o que resulta na diminuição da formação de ilhas de calor que ocorrem especialmente nos centros urbanos.

- Economia de Energia Elétrica: Pelo fato de ter sua coloração clara e acabamento fino, o pavimento intertravado tem um aumento na capacidade de reflexão que pode chegar a 30% a mais que os pavimentos flexíveis, o que gera uma economia de até 60% na iluminação pública.
- Custo Competitivo: Apesar do pavimento intertravado apresentar um custo inicial que possa ser considerado alto, passa a ser satisfatório assim que consideramos o seu tempo de utilização de 20 anos, uma vez que não tem custos com manutenção apresenta um custo final inferior.

(MANUAL TÉCNICO DE PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO, 2004; ABCP, 2010).

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um estudo de caso sobre a viabilidade econômica de diferentes tipos de manutenção realizadas em determinada via da zona urbana de Alegrete-RS, no caso a Rua dos Andradas, sendo estes: o sistema adotado pela Prefeitura do município que realizou uma manutenção considerada paleativa, através do programa RECAP, que abrangeu algumas vias do município, inclusive o trecho em estudo, e realizou o serviço de fresagem da via e posteriormente aplicação de uma camada de 5 cm de espessura de CBUQ; e o sistema proposto neste trabalho, de pavimentação intertravada de blocos de concreto, ambas comparadas em um trecho de 800 m.

Evidenciou-se, ao longo do trabalho em questão, a importância do conhecimento dos tipos de defeitos/patologias encontrados nos pavimentos, para uma melhor análise das condições dos mesmos e para a escolha das melhores técnicas de recuperação a serem adotadas.

Em relação às condições de superfície do pavimento, foram realizadas duas avaliações na primeira quinzena de agosto de 2013: Avaliação Objetiva de Superfície, para determinação do IGG; e Avaliação Subjetiva de Superfície, para obtenção do VSA. Em relação à Serventia, o trecho em análise da rua dos Andradas obteve uma classificação “Ruim” e quanto ao IGG, o mesmo trecho, obteve a classificação de “Péssimo” (IGG=402,50). Com base nos estudos realizados em vias urbanas, a utilização da Norma DNIT 006/2003-PRO traz dificuldades em interpretar os resultados obtidos, uma vez que não define de forma clara o real estado de conservação das vias. Isso ocorre, pois a pesquisa está baseada em um método qualitativo e não quantitativo, uma vez que a norma leva em consideração a ocorrência de apenas uma determinada patologia por seção. Para uma maior clareza do estado de conservação, deveria ser levado em conta o número de patologias bem como o tamanho desta em relação ao tamanho do segmento analisado. Porém, os conceitos negativos se mostraram coerentes, pois ainda em agosto de 2013, após a realização das avaliações acima citadas, a Rua dos Andradas, foi uma das vias que passou pela operação denominada tapa-buraco, além de em final de 2015, início de 2016 ter sido uma das vias que passou pelo RECAP (programa implementado de recuperação asfáltica).

A falta de verba faz com que a Prefeitura não possua um programa de manutenção, ou seja, uma política de investimentos de manutenção preventiva, muito conhecida por Gerência de Pavimentos, e isto faz com que o pavimento apresente um número elevado de defeitos, causando danos que podem vir a se tornar irreversíveis e que poderiam ser prevenidos. Muitos desses problemas que surgem nos pavimentos flexíveis em Alegrete são decorrentes dos próprios remendos que são realizados esporadicamente, quando possível, nas operações do tipo “tapa-buraco”, como a operação realizada em 2013 de mesmo nome citada anteriormente.

No meio urbano, os pavimentos acabam compartilhando o solo com a infraestrutura de redes subterrâneas, e para qualquer serviço de manutenção que se faça necessário é preciso a intervenção nos pavimentos. Em Alegrete, assim como em outros locais do Brasil conforme literatura pesquisada, nota-se a falta de planejamento entre a Prefeitura e a empresa que realiza os serviços públicos de distribuição de água e drenagem urbana, verificando-se assim a ausência de um trabalho integrado entre as diversas esferas do serviço público, que acaba interferindo no espaço da via pública. O município apresenta suas condições climáticas (umidade, temperatura e chuvas) variando durante o ano inteiro. Com isso, o pavimento asfáltico acaba sendo exposto a severas intempéries que podem provocar a queda da capacidade de suporte do pavimento, além do fato de não ter um controle sobre o tráfego nas vias e falhas no plano de manutenção.

Quanto às diferentes formas de manutenção ou ainda sistema proposto no estudo de caso, a manutenção realizada pela PMA mostrou-se menos custosa, observando apenas o investimento inicial, mesmo sendo realizada em um trecho maior, pois foi realizada em um trecho de 1,3 km, enquanto a proposta de pavimentação intertravada de blocos de concreto abrangia 0,8 km. Para o caso em que essa manutenção houvesse sido aplicada no mesmo trecho (800 m), o recapeamento realizado pela PMA, comparando ao sistema proposto teria gasto 48,85% a menos. No entanto, ao levarmos em conta o intervalo de tempo de 20 anos, vida útil do pavimento intertravado, e simulando as devidas manutenções e investimentos para ambos os sistemas: adotado e proposto, a pavimentação intertravada se mostraria viável e vantajosa economicamente, pois teria uma economia ao fim do período de análise de 26,39 %.

O comparativo entre os pavimentos flexível e rígido não se trata de procurar a simples substituição dos pavimentos betuminosos pelos de concreto, o que ignoraria uma tecnologia desenvolvida durante longo tempo. Trata-se apenas de criar uma nova opção.

De uma maneira geral, o planejamento quanto à manutenção das vias é imprescindível para que o pavimento proporcione boas condições de trafegabilidade, além de segurança e redução de gastos aos usuários das vias.

Referências

ANDRADE, Roberto de. **Análise econômica para substituição de equipamento em uma empresa de transporte marítimo**. 2014. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Faculdade de Tecnologia de São Sebastião. São Sebastião, 2014.

Associação Brasileira de Cimento Portland. **PR 01: pavimentos intertravados – Preparo de fundação**. 2010

Associação Brasileira de Cimento Portland. **PR 02: pavimentos intertravados – Prática recomendada**. 2010

Associação Brasileira de Cimento Portland. **Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público**. ABCP, São Paulo, 2010, 36 f.

Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto. ABEDA. **Manual básico de emulsões asfálticas**, Rio de Janeiro: Ultraset, 2º ed. 2010. 144 p.

AZAMBUJA, A. R. **Pavimentos Asfálticos: Análise de Patologias na Repavimentação de Trechos Devido a Obras de Rede de Esgoto Sanitário**. 2009. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração**. 1º Edição, São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 1º Edição, Rio de Janeiro: Editora ABEDA, 2006.

BIANCHI, Flavia Regina; BRITO, Isis R. T.; CASTRO, Veronica A. B. **Estudo Comparativo entre Pavimento Rígido e Flexível**. Associação de Ensino Superior do Centro Leste. 2008, 16f. Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/ISIS_RAQUEL.pdf>.

Acesso em: 18 de ab. 2016.

BRANCO, Fernando et al. **Pavimentos Rodoviários**. 1º Edição, Coimbra: Editora Almedina, 2006.

BRANDÃO, Luiz. **Apostila Matemática Financeira**. 1ª Edição. Pontifícia Universidade Católica. Rio de Janeiro, 2006. 50 f.

CASAROTTO, F. N. ; KOPITKE, H. B. **Análise de investimentos**: Engenharia econômica, tomada de decisão, Estratégia Empresarial. 11º Edição. São Paulo: Atlas, 2010.

CARVALHO, M. D, de. **Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto**. 4 ed. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998.

CRUZ, L. O. M. **Pavimento intertravado de concreto**: Estudo dos elementos e métodos de dimensionamento. 2003. 281 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

DANIELESKI, M.L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos**: aplicação à rede viária de Porto Alegre. 2004. 151 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DNER. **Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – Procedimento A**. DNER PRO 010/79. Volume I, Norma Rodoviária. Rio de Janeiro, 1997, 7p. Disponível em: <http://cbbasfaltos.com.br/produtos/especgerais/DNER-ES314-97>. Acesso em: 18/05/2016.

DNIT. **Manual de Custos Rodoviários**, DNIT/ABNT. 3ª.ed.Rio de Janeiro, RJ, 2003. 312 p.

DNIT. **Manual de Pavimentação**, IPR/DNIT/ABNT. 3°.ed.Rio de Janeiro, RJ, 2006. 278 p.

DNIT. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**, IPR/DNIT/ABNT. 2°.ed.Rio de Janeiro, RJ, 2006. 313 p.

FERNANDES JR, J.L. **Sistemas de gerência de pavimentos para cidades de médio porte**. 2007. 169 f. Tese de livre docência - Escola de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2007.

FIGUEIREDO, S. F. T.; THOMAZ, S. C.; KAWANO, F. A. **Defeitos no Pavimento Flexível na Cidade de São Paulo – Bairro Interlagos**. 2010. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2010.

FIORITTI, C.F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneu como material alternativo**. 2007. 218 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

GONÇALVES, F. J. P. **O Desempenho dos Pavimentos Flexíveis**. 1999. 149 f. Seminário de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~pugliero/arquivos/09.pdf>> Acesso em: 21 de fev. 2013.

LEE, Shu Han. **Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias**. 2º Edição, Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

LIMA, J. P. **Modelo de decisão para a priorização de vias candidatas às atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos**. 2007. 234 f. Tese de Doutorado em Engenharia Civil com ênfase em Transportes – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

MADRID, G. G. **Adoquines de concreto em la construccion de carreteras y calles**. Segmenta consultoria (Educación, 2004).

MANUAL TÉCNICO DE PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO. 2004. 46 f. Fortaleza, Ceará, 2004. Disponível em: <<http://www.tea.com.br/>>. Acesso em: 18 de abril. 2016.

MULLER, R.M. **Avaliação da transmissão de esforços em pavimentos intertravados de blocos de concreto**. 2005. 234 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

NABESHIMA, C. K. Y. ; ORSOLIN, K. ; SANTOS R. K. X. dos. **Análise comparativa entre sistemas de pavimentação urbana baseados em concreto asfáltico e blocos de concreto intertravados (pavers)**. 2011. 123 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

NASCIMENTO, S. V. **A importância da substituição de equipamentos**. http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/impressao_artigo/1125. Acesso em: jul. 2016.

NETTO, M. R. **Estudo de caso do pavimento flexível em determinados pontos da zona urbana de Alegrete-RS**. 2013. 162 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2013.

NBR 15.575/2013. **Norma de Desempenho Parte 1**.

NORMA DNIT 005/2003 - **TER Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia**.

NORMA DNIT 006/2003 – **PRO Avaliação objetiva da superfície de pavimentos asfálticos – Procedimento**.

NORMA DNIT 009/2003 – **PRO Avaliação Subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento**.

OLIVEIRA, J. J. de. **Experiência de implantação de sistema de gerência de pavimentos em cidade de médio porte – Estudo de caso: Anápolis – GO**. 2013. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Carlos, São Carlos, 2013.

PILÃO, N. E.; HUMMEL, P. R. V. **Matemática financeira e engenharia econômica: a teoria e prática da análise de projetos de investimento**. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

Prefeitura Municipal do Alegrete. **Secretaria de Infra-estrutura**

RIBEIRO, F. O. O. **Estudo da utilização das técnicas para avaliação e seleção de projetos de investimentos na região de São José dos Campos**. Dissertação de Mestrado – Fundação Alvares Penteado, 2002.

ROCHA, Robson Soares da; COSTA, Eduardo Antônio Lima. **Patologias de pavimentos asfálticos e suas recuperações** – estudo de caso da avenida pinto de aguiar. 2010, 24f. Disponível em: <<http://info.ucsal.br/banmon/>>. Acesso em: 18 de fev. 2013.

RODRIGUES, Régis Martins; GONÇALVES, Fernando Pugliero. **Sigma: Um sistema especialista para auxílio na manutenção de pavimentos urbanos**. 7º Reunião de Pavimentação Urbana - São José dos Campos, São Paulo, 1996, 13 f.

SCARANTO, M; GONÇALVES, F. P. **Manutenção de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos**. Teoria e prática na Engenharia Civil, p.69-80. Universidade de Passo Fundo, 2008, 12f. Disponível em: <<http://info.ucsal.br/banmon/>>. Acesso em: 18 de fev. 2013.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Volume1, 2º Edição, São Paulo: Editora Pini Ltda, 2007.

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.

SHOJI, E. S. **Desenvolvimento de um programa de sistema de gerência de pavimentos urbanos para cidades de porte médio**. 2005. Dissertação (Mestrado em Transportes). Universidade de São Paulo, Escola de engenharia de São Carlos, São Carlos, 2005.

SILVA, Paulo Fernando A. . **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. 2º Edição, São Paulo: Editora Pini Ltda, 2008.

SOUZA, M. J. **Patologias em Pavimentos Flexíveis**. 2004. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

TCPO – **Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos**. 14° ed. São Paulo: Editora Pini, 2010.

YOSHIZANE, Prof. Hiroshi Paulo. **Defeitos, Manutenção e Reabilitação de Pavimento Asfáltico**. Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica CESET, Limeira, 2005. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/157545132/>>. Acesso em: 18 de agosto de 2013.

ZANATA, A. **Análise de investimento**. Disponível em: Alexandre. Zanata. Blogspot.com/2012/ Análise-de-investimento. Acesso em: jul.2016.

Rua dos Andradas– Alegrete-RS. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/>>. Acesso em: 18 de jul. 2013.

Crescimento da pavimentação em concreto. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/>>. Acesso em: 28 de ab. 2016.

Pavimento intertravado de concreto x pavimento asfáltico. Disponível em: <<http://www.construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacaoconstrucao/125/artigo299124-1.aspx/>>. Acesso em: 28 de ab. 2016.

www.prontomix.com.br. Acesso em: 28 de ab. 2016.

Apêndice A – Planilha de levantamento

Planilha de Levantamento										
Patologias no pavimento asfáltico na via selecionada (análise de 40 m)										
DEFEITO	Seções									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras e Trincas Isoladas										
FC-2 (J e TB)										
FC-3 (JE e TBE)										
Afundamentos										
Ondulação										
Panela										
Escorregamento										
Exsudação										
Desgaste										
Remendo										

TRÁFEGO	Baixo		Observações
	Médio		
	Alto		
LINHA DE ÔNIBUS	Sim		
	Não		

Apêndice B – Condições específicas do teste de serventia

Serventia

Condições específicas

Algumas condições específicas devem ser do conhecimento dos avaliadores:

- g) O avaliador pode classificar como “bom” um pavimento, ainda que suspeite que o mesmo possa romper-se no futuro.
- h) O avaliador deve levar em conta que o projeto geométrico dos trechos é adequado para qualquer tipo de tráfego.
- i) A avaliação não deve ser feita sob condições climáticas desfavoráveis.
- j) A resistência à derrapagem do revestimento não deve ser considerada.
- k) Os buracos, saliências, irregularidades nos acessos das pontes e irregularidades ocasionais devidas a recalques de bueiros devem ser desprezados.
- l) Os valores assinalados para os trechos avaliados anteriormente, não devem ser levados em conta para a análise dos demais.

A norma DNIT 009/2003, alerta que devem ser escolhidos trechos homogêneos, com extensão máxima de 2 quilômetros, para a determinação do valor de serventia atual.

Como pode ser visto no quadro 4 a escala de avaliação do VSA varia de 0 a 5, ou seja, pavimentos variando de “péssimo” à “ótimo”. Algumas perguntas devem ser feitas aos avaliadores para a tomada de decisão, sendo elas:

- d) O trecho em questão atende à finalidade para qual foi construído, e qual seria seu comportamento, durante um período de 24 horas por dia?
- e) Caso dirigisse um veículo durante 8 horas, qual conforto este pavimento me proporcionaria?
- f) Como se sentiria, ao longo de 800 km dirigindo sobre este pavimento?

As avaliações serão realizadas, imediatamente após percorrer o trecho avaliado, sendo a velocidade utilizada próxima do limite permitido.

Apêndice C – Ficha de Avaliação de Serventia

VSA – Valor de Serventia Atual	5	ÓTIMO	Conceito
	4	BOM	
	3	REGULAR	
	2	RUIM	
	1	PÉSSIMO	
	0		

Trecho Analisado: _____

Observações: _____

Nota do Avaliador: _____

Data: / /

Avaliador: _____

Apêndice D – Contagens volumétricas realizadas na Rua dos Andradas

Tabela 4 – Contagens realizadas na Rua dos Andradas
Horários das Contagens

Tipo de Veículo	08:30 às 09:30	11:30 às 12:30	14:30 às 15:30	17:30 às 18:30	20:30 às 21:30
Automóveis	228	259	299	319	174
Camionetas	26	43	49	45	34
Ônibus	0	0	0	0	2
Caminhões (2c)	5	8	8	5	1
Caminhões (3c)	0	0	0	0	0
Caminhões (2s2)	0	0	0	0	0
Caminhões (3s2)	0	0	0	0	0
Outros	75	82	76	80	59

Fonte: NETTO (2013)

