UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS

Curso de Graduação em Engenharia Civil

FERNANDA DRESCH

GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS: UTILIZAÇÃO DE LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO PARA AVALIAÇÃO DAS VIAS PRINCIPAIS PAVIMENTADAS DE SANTA ROSA/RS

Ijuí/RS

2014

FERNANDA DRESCH

GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS: UTILIZAÇÃO DE LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO PARA AVALIAÇÃO DAS VIAS PRINCIPAIS PAVIMENTADAS DE SANTA ROSA/RS

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Prof. José Antônio Santana Echeverria, Mestre.

Coorientador: Prof. Me Marcelo Adriano Duart.

Ijuí/RS

2014

FERNANDA DRESCH

GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS: UTILIZAÇÃO DE LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO PARA AVALIAÇÃO DAS VIAS PRINCIPAIS PAVIMENTADAS DE SANTA ROSA/RS

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo membro da banca examinadora

Banca examinadora

_____

Prof. José Antônio Santana Echeverria, Mestre

_____

Prof. Marcelo Duart, Mestre.

_____

Prof. Carlos Simões Pires Wahys, Mestre

Ijuí, 25 de Julho de 2014.

"Algo só é impossível até que alguém
duvide e acabe provando o contrário."
(Albert Einstein)

"A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará a seu tamanho original."
(Albert Einstein)

"*Sabemos como é a vida: num dia dá tudo certo e no outro as coisas já não são tão perfeitas assim. Altos e baixos fazem parte da construção do nosso caráter.*
Afinal, cada momento, cada situação, que enfrentamos em nossas trajetórias é um desafio, uma oportunidade única de aprender, de se tornar uma pessoa melhor.
Só depende de nós, das nossas escolhas...
Não sei se estou perto ou longe demais, se peguei o rumo certo ou errado.
Sei apenas que sigo em frente, vivendo dias iguais de forma diferente.
Já não caminho mais sozinho, levo comigo cada recordação, cada vivência, cada lição.
E, mesmo que tudo não ande da forma que eu gostaria, saber que já não sou o mesmo de ontem me faz perceber que valeu a pena.
Procure ser uma pessoa de valor, em vez de procurar ser uma pessoa de sucesso.
*O sucesso é só consequência.***"**
(Albert Einstein)

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a todos os meus familiares, em especial aos meus pais Clair e Luis, aos meus irmãos Daiana e Marlon, a minha nona Mamédia e ao meu noivo Rodrigo, pelo amor incondicional, por acreditarem em mim e estarem sempre ao meu lado me apoiando durante toda a minha trajetória.

Ao professor orientador, Mestre José Antônio Echeverria e ao professor co-orientador Mestre Marcelo Adriano Duart, pela orientação, apoio e por acreditarem em minha capacidade em todos os momentos.

A todas as pessoas que de alguma forma me apoiaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela força, garra e determinação a mim concebida para conseguir enfrentar todos os obstáculos e nunca desistir de alcançar mais este objetivo.

Aos meus pais pelo apoio, incentivo, persistência, "cobrança" e confiança em mim depositada. Vocês, sempre incentivadores dos estudos de seus filhos e, com muito esforço, nos proporcionaram a oportunidade de chegar à Universidade. Aos meus irmãos e a minha nona que, desde o início, incentivaram e acreditaram na minha caminhada, dando-me apoio nas horas que mais precisei. *Sem palavras para expressar tudo que vocês significam na minha vida. Dedico à vocês a minha conquista. Sem dúvida, sem o apoio de vocês não teria alcançado esse meu sonho.*

Ao professor, amigo e orientador deste trabalho, meu grande MESTRE José A. S. Echeverria que, com sua grande sabedoria na área de rodovias e geotecnia e com sua motivação e apoio, apresentou-me ao mundo da pavimentação rodoviária. E, com sua imensa paciência, me ajudou, com inúmeras conversas, e-mails de dúvidas em sábados, domingos e feriados, orientando-se ao longo desta caminhada. *Mestre, dedico à você este trabalho. Sem dúvida, sem sua orientação e seu apoio eu não teria conseguido. Agradeço imensamente pelo apoio.*

Ao professor, amigo e co-orientador deste trabalho, MESTRE Marcelo Duart, que mesmo distante acreditou em mim. E que com seu enorme conhecimento, dedicação e paciência respondia minhas dúvida em qualquer horário. *Agradeço pelo apoio e fico muito lisonjeada por essa confiança.*

Ao meu noivo Rodrigo, que sempre esteve ao meu lado, apoiando-me, dando forças nas horas que mais precisei. *Obrigada pela sua dedicação, por todo seu amor e compreensão nessa fase difícil e atarefada da minha vida. Agradeço por dedicar inúmeras horas de seus dias auxiliando-me na realização deste trabalho. Certamente, sem sua ajuda seria bem mais difícil.*

A todos os colegas que estiveram comigo desde o início. Em especial, às colegas e amigas Gabriela Meller e Lilian Unser pela apoio, carinho e companheirismo durante o curso. *Gabi, obrigada por dedicar horas de seus dias ajudando-me na realização deste trabalho com*

seu ótimo tererê. Lilian, obrigada pelas palavras de carinho, pelo apoio e pelos conselhos durante toda essa caminhada.

Aos professores(as): Cristina E. Pozzobon, Carlos A. S. P. Wayhs, e Paulo C. Rodrigues que em algum momento me passaram os ensinamentos técnicos necessários para se aprender o que é Engenharia Civil.

A todos os meus familiares que me apoiaram, de perto ou de longe, ao longo desta jornada.

Aos meus amigos, pelo apoio, parceria e amizade em todas as horas.

Aos professores e funcionários do Curso de Engenharia Civil, pela amizade, apoio e orientação ao longo de minha graduação.

Estendo meus agradecimentos a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este estudo objetiva verificar e analisar a atual situação da malha pavimentada de Santa Rosa/RS; prestar uma contribuição teórica, para uma possível implementação de um sistema de gerenciamento de pavimentos urbano do município que sirva de apoio à administração municipal ao planejamento de aplicação dos recursos destinados à restauração e manutenção das vias; e mostrar ao município de Santa Rosa a importância de se implementar um sistema de gerência. Através de pesquisa aplicativa, com procedimentos experimentais e bibliográficos, utilizando-se levantamento visual contínuo, a pesquisa determinou-se como qualitativa e quantitativa por determinar e analisar os resultados dos dados coletados e das observações realizadas. Verificou-se que grande parte dos pavimentos das vias principais da cidade não possui um planejamento e uma supervisão adequada e, por isso, sua vida útil acaba sendo um pouco reduzida, fazendo com que reparos devam ser executados antes do previsto. Geralmente, os procedimentos usuais para a manutenção aplicadas à rede viária da cidade de Santa Rosa são tapa-buracos e reperfilagem. Conferiu-se que 35% da pavimentação das vias está em condições ótimas; 29% está em condições boas; 13% está em condições regulares; 16% encontra-se em condições ruins; e 7% encontra-se em condições péssimas. Estima-se que o custo para a recuperação da pavimentação das vias péssimas e ruins, deixando-as em uma condição estado de superfície regular, seria entre milhões de reais. Destacou-se a importância do município desenvolver um sistema para gerenciar a conservação dos pavimentos das vias principais urbanas para conseguir, não apenas realizar operações de conservação de caráter emergencial, mas também, de caráter preventivo. E, com isso, é possível quantificar a durabilidade das soluções adotadas e ter uma estimativa se o município está investindo corretamente em sua infraestrutura.

Palavras-chave: Pavimentos. Sistema de Gerência. Manutenção.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Camadas de um pavimento flexível 20
Figura 2: Trinca tipo “Couro de Jacaré” 23
Figura 3: Afundamento plástico da trilha de roda 24
Figura 4: Escorregamento plástico 25
Figura 5: Exsudação nas trilhas de roda 26
Figura 6: Desgaste 26
Figura 7: Panela 27
Figura 8: Remendo superficial 28
Figura 9: Atividades de um Sistema de Gerência de Pavimentos 39
Figura 10: Fluxograma de um Sistema de Gerência de Pavimentos 1 43
Figura 11: Fluxograma de um Sistema de Gerência de Pavimentos 2 45
Figura 12: Estruturação do banco de dados se um SGP 47
Figura 13: Relação do banco de dados com demais elementos do SGP 48
Figura 14: Mapeamento das vias principais de Santa Rosa 64
Figura 15: Trincamento alto nos pavimentos das vias principais 71
Figura 16: Desgaste alto nos pavimentos das vias principais 72
Figura 17: Remendos com severidade alta nos pavimentos das vias principais 72
Figura 18: Índice do Estado de Superfície (IES) 76
Figura 19: Estado de superfície da pior seção dos pavimentos de Santa Rosa 77
Figura 20: Estado de superfície da melhor seção dos pavimentos de Santa Rosa 78
Figura 21: Mapeamento do Estado de Superfície de cada via principal 79
Figura 22: Índice de condição de superfície geral 80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Custos de serviços de manutenção 37
Quadro 2: Defeitos e os fatores de ponderação para obtenção do IGG.....54
Quadro 3: Condições do pavimento em função do IGG 54
Quadro 4: Valor do ICPF no Procedimento DNIT-PRO 008/2003 56
Quadro 5: Pesos dos defeitos em função da frequência de ocorrência (DNIT-PRO 008/200357
Quadro 6: IES – Índice do Estado da Superfície do Pavimento (DNIT-PRO 008/2003) 57
Quadro 7: Planilha do inventário de cada via.....65
Quadro 8: Parte da planilha utilizada para avaliação dos pavimentos (em anexo) 96
Quadro 9: Frequência de defeitos (DNIT-PRO 008/2003) 67
Quadro 10: Conceitos do ICPF.....67
Quadro 11: Nível de severidade dos defeitos da malha urbana de Santa Rosa 70
Quadro 12: Resumo de defeitos presentes em toda extensão da malha urbana de Santa Rosa 71
Quadro 13: Distribuição percentual da condição dos pavimentos e as estratégias de manutenção e reabilitação 74
Quadro 14: Custos e métodos para possibilidades de reabilitações das vias de Santa Rosa....84
Quadro 15: Proposta 1 85
Quadro 16: Proposta 2 86

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

AASHTO – American Association of State Highway Officials

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente

DER – Departamento de Estradas de Rodagem

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes

Fa – Frequência Absoluta de cada Tipo de Defeito

FI - Frequência

Foap – Frequência do Conjunto de Deformações (oap)

Fp – Fator de Ponderação

Fpr – Frequência (quantidade por quilômetro) de Panelas (p) e Remendos (r)

Fr – Frequência Relativa de cada Tipo de Defeito

Ft – Frequência

HDM – Highway Development and Management

ICF – Índice de Condição Funcional

ICP – Índice de Condição do Pavimento

ICPF – Índice de Condição de Pavimento Flexível

ID – Identificação

IDS – Índice de Defeitos de Superfície

IES – Índice do Estado da Superfície

IGGE – Índice de Gravidade Global Expedido

IGI – Índice de Gravidade Individual

IGG – Índice de Gravidade Global

IP – Índice de Priorização

LVC – Levantamento Visual Contínuo

M&R – Manutenção e Reabilitação

N – Número de Estações Inventariadas

Poap – Peso do Conjunto de Deformações (oap)

Ppr – Peso do Conjunto de Panelas (p) e Remendos (r)

Pt – Peso do Conjunto Trincas (t)

SGP – Sistema de Gerência de Pavimentos

SGPU – Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos

SIG – Sistema de Informações Geográficas

TB – Trinca em Bloco

TJ – Trinca Couro-de-Jacaré

TR – Trinca Isolada

VMD – Volume Médio Diário

VSA – Valor da Serventia Atual

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **15**

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **18**
1.1 TERMINILOGIA E CLASSIFICAÇÕES DE PAVIMENTO 18
1.2 DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS URBANOS 21
1.2.1 Fendas **21**
1.2.1.1 Fissura 21
1.2.1.2 Trinca 22
1.2.2 Afundamento **23**
1.2.2.1 Afundamento plástico 23
1.2.2.2 Afundamento de consolidação 24
1.2.3 Ondulação ou corrugação **24**
1.2.4 Escorregamento **25**
1.2.5 Exsudação **25**
1.2.6 Desgaste **26**
1.2.7 Buraco ou panela **27**
1.2.8 Remendo **27**
1.2.8.1 Remendo profundo 27
1.2.8.2 Remendo superficial 28
1.2.9 Outros defeitos **28**
1.3 SISTEMA VIÁRIO URBANO 29
1.4 GERÊNCIA DE PAVIMENTOS 32
1.4.1 Considerações iniciais **32**
1.4.2 Conceitos, princípios e a importância de um sistema de gerência de pavimentos **33**
1.4.3 Níveis de um sistema de gerência de pavimentos **38**
1.4.3.1 Nível de rede 39
1.4.3.2 Nível de projeto 41
1.4.4 Estrutura do sistema de gerência **43**
1.5 AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS 49
1.5.1 Avaliação subjetiva do Valor da Serventia Atual (VSA) – DNIT 009/2003-PRO **51**
1.5.2 Avaliação objetiva de pavimentos (“IGG”) – DNIT 006/2003-PRO **52**
1.5.3 Avaliação de defeitos da superfície dos pavimentos – levantamento visual contínuo – DNIT 008/2003-PRO **55**
1.6 TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO 58
1.6.1 Remendo **58**
1.6.2 Lama asfáltica ou revestimento **59**
1.6.3 Fresagem **59**
1.6.4 Reciclagem **60**

1.6.5 Recapeamento estrutural **60**
1.6.6 Reconstrução **61**

2 METODOLOGIA **62**
2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA 62
2.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA 62
2.3 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS 63
2.3.1 Inventário **65**
2.3.2 Avaliações dos Pavimentos das Vias Principais **66**

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS **69**
3.1 ASPECTOS GERAIS DAS AVALIAÇÕES 69
3.2 SITUAÇÃO DAS VIAS PRINCIPAIS PAVIMENTADAS DE SANTA ROSA 70
3.3 COMPARATIVO E ANÁLISE DA SITUAÇÃO DAS VIAS PRINCIPAIS PAVIMENTADAS DE SANTA ROSA 76
3.4 ANÁLISE DE CUSTOS E MÉTODOS DE REABILITAÇÃO DOS PAVIMENTOS DE SANTA ROSA 83

CONCLUSÃO **87**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **89**

ANEXO **95**

INTRODUÇÃO

O sistema viário de um município objetiva deslocar as pessoas e mercadorias com segurança, economia e conforto, buscando sempre aumentar suas atividades econômicas e seu desenvolvimento.

Através dos anos, o crescimento urbano e econômico do município de Santa Rosa/RS, juntamente com o número de veículos que trafega pelas vias, vem crescendo significativamente. Em decorrência disso e das intempéries, os pavimentos se deterioraram com o passar do tempo.

Muitos desses problemas têm se agravado pela falta de restauração e serviços de manutenção. E, quando executados sem um sistema de gerenciamento e planejamento urbano, podem gerar outros problemas, como desperdício de dinheiro público, desconforto e falta de segurança aos usuários e diminuição das condições estruturais do pavimento.

A falta de gerenciamento e planejamento urbano são os fatores que mais contribuem para que o sistema viário de um município alcance um certo estágio de precariedade, uma vez que corresponde em cerca de 50% do custo total da urbanização de uma cidade e é um dos mais caros conjuntos dos sistemas urbanos vinculados aos usuários (MASCARÓ, 1987).

A grande maioria dos municípios tem a preocupação de manter em boas condições a sua malha viária, porém, a correção dos defeitos causados pelo tráfego, muitas vezes, se direciona apenas às atividades para solução dos problemas emergenciais. As soluções destes problemas somente são implementadas a partir de reivindicações sucessivas da comunidade, pois não há um planejamento preventivo para estas atividades, salvo raras exceções.

O município é responsável por conservar e manter o patrimônio público. É, portanto, seu dever as atividades de manutenção nos pavimentos, como conservação preventiva, conservação periódica, restauração e reconstrução que devem ser um processo contínuo, de forma a manter e prolongar o período de vida dos pavimentos (DNER, 1998).

Do ponto de vista do usuário, o estado de superfície de um pavimento afeta diretamente o conforto de trafegabilidade. Qualquer interrupção ou redução na intensidade ou frequência dos serviços necessários à conservação desse patrimônio implicará em aumentos substanciais

nos custos operacionais dos veículos, como maiores gastos com peças de manutenção, consumo de combustível e de pneus, além da necessidade de investimentos cada vez mais vultosos para a recuperação da malha viária. Assim, em todos os municípios, deve haver um sistema de gerenciamento de pavimentos urbanos, uma vez que sua implantação e seu desenvolvimento influem substancialmente na vida do cidadão. Para tanto, este deve constituir-se em um processo contínuo e integrado de ações que alcancem todos os setores técnicos, sempre tendo como principal objetivo obter a melhor aplicação possível para os escassos recursos públicos (FERNANDES, 2011).

Segundo Echeverria (2011), os investimentos na melhoria das condições das vias urbanas trazem ganhos na eficiência logística, diminuição de custos do transporte, menor poluição ambiental, além de facilitar a integração da sociedade. Dessa forma, é essencial que os municípios se organizem de modo a planejar qualquer tipo de intervenção ligada à pavimentação.

Com isso, este trabalho tem como principal objetivo mostrar ao município de Santa Rosa que desenvolver um sistema para gerenciar a conservação dos pavimentos das vias principais urbanas é uma alternativa para conseguir, não apenas realizar operações de conservação de caráter emergencial, mas também, de caráter preventivo. Além disso, é possível quantificar a durabilidade das soluções adotadas e ter uma estimativa se o município está investindo corretamente em sua infraestrutura.

Ainda, com o intuito de auxiliar o município de Santa Rosa na conservação, restauração e na realização de atividades planejadas relacionadas aos principais pavimentos, este trabalho tem o objetivo, através do levantamento visual contínuo, fazer um conhecimento e uma análise da atual situação da malha pavimentada dos principais pavimentos da cidade. Busca, ainda, prestar uma contribuição teórica, para um possível sistema de gerenciamento de pavimentos urbano (SGPU) do município de Santa Rosa para servir de apoio à administração municipal ao planejamento da melhor forma de aplicação dos recursos destinados à restauração e manutenção das vias. Assim, delimitam-se os seguintes objetivos específicos:

- Realizar um levantamento fotográfico e um mapeamento das vias principais, de maneira a obter informações básicas a respeito das características geométricas, dos materiais utilizados e da condição funcional de cada trecho das vias;

- Fazer um levantamento do tipo funcional nas vias principais pavimentadas, através de um levantamento visual contínuo (LVC), aplicando as especificações da Norma DNIT 008/2003 - PRO;

- Compilar os dados levantados, identificando os principais defeitos das vias principais, hierarquizando seu estado de degradação;

- Formular um relatório estatístico dos principais defeitos encontrados nos seguimentos.

Ao final deste trabalho, pretende-se fornecer para a municipalidade uma listagem dos principais locais que necessitam a realização de manutenção, tendo o estudo como referência, apresentando análise crítica e sugestões sobre o gerenciamento e a situação atual do pavimento urbano do município.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresenta um panorama geral sobre os temas abordados nesta dissertação. Desta maneira, este tópico apresenta a seguinte estrutura: definições a respeito de Pavimento e sua Classificação, os Defeitos em Pavimento Flexíveis Urbanos, Sistema Viário Urbano e Gerência de Pavimentos.

Neste último item, explicitam-se os objetivos e informações necessárias para o desenvolvimento do projeto, delimitando passo a passo, como efetuar um bom Sistema de Gerência de Pavimentos.

1.1 TERMINOLOGIA E CLASSIFICAÇÕES DO PAVIMENTO

Conforme Bernucci *et al*. (2008, p. 9), pavimento significa:

> [...] uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinado tecnicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos, às condições do clima e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança [...].

De acordo com Balbo (2007), pavimento é uma estrutura não perene, formada por camadas de diferentes materiais compactados a partir do subleito, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego de maneira durável e ao mínimo custo possível. Dependendo do caso, o pavimento poderá não possuir a camada de sub-base ou de reforço, mas que a existência de revestimento e subleito são as condições mínimas para que uma estrutura possa ser chamada de pavimento. Este autor defende, ainda, que a estrutura do pavimento é construída para receber e transmitir esforços de maneira a aliviar pressões sobre as camadas inferiores que, muitas vezes, possuem menor resistência.

Infere-se, portanto, que um pavimento é constituído por várias camadas, onde cada uma delas tem uma função estrutural com o objetivo de absorver os impactos causados pelo tráfego, objetivando proporcionar conforto e segurança ao trafegá-lo.

Segundo o Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias do DNIT (2010), para possuir um grau de segurança necessário o pavimento deve atender alguns requisitos básico: suportar os efeitos do mau tempo; permitir deslocamento suave; não causar desgaste excessivo dos pneus e alto nível de ruídos; ter estrutura forte; resistir ao desgaste; permitir o escoamento das águas e ter boa resistência a derrapagens.

Dessa forma, a pavimentação poderá proporcionar ao usuário um tráfego confortável e seguro, pois as estruturas e materiais capazes de suportar os esforços gerados pela ação do tráfego combinados com as condições climáticas a um mínimo custo buscando, sempre que possível, o aproveitamento de materiais locais para as obras, deverá garantir um bom desempenho em termos de custos operacionais e de manutenção.

Os pavimentos normalmente são classificados em rígidos e flexíveis. Os pavimentos rígidos, geralmente possuem revestimento de concreto de cimento Portland e os flexíveis possuem revestimento de concreto de cimento asfáltico de petróleo. Existe, ainda, uma estrutura que pode ser denominada semirrígida que é o revestimento de camada asfáltica e base estabilizada quimicamente (cal, cimento) (BALBO, 2007; PAPAGIANAKIS & MASAD, 2008).

Um pavimento flexível sob um dado carregamento apresenta um campo de tensões concentrado nas proximidades do ponto de aplicação enquanto um pavimento rígido apresenta um campo bem mais disperso, com os efeitos das tensões distribuídas de maneira semelhante em toda área da placa proporcionando esforços verticais menores sobre o subleito (BALBO, 2007; PAPAGIANAKIS & MASAD, 2008).

Os pavimentos flexíveis são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos (BERNNUCI *et al*., 2008). Conforme a NBR 7207/82, a estrutura de um pavimento é constituída pelo subleito, sub-base, base e revestimento (Figura 1), cujas definições são:

- *Subleito*: é uma camada do terreno de fundação de um pavimento ou do revestimento;

- *Sub-base:* camada corretiva acima da terraplanagem e antes do leito, ou complementar à base, quando não é aconselhável construir o pavimento diretamente sobre o leito obtido pela terraplenagem;

- *Base:* camada que é destinada a resistir e distribuir os esforços verticais oriundos dos veículos. Sobre ela se constrói o revestimento;

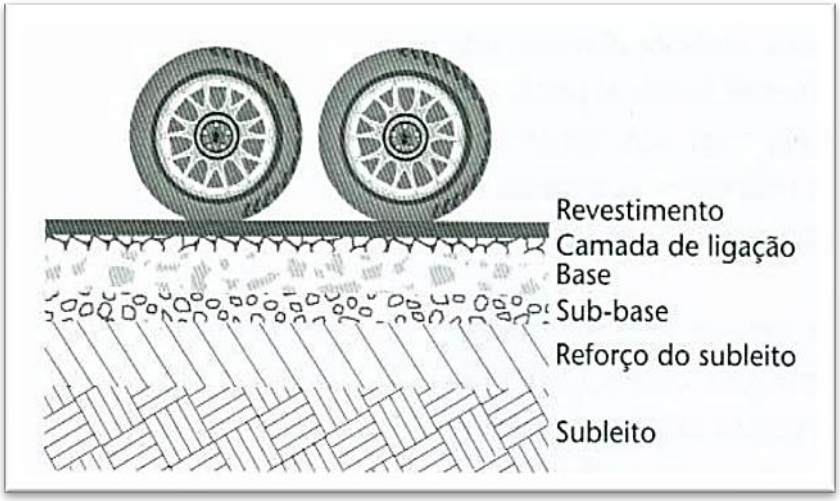
- *Revestimento:* camada normalmente impermeável que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos. É destinada à economia e, simultaneamente, a:

- melhorar as condições do rolamento quanto à comodidade e segurança;

- resistir aos esforços horizontais que nele atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento;

- resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego.

Figura 1: Camadas de um pavimento flexível



Fonte: Balbo (2007).

Segundo Ribas (2010), a estrutura de um pavimento é construída para receber e transmitir esforços. Para funcionar adequadamente, todas as peças que a compõe devem trabalhar as deformações compatíveis com sua natureza e capacidade de suporte, isto é, de modo que nas camadas que constituem o pavimento não ocorram processos de ruptura prematura nos materiais.

Conforme Senço (2001), deve-se conhecer bem as propriedades dos materiais utilizados na estrutura de um pavimento como: sua resistência à ruptura, permeabilidade e deformabilidade, frente à repetição de carga e ao efeito do clima, para obter-se êxito no dimensionamento.

Conforme Rodrigues (1996), os pavimentos asfálticos se deterioram por meio de: formação e crescimento de fissuras nas camadas de revestimento, decorrentes da fadiga provocada pela repetição das cargas de tráfego; geração de afundamentos em trilha de roda ou ondulações na superfície em decorrência do acúmulo de deformações plásticas em todas as camadas, sob a repetição das cargas de tráfego; desgaste em decorrência da abrasão provocada pelos veículos, acelerado pelo intemperismo, levando à queda do coeficiente de atrito; e envelhecimento do ligante betuminoso por oxidação.

Assim, a estrutura de um pavimento deve ser construída com materiais de boa qualidade para que possa resistir às rupturas, permeabilidades e deformidades decorrentes dos fatores deteriorantes.

A seguir, aborda-se acerca dos defeitos em pavimentos flexíveis urbanos.

1.2 DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS URBANOS

Para Echeverria (2011), o estado de conservação de um pavimento asfáltico pode ser avaliado através do levantamento dos defeitos visíveis de sua superfície, obtendo assim, dados para uma avaliação funcional e ajudando na definição de uma solução adequada para a manutenção.

Os defeitos que são descritos seguem as terminologias mencionadas na norma DNIT 005/2003 – TER, substituta da norma DNER-TER 001/78, que busca padronizar e definir os termos técnicos relativos à identificação de defeitos comumente observados em pavimentos flexíveis e semirrígidos para sua utilização em projetos, normas, manuais e textos. Serve, também, como referência para classificação de ocorrências de defeitos aparentes em pavimentos, através da norma DNIT 008/2003-PRO, que classifica os defeitos em oito categorias: fenda, afundamento, ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panela ou buraco e remendo.

1.2.1 Fendas

De acordo com Senço (2001), qualquer descontinuidade na superfície do pavimento que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas, como a infiltração de água pelas fendas até as camadas inferiores do pavimento, provoca a redução da capacidade de resistência, gerando deformações na superfície de rolamento.

1.2.1.1 Fissura

Fenda de largura capilar existente no revestimento, independente do posicionamento em relação ao eixo da via e somente perceptível a uma distância inferior a 1,50m, quando observada a olho nu.

Consideram-se as fissuras como fendas incipientes que ainda não causam problemas funcionais ao revestimento, sendo assim, sua gravidade desconsiderada nos atuais métodos de avaliação das condições de superfície.

1.2.1.2 Trinca

Trinca é uma fenda existente no revestimento, facilmente visível a olho nu, com abertura superior à da fissura.

Para Prestes (2001), trinca é um defeito na superfície que enfraquece o revestimento e permite a entrada da água, provocando um enfraquecimento adicional da estrutura. Uma vez iniciado, o trincamento tende a aumentar sua extensão e severidade conduzindo eventualmente à desintegração do revestimento.

A trinca pode ser isolada ou interligada. A trinca isolada possui três tipos:

a) Trinca transversal: trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 10cm é denominada trinca transversal curta. Acima desse limite, denomina-se trinca transversal longa. Silva (2005) descreve que são causadas por reflexão de juntas ou trincas subjacentes ao revestimento asfáltico. Essas trincas também podem indicar deficiência estrutural do pavimento;

b) Trinca longitudinal: trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão até 100cm é denominada trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100cm, denomina-se trinca longitudinal longa. Conforme Silva (2005), elas podem surgir da má execução da junta de construção, na reflexão de trincas, no assentamento da fundação, na retração do revestimento ou por estágio inicial de fadiga;

c) Trinca de retração: trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga, e sim, aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado.

Já a trinca interligada tem dois tipos:

a) Trinca tipo “Couro de Jacaré”: conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré (Figura 2). Essas trincas não seguem um padrão de reflexão geométrico de trincas e podem ou não apresentar erosão acentuada nas bordas;

Figura 2: Trinca tipo “Couro de Jacaré”

RS 155 - Km 78

Fonte: Autora (2014).

b) Trinca tipo “Bloco”: conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo ou não apresentar erosão acentuada nas bordas.

1.2.2 Afundamento

Deformação permanente caracterizada por uma depressão na superfície do pavimento, acompanhada ou não de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

1.2.2.1 Afundamento plástico

Afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6m é denominado afundamento plástico local. Quando a extensão for superar este limite e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda, conforme Figura 3.

Figura 3: Afundamento plástico da trilha de roda

BR 285 - Km 473

Fonte: Autora (2014).

1.2.2.2 Afundamento de consolidação

Afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito sem estar acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6m é denominado afundamento de consolidação local. Quando a extensão for superior a 6m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda.

1.2.3 Ondulação ou Corrugação

Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento. Conforme Balbo (2007), esses defeitos são, às vezes, denominados de “costela de vaca”, aparentando ondulações sequenciais de pequeno comprimento de onda.

Bernucci *et al*. (2008) descreve que as corrugações são deformações transversais ao eixo da pista, com compensação volumétrica e distância entre cristas da ordem de centímetros. As ondulações são deformações decorrentes da consolidação do subleito, com espaçamento entre cristas da ordem de metros.

1.2.4 Escorregamento

Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua (Figura 4). O escorregamento é um movimento plástico que causa o arqueamento localizado na superfície do pavimento e ele ocorre, usualmente, nos pontos de parada e partida de veículos ou nas rampas em que os veículos freiam nas descidas (MANUAL DE ASFALTO, 1989).

Figura 4: Escorregamento plástico

RS 155 - Km 59

Fonte: Autora (2014).

1.2.5 Exsudação

Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento, conforme Figura 5.

De acordo com Silva (2005), a exsudação no revestimento provoca brilho na superfície, podendo ocorrer em função da dilatação do ligante asfáltico quando em altas temperaturas que, não tendo espaço para ocupar devido ao baixo volume de vazios, migram para a superfície; ou ainda, em função da falta de finos na mistura.

Figura 5: Exsudação nas trilhas de roda

BR 158- Km 102

Fonte: Autora (2014).

1.2.6 Desgaste

Para Silva (2005), desgaste é efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego. A volatização e a oxidação do ligante asfáltico, somado à ação do tráfego e do intemperismo são causas do desgaste superficial (aspereza), podendo comprometer a segurança à derrapagem. Veja a Figura 6.

Figura 6: Desgaste

RS 155- Km 75

Fonte: Autora (2014).

1.2.7 Buraco ou Panela

Também conhecido como panela, buraco é a cavidade que se forma no revestimento por diversas causas, por exemplo, falta de aderência entre camadas superpostas, causando o desplacamento das camadas, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação delas. Observe a Figura 7.

Figura 7: Panela
RS 155 - Km 60

Fonte: Autora (2014).

1.2.8 Remendo

Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco”. São identificados dois tipos de remendos:

1.2.8.1 Remendo profundo

Aquele em que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Usualmente, apresenta forma retangular.

1.2.8.2 Remendo superficial

Correção, em área localizada, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa (Figura 8).

Figura 8: Remendo superficial

BR 468- Km 102+500

Fonte: Autora (2014).

1.2.9 Outros Defeitos

Balbo (2007) comenta que, além dos defeitos mencionados anteriormente, existem defeitos em pavimentos asfálticos que não possuem uma terminologia clara de classificação. Às vezes, o técnico ou o profissional responsável pelo inventário dos defeitos no pavimento, depara com alguns tipos de patologia que não possuem uma classificação. São elas:

- *Polimento:* o polimento do agregado provocado pela ação abrasiva do tráfego, dependendo da natureza do mineral, pode ocorrer a perda da macrotextura do pavimento, além da perda da microtextura dos agregados que se tornam lisos e desgastados;

- *Bombeamento de Finos*: é comum encontrar manchas lineares de terra, com coloração variável dependendo do solo, próximo a um local com fendas. Este processo somente ocorre quando as camadas inferiores de solos encontram-se saturadas e tem como consequência a contaminação de bases granulares, além do bombeamento de finos do subleito para a superfície;

- *Escamação:* entendida como o arrancamento de finas placas na superfície do revestimento, devido à inexistência do esqueleto mineral na superfície da massa, resultante de um processo de segregação ocorrido na mistura;

- *Deslocamento:* camadas de reforços em concreto asfáltico, assentadas sobre revestimentos antigos apresentam, às vezes, deslocamentos em pedaços, contribuindo para o surgimento de protuberâncias na superfície da estrada;

- *Solapamento:* provoca erosão no local, proveniente da ruptura de uma canalização de um fluido. O material subjacente à superfície da via é carreado podendo provocar afundamentos de médio e grande porte;

- *Depressão:* defeito que geralmente ocorre devido a recalques significativos do solo de fundação do pavimento, podem ser acompanhadas ou não de trincamentos. Dependendo da sua magnitude, interfere consideravelmente no perfil geométrico da estrada, causando desconforto e afetando a segurança dos usuários;

- *Desgaste de Lama Asfáltica*: refere-se à perda do ligante e do agregado utilizados na composição do pavimento. Ao desgastar, a lama asfáltica perde a sua função primordial que consiste em recondicionar a superfície do pavimento no sentido de preservar a sua integridade estrutural e funcional;

- *Inchamento:* é a expansão de uma ou mais camada do pavimento que pode estar associada à elevação do pavimento gerando, no revestimento, fissuras e trincas. Tal fenômeno pode, também, estar associado ao crescimento de raízes de árvores existentes nas adjacências da rodovia.

1.3 SISTEMA VIÁRIO URBANO

A pavimentação das vias urbanas visa obter uma superfície de rolamento adequada ao tráfego, confortável e aderente para absorver e distribuir as cargas provenientes da demanda de tráfego ao solo, conforme a sua resistência, e proteger o solo de fundação dos efeitos adversos das condições climáticas.

A evolução dos veículos e o aumento do tráfego trouxe o inevitável aperfeiçoamento da técnica de pavimentação, acrescentando-se às funções iniciais de conforto e segurança, as funções estruturais, de resistir às cargas por tempos cada vez maiores.

De acordo com Motta (1995), a importância da pavimentação das vias urbanas é bastante clara para a maioria dos técnicos, políticos ou usuários, embora por motivações diversas. Porém, a manutenção das vias construídas não é tão evidente para a maioria daqueles

que têm o poder decisório nas mãos, apesar de representar menor desperdício de dinheiro público, vida nova às obras, preservação de vidas humanas ao evitar acidentes, e preservação ecológica em função de menores gastos com combustível.

Conforme Pietrantonio (2000), o planejamento urbano é uma condição importante para que a cidade consiga alcançar e manter o nível de sua organização. O primeiro princípio fundamental do sistema viário decorre do entendimento de que as vias desempenham diversas funções na vida social dos cidadãos. As funções viárias classicamente destacadas são: deslocamento entre locais, circulação, acesso às edificações e a ambiente urbano. Não é verdade que as vias devem atender apenas aos deslocamentos dos veículos. Uma parcela relevante dos usuários, realmente busca a necessidade de deslocamento, mas outra parcela busca entrar ou sair das edificações ou estacionar seu veículo junto à via.

Segundo Mascaró (1987), o sistema viário urbano é formado por duas partes que possui funções diversas, que são: a via urbana convencional, destinada ao trânsito de veículos e ao escoamento das águas pluviais; e os passeios ou vias para pedestres, destinados ao trânsito de pessoas.

Conforme Danieleski (2004, p. 8-9), o sistema viário urbano possui diferenças do sistema rodoviário e entre elas podem ser citadas as seguintes características:

> - Grande percentual da área destinada a interseções, onde as velocidades são menores e como consequência ocorrem, nestes locais, frenagens com maior frequência;
> - É onde estão inseridas as redes subterrâneas de infraestrutura: sanitária (água e esgoto), energética (energia elétrica e gás) e de comunicação (telefonia);
> - Obra de manutenção ou ampliação da capacidade das redes, exige a intervenção nos pavimentos;
> - Percentual significativo dos pavimentos são revestidos com calçamentos, gerando diferentes tipos de revestimento e estrutura em um mesmo trecho;
> - Presença de vegetação junto às bordas do pavimento, cujas raízes podem interferir na estrutura do pavimento;
> - Grande interferência do trânsito de pedestres, que exige maior sinalização horizontal;
> - Em cidades com topografia acidentada, é necessária a adaptação do projeto geométrico à topografia dos arruamentos existentes, gerando inclinações elevadas.

De acordo com Targas (1999), aspecto importante da pavimentação urbana que a diferencia da pavimentação rodoviária, além da existência de confinamento lateral, é que, às vezes, pode existir: edificações já implantadas, implicando na necessidade de compatibilizar com as soleiras das casas, impondo a largura da via e as declividades longitudinais; redes de serviços públicos bastante superficiais, provocando problemas na execução das camadas e na sua compactação; riscos de danos às edificações já implantadas devido à compactação, implicando redução da energia de compactação ou até mesmo na substituição de materiais,

como brita graduada por macadame hidráulico; e necessidade de liberação rápida ao tráfego, evitando interrupções prolongadas.

Para Danieleski (2004, p. 8), o sistema viário, entre os sistemas de redes de infraestrutura de uma cidade, é o mais delicado, devido aos seguintes fatores:

> - É o mais caro do conjunto de sistemas urbanos, já que normalmente abrange mais de 50% do custo total de urbanização;
> - Ocupa uma parcela importante do solo urbano (entre 20 e 25%);
> - É o subsistema que uma vez implantado, mais dificuldade apresenta para aumentar sua capacidade pelo solo que ocupa, pelos custos que envolve e pelas dificuldades operativas que cria a sua alteração;
> - É o subsistema que está mais vinculado aos usuários.

Segundo Bertollo (1997), os conceitos de gerência dos pavimentos rodoviários são válidos para as vias urbanas. Mas, uma das principais diferenças entre esses sistemas são as interferências das redes de infraestrutura pública que correm paralelas ou cruzando o pavimento das vias urbanas e que, para sua construção ou manutenção, promovem a escavação do pavimento. Após, vem a compactação insuficiente do aterro; a utilização de máquinas e equipamentos inadequados; mão de obra sem capacitação técnica; e remendos permanentes imperfeitos e com a superfície irregular.

Conforme é sabido, a frota urbana também é diferenciada, pois é composta por automóveis, utilitários e ônibus urbanos, diferentemente dos veículos de carga que transitam nas rodovias. O fluxo descontínuo de veículos (cargas sobre a estrutura de pavimento) e as velocidades de operação diminutas diferenciam os sistemas de gerência de pavimentos urbanos dos rodoviários e isso tudo influencia na resistência dos pavimentos.

Também é fato que os projetos de pavimentação urbana influenciam diretamente no desempenho dos pavimentos, mas não existe no país uma norma específica para o dimensionamento das estruturas de pavimentos de vias urbanas. Conforme Fernandes Jr. (2001), a gerência de pavimentos urbanos tem sido baseada na habilidade dos engenheiros municipais que, muitas vezes, tomam as decisões de manutenção e reabilitação com base apenas na experiência acumulada, sem utilizar procedimentos formais de gerência (abordagem sistêmica) por falta de recursos, desconhecimento ou preconceito. A tomada de decisão com base apenas na experiência não permite a avaliação da eficácia de estratégias alternativas e pode levar ao uso ineficiente dos recursos.

Já Pietrantonio (2000) afirma que a hierarquização funcional do sistema viário é uma organização estratégia do sistema urbano, de maneira a resolver os conflitos entre funções e obter uma maior eficiência para a circulação do tráfego. A função da hierarquização funcional

é atribuir uma função prioritária a cada elemento do sistema viário, com transição gradativa entre funções, de forma a prover um sistema contínuo e balanceado em cada segmento do sistema viários.

A classificação viária básica, segundo o Plano Diretor de Santa Rosa (PREFEITURA, 2006), reconhece apenas três classes de via: estruturais, principais e secundárias.

- Vias estruturais: são as vias do anel viário, composto pelas RS 344 e BR 472;

- Vias principais: são as vias que conciliam o tráfego de passagem ao tráfego local e constituem as rotas preferenciais para o transporte coletivo e de carga além de serem corredores de comércio e serviço, articulando e orientando a circulação urbana;

- Vias secundárias: são as demais vias de circulação urbana, possibilitando o acesso direto aos lotes e às edificações em cada área urbana.

De acordo com Fernandes Jr. (2001), cidades que não utilizam as ferramentas básicas da gerência apresentam pavimentos com desempenho comprovadamente inferior. Isto é, as atividades de manutenção e reabilitação são executadas sem planejamento e em função apenas das necessidades imediatas. Então, podem ter na implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos o ponto de partida para quebrar o círculo vicioso, o que é abordado em seguida, com detalhamentos.

1.4 GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

1.4.1 Considerações iniciais

De acordo com Hass e Hudson (1982), o termo Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) começou a ser utilizado por estudiosos dos Estados Unidos e do Canadá no final da década de 60 e seu desenvolvimento foi impulsionado pela necessidade de conservar a malha rodoviária existente. Estudos designavam sistemas para analisar as características dos pavimentos e definir estratégias ótimas de manutenção.

Conforme Albuquerque (2007), os conceitos e necessidades de implantação de um SGP se espalharam depressa pelo mundo, impulsionado, também, pelo programa *Highway Development and Management* (HDM) do *World Bank*, sendo a aplicação de sua metodologia requerida para a obtenção de investimentos em infraestrutura rodoviária.

Segundo Cunha (2008), nas décadas de 80 e 90, no cenário brasileiro, esses sistemas eram restritos a um seleto grupo e inviabilizava a utilização sistemática, mantendo boa parte do tempo os sistemas desatualizados e inoperantes. A tecnologia contribui na criação de algumas

barreiras. Os sistemas, na época, eram desenvolvidos isoladamente, com banco de dados próprios e sem integração com outras áreas. Assim, o sistema era restrito a um único computador e não permitia acesso de rede de computadores da instituição.

Dessa forma, o fluxo de informação era comprometido, os SGPs não eram atualizados, mesmo quando os dados existiam. A falta de uma cultura de planejamento de longo prazo, de políticas públicas que menosprezavam as técnicas de engenharia, a falta de ações de transferência de dados e sua popularização colocaram fim ao sucesso técnico e à utilização efetiva do SGP.

Para AASHTO (1990), um SGPs é uma ferramenta de planejamento com o objetivo suprir de informações técnicas os tomadores de decisões e os administradores.

Analisando este contexto, não se pode imaginar a existência de SGPs isolado. É necessário repensar as concepções existentes e rediscutir sua importância nas instituições públicas e privadas sobre a verdadeira importância dos SGP.

Com o passar dos anos, o termo gerência de pavimentos passou a ter uma série de definições, dependendo da abordagem e do nível de profundidade com que cada autor trata o assunto.

Já Paterson (1987) afirma que um SGPs pode ser aplicado em qualquer lugar, aprimorando o planejamento, a eficácia da manutenção e o uso racional dos recursos.

Marcon (1996), por sua vez, assevera que não existe um único modelo de SGP e adequado a qualquer organização rodoviária. Um bom SGP depende do grau de detalhamento e do nível de serviços que se deseja atingir dentro da agência onde será implantado. Os SGPs devem ser integrados às diversas ferramentas gerenciais existentes na instituição, ser de fácil manuseio e ser concebidos para atender às especificidades de cada instituição rodoviária.

De alguma forma, cada órgão rodoviário já utiliza um tipo de SGP. Como não há padronização, quando implantado, o órgão faz as adaptações necessárias ao SGP apara atender às necessidades e às características da malha viária com seus recursos disponíveis.

1.4.2 Conceitos, princípios e a importância de um sistema de gerência de pavimentos

Segundo Gonçalves (2007), gerência de pavimentos é a coordenação eficiente e integrada das várias atividades envolvidas na concepção, na construção e na manutenção dos pavimentos, de modo que estes proporcionem condições aceitáveis e a um custo mínimo para a sociedade. Um SGP é o conjunto de ferramentas ou métodos que auxiliam na tomada de

decisões e ajudam a encontrar estratégias para construir, avaliar e manter os pavimentos em uma condição funcional suficiente durante um certo período de tempo.

De acordo com Fernandes Jr. (2001), um sistema de gerência de pavimentos busca obter o melhor retorno possível para os recursos investidos, fornecendo pavimentos seguros, confortáveis e econômicos aos usuários.

Para Haas e Hudson (1982), um sistema de gerência de pavimentos consiste em um conjunto de atividades integradas e coordenadas associadas ao planejamento, projeto, construção, manutenção, avaliação e pesquisas sobre pavimentos.

Conforme Rodrigues (1998), o principal enfoque de um SGP é auxiliar a organização responsável pela administração de uma rede viária. A gerência de pavimentos envolve tomada de decisões, comparação de alternativas, atividades coordenadas e, ainda, fiscalização para que estas tarefas sejam implantadas de forma eficiente e econômica.

De acordo com Haas, Hudson e Zaniewski (1994), gerência de pavimentos não é um conceito que surgiu atualmente, uma vez que decisões gerenciais são tomadas a cada dia como uma parte das operações normais de agências rodoviárias. O propósito básico de um SGP é melhorar a eficiência das decisões tomadas e ter em vista suas consequências. A boa gerência de pavimento não é uma prática usual de engenharia, e sim, mais que isso, pois requer pessoas que pensem, respondam às informações e tomem decisões em um caminho lógico, efetivo e coordenado.

Os objetivos que um SGP deve atender estão descritos no Termo de Referência (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2001) do Edital da Concorrência Pública Internacional nº 60/00 que são:

- Cadastrar e manter sempre atualizadas informações referentes às características das vias;

- Dimensionar em nível temporal, financeiro e técnico as intervenções necessárias com o estabelecimento da hierarquia viária e prioridade das mesmas;

- Adequar as diversas ações de conservação dos pavimentos aos recursos financeiros disponíveis;

- Abastecer a programação da atividade de conservação dos pavimentos com as informações técnicas necessárias à tomada de decisão;

- Fornecer relatórios sobre as atividades de manutenção, conservação e expansão da malha viária e seus pavimentos.

Já Marcon (2005) descreve como objetivos primordiais de uma gerência de pavimentos a preservação do patrimônio público e a melhora da rentabilidade dos investimentos.

Por sua vez, Nóbrega (2003) relata que os SGPs avaliam, economicamente, políticas de construção e de manutenção dos pavimentos mediante simulação do comportamento dos veículos e do desempenho dos pavimentos, coordenando as atividades, garantindo consistência às decisões tomadas em diferentes níveis gerenciais.

A capacidade de apresentar aos administradores dos pavimentos o estado atual da malha viária, os locais onde as atividades de conservação ou restauração se mostram necessárias e as consequências que diferentes níveis orçamentários podem causar na condição futura da rede é a importante característica de um SGP (AASHTO, 1993).

Assim, para atingir seu objetivo, um SGP deve ser capaz de comparar, priorizar e alocar os recursos de seu programa de construção, manutenção e reabilitação entre todos os segmentos da rede viária. Desta forma, ele é projetado como um instrumento de planejamento estratégico para a administração superior e como uma ferramenta de engenharia para os tomadores de decisões técnicas, não fornecendo as decisões prontas e finalizadas, mas uma base de conhecimento das possíveis consequências dos métodos alternativos relacionados à preservação de uma rede de pavimentos.

De acordo com Domingues (1999), um SGP é composto por diversos grupos de informações: inventário da rede viária; avaliação das condições dos pavimentos; estrutura; tráfego (volumes e carregamentos); aspectos financeiros; atividades; e recursos. E, através da obtenção desses dados, é possível orientar os investimentos, definindo as obras e serviços prioritários para a manutenção da via.

Conforme Shahin (1994), os pavimentos necessitam ser gerenciados e não somente mantidos e, mesmo que seja complicado mudar a forma como os pavimentos são tratados atualmente, será mais complicado ainda explicar para as gerações futuras como se falhou no gerenciamento dos pavimentos e na preservação da infraestrutura viária. O que não se consegue compreender que gerência de pavimentos pode ser apresentada como “invista agora ou pague muito mais depois”.

Para Visconti (2000), um pavimento recuperado no tempo certo e no momento adequado poderá exigir apenas um recapeamento com uma camada mais fina sobreposta à estrutura atual sendo de custo relativamente mais baixo. Pois, se a malha só for recuperada quando atingir à condição mau/péssima, o pavimento excessivamente deteriorado exigirá serviços com valores bastante superiores.

A implantação e a manutenção de outros sistemas, como redes de água e esgoto, energia, drenagem, etc., também afetam significativamente o desempenho dos pavimentos urbanos e

uma vez que este não for restaurado adequadamente após a manutenção de algum dos outros sistema sua vida útil reduzirá e sua deterioração acontecerá bem antes do tempo previsto.

De acordo com Fernandes (2011), nas últimas décadas, devido as enormes restrições financeiras sofridas pelos países em desenvolvimento, tem-se observado uma diminuição no ritmo de implantação de novas redes rodoviárias. Isso conduziu, tanto as administrações rodoviárias como os organismos ligados à pesquisa, ao estudo do comportamento dos pavimentos e das soluções destinadas a evitar as aceleradas degradações.

Conforme Khattak e Alrashidi (2004), na atualidade, o enfoque dos órgãos rodoviários tem mudado de construção de novas rodovias para manutenção preventiva e reabilitação dos pavimentos já existentes, ou seja, as atividades geralmente utilizadas para a manutenção são preventivas e corretivas. A manutenção preventiva é aplicada no estágio inicial e a corretiva na fase mais extensiva de deterioração do pavimento. A manutenção preventiva tem o custo efetivo maior do que a rotineira.

Confere-se que a manutenção e a reabilitação têm dois objetivos diferentes: a primeira é definida como a preservação da condição do pavimento, da segurança e da qualidade de rolamento; já a segunda é uma melhora estrutural ou funcional do pavimento gerando um alongamento significativo na sua vida útil, ajudando substancialmente na condição da malha e na qualidade de rolamento (NCHRP, 2001).

De acordo com Bausano *et al.* (2004), as atividades de manutenção são divididas em três categorias:

- Manutenção preventiva: é a atividade no pavimento que protege a sua estrutura, impede a deterioração e permite uma boa condição de rolamento sem que haja acréscimo na sua capacidade estrutural e, consequentemente, mantem a serventia;

- Manutenção corretiva: são as atividades que têm como objetivo reparar os defeitos localizados;

- Manutenção de rotina: é definida como as atividades de manutenção do dia a dia que são inventariadas ou fixadas e que estão sob controle do pessoal da manutenção.

A execução das atividades de manutenção preventiva e/ou rotineira é recomendada, sempre que possível, por resultarem em um baixo custo e, se executadas de forma correta e periódica, irão adiar por longos períodos as atividades de manutenção programadas, que resultam em um custo muito superior, conforme pode-se observar através do Quadro 1.

Quadro 1 - Custos de serviços de manutenção

Tipo de Intervenção	**Faixa de Variação de Custos (por Km de Rodovia)**
Manutenção de Rotina	US$ 300 a US$ 5.000
Manutenção Periódica	US$ 8.000 a US$ 40.000
Reabilitação	US$ 30.000 a US$ 200.000
Reconstrução	US$ 45.000 a US$ 300.000

Fonte: (DNER, 1998).

Conforme o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes DNIT (2005), a falta de manutenção dos pavimentos implica em reflexos negativos para a atividade econômica, através do incremento de custos nas operações de transporte. Estes valores adicionais são expressos pelos seguintes fatores: aumento do tempo gasto no transporte de insumos e produtos, avarias nas cargas, impossibilidade de cumprimento dos prazos de entrega, precariedade das condições de tráfego, aumento dos acidentes de trânsito, aumento do consumo de combustível, pneus e óleo, impossibilidade de trafegar na velocidade permitida, maiores gastos com manutenção, e maior custo final dos produtos transportados.

Segundo Senço (2001), a conservação dos pavimentos é um conjunto de serviços destinado a dar aos usuários as condições, previstas no projeto, de conforto e segurança de circulação, mantendo as condições iniciais existentes na rodovia, logo após a construção e a pavimentação.

Conforme DAER (1998), a conservação ajuda o pavimento a desempenhar, de maneira satisfatória, o seu papel durante a vida para a qual ele foi projetado, mas não deve ser considerada como um recurso temporário, e sim, como um investimento aplicado na infraestrutura do pavimento e na garantia contra uma restauração dispendiosa.

Conforme Rodrigues (2003), a decisão de se restaurar um pavimento pode ser tomada a partir de uma série de parâmetros indicativos, tais como: custos de conservação elevados, necessidade muito frequente de intervenções, irregularidade elevada e degradação de superfície acentuada. Um dos benefícios que vem sendo obtido com a aplicação de SGP é a determinação do momento eficaz, em termos econômicos, para se executar a restauração dos pavimentos de uma rede viária.

De acordo com Cunha (2008), o SGP objetiva pensar na malha viária de um pavimento em longo tempo e encontrar as ações que melhor resultem em benefícios à sociedade, levando

em consideração os recursos disponíveis. As decisões são frutos de informações objetivas, técnicas e economicamente eficazes, além de descrever o cenário futuro e o impacto gerado nos pavimentos.

De acordo com Paterson (1987), a ausência de uma política consistente e qualificada para a gerência de um sistema viário tem contribuído para o aumento do desperdício de recursos financeiros, de mão de obra e de equipamentos, destacando-se que as atividades de manutenção e reabilitação têm sido realizadas, em sua maioria, fora das recomendações técnicas e do tempo previsto, gerando grandes prejuízos financeiros para o poder público e para os usuários.

Para Shahin (1994), infelizmente, a infraestrutura de pavimentos é gerenciada por alguns órgãos e os recursos estão voltados apenas para a restauração dos pavimentos. Ainda assim, a melhor saída é a implantação de um SGP, ou seja, ter um inventário da infraestrutura, identificar os trabalhos necessários, determinar os recursos necessários para manter a rede em um nível aceitável, avaliar a condição existente e prever o futuro, priorizar projetos e otimizar os gastos com as atividades de manutenção e reabilitação.

É necessário acabar com o círculo vicioso em que não se inicia um sistema de gerência de pavimentos porque não há recursos, dados de inventário, nem pessoal treinado, porque no final gasta-se muito mais nas desesperadas reabilitações, por vezes sem critério algum.

1.4.3 Níveis de um sistema de gerência de pavimentos

De acordo com Oliveira (2007), as atividades da gerência de pavimentos são caracterizadas da seguinte forma: nível de rede, quando as decisões são tomadas para um grande número de projetos ou para uma rede inteira de rodovias; e nível de projeto, quando são tomadas decisões técnicas de gerência enfocando projetos específicos ou trechos de pavimentos.

Os níveis de rede e de projeto podem ser diferenciados quanto:

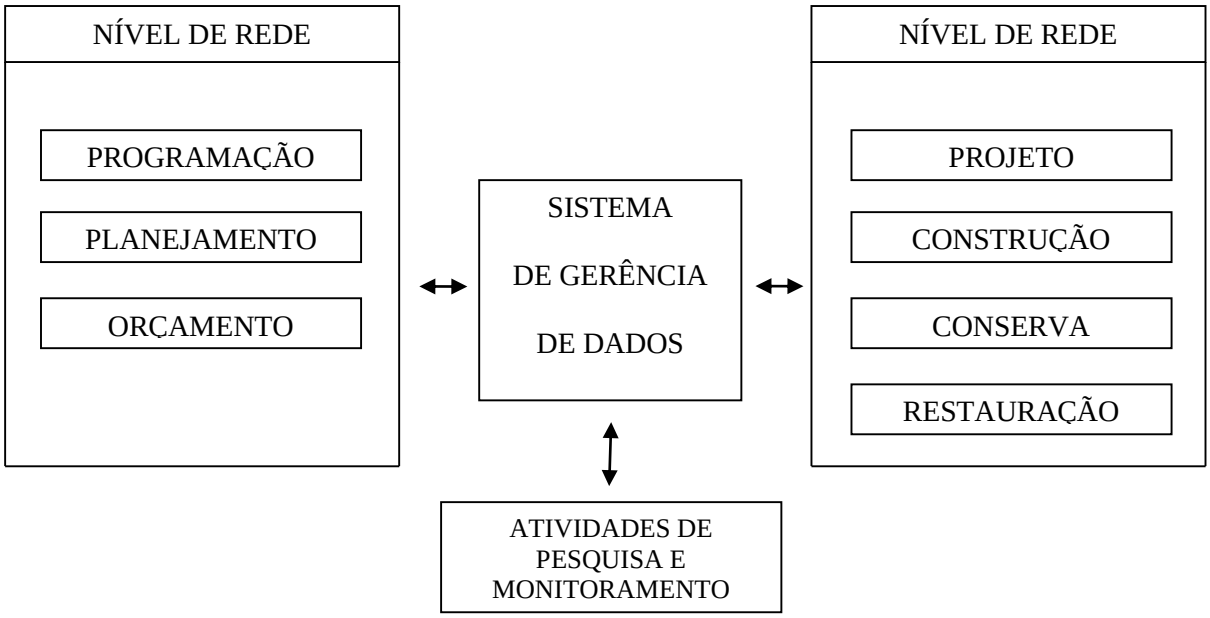
- Aos objetivos e propósitos de decisão;
- Aos grupos e níveis que a organização realiza suas decisões;
- Ao número de grupos ou de pessoas, necessárias para desenvolver e revisar as prioridades recomendadas para submeter aos responsáveis pela decisão;
- Ao número de níveis de gerência envolvidos na análise;
- Ao detalhamento de dados e informações necessárias para dar suporte às decisões (AASHTO, 2001).

Já para Hass; Hudson e Zaniewski (1994), os itens necessários aos estudos nos dois níveis são basicamente os mesmos, a diferenciação é dada pelo nível de detalhes, frequência e

precisão das informações. Os dois níveis têm como referência o banco de dados que deve ser atualizado por meio de retroalimentação, que é um procedimento que atualiza periodicamente os dados e as informações de uma rede e é realizada com o uso de pesquisas e estudos especiais.

Segundo DNIT (2010), a gerência de pavimentos começou a assumir uma forma mais coerente e inclusiva no seu processo decisório quando foi dimensionada em dois níveis operacionais: nível de rede e nível de projeto, conforme Figura 9:

Figura 9: Atividades de um Sistema de Gerência de Pavimentos



Fonte: Adaptado de Schacke, 1987.

Porém, a otimização do SGP exige perfeita integração entre esses níveis de decisão, e nem sempre é uma tarefa trivial. A medida que a complexidade e o tamanho da rede a ser analisada aumentam, o nível de detalhamento das informações forçosamente diminui, e vice-versa. Não deve haver, porém, uma linha divisória entre os níveis de decisão, procurando-se, uma integração, tanto nos aspectos técnicos como nos administrativos (DNIT, 2011).

1.4.3.1 Nível de rede

De acordo com Marcon (1996), no SGP, atuando em nível de rede, são focadas as decisões administrativas que afetam um sistema como um todo, ou seja, as decisões são tomadas para um grande número de projetos ou para uma rede inteira de pavimentos.

Em nível de rede são trabalhadas informações sobre a totalidade dos pavimentos utilizadas para a tomada de decisões do setor administrativo a propósito das atividades de planejamento, programação e orçamento. O objetivo do nível de rede é identificar, em um período de análise determinado, uma comparação entre benefícios e custos de programas alternativos de manutenção, reabilitação ou reconstrução que apresentam o menor custo total ou o maior benefício, otimizando a utilização dos recursos disponíveis (AASHTO, 1993).

Importantes mesmo em um SGP são as atividades de coleta de dados que se fizerem necessárias, por serem fontes de embasamento nas análises e decisões, sendo que estas informações devem ser colhidas com objetividade, atualidade e confiabilidade (AASHTO, 1990). E, segundo o DNIT (2011), em se tratando de coleta e análise de dados, em nível de rede se predomina a quantidade sobre o detalhe, buscando-se o conhecimento da malha total.

Conforme Bennet (1998), a disponibilidade de dados sucintos e confiáveis é um artefato essencial em qualquer SGP; porém, a coleta de dados, para muitos administradores, é o componente de maior custo unitário, considerando os custos totais de um SGP. Dessa forma, há uma tendência cada vez mais forte de se usar equipamentos automáticos para a coleta de dados, pois permitem, de forma mais rápida e com o mínimo de interferência no fluxo normal do tráfego, que significativos volumes de dados sejam coletados e processados. Assim, nos pavimentos asfálticos, os itens mais comuns que são coletados são: irregularidade, afundamento de trilha de roda e rugosidade.

Portanto, para executar a gerência de uma malha viária devem ser levantadas as características consideradas necessárias e próprias para tornar as decisões referentes às vias em questão. Todas as informações necessárias devem ser o mais simples possível e demandar um menor intervalo de tempo para a sua obtenção. Caso seja necessário qualquer tipo de intervenção, deve-se ter conhecimento, também, dos recursos disponíveis (MATOS, 2004).

De acordo com Haas; Hudson e Zaniewski (1994), em um SGP em nível de rede, as necessidades de manutenção e reabilitação dos pavimentos são ordenadas, hierarquizadas e priorizadas de acordo com critérios técnico, econômicos e políticos. Seguindo essa linha, Villela (1999) inclui os administradores, legisladores, políticos e o corpo técnico de engenharia da instituição onde o SGP está implantado.

Segundo Fernandes Jr. (2001), as aplicações de um sistema de gerência implantado em nível de rede são:

- Geração de necessidades de orçamento da agência a curto e longo prazo;

- Priorização dos projetos candidatos, considerando as características de desempenho, tráfego, custo aos usuários e outros fatores locais;

- Identificação de projetos candidatos para intervenções, considerando a taxa de deterioração, tipos de defeitos, etc.;

- Avaliação da condição atual do sistema e previsão da condição futura, com base nos recursos aplicados.

Conforme AASHTO (2001), um SGP em nível de rede inclui estimativa das necessidades de investimentos, o estabelecimento de programas de conservação de pavimentos, identificação de prioridades e a alocação de capitais para manutenção, restauração e reconstrução.

Para Marcon (1996), a organização de um SGP em nível de rede não é padronizada uma vez que os componentes variam de acordo com vários fatores, como as características da malha viária, os equipamentos e recursos financeiros disponíveis e o conhecimento tecnológico da equipe responsável. Preocupa-se, ainda, com a escolha da melhor estratégia ("o que fazer"), em selecionar as seções prioritárias ("onde fazer"), em indicar a atividade mais apropriada ("como fazer"), em definir a melhor época para execução dos serviços de Manutenção e/ou Restauração (M&R) e a que custo aproximado ("quando fazer"). (DNIT, 2011).

Assim, pode-se concluir que, na maioria dos SGP, alguns elementos são básicos: coleta e depuração de dados; base e banco de dados; modelos de previsão; critérios de decisão; geração de alternativas; otimização e análise de consequências; saídas; retroalimentação; e pesquisa e treinamento.

1.4.3.2 Nível de projeto

De acordo com Fernandes Jr. (2001), em nível de projeto de um sistema de gerência de pavimento são tomadas decisões técnicas mais eficazes de gerência para projetos específicos, com um detalhamento melhor nas alternativas de atividades de projeto, construção, manutenção ou reabilitação para uma seção particular dentro do programa total. Uma estratégia ótima é selecionada a partir da comparação de benefícios e custos associados às diversas estratégias alternativas.

Segundo Reis (2007), a gerência em nível de projeto envolve, também, atividades de execução de obras em um trecho específico da malha, atividades essas, que deverão confirmar e detalhar as recomendações da gerência em nível de rede e que, normalmente, deverão subsidiar orçamentos e programas de curto prazo. Os dados são coletados e analisados de forma mais detalhada, com estudos da estrutura das camadas do pavimento, determinando as causas do aparecimento de defeitos, as consequências que estes poderão induzir em camadas

adjacentes, procurando avaliar e selecionar o tipo e a data de execução do serviço de manutenção e/ou construção.

As quantidades de serviços e os custos das diversas alternativas de intervenção, além da realização de levantamentos e ensaios específicos são determinados através dos estudos de um SGP em nível de projeto. Além disso, também são avaliados os benefícios advindos das melhorias da condição do pavimento, sua vida útil, as prioridades são estabelecidas, as necessidades são quantificadas, contemplando-se programas e, depois de selecionadas as estratégias, os custos são estimados.

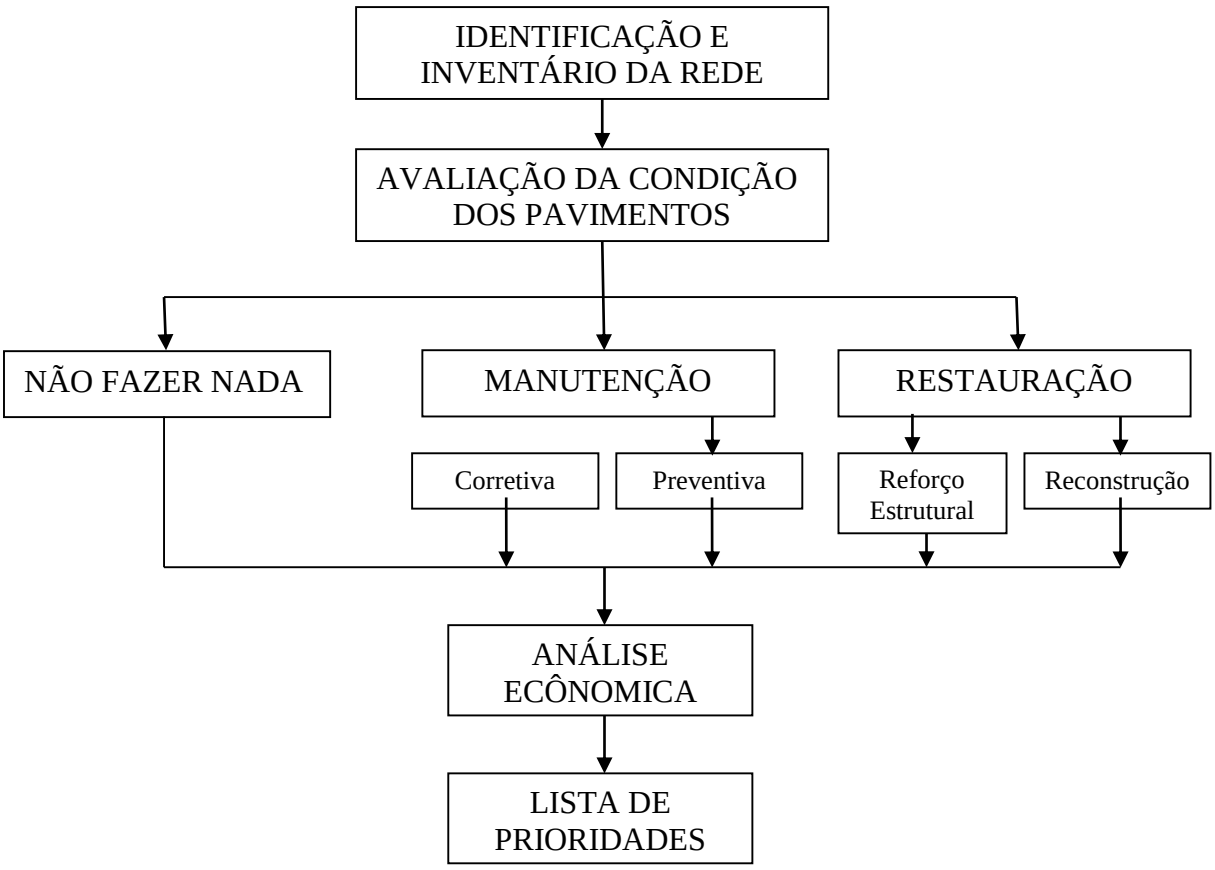
Um sistema em nível de projeto não sobrevive sem o sistema em nível de rede e vice-versa. O nível de projeto é um complemento do nível de rede. Deve haver uma coordenação de atividades de modo que haja uma comparação de investimentos alternativos em um único trecho de rodovia e entre vários trechos (AASHTO, 1993).

Segundo DNIT (2011), para o nível de projeto, as decisões, além de administrativas, são técnicas e econômicas, incluindo a previsão da durabilidade do pavimento após a execução de diferentes estratégias de manutenção e de reabilitação, para cada segmento específico, e a avaliação das causas de deterioração.

Para Villela (1999), esta parte da gerência relaciona mais a parte técnica, uma vez que trata da geração de alternativas, estratégias de manutenção, reabilitação e recuperação em geral. Um SGP deve ser capaz, em nível de projeto, de gerar uma lista que prioriza as necessidades anuais do pavimento, ou seja, suas condições, facilitando a coerência no planejamento, programação e alocação de recursos.

Fernandes Jr. *et al.* (2003) demonstra, através da Figura 10, o fluxograma de um SGP com alternativas das estratégias de atividades de manutenção e restauração. Primeiramente, são definidas e identificadas os segmentos dos pavimentos para análise. O passo seguinte consiste em levantar as condições do pavimento, obtendo-se informações sobre as características físicas e o estado de deterioração, anotando-se os níveis de severidade dos segmentos e as extensões. A análise em nível de rede permite a escolha das alternativas das estratégias de manutenção ou restauração. Assim, em nível de projeto é efetuada uma análise para a definição das atividades de manutenção. Após, são efetuadas as análises econômicas e estabelecidas as prioridades.

Figura 10: Fluxograma de um Sistema de Gerência de Pavimentos 1



Fonte: Adaptado de Fernandes Jr. *et al*., 2003.

As análises das priorizações permitem que sejam otimizadas as aplicações dos recursos, tendo como finalidade maximizar os benefícios ou minimizar os custos sob restrições orçamentárias, devendo ser levados em consideração, nesta análise, os fatores políticos, econômicos e sociais. Para a determinação das prioridades devem ser estabelecidos procedimentos objetivos que possibilitem reduzir ao mínimo as subjetividades inerentes ao processo. A função social de uma rodovia não pode ser desprezada quando se efetua a análise de relação benefício/custo (DNIT, 2011).

1.4.4 Estrutura do Sistema de Gerência

De acordo com SERAFI (2005), a estrutura da gerência de pavimentos, pela sua flexibilidade de incorporar modelos, métodos e procedimentos diferentes pode ser caracterizada por uma arquitetura genérica.

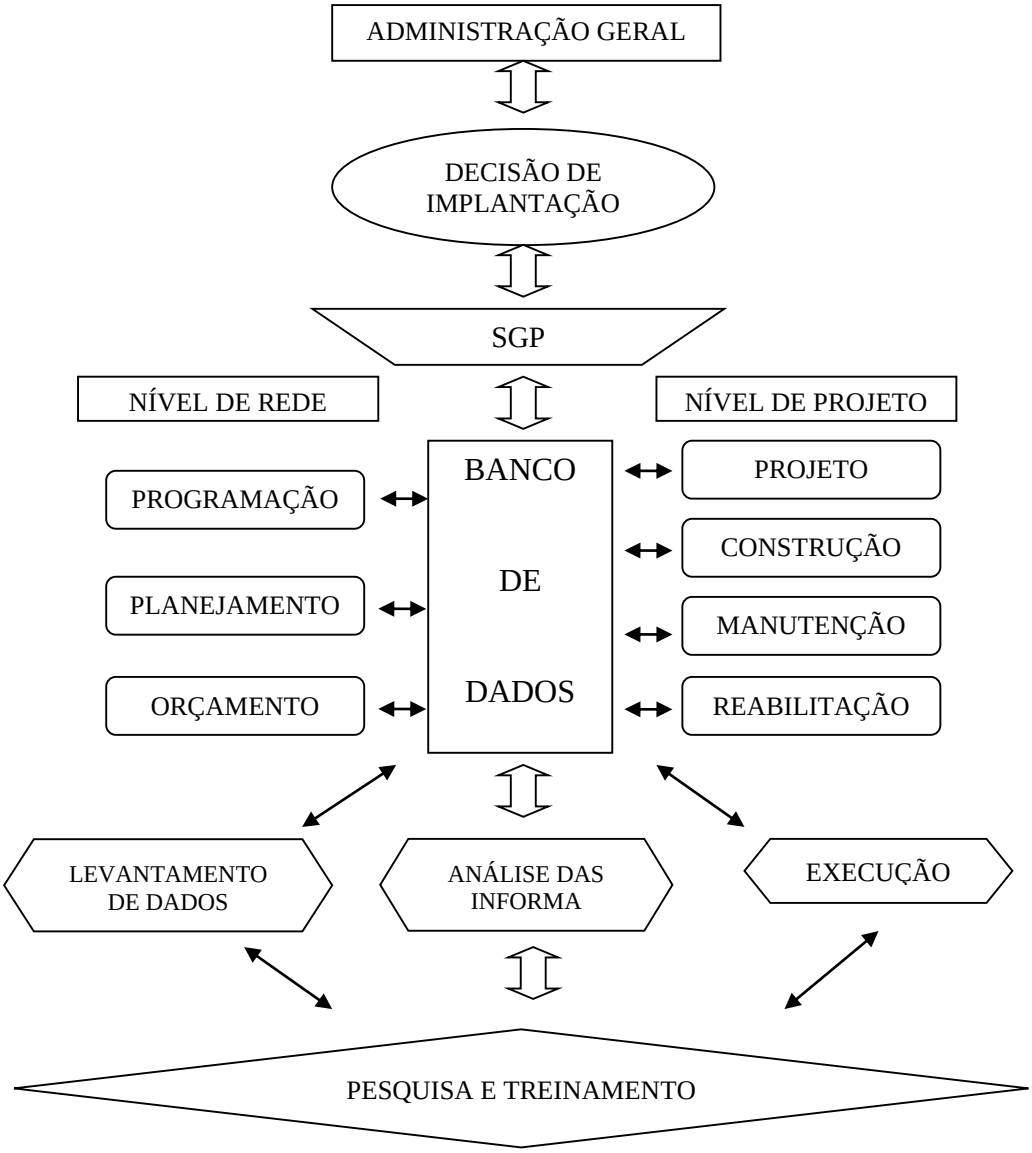
Um SGP é a expressão formal dos princípios modernos de administração e sua formulação deve passar necessariamente pelas seguintes fases:

> - Estimular e motivar o pessoal responsável pelo órgão para que o sistema seja implementado;
> - Para a implementação deverá ser designado um coordenador ligado às áreas de planejamento e de manutenção;
> - Definição dos objetivos a se atingir a curto, médio e longo prazo, em função das necessidades reconhecidas e das situações futuras possíveis;
> - Determinação das realizações, em termos físicos e em termos econômicos (elaboração e execução de planos, programas plurianuais e orçamento);
> - Controle de aplicação rigoroso, policiado por indicadores que permitam apreciar a eficácia da ação executada, medir os desvios de realizações/objetivos e realizações/previsões e, por consequência, reorientar o caso em análise para a política adotada.

Segundo Reis (2007), a colocação em operação de um SGP exige do órgão rodoviário tarefas demoradas, o que provoca relutância da administração superior, exigindo persistência da equipe encarregada. Para a sua implementação é necessário levantar a história inicial e atual dos pavimentos que formam a rede, criando um banco de dados, gerando informações básicas ao acompanhamento sistemático e periódico dos pavimentos, de forma a permitir a avaliação em serviço. E é a partir desta avaliação que será possível prever curvas de desempenho do pavimento e planejar políticas de manutenção e reabilitação para a rede rodoviária.

A sequência de atividades que envolve a estruturação geral de um sistema de gerência de pavimentos pode ser representada como no esquema indicado na Figura 11.

Figura 11: Fluxograma de um Sistema de Gerência de Pavimentos 2



Fonte: Adaptado de Reis (2007, p. 11)

Ainda segundo Reis (2007), um sistema de gerência de pavimentos compreende uma ampla gama de atividades, incluindo o planejamento, a programação de investimentos, orçamento, o projeto, a construção, a manutenção e reabilitação, a avaliação, levantamento e o controle periódico de todas as fases do processo e da própria rede pavimentada:

- A atividade de planejamento inclui a análise de dados de tráfego, a apreciação das deficiências da rede, o estabelecimento de prioridades e a preparação de programa plurianual de execução de trabalhos. As decisões quanto aos investimentos deverão ser tomadas nesta etapa;

- A atividade de programação consiste na preparação de programa de investimentos de médio prazo (3 a 5 anos) e tem como característica ser quase sempre específica de cada organização rodoviária, sendo difícil estabelecer procedimentos que sejam comuns às diversas organizações;

- A fase de projeto consiste na análise dos dados com séries históricas relativas aos materiais constituintes, aos estados funcionais e estruturais dos pavimentos, ao tráfego, ao clima, aos custos, concluindo com o estudo das soluções viáveis. As alternativas corretivas de investimento finalmente seguem para uma análise de viabilidade técnica econômica para definir a solução final;

- A etapa de construção compreende atividades como o calendário e programação dos trabalhos de construção, a administração das operações de construção, o controle de qualidade e o tratamento dos dados recolhidos;

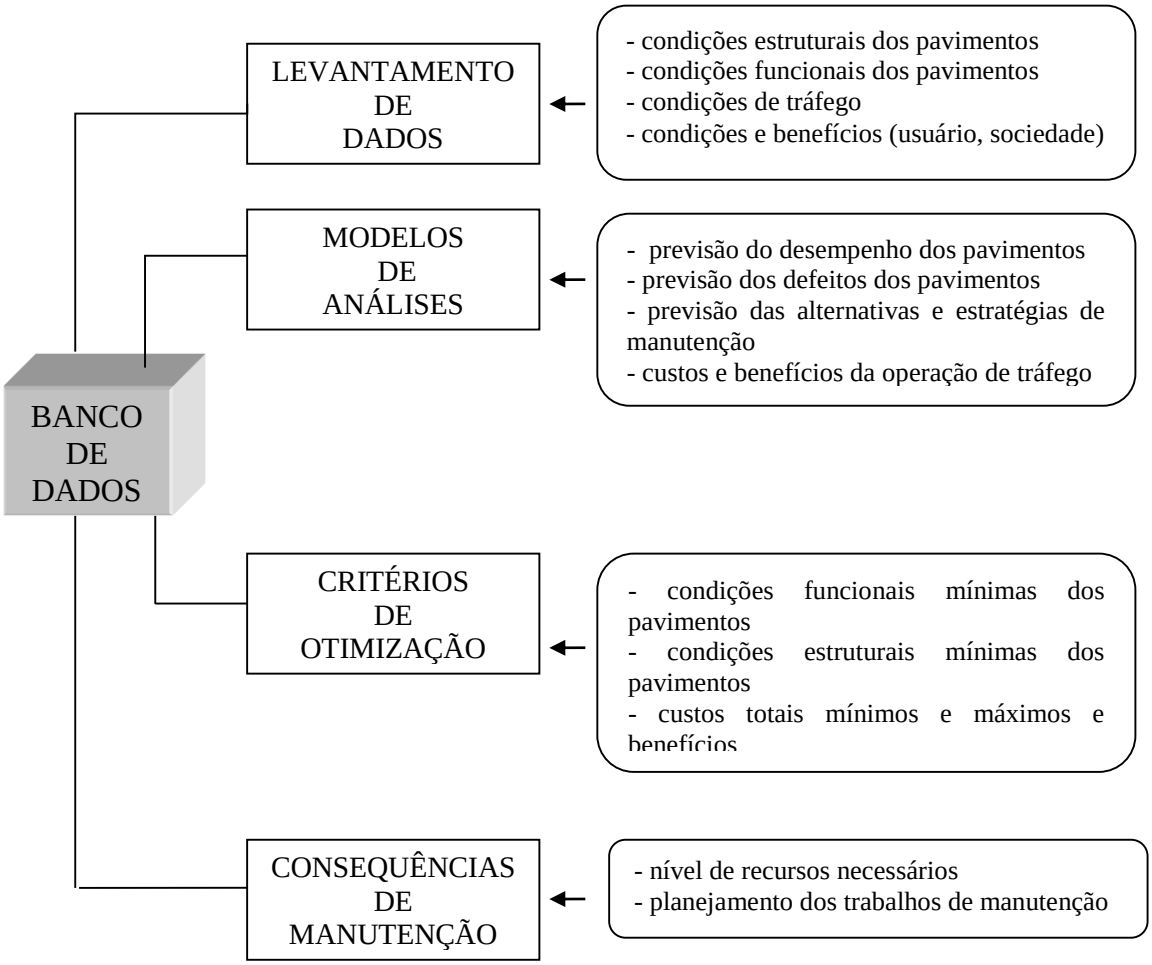
- A manutenção e reabilitação incluem o estabelecimento de um programa específico com calendário dos trabalhos e intervenções, resultante de considerações financeiras e lista de operações de manutenção e reabilitação (M&R);

- A avaliação periódica dos pavimentos consiste na obtenção de todos os dados e informações necessárias para que seja alcançado o objetivo do sistema gerencial de pavimentos. É a etapa mais difícil e mais importante de um sistema gerencial, pois comporta também, a análise e a obtenção de dados para utilização em outros setores do Sistema de Gerência.

- O banco de dados é a base de todo SGP, principalmente por fornecer informações a todas as outras atividades. Em geral, os sistemas de gerência usam base de dados, cujas informações, constituídas por registros acumulados ao longo dos anos, podem ser compartilhados e acessados por diversos tipos de usuários.

De acordo com Albuquerque (2007), o banco de dados é uma ferramenta essencial para a eficiência do SGP. Para tanto, necessita ser bem estruturado e conter dados confiáveis. A figura 12 apresenta uma esquematização de um banco de dados de um SGP. Um banco de dados de longo prazo é necessário para o desenvolvimento de modelos de previsão de desempenho, ou para aperfeiçoar modelos existentes.

Figura 12: Estruturação do banco de dados de um SGP

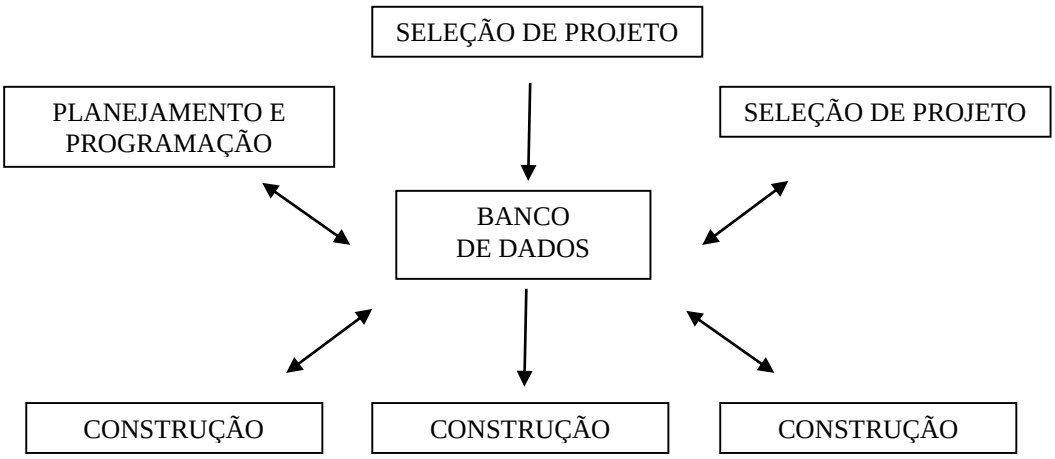


Fonte: Adaptado de Cardoso (2002).

De acordo com Basílio (2002), o banco de dados é o conjunto de elementos e informações relativas à malha viária e parte central de um SGP, pois é a partir destes dados que a rede é avaliada e são definidas estratégias para a sua manutenção, programação de serviços e o acompanhamento dos resultados das intervenções realizadas na rede. Ele deve estar sempre sendo alimentado com dados novos e também retroalimentado com dados referentes às consequências das decisões tomadas. A ausência de informações ou de “feedback” impede a formação dos produtos da organização e daí a tendência à autodestruição do sistema, chamando-se entropia.

O banco de dados interage continuamente com as demais partes integrantes de um SGP, como pode-se observar através da Figura 13, pela relação do banco de dados com o sistema:

Figura 13: Relação do banco de dados com demais elementos do SGP



Fonte: DNIT 007/2003 - PRO

Albuquerque (2007) lembra que, quanto ao desempenho dos pavimentos, seja estrutural ou funcional, o banco de dados deve sofrer uma constante alimentação através de campanhas de levantamentos de parâmetros em pavimentos.

Os autores Haas; Hudson e Zaniewski (1994); Shahin (1994); e Fernandes (1996b) afirmam que, tanto em nível de rede como em nível de projeto, as classes de dados necessários para alimentar o banco de dados do sistema são basicamente as seguintes:

- Inventário, que contém informações pertinentes a cada pavimento, englobando características de caráter quase permanente, como: nome da rodovia, tipo de pavimento, espessuras e materiais constituintes das camadas, dados históricos referentes à construção, manutenção e restauração, posição no sistema de referenciamento, caso exista e informações referentes ao meio ambiente (temperatura, pluviometria, etc.);

- Condições do pavimento, referente às informações coletadas em cada pavimento sob o ponto de vista estrutural e funcional. A partir destes dados, pode-se tecer um diagnóstico do estado do trecho analisado ou de toda a rede e desenvolver linhas de tendência de desempenho dos pavimentos. Os principais dados desta classe são os seguintes: irregularidade longitudinal, degradação física, estado se superfície, segurança e capacidade estrutural;

- Tráfego, que deve-se à contagem volumétrica e classificatória de veículos e pesagem de veículos de carga. Com estes dados, torna-se possível o conhecimento do tráfego usuário da rodovia, o volume médio diário (VMD), tráfego passado e taxa de crescimento da frota; e

- Custos, que é relativo aos custos de construção, manutenção, reabilitação e custo de operação dos veículos.

Segundo OECD (1987), outros itens podem estar contidos em um banco de dados para um sistema de gerência de pavimentos são: identificação da via do seu início e fim; geometria: largura das faixas de rolamento e dos acostamentos; construção: materiais, idade e espessura das camadas; condição do pavimento: seu respectivos defeitos, estado de superfície, média e desvio padrão da capacidade de suporte, irregularidade, resistência ao atrito, profundidade da trilha e os dados dos levantamentos de superfície; e alterações planejadas como: alargamento de pista, construção de ciclovias, etc.

Conforme Benevides *et al.* (2004), os Órgãos Rodoviários, de modo geral, não detêm autonomia para definir a aplicação dos recursos financeiros para conservação e manutenção da sua malha rodoviária, sendo tomada esta decisão, geralmente, por gestores da área financeira, sem maiores conhecimentos técnicos. Assim, se faz necessária à existência de uma ferramenta com embasamento técnico confiável que expresse o estado atual e futuro da malha, caso não sejam aplicados os recursos no momento adequado. A manutenção tardia desse patrimônio poderá gerar envelhecimentos precoces dos pavimentos, atingindo seu esgotamento num processo de deterioração irreversível.

De acordo com Haas; Hudson e Zaniewski (1994), para cada nível de gerência as informações necessárias devem ser coletadas e atualizadas periodicamente, as estratégias alternativas devem ser identificadas e os critérios de decisão devem ser estabelecidos e quantificados. Então, é necessário fazer a previsão dos custos e do desempenho de cada alternativa e, ainda, desenvolver procedimentos de otimização que considerem todo o ciclo de vida do pavimento. Por fim, deve-se implantar todas essas atividades de gerência e usar a estratégia correta selecionada.

1.5 AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

De acordo com Hass e Hudson (1982), uma das principais etapas de um Sistema de Gerência de Pavimentos é a avaliação de pavimentos, pois através dela é que se pode verificar se o pavimento necessita de manutenção, reconstrução, se foi bem construído e se está atendendo às especificações para as quais foi projetado.

Nas atividades de avaliação estão inseridos o estabelecimento do controle ou avaliação das seções, a verificação periódica das características quanto à capacidade estrutural, resistência à derrapagem, deterioração e irregularidades.

Na análise de Gordon *et al*. (1985), os dados levantados podem ser usados para verificar se os pavimentos estão atendendo as suas funções; elaborar relatório estatístico de previsão de

desempenho a partir do conhecimento de uma série histórica de dados; planejar e programar futuras reabilitações necessárias; determinar a condição atual da rede pavimentada; atualizar programas de melhorias em níveis de rede; melhorar a tecnologia de projeto, construção e manutenção dos pavimentos através da determinação das causas da deterioração e do acompanhamento da vida útil do pavimento; e estabelecer prioridades na programação de investimentos sob uma condição de restrição orçamentária.

Para Gonçalves (2007), a avaliação de um pavimento é o conjunto de atividades destinadas à obtenção de dados, informações e parâmetros que permitem diagnosticar os problemas e interpretar o desempenho que o pavimento apresenta, para poder detectar as suas necessidades atuais e futuras de manutenção e se preverem as consequências da implementação de estratégias alternativas de manutenção.

Danieleski (2004) salienta que avaliação superficial de um pavimento consiste em aferir as condições funcionais e estruturais dele através da identificação das patologias ou defeitos presentes na superfície do pavimento e é realizada através de procedimentos padronizados de medidas e inspeções.

De acordo com Echeverria (2011), avaliação de uma rede pavimentada é o conjunto das atividades e ações que visam descrever qualitativa e/ou quantitativamente a condição atual do pavimento, permitindo definir as condições funcionais e estruturais dos pavimentos através dos seguintes métodos:

a) Avaliação estrutural: determina a capacidade de um pavimento suportar o tráfego sem que surjam defeitos estruturais, ou seja, a capacidade do pavimento de manter sua integridade estrutural, através da análise das medidas de deslocamentos verticais recuperáveis sob determinado carregamento. A avaliação estrutural reúne a caracterização de elementos e variáveis de toda a estrutura do pavimento, conseguindo obter a descrição objetiva do seu comportamento frente às solicitações (MANUAL DE ASFALTO, 1989).

b) Avaliação funcional: compreende os aspectos que afetam ao usuário mais diretamente, principalmente os aspectos que afetam a segurança e o conforto dos usuários, buscando determinar o grau de deterioração da rodovia. Através da avaliação funcional, consegue-se avaliar o estado de superfície do pavimento e como este estado interfere na dinâmica dos veículos (GONÇALVES, 2007).

Para Moraes *et al.* (2006), a avaliação periódica das condições das vias pode ajudar para a identificação dos trechos críticos e servir de auxílio para a avaliação de severidade dos defeitos, além de fornecer informações de quando, como e onde poderão surgir os defeitos e, principalmente, quais são os procedimentos para corrigi-los.

A avaliação quanto à estética do pavimento se refere a sua aparência. O aparecimento de defeitos na superfície do pavimento são provenientes de vários fatores como clima, tráfego, características dos materiais e processos construtivos, podendo atuar separados ou concomitantemente. Os métodos para realizar levantamentos deste tipo são baseados em medições e/ou análises de defeitos que surgem na superfície do pavimento.

Então, Moraes *et al.* (2006) constatam que avaliações objetivas e subjetivas da superfície de rolamento são feitas para verificação da irregularidade superficial e o desempenho do pavimento.

Segundo Guzen (2005), as avaliações técnicas possuem a vantagem de serem realizadas por profissionais especializados que, além de possuírem uma percepção mais científica e precisa dos problemas, conseguem ter grande capacidade de diagnosticar suas causas e prever suas consequências. A objetividade e a alta padronização dos procedimentos torna os métodos dispendiosos em recursos e tempo. Já as avaliações feitas a partir da percepção dos usuários, por serem subjetivas, permitem a avaliação de vários elementos constituintes dos pavimentos em um tempo relativamente curto, tornando possível realizar comparações entre os níveis de qualidade dos elementos. Por exemplo, pode-se dizer que um o pavimento apresenta boas condições, enquanto a sua sinalização encontra-se deficiente.

Para Carey e Irick (1962), a avaliação funcional de pavimento leva em conta os aspectos que chamam a atenção do usuário, que mesmo sem conhecimento técnico é capaz de apontar subjetivamente as principais deficiências que o pavimento apresenta e que reflete em desconforto ao rolamento, maiores custos operacionais e segurança.

Existem inúmeros métodos de levantamento das condições funcionais dos pavimentos, desde os subjetivos até objetivos, que foram criados e são utilizados no Brasil e serão apresentados a seguir alguns desses métodos.

1.5.1 Avaliação Subjetiva do Valor da Serventia Atual (VSA) - DNIT 009/2003-PRO

Conforme Balbo (2007), a aferição do nível de atendimento funcional ou da qualidade de rolamento da superfície de um pavimento pode ser executada através de diversos parâmetros e índices - o Valor da Serventia Atual – VSA, que é uma avaliação subjetiva, se destaca.

A norma DNIT 009/2003- PRO (Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento) busca fixar procedimentos que devem ser adotados para a avaliação de serventia dos pavimentos. Esta norma conceitua serventia atual como a

capacidade de um segmento específico de um pavimento de proporcionar rolamento suave e confortável em determinado momento, para quaisquer condições de tráfego.

Para realizar esta avaliação, conforme a norma, deve ser constituído um grupo com cinco membros, perfeitamente conhecedores dos propósitos, que percorrerão os segmentos em um veículos de passeio, com velocidade próxima ao limite permitido, avaliando somente a superfície em seu atual estado. É atribuída, subjetivamente, uma "nota" de 0 a 5, por avaliadores; registrada na ficha de avaliação. Esta avaliação expressa a percepção do conforto ao rolamento e do estado da superfície de um dado pavimento.

Nas palavras de Moraes *et al.* (2006), a medida da serventia de um pavimento permite a análise das estratégias de projeto e a execução de programas de manutenção, reabilitação e reconstrução. A avaliação do desempenho de um pavimento depende da interação de três componentes, a saber: usuário, veículo e pavimento. E Balbo (2007) salienta que a serventia é uma medida que varia no decorrer do tempo.

1.5.2 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos ("IGG") – DNIT 006/2003-PRO

Esta avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos busca avaliar os pavimentos através de deformações permanentes em trilhas de roda, medidas por treliça padronizada, buscando, ainda, fixar as condições exigíveis no levantamento e na classificação das ocorrências de defeitos aparentes na superfície do pavimento. Esse método pode ser realizado através da norma DNIT 006/2003 – PRO, que possibilita encontrar o valor do Índice de Gravidade Global (IGG), atribuindo um indicador numérico ao pavimento que classifica o seu estado geral, com base na incidência de defeitos e das profundidades nas trilhas de rodas.

Os defeitos, de acordo com a norma DNIT 006/2003 - PRO, estão agrupados em oito classes as quais correspondem, cada uma delas, a um fator de ponderação. As classes são: trincas isoladas; trincas interligadas; trincas interligadas com erosão nos bordos; afundamentos; ondulações, panelas e escorregamentos; exsudação; desgaste; e remendos.

Em função da severidade dos defeitos é atribuído para cada um deles um fator de ponderação, conforme Quadro 2. Com a análise concluída dos dados dos segmentos definidos, são computadas as frequência absoluta (fa) de cada tipo de defeito, que é o somatório do número de estações, onde teve a ocorrência de cada tipo de defeito; e a frequência relativa (fr), que é dado pelo percentual das estações com ocorrência de determinada patologia em relação ao número total de estações avaliadas. O valor do IGI (índice de gravidade individual) pode ser

calculado com os valores das frequências absolutas e relativas para cada tipo de defeito identificado.

Em seguida, é calculada a média das variâncias das flechas (VF) nas duas trilhas de rodas e a média aritmética das médias das flechas em ambas as trilhas de roda (F). O cálculo do IGI para os afundamentos em trilha de roda é feito em duas etapas:

- média das fendas = quando médias das flechas foi maior que 30 mm, o IGI é adotado como 40, e quando for menor, o valor de IGI é o produto da média das fendas por 4/3;

- média das variâncias = quando média das variâncias for menor ou igual a 50, o valor de IGI é igual à média das variâncias, e quando foi maior que 50, adota-se IGI igual a 50.

As superfícies de avaliação têm 6 metros de comprimento e são localizadas a cada 20 metros em pavimentos de pista simples (alternando a cada 40 metros cada sentido) e em pavimentos de pista dupla, avaliando a pista mais solicitada a cada 20 metros.

Calcula-se o Índice de Gravidade Individual (IGI), multiplicando-se a frequência relativa pelo fator de ponderação respectivo, conforme as equações 1 e 2. O Índice de Gravidade Global (IGG), por sua vez, obtêm-se através do somatório dos IGI, de acordo com a Equação 3.

Equação 1: $fr = \frac{fa\ x\ 100}{n}$

Equação 2: $IGI = fr\ x\ fp$

Equação 3: $IGG = \sum IGI$

Onde:

fr = Frequência Relativa de cada Tipo de Defeito

fa = Frequência Absoluta de cada Tipo de Defeito

n = Número de Estações Inventariadas

fp = Fator de Ponderação

Quadro 2: Defeitos e os fatores de ponderação para obtenção do IGG

Tipo de ocorrência	Codificação de ocorrências de acordo com DNIT (2003)	Fator de ponderação (Fp)
1	Fissuras e trincas isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR) (FC-1)	0,2
2	Trincas interligadas (J e TB) (FC-2)	0,5
3	Trincas interligadas com erosão nos bordos (JE e TBE) (FC-3)	0,8
4	Afundamentos (ALP, ATP e ALC, ATC)	0,9
5	Ondulações, panelas e escorregamentos (O, P, E)	1,0
6	Exsudação (EX)	0,5
7	Desgaste (D)	0,3
8	Remendos (R)	0,6

Fonte: Adaptado de DNIT 007/2003 - PRO

A partir da obtenção do IGG, o pavimento é classificado segundo os intervalos apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Condições do pavimento em função do IGG

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

Fonte: Adaptado de DNIT 006/2003 - PRO

Assim, Balbo (2007) considera que o conceito atribuído ao pavimento com base no levantamento de sua condição superficial (IGG), conforme Quadro 3, contém grande dificuldade para ser interpretado e não possibilita definir qual a manutenção mais adequada do pavimento avaliado. A escala de classificação da degradação do pavimento em função do parâmetro IGG (DNIT 006/2003-PRO) pode não representar a situação adequadamente à

diferenciação do estado superficial, bem como os pesos atribuídos a cada tipo de defeito eventualmente podem estar inadequados em comparação com as faixas de classificação da degradação do pavimento.

1.5.3 Avaliação de Defeitos da Superfície dos Pavimentos - Levantamento Visual Contínuo DNIT 008/2003 - PRO

O levantamento visual contínuo (LVC) tem como objetivo fazer a análise da condição da superfície do pavimento através de levantamento visual e contínuo dos defeitos observados por dois técnicos avaliadores no interior de um veículo, sendo um deles o condutor.

A avaliação é realizada na totalidade da extensão, utilizando um veículo com uma velocidade média aproximada de 40 km/h. Os defeitos são registrados manualmente. Todas as faixas de tráfego do trecho em análise são avaliadas, empregando-se segmentos de extensão de 1 km, onde são identificadas as ocorrências, a frequência e a severidade de cada um dos defeito.

Segundo DNIT 008/2003 - PRO, uma nota de 0 a 5 é atribuída subjetivamente em função da necessidade de manutenção durante a avaliação do pavimento que reflete a condição de conforto ao rolamento, representada pelo Valor de Serventia Atual (VSA), conforme Quadro 4. O ICPF (Índice de Condição de Pavimento Funcional) final resulta do cálculo da média dos valores atribuídos por dois ou mais avaliadores.

O levantamento visual contínuo permite a determinação de três parâmetros:

- Índice de Defeitos de Superfície (IDS): o grau de deterioração de superfície do pavimento é representado a partir do somatório da ponderação das frequências e dos pesos relativos às severidades das ocorrências dos distintos tipos de defeitos verificados;

- Valor de Serventia Atual (VSA): é representado através das condições de conforto e segurança ao rolamento percebidas pelos usuários da rodovia;

- Índice de Condição Funcional (ICF): a condição funcional do pavimento é representado, envolvendo aspectos relacionados aos defeitos de superfície e à serventia, a partir de critério decisório envolvendo os dois índices anteriores.

Quadro 4: Valores do ICPF no Procedimento DNIT-PRO 008/2003

Conceito	**Descrição**	**ICPF**
Ótimo	Necessita apenas e conservação rotineira	5 – 4,0
Bom	Aplicação de lama asfáltica – desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas	4 – 3,0
Regular	Correção de pontos localizados ou recapeamento – pavimento trincado, com panelas pouco frequentes e com irregularidade longitudinal e/ou transversal.	3,0 – 2,0
Ruim	Recapeamento com correções prévias – defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas; remendos localizados ou profundos.	2,0 – 1,0
Péssimo	Reconstrução – defeitos generalizados, com correções prévias em toda a extensão; degradação do revestimento e das demais camadas; infiltração de água e descompactação da base.	1,0 – 0,0

Fonte: Adaptado de DNIT 008/2003 - PRO

O cálculo do IGGE (Índice de Gravidade Global Expedido) é semelhante ao do método especificado na norma DNIT 006/2003 – PRO, na qual é feito a média dos dados levantados por 2 ou mais avaliadores.

O IGGE é determinado através da frequência dos defeitos e seus respectivos pesos, conforme a Equação 4. Os defeitos são classificados em três conjuntos: trincas, deformações e panelas e remendos. Os pesos de cada grupo variam em função da frequência de ocorrência de defeitos, conforme apresentado no Quadro 5.

Equação 4: $IGGE = (Pt\ x\ Ft) + (Poap\ x\ Foap) + (Ppr\ x\ Fpr)$

Onde:

Ft = Frequência,

Pt = Peso do Conjunto Trincas (t),

Foap = Frequência do Conjunto de Deformações (oap),

Poap = Peso do Conjunto de Deformações (oap),

Fpr = Frequência (quantidade por quilômetro) de Panelas (p) e Remendos (r),

Ppr = Peso do Conjunto de Panelas (p) e Remendos (r).

Quadro 5: Pesos dos defeitos em função da frequência de ocorrência (DNIT-PRO 008/2003)

Frequência	Gravidade	Panelas e Remendos		Trincas (t) e Deformações (oap)		
		Fator F_{pr} (quantidade/km)	Peso	Fator F_t e F_{oap}	Peso de trincas	Peso das Deformações
A – Alta	3	≥ 5	1,00	≥ 50	0,65	1,00
M – Média	2	2 – 5	0,80	50 – 10	0,45	0,70
B – Baixa	1	≤ 2	0,70	≤ 10	0,30	0,60

Fonte: Adaptado de DNIT 008/2003 - PRO

O Índice do Estado da Superfície (IES), cujos valores estão compreendidos de 0 a 10, é avaliado em função do ICPF e do IGGE calculados. O IES está relacionado aos cinco níveis da condição do pavimento (ótimo, bom, regular, ruim e péssimo), conforme Quadro 6.

Quadro 6: IES (DNIT-PRO 008/2003)

DESCRIÇÃO	**IES**	**CÓDIGO**	**CONCEITO**
IGGE ≤ 20 e ICPF > 3,5	0	A	ÓTIMO
IGGE ≤ 20 e ICPF ≤ 3,5	1	B	BOM
20 ≤ IGGE ≤ 40 e ICPF > 3,5	2		
20 ≤ IGGE ≤ 40 e ICPF ≤ 3,5	3	C	REGULAR
40 ≤ IGGE ≤ 60 e ICPF > 2,5	4		
40 ≤ IGGE ≤ 60 e ICPF ≤ 2,5	5	D	RUIM
60 ≤ IGGE ≤ 90 e ICPF > 2,5	7		
60 ≤ IGGE ≤ 90 e ICPF ≤ 2,5	8	E	PÉSSIMO
IGGE > 90	10		

Fonte: Adaptado de DNIT 008/2003 - PRO

Segundo Danieleski (2004), o entendimento pleno da inter-relação entre a avaliação funcional e a avaliação estrutural é de grande importância para o entendimento de um Sistema de Gerência de Pavimentos, uma vez que a avaliação estrutural pode ser usada para estimar a resposta futura do pavimento ao tráfego a que estará sujeito e o nível de serventia indica a condição presente do pavimento. Infere-se que a relação está no fato de que uma baixa

capacidade estrutural presente no pavimento pode causar uma rápida redução no nível de serventia, mesmo sendo o nível atual elevado.

1.6 TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO

Conforme DER/SP (2006), a manutenção de pavimentos é o conjunto de medidas que servem para recompor os pavimentos, bem como para adequar a rodovia à demanda de tráfego atual e futuro, a fim de prologar seu período de vida. Os serviços de manutenção classificam-se em quatro grupos de intervenções: conservação de rotina: que é executada regularmente para sanar ou reparar defeitos; reabilitação: é realizada para restituir as condições originais do pavimento, por meio de remendos, reforço estrutural ou somente aplicação de camadas de regularização; reconstrução: é a renovação da estrutura do pavimento, podendo haver troca do material existente ou seu reaproveitamento por meio de reciclagem; e, por fim, a restauração: com a finalidade de restaurar a condição de capacidade estrutural e qualidade de rolamento do pavimento, através de serviços de reabilitação e reconstrução.

1.6.1 Remendo

Os remendos são realizados para reparar determinados tipos de defeitos em revestimentos asfálticos, e geralmente são feitos por meio da colocação ou do preenchimento de misturas betuminosas à quente ou à frio, nos buracos naturalmente produzidos pela deterioração ou nas escavações antecipadamente preparadas. O remendo é complementado pela compactação apropriada, selagem dos bordos e limpeza.

Os buracos ou panelas devem, imediatamente, ser reparados, uma vez que comprometem a segurança e o conforto, bem como aumentam os custos operacionais e permitem a entrada de água que enfraquece a estrutura e acelera a deterioração. Os dois principais elementos utilizados em qualquer operação de remendo dos buracos são a seleção de materiais e os procedimentos de reparo (DNIT, 2006).

Os remendos caracterizados como superficiais selam de forma provisória as trincas incipientes e também evitam que penetre umidade no pavimento, podendo sua execução dar-se através da aplicação de uma capa selante ou de uma fina camada de mistura betuminosa.

Os remendos profundos, por sua vez, são utilizados para que os reparos do pavimento sejam de caráter permanente, de forma mais duradoura, sendo retirado o material da área até a

profundidade necessária para estabelecer uma fundação firme, podendo, inclusive, ocasionar a remoção de parte do subleito.

Conforme Fernandes Jr. *et al*. (2003), o custo dos remendos é baseado, normalmente, no custo dos materiais, embora o custo total dependa de outros fatores (mão-de-obra e equipamentos). Devem ser considerados, também, o custo de operação dos veículos (função da condição do pavimento) e os atrasos associados à interrupção do tráfego para a execução de remendo. Podem ser vantajosas, a médio e longo prazo, alternativas com maior custo de construção, por proporcionarem uma aplicação mais rápida e de maior durabilidade, haja vista a diminuição do custo de mão-de-obra e de equipamentos, a redução da necessidade de novos remendos no mesmo local e a manutenção do pavimento em boas condições por um período de tempo maior.

1.6.2 Lama asfáltica ou revestimento

De acordo com Silva (2005), pode ser aplicada somente em pavimentos que não possuam problemas estruturais, e sua aplicação é feita através de caminhão preparado para esse fim, distribuindo o fluido uniformemente pela via. É indicado para manutenção em geral de rodovias de tráfego médio ou pesado e de vias urbanas, tendo como finalidade aumentar o atrito, proteger as camadas do pavimento e preencher pequenos afundamentos em trilha de rodas. A espessura dos micro revestimentos varia entre 1,2 a 2,5 cm e estes são aplicados por caminhão preparado e compactado com rolo de pneus.

Para Bernucci *et al* (2008), o microrevestimento é uma técnica que pode ser considerada uma evolução das lamas asfálticas, uma vez que usa o mesmo princípio e concepção, contudo, utiliza emulsões modificadas com polímero para aumentar a sua vida útil.

1.6.3 Fresagem

Para Fernandes Jr. *et al.* (2003), a fresagem é considerada a principal forma de remoção do revestimento antigo, tanto para acerto da superfície a ser recapeada como para reciclagem.

A fresagem do revestimento asfáltico deteriorado é utilizado para a manutenção de extensas áreas trincadas de elevado grau de severidade ou com afundamentos plásticos em trilhas de roda associados ou não ao escorregamento de massa. A técnica de fresagem busca impedir a elevação do greide do pavimento e permite executar o recapeamento apenas na faixa de rolamento deteriorada, sem desnivelamento em relação às faixas adjacentes (que não sofrem

intervenção), além de preservar os gabaritos e a geometria original. Dessa forma, evitam-se interferências de reforços em meios-fios e calçamentos, dentre outros (DER/SP, 2006).

1.6.4 Reciclagem

Técnica recomendada para corrigir defeitos como pequenas corrugações, agregados polidos e exsudação, bem como para renovar e rejuvenescer misturas asfálticas envelhecidas. Todavia, não é efetiva para corrigir defeitos como trincas por fadiga ou panelas.

A reciclagem é realizada através de procedimento que contempla a camada de revestimento, em conjunto com a camada de base granular, quando, naquela, forem constatados defeitos provenientes desta. No caso de serem detectados defeitos superficiais e a camada de revestimento apresentar espessura suficiente de concreto asfáltico, a reciclagem pode ser executada por meio de procedimento contemplando apenas a camada de revestimento. Ao final do processo de reciclagem, deve-se aplicar, sobre a camada reciclada, uma nova camada de revestimento asfáltico (DER/SP, 2006).

1.6.5 Recapeamento estrutural

De acordo com Fernandes Jr. *et al.* (2003), o recapeamento estrutural fundamenta-se na construção de uma ou mais camadas asfálticas sobre o pavimento existente, que inclui, regularmente, uma camada corretora do nivelamento do pavimento antigo, seguida de camada (ou camadas) com espessura uniforme.

A sua aplicação direta sobre pavimento com alto grau de deterioração, com presença de trincas interligadas do tipo couro de jacaré, pode apresentar, em curto intervalo de tempo, trincas de reflexão que se propagam da camada de revestimento asfáltico antiga para a nova camada de rolamento. Dessa forma, técnicas de controle de propagação de trincas devem ser utilizadas, variando entre soluções mais ou menos custosas, tradicionais ou não, genericamente indicadas por aplicação de camada anti-reflexão de trincas, como material granular, mistura asfáltica aberta, mantas interpostas ou a remoção do revestimento original por meio de fresagem.

Existem diversos materiais asfálticos que podem ser empregados para o serviço de recapeamento de pavimento, com ou sem camadas anti-reflexão de trincas. Pode-se mencionar, entre eles, o concreto asfáltico usinado a quente, o macadame asfáltico, pré-misturado a frio ou a quente, os tratamentos superficiais simples, duplos ou triplos, a camada porosa de atrito e o

micro revestimento a quente. Ademais, há a possibilidade de adicionar-se polímero às misturas dos materiais citados. O micro revestimento a quente com asfalto polímero é uma opção de uso como camada anti-reflexão de trincas subjacentes ao revestimento (DER/SP, 2006).

1.6.6 Reconstrução

Para Fernandes Jr. *et al.* (2003), reconstrução é a técnica utilizada quando o pavimento não é reabilitado a tempo e deteriora-se rapidamente, sendo esta a única opção para a efetiva melhoria do sistema de drenagem. No passado, consistia apenas na utilização de novos materiais; mas, hoje usa-se muito a reciclagem.

2 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os procedimentos que foram realizados em campo e os métodos utilizados para a caracterização e avaliação dos pavimentos das vias principais do município de Santa Rosa. Tais métodos e caracterizações foram abordados de maneira resumida, com a apresentação de normas técnicas pela realização dos procedimentos.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa, de acordo com sua natureza, foi classificada como aplicativa uma vez que objetivou gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais. Portanto, quanto aos procedimentos, ela configura-se em pesquisa experimental e bibliográfica; e quanto aos objetivos, a pesquisa é exploratória e, deste contexto, a estratégia geral utilizada na análise do estudo baseou-se em proposições teóricas, utilizando material já publicado.

Utilizou-se, também, o método de levantamento visual contínuo para determinar e quantificar os principais defeitos, a classificação e as possíveis formas de manutenção e controle dos pavimentos e seus sistemas. Então, quanto à abordagem, esta pesquisa pode ser delimitada em qualitativa e quantitativa. Trabalhou-se com a pesquisa qualitativa, analisando os resultados dos dados coletados e das observações realizadas para aprimorar o projeto desenvolvido, procurando atender aos objetivos propostos. Por sua vez, na pesquisa quantitativa, buscou-se expressar as relações entre variáveis, procurando-se identificar os elementos constituintes do objeto estudado, estabelecendo a estrutura e a evolução das relações entre os elementos.

2.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA

Em análise às recomendações dos estudos das principais metodologias existentes e em uso, mencionados na revisão bibliográfica, foram estabelecidos os procedimentos para a realização do objetivo deste trabalho.

Pretendeu-se, inicialmente, buscar dados junto à Prefeitura, referentes à estrutura, à classificação e à divisão das vias do município de Santa Rosa, os quais foram analisados e cadastrados em um banco de dados, sendo, através deste, organizado o levantamento de campo.

Obtendo-se as características necessárias das principais vias, foi elaborada e planejada a divisão em segmentos (seções) da malha principal a ser estudada. Foi escolhido, também, um

primeiro segmento, piloto, no qual foi aplicada a metodologia de levantamento de campo completa, para verificação dos procedimentos.

Concluída a parte piloto, foi realizado um levantamento das características geométricas funcionais das mesmas, para ter-se uma análise mais precisa da situação atual.

Logo em seguida, através da norma DNIT 008/2003 - PRO (levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos), foi realizado um levantamento visual da superfície de rolamento de todos os segmentos, buscando identificar o ICP), o IGGE e o IES.

De posse do levantamento completo de campo, incluindo cadastro e tratamento dos dados dos defeitos individuais, os dados foram agrupados de forma a buscar correlacioná-los e hierarquizar os segmentos.

Depois da análise e interpretação dos resultados, foram comentados e apresentados os tipos de métodos para a conservação desses pavimentos, e, ainda, sobre a situação atual de cada uma dessas vias principais, conseguindo assim, uma base para a conscientização da necessidade de criação de um sistema de gerência de pavimentos urbanos na cidade de Santa Rosa, bem como, colaborando com a administração da municipalidade com a doação do trabalho à Preferitura.

2.3 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

A pesquisa foi realizada no município de Santa Rosa, que tem aproximadamente 72.000 habitantes e está situado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Santa Rosa possui uma área total de 489,798 km^2, dos quais apenas 41,08 km^2 correspondem à área urbana. A cidade apresenta em torno de 0,5 km^2 de vias principais urbanas.

A Prefeitura Municipal de Santa Rosa, através do Setor de Planejamento, instalado junto a mesma, faz toda a administração e planejamento do sistema viário da cidade. Atualmente, a Prefeitura Municipal não possui nenhum tipo de Sistema de Gerência de Pavimentos, sendo que as atividades de manutenção são realizadas através do números de reclamação da população ou quando recebem alguma verba de algum político. Essa realidade motivou este trabalho.

Uma base de dados digitalizada do mapa da cidade de Santa Rosa foi fornecida pela Prefeitura Municipal, conforme Figura 14. Com este mapa, conseguiu-se identificar as vias principais da cidade, que correspondem aproximadamente a 53 km; sendo 48 km pavimentadas, base deste estudo.

Figura 14: Mapeamento das vias principais de Santa Rosa

Fonte: Prefeitura Municipal, 2014.

Uma grande dificuldade encontrada para levantamento dos dados necessários em Santa Rosa foi que a Prefeitura não mantém informações da malha viária atualizadas, dificultando muito a identificação das seções a serem avaliadas. Os mapas disponíveis, conforme figura 14, nem sempre estão atualizados, sendo necessária, em alguns casos, a confirmação da existência da seção quanto à pavimentação.

O levantamento de defeitos que foi realizado pelos avaliadores baseou-se nas definições da norma DNIT 005/2003 – TER para cada tipo de defeito e, ainda, a norma DNIT 008/2003 - PRO (Avaliação de Defeitos da Superfície do Pavimentos - Levantamento visual contínuo).

2.3.1 Inventário

O Quadro 7 abaixo apresenta a parte da planilha que contém os dados do inventário realizado para cada via, dos quais alguns são conhecidos antes da ida ao campo, enquanto outros só são obtidos no momento da avaliação, ou ainda ficam para serem preenchidos.

Quadro 7: Planilha do inventário de cada via

<table>
<tr><th colspan="6">DADOS</th></tr>
<tr><td colspan="2">ID da Via:</td><td colspan="2">Folha:</td><td colspan="2">Código da Seção:</td></tr>
<tr><td colspan="5">Nome da Via:</td><td>Sentido</td></tr>
<tr><td colspan="5">Da:</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="5">Até:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Classe Funcional:</td><td colspan="2">Setor:</td><td colspan="2">Quadra:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Comprimento Pav:</td><td colspan="2">Largura:</td><td colspan="2">Nº de Faixas:</td></tr>
<tr><td>Tipo de Pav.</td><td>Espessura Rev.</td><td>Ano de Construção</td><td colspan="2">Volume de Tráfego</td><td>Rotas de ônibus</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="3"></td><td></td><td colspan="2">Carro:</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>Última Restauração</td><td colspan="2">Caminhões:</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Ônibus:</td></tr>
</table>

Fonte: Adaptado de Zanchetta (2005).

O ID da Via é o código único dado para cada via. O “código da seção” é encontrado junto aos dados do levantamento, o qual correspondem ao número dado a cada quadra. Os campos “Nome da via”, “Da” e “Até” definem o segmento a ser avaliado, com seu início e fim.

A “classe funcional” é dividida em três categorias (estrutural, principal e secundária), enquanto a “quadra” é o número de quadras encontradas em cada via. O “comprimento” e a “largura” de cada via foram adquiridos no mapa fornecido pela Prefeitura Municipal. O “número de faixas” é determinado nas avaliações em campo.

O “tipo de pavimento” e a “espessura do revestimento” é um campo utilizado não somente para identificar pavimentos flexíveis (F), rígidos (R), de concreto de cimento Portland (B), mas também, para o controle do tipo de material que foi utilizado no pavimento, e ainda, para saber se a via é toda pavimentada ou possui seções não pavimentadas.

Em relação aos campos “tipo de pavimento”, “ano de construção”, “última restauração”, “volume de tráfego” e outras características necessárias ao histórico dos pavimentos foram

buscados junto à Prefeitura Municipal, mas a maioria desses dados não foram repassados devido à falta de um banco de dados dos pavimentos.

Ainda, para armazenamento de dados foi feito um banco de dados com fotos da situação de cada um dos pavimentos e seus respectivos tipos de defeitos encontrados. De qualquer forma, a implantação do Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos enfatiza a importância dessas informações que com elas podem ser obtidas e, o que é mais importante, a necessidade de alimentação desses bancos de dados do SGP.

2.3.2 Avaliações dos Pavimentos das Vias Principais

Antes do início do trabalho de campo por parte da equipe de avaliação, foi necessário um treinamento, visando padronizar a forma de avaliar o pavimento.

O método de caracterização e análise dos pavimentos, objetivo desse trabalho, foi realizado seguindo as especificações da norma DNIT 008/2003 - PRO (Levantamento visual contínuo) para rodovias. Este documento serve de base para o levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis rodoviários por meio de determinação do ICPF, do IGGE e do IES.

Através desse método, que foi adaptado para a avaliação das principais vias pavimentadas de Santa Rosa, foi realizada uma análise da condição de superfície do pavimento por meio de levantamento visual contínuo dos defeitos visíveis, seguindo as definições e nomenclaturas adotadas na Norma DNIT 005/2003 - TER.

O Quadro 8 (em anexo) apresenta a parte da planilha que foi utilizada para a avaliação dos pavimentos, onde foram considerados os defeitos, com suas respectivas frequências, extensão, início e final dos segmentos e os índices de condição de cada segmento dado pelo avaliador.

Dois técnicos avaliadores percorreram a totalidade da extensão da superfície de avaliação do pavimento em análise, utilizando um veículo com uma velocidade média aproximada de 40 km/h.

Os defeitos foram registrados manualmente nas planilhas. Todas as faixas de tráfego do trecho em análise foram avaliadas, empregando-se segmentos de extensão de 1 quadra, onde foram identificadas as ocorrências, a frequência e a severidade de cada um dos defeitos.

A frequência de defeitos foi registrada com código “A” (alta), “M” (média) ou “B” (baixa) segundo DNIT-PRO 008/2003, conforme a estimativa da qualidade e da porcentagem

de ocorrência do defeito avaliada, Quadro 9. Nos trechos de não ocorrência de nenhum dos tipos, os defeitos foram colocados zero.

Quadro 9: Frequência de defeitos (DNIT-PRO 008/2003)

Panelas (P) e Remendos (R)		
Código	Frequência	Quant./Km
A	Alta	≥ 5
M	Média	2 – 5
B	Baixa	≤ 2
Demais defeitos		
Código	Frequência	% por Km
A	Alta	≥ 50
M	Média	50 – 10
B	Baixa	≤ 10

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO.

Em seguida, foram determinados os ICPF, que resulta no valor atribuído pelos avaliadores para cada segmento avaliado com relação ao estado de superfície, conforme demonstrado no Quadro 10.

Quadro 10: Conceitos do ICPF

CONCEITO	**DESCRIÇÃO**	**ICPF**
Ótimo	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	5 – 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA – Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas.	4 -3
Regular	CORREÇÃO DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO - pavimento trincado, com “panelas” e remendos pouco frequentes e com irregularidade longitudinal ou transversal.	3 – 2
Ruim	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS - defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas - remendos superficiais ou profundos.	2 – 1
Péssimo	RECONSTRUÇÃO - defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas - infiltração de água e descompactação da base	1 – 0

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO.

Após a conclusão dos levantamentos, os dados foram armazenados nos bancos de dados e, em seguida, foi determinado o Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) para cada segmento, que é determinado através da frequência dos defeitos e seus respectivos pesos., conforme Equação 4:

Equação 4: $IGGE = (Pt\ x\ Ft) + (Poap\ x\ Foap) + (Ppr\ x\ Fpr)$

onde:

IGGE: Índice de Gravidade Global Expedido

Ft: Frequência

Pt: Peso do Conjunto Trincas (t)

Foap: Frequência do Conjunto de Deformações (oap)

Poap: Peso do Conjunto de Deformações (oap)

Fpr: Frequência (quantidade por quadra) do Conjunto de Panelas (p) e Remendos (r)

Ppr: peso do Conjunto de Panelas (p) e Remendos (r).

Depois foi calculado o IES, cujos valores estão compreendidos de 0 a 10, avaliado em função do ICPF e do IGGE calculados, constituindo pois, uma síntese destes dois Índices. O IES está relacionado aos cinco níveis de condição (ICPF) que se encontra o pavimento (ótimo, bom, regular, ruim e péssimo).

Ou seja, os valores do IES, juntamente com o Código e o Conceito atribuídos ao estado da superfície do pavimento foram determinados de acordo com o Quadro 9 deste estudo.

Para concluir, todas as vias foram classificadas pela sua extensão correspondente fazendo uma interpolação com os valores de IES e suas extensões, conseguindo-se assim, ter a real situação de cada via, através do Índice de Estado de Superfície.

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em análise às recomendações dos estudos das metodologias mais relevantes e em uso, mencionados na revisão bibliográfica, restaram definidos os procedimentos para a realização da avaliação de pavimentos urbanos.

Os resultados foram apresentados, separadamente. Na primeira etapa, exploram-se os aspectos gerais das avaliações, baseando-se nas 312 seções que compõe a malha viária pavimentada de Santa Rosa. Ainda, realizaram-se o levantamento dos dados de cada pavimento que compõem a malha principal. Na segunda etapa, por oportuno, foi feito o levantamento e o agrupamento dos dados. Por fim, apresentaram-se a situação da malha viária do referido município.

3.1 ASPECTOS GERAIS DAS AVALIAÇÕES

Com a avaliação das 312 seções das vias principais pavimentadas, com uma extensão total de 48 km, foi notado um tempo de avaliação bastante variável, dependendo basicamente da condição da seção a ser avaliada, da experiência do avaliador, e ainda, de sua extensão. Denota-se que o tempo de avaliação pode triplicar entre seções com poucos defeitos, baixa severidade e extensão para seções com muitos defeitos, alta severidade e extensão. Outrossim, o conhecimento do avaliador e a curiosidade das pessoas também interferem no tempo de avaliação e, consequentemente, na produtividade. Com frequência, os avaliadores são questionados acerca do teor da pesquisa, e recebem opiniões e reclamações sobre a condição do pavimento em frente à casa do cidadão, por exemplo. Há, ainda, quem acredite ser a equipe de avaliação pertencente à prefeitura, fazendo reclamações em geral.

Segundo Zanchetta (2005), a aptidão para a coleta de dados depende muito da condição do pavimento, isto é, nos locais em que as seções não estão muito deterioradas e o tráfego é baixo, a coleta de dados dentro de um veículo é mais fácil e rápida. No entanto, defeitos como desgaste e trincas por fadiga com severidade baixa são mais difíceis de serem identificados dentro de um veículo, prejudicando a qualidade dos dados.

3.2 SITUAÇÃO DAS VIAS PRINCIPAIS PAVIMENTADAS DE SANTA ROSA

A malha viária de Santa Rosa é apresentada com dados baseados no estado de superfície de seus pavimentos, bem como relativos à porcentagem com que os defeitos são encontrados, os mais frequentes, os inexistentes e a real condição de superfície das vias principais.

Avaliaram-se 312 seções com pavimento flexível no total, com uma extensão de 48.053,88 m. As seções não pavimentadas, ou as seções que não fazem parte da malha principal não foram avaliadas.

No Quadro 11, apresenta-se os dados totalizados, demonstrando o número de seções com o nível de severidade baixa, média ou alta. Como por exemplo, o defeito remendo possui 211 seções com esse tipo de defeito, sendo 61 seções com nível de severidade baixa, 65 seções com nível de severidade média, 85 seções com nível de severidade alta e 101 seções não possuem esse tipo de defeito.

Quadro 11: Nível de severidade dos defeitos da malha urbana de Santa Rosa

DEFEITOS	**NÍVEL DE SEVERIDADE**				**TOTAL DE SEÇÕES COM DEFEITO**
	Não possui defeito	**B**	**M**	**A**	
TR	4	203	53	52	308
TJ	159	69	37	47	153
TB	0	0	0	0	0
Desgaste	81	158	41	32	231
Exsudação	258	45	8	1	54
Escorregamento	284	26	2	0	28
Panela	186	39	28	59	126
Remendo	101	61	65	85	211

A = NÍVEL DE SEVERIDADE ALTO; M = NÍVEL DE SEVERIDADE MÉDIO; B = NÍVEL DE SEVERIDADE BAIXO. TR= TRINCA ISOLADA, TJ= TRINCA COURO DE JACARÉ, TB= TRINCA EM BLOCO

Fonte: Autora (2014).

No Quadro 12 é demonstrada a relação de defeitos existentes em toda a extensão da malha urbana de Santa Rosa mostrando a extensão total da ocorrência de cada defeito constante na malha viária principal pavimentada, bem como suas respectivas porcentagens.

Quadro 12: Resumo dos defeitos presentes em toda extensão da malha urbana de Santa Rosa

DEFEITO	EXTENSÃO (m)	FI
TR	47.465,75	98,78%
DESGASTE	35.972,52	74,04%
REMENDO	31.576,95	67,63%
TJ	23.745,66	49,04%
PANELA	20.029,61	41,68%
EXSUDAÇÃO	11.667,79	17,31%
ESCORREGAMENTO	6.463,95	8,97%
TB	0	0

Fonte: Autora (2014).

Podem existir diversos defeitos ao mesmo tempo nas seções; os mais presentes são as trincas isoladas (98,78%), o desgaste (74,04%), os remendos (67,63%), as trincas couro de jacaré (49,04% e as panelas (41,68%).

Os defeitos exsudação (17,31%) e escorregamento (8,97%) são os que estão menos frequente nos pavimentos das vias principais de Santa Rosa. O defeito trinca em bloco não foi encontrado nos pavimentos urbanos.

Figura 15: Trincamento alto nos pavimentos das vias principais

Avenida: Borges de Medeiros

Fonte: Autora (2014).

Figura 16: Desgaste alto nos pavimentos das vias principais

Rua: Dr. Francisco Timm

Fonte: Autora (2014).

Figura 17: Remendos com severidade alta nos pavimentos das vias principais

Avenida: Expedicionário Weber

Avenida: Inhacorá

Fonte: Autora (2014).

Conforme apresentado no Quadro 11, estabeleceram-se os respectivos níveis de severidade na malha viária do município, observando-se os seguintes níveis de porcentagem delimitados a seguir:

- A trinca isolada é o defeito mais encontrado no município, presente em 308 das 312 seções avaliadas. Quanto ao nível de severidade, 4 destas seções não possuem esse defeito, 203 possuem nível de severidade baixo, 53 seções possuem nível médio e 52 seções possuem nível de severidade alto;

- O defeito desgaste, segundo defeito mais frequente nos pavimentos, esteve presente em 231 das 312 seções avaliadas. Quanto ao nível de severidade, 81 seções não possuem esse defeito, 158 possuem nível de severidade baixo, 41 seções possuem nível médio e 32 seções possuem nível de severidade alto;

- No que concerne ao terceiro defeito mais frequente, os remendos estiveram presentes em 211 seções. Já quanto ao nível de severidade, 101 destas seções não possuem esse defeito, 61 possuem nível de severidade baixo, 65 seções possuem nível médio e 85 seções possuem nível de severidade alto;

- Para o defeito trinca couro-de-jacaré, que esteve presente em 153 seções. Quanto ao nível de severidade, 159 destas seções não possuem esse defeito, 69 possuem nível de severidade baixo, 37 seções possuem nível médio e 47 seções possuem nível de severidade alto;

- O defeito panela esteve presente em 126 das 312 seções avaliadas. Já quanto ao nível de severidade, 186 destas seções não possuem esse defeito, 39 possuem nível de severidade baixo, 28 seções possuem nível médio e 59 seções possuem nível de severidade alto;

- Já para o defeito exsudação, constatou-se sua presença em 54 seções. Quanto ao nível de severidade, 258 destas seções não possuem esse defeito, 45 possuem nível de severidade baixo, 8 seções possuem nível médio e 1 seção possui nível de severidade alto.

- Relativamente ao escorregamento, defeito menos frequente nos pavimentos, constata-se sua presença em 28 seções das 312 seções avaliadas. E quanto ao nível de severidade, 284 destas seções não possuem esse defeito, 26 possuem nível de severidade baixo, 2 seções possuem nível médio e nenhuma seção possui nível de severidade alto.

Na leitura de Fernandes Jr. *et al.* (2003), as prováveis causas do desgaste dos pavimentos estão na dosagem da mistura (falta de ligante); na construção (falta de controle de qualidade dos materiais, compactação inadequada, superaquecimento da mistura); perda da adesividade ligante-agregado por ação de produtos químicos, água (drenagem insuficiente), abrasão ou oxidação (envelhecimento) do ligante. Porém, há que se ressaltar que a principal causa ocorre pelo envelhecimento do pavimento.

Já os remendos, trincas couro de jacaré e panelas são os defeitos que merecem maior atenção quando apresentados na superfície de um pavimento, pois as trincas couro de jacaré estão associadas diretamente à fadiga do pavimento, podendo apresentar erosão acentuada nas bordas, e tornando-se a panela de amanhã. (FERNANDES JR. *et al.* 2003).

Ainda para Fernandes Jr. *et al.* (2003), os buracos são causados possivelmente por falha estrutural, quando o revestimento tem pouca espessura ou baixa capacidade de suporte das camadas inferiores; segregação da mistura, fragilizando pontos localizados devido à falta de

ligante asfáltico; ou ainda por construções de drenagem insuficiente. Mas, o envelhecimento do pavimento, mais uma vez, é a ajuda deste defeito.

Já os remendos são resultado do preenchimento das panelas, com uma ou mais camadas de pavimento, em operações denominadas de tapa-buraco, considerado como uma patologia. (DNIT-005, 2003).

Os dados relativos à classificação encontrada para as seções avaliadas referentes ao IES de cada seção, calculados através do ICPF e do IGGE, estão expostos no Quadro 13. O conceito associado a cada segmento varia de péssimo a ótimo, sendo péssimo correspondente a valores de IES entre oito e dez; ruim, para valores entre cinco e sete; a condição regular está entre três e quatro; o pavimento com conceito bom corresponde entre um e dois; e o pavimento em condição ótima apresenta IES zero. Dessa forma, quanto maior a valor do IES encontrado na seção, pior será o seu índice de estado de superfície.

No mesmo Quadro 13, apresentam-se as estratégias de M&R mais indicadas para cada intervalo de variação dos valores de IES.

Quadro 13: Distribuição percentual da condição dos pavimentos e as estratégias de manutenção e reabilitação

Seções						
Condição do Pavimento	**Valor IES**	**Conceito**	**ICPF**	**Estratégica**	**Extensão (m)**	**FI**
IGGE ≤ 20 e ICPF > 3,5	0	ÓTIMO	5-4	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	28.770,4	59,87%
IGGE ≤ 20 e ICPF ≤ 3,5	1	BOM	4-3	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA	3.581,84	7,45%
20 ≤ IGGE ≤ 40 e ICPF > 3,5	2					
20 ≤ IGGE ≤ 40 e ICPF ≤ 3,5	3	REGULAR	3-2	CORREÇÃO DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO	3.164,38	6,59%
40 ≤ IGGE ≤ 60 e ICPF > 2,5	4					
40 ≤ IGGE ≤ 60 e ICPF ≤ 2,5	5	RUIM	2-1	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS	2.617,69	5,45%
60 ≤ IGGE ≤ 90 e ICPF > 2,5	7					
60 ≤ IGGE ≤ 90 e ICPF ≤ 2,5	8	PÉSSIMO	1-0	RECONSTRUÇÃO	9.919,57	20,64%
IGGE > 90	10					
Total Geral					**48.053,88**	**100,00%**

Fonte: Autora (2014)

Assim, confere-se que, nas seções em condição ótima (IES = zero), a estratégia de M&R conservação rotineira poderia ser adotada em 59,87% das seções com pavimento flexível, cuja extensão representa 28.770,4 m do total dos 48.053,88 m de pavimento.

Já as seções em condição boa ($1 \leq IES \leq 2$), na qual o desgaste superficial e as trincas não são muito severas e em áreas não muito extensas, 7,45% correspondem a 3.581,84 m e tem manutenção com aplicação de lama asfáltica ou micro revestimento como possível estratégia de conservação mais indicada.

Com relação às seções na condição regular ($3 \leq IES \leq 4$), o pavimento trincado apresenta pouca frequência de "panelas" e remendos e irregularidade longitudinal ou transversal, correspondendo a 6,59%, com uma extensão de 3.164,38 m, sendo a correção de pontos localizados ou recapeamento possível a atividade de conservação mais indicada.

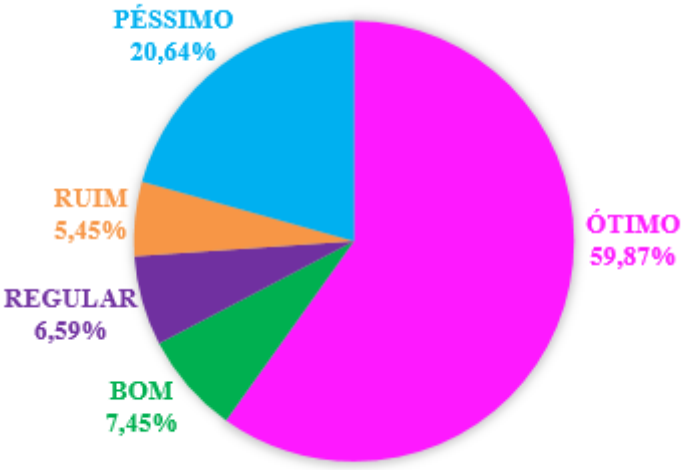
Os defeitos das seções em condição ruim ($5 \leq IES \leq 7$) são generalizados e já foram realizadas correções prévias em áreas localizadas (remendos superficiais ou profundos). Correspondem a 5,45% em uma extensão de 2.617,69m, e tiveram como possível atividade de M&R mais indicada o recapeamento com correções prévias.

Nas seções em condição péssimas ($8 \leq IES \leq 10$), os defeitos também são generalizados, com correções prévias em toda a extensão da via; é alta a degradação do revestimento e das demais camadas, e, ainda, possuem infiltração de água e descompactação da base. Como estratégia de M&R mais indicada tem a reconstrução, correspondendo a 20,64% das seções com extensão de 9.919,57m. (DNIT, 2003).

Salienta-se que todas as estratégias de M&R citadas foram baseadas na orientação da norma DNIT 008 – PRO. Observou-se, porém, que suas soluções encontram-se em parte desatualizadas, pois não contemplam técnicas mais atuais, como, por exemplo, o micro revestimento e a fresagem.

Depreende-se da Figura 18, que 67,32% das seções apresentam valor de IES entre zero e um, indicando a condição da malha urbana de Santa Rosa entre ótima a boa. As seções em condição regular representam 6,59% da malha viária, seguidas de 26,09% em condição ruim e péssima.

Figura 18: Índice do Estado de Superfície (IES)



Fonte: Autora (2014).

Em análise às seções das vias principais, realizou-se, ainda, uma hierarquização das 312 seções, tornando-se possível identificar a seção que possui o pior estado de superfície de toda a malha viária principal.

A hierarquia foi montada através de uma planilha das 312 seções com suas respectivas caraterísticas: conceitos, IES, IGGE, número de panelas + remendos de cada seção, extensão, nome da rua e o número de cada seção. O conceito de cada seção foi analisado primeiramente, cuja variação dá-se entre ótimo, bom, regular, ruim e péssimo. Em seguida, considerou-se o valor de IES, variável entre 0 e 10, sendo que, quanto maior for o seu IES, pior será o estado de superfície da seção.

Por conseguinte, foi observado o valor calculado do IGGE de cada seção, no qual, quanto maior o IGGE, pior é o estado de superficie.

Para critério de “desempate”, no caso de duas seções apresentarem os mesmos conceitos, IES e IGGE, procedeu-se à soma do número de panelas e de remedos; aquela com o resultado de maior número, é a seção de pior estado de superfície.

3.3 COMPARATIVO E ANÁLISE DA SITUAÇÃO DAS VIAS PRINCIPAIS PAVIMENTADAS DE SANTA ROSA

Neste tópico, além da análise da situação das vias principais pavimentadas de Santa Rosa, com alguns apontamentos em percentuais e demonstrativos, inclui-se, ainda,

comparativos entre a própria cidade e, também, com a cidade de Maringá, cidade localizada na região noroeste do Paraná, que possui uma população de 324.397 habitantes (conforme IBGE de 2006) e área territorial de 488 Km², de acordo com o trabalho de Hansen (2008). O que se pretende é demonstrar quais os problemas mais frequentes nos pavimentos e quais os procedimentos adotados em ambas as cidades para sanar essas deficiências.

Dentre as seções analisadas, o pior estado de superfície de toda a malha viária principal do município de Santa Rosa é a seção de número 21, localizada na Avenida Expedicionário Weber, com início à Rua Clóvis Pedroso e término à Rua Sol Poente, e com extensão de 609,17 m. Esta seção apresenta um conceito péssimo, seu IES é igual a 10, o seu IGGE igual a 237 e, para o item panela+remendo, possui um valor igual a 105.

A partir da avaliação da Figura 19, percebe-se a fundamental importância de se realizar intervenções nos estágios iniciais do defeito. A péssima condição deste trecho é atribuída a buracos, resultantes da deterioração de trincas interligadas em estágios avançado de deterioração e de inúmeros remendos mal executados.

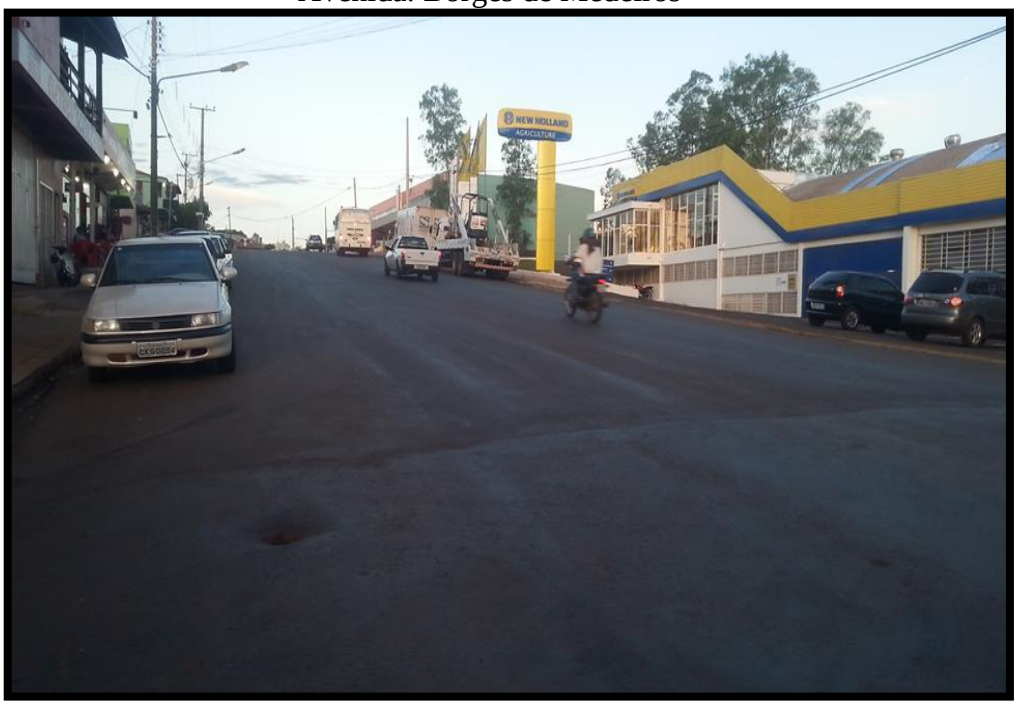
Figura 19: Estado de superfície da pior seção dos pavimentos de Santa Rosa
Avenida: Expedicionário Weber

Fonte: Autora (2014).

Em contrapartida, a seção que tem a superfície em melhor condição é a de número 156, localizada na Avenida Borges de Medeiros, com início na Rua Tiradentes e término na Rua

Cecília Meireles, com uma extensão de 162,73 m. Apresenta um conceito ótimo, seu IES e IGGE são iguais a zero, possuindo, ainda, o item panela+remendo igual a zero (Figura 20).

Figura 20: Estado de superfície da melhor seção dos pavimentos de Santa Rosa
Avenida: Borges de Medeiros



Fonte: Autor (2014).

De acordo com Hansen (2008), na cidade de Maringá, no estado do Paraná, um dos principais e mais frequentes defeitos nos pavimentos da via urbana é os buracos ou panelas, seguido dos desgates e remendos.

As panelas, segundo Hansen (2008), ocorrem na grande maioria dos trechos avaliados, em grande quantidade e estágios avançados de deterioração e são o principal fator de redução do Estado de Superfície da via. Nos trechos onde esse tipo de defeito encontra-se presente a trafegabilidade é prejudicada. O presente defeito, além de fazer necessária a redução da velocidade, exige manobras dos motorista para desviar dos buracos, comprometendo a segurança.

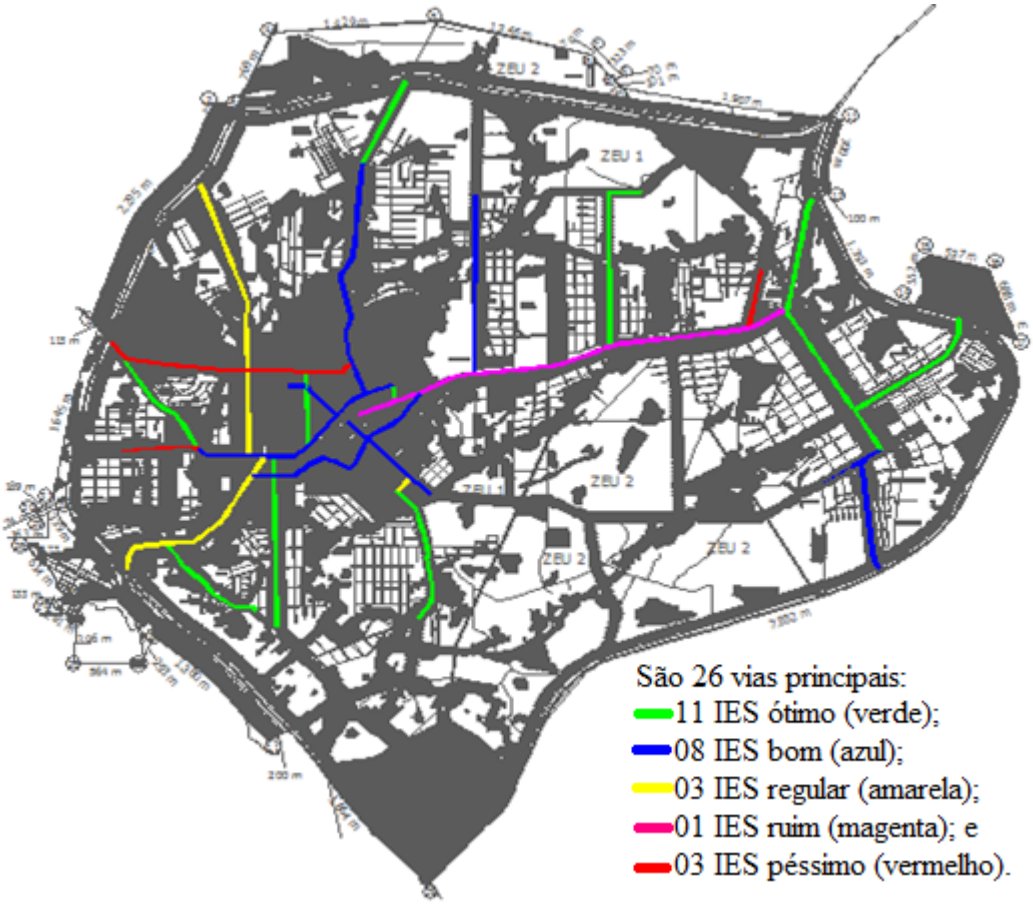
Para cada uma das 26 vias principais pavimentadas de Santa Rosa foi determinado um IES geral, por meio do qual se obteve, ponderando sua extensão, a condição de superfície de cada via principal. Tal ponderação foi adotada devido aos variados comprimentos das vias principais.

O IES geral, outrossim, foi determinado através de uma ponderação feita entre o IES de cada segmento (quadra), multiplicado com a sua respectiva extensão, e, em seguida, elaborada a soma total e dividida pela extensão total da via.

$$IES\ Geral = \frac{\sum IES(quadra) X Extensão(quadra)}{\sum Extensão\ Total}$$

Obtendo-se o IES "geral", caracterizou-se o estado de superfície geral de cada pavimento, apontando-se na Figura 21, assim, qual das vias principais necessita de maior atenção, em razão da condição do estado de superfície ser regular, ruim ou péssimo; e, também, qual das vias tem pavimento em estado de superfície bom ou ótimo.

Figura 21: Mapeamento do Estado de Superfície de cada via principal



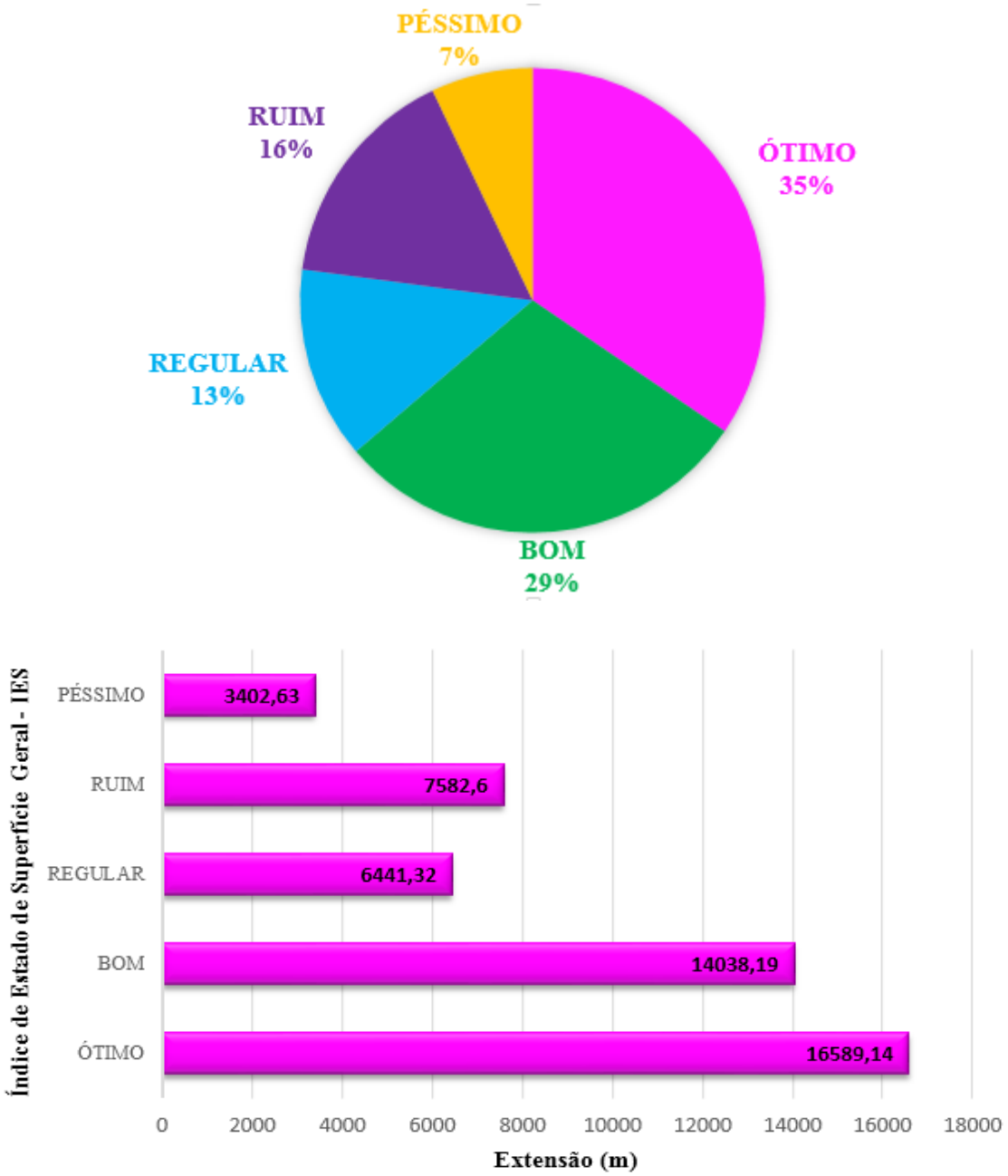
Fonte: Autora (2014).

A Figura 21 demonstra que, das 26 vias principais, 11 delas (caracterizadas em verde no mapa), apresentam estado de superfície com conceito ótimo; 8 (caracterizadas na cor azul),

possuem estado de superfície de conceito bom; 3 (representadas pela cor amarela), têm estado de superfície regular; 1 (caracterizada na cor magenta), possui estado de superfície ruim; e 3 (representada na cor vermelha), apresentam estado de superfície no conceito péssimo.

Abaixo, a Figura 22: Índice de condição de superfície geral mostra os pavimentos com o IES péssimo a ruim, os quais representam 22,86%. Já os pavimentos com IES regular perfazem 13,40%, e os pavimentos com estado de superfície ótimo e bom, que ainda são a maioria, representam 63,73% do total.

Figura 22: Índice de condição de superfície geral (IES)



Fonte: Autora (2014).

A apresentação dos resultados nesse formato, ou seja, mostrando as quantidades de vias avaliadas de acordo com a Classe Funcional permite que o tomador de decisão (técnico e/ou administrativo) tenha condições de estabelecer prioridades e tomar decisões mais fundamentadas.

Os dados levantados, quanto aos tipos de defeitos, permitem inferir que pode haver mais eficiência na política de investimentos de manutenção preventiva ou execução de serviços de restauração das vias urbanas, mesmo que muitas das vias principais estejam em condições de superfície ótima.

Muitas das vias principais que possuem seu estado de superfície com um EIS ótimo foram restauradas a menos de 2 anos. Isso explica um pouco da característica ótima da condição de superfície dos seus pavimentos. As vias principais, com condições de superfície péssimas e ruins, possuem uma estimativa de vida de aproximadamente 3 anos, pois foram restauradas aproximadamente entre 2010 e 2011, segundo dados repassados pela Prefeitura. Nota-se que estas vias fazem a ligação entre as vias estruturais e o centro da cidade, e também, ligam se com outras vias principais. Em consequência desta ligação, a solicitação do tráfego nessas vias, de veículos de carga, ônibus e carros de passeio, é mais intenso, fazendo com que o pavimento sofra uma maior solicitação e, com a falta de uma estrutura adequada, se deteriore mais rapidamente.

Segundo Hansen (2008), em Maringá-Paraná, a hierarquia viária é fundamental por ser intrínseca à classificação segundo critérios de velocidade, volume de tráfego médio (VDM) e características geométricas das vias. O IES do pavimento como resultado da avaliação subjetiva também é importante, por refletir qualitativamente e quantitativamente a condição do pavimento.

A degradação do pavimento resulta de causas naturais associadas ao meio ambiente, assim como seu uso continuado pelo tráfego intenso, muitas vezes, superior ao estimado no projeto inicial, o que leva o pavimento à fadiga prematuramente.

A solicitação de tráfego e as características das camadas do pavimento são de grande importância estrutural para um pavimento. Limitar as tensões e deformações na estrutura do pavimento, por meio da combinação de materiais e espessuras das camadas constituintes, é o objetivo do Projeto Estrutural.

Grande maioria dos pavimentos das vias principais não possui um projeto estrutural. A estrutura dos pavimentos, na grande maioria, é formada pelo subleito, uma camada de pedras irregulares (calçamento) e uma camada de revestimento de concreto asfáltico com espessura variada.

Segundo informações colhidas junto à Prefeitura de Santa Rosa e de observações feitas no campo, os procedimentos usuais para a manutenção aplicadas à rede viária da cidade de Santa Rosa são:

- Tapa-buracos: as panelas ou buracos são preenchidos manualmente com concreto asfáltico, sem uma limpeza prévia e sem aplicação de pintura de ligação. A compactação é feita pela passagem dos veículos;

- Reperfilagem: é feita quando o revestimento se encontra em estado de deterioração avançado, mas aquém da necessidade de uma atividade de reabilitação, ou seja, reforço estrutural; a regularização é realizada em segmentos muito desgastados e com remendos deteriorados e tapa-buracos comprometidos, com aplicação de concreto asfáltico, com espessura entre três e cinco centímetros, distribuído por motoniveladora, compactação com rolo pneumático, seguida de rolagem com rolo liso metálico para o acabamento final.

Estes mesmos procedimentos também são os mais corriqueiros em Maringá-PR, segundo Hansen (2008) e, muitas vezes, não são suficientes para devolver ao pavimento uma boa condição de sua superfície, devido à forma de execução, mas, permite resguardar a condição estrutural do pavimento, se forem aplicados em momento oportuno.

Para que a operação de tapa-buraco devolvesse à superfície do pavimento uma boa condição, seria necessário seguir uma boa técnica, ou seja, a execução de remendo. Quanto ao procedimento de reperfilagem ou de regularização, seria necessária a remoção parcial do revestimento antigo, através da fresagem, para proporcionar uma superfície mais regular ao novo revestimento, não elevar a espessura do pavimento; e também, para futuramente não enfrentar problemas de drenagens.

Para Hansen (2008), como é feita atualmente, a camada de reperfilagem preenche outros defeitos (buracos, trincas e desgastes acentuados), resultando em uma camada ondulada e irregular e de vida útil aquém do esperado, uma vez que a operação de reperfilamento não se emprega a vibra-acabadora (equipamento que distribui de forma regular a mistura asfáltica) e a temperatura de compactação ocorre abaixo da recomendada.

Diversas consequências ocorreram da execução inadequada destes procedimentos na avaliação da condição da superfície do pavimento, pois tanto os tapa-buracos como a camada de regularização sofreram os efeitos de desgaste em pouco tempo após a execução de manutenção. Já na execução da reperfilagem, o aumento da altura do pavimento, quando da sobreposição de camada, tem como consequência problemas de drenagem, pois o meio-fio fica cada vez mais baixo ou mais próximo da altura do pavimento. Em consequência, a água pluvial invade as calçadas ou acaba ficando depositada sobre a pista do pavimento.

Conforme Souza (2004), esses estragos resultam de falha de construção, de estrutura ou de suporte. Deve ser considerada, também, a falta ou a deficiência do Sistema de Gerência de Pavimento. As consequências dessa realidade repercutem na sociedade como um todo, uma vez que as avenidas pesquisadas desempenham múltiplas funções: de via secundária à via estrutural, por abrigar e interligar o fluxo de veículos de transporte de passageiros e cargas, de diversos tipos, das rodovias até diferentes pontos do município e vice-versa.

3.4 ANÁLISE DE CUSTOS E MÉTODOS DE REABILITAÇÃO DOS PAVIMENTOS DE SANTA ROSA

Considera-se importante que se difunda a gerência de pavimentos no âmbito dos administradores públicos, principalmente prefeituras municipais, evidenciando-se as vantagens da adoção e uso continuado de um sistema de gerência de pavimentos, pois os recursos públicos, quase sempre inferiores às necessidades, devem ser alocados de forma eficiente e racional, de acordo com critérios discutidos e entendidos pelos responsáveis. Acredita-se, fielmente, que os planos de investimentos municipais devem incluir a melhoria viária, de acordo com a melhor estratégia para servir à população, e não atender somente aos casos de reparo urgente, que é o mais comum na maioria das cidades brasileiras.

Delimitou-se, através do Quadro 14, uma sugestão com custos e dois métodos para possíveis reabilitações dos pavimentos de Santa Rosa. A ideia é estimar o custo que a Prefeitura teria para reabilitar as vias que estão em estado péssimo e ruim, deixando-as em condições de superfície regular ou boas.

Quadro 14: Custos e métodos para possibilidades de reabilitações das vias de Santa Rosa

Vias	IES	Ext. (m)	Larg (m)	Área (m²)	Métodos de Propostos de Reabilitação	
					Fresagem 100% + recomposição de 4cm CBUQ + 4cm de CBUQ	Fresagem 10% + recomposição de 4cm de CBUQ + 2 camada de micro revestimento.
Av. Santa Cruz	ÓTIMO	1.388,91	7	9.722,37	R$ 504.979,90	R$ 392.394,85
Rua Benvindo Giordâni	ÓTIMO	941,05	12	11.292,6	R$ 586.537,64	R$ 455.769,34
Rua Castelo Branco	ÓTIMO	1.051,74	13	13.672,62	R$ 710.155,88	R$ 551.826,94
Av. Firmino de Paula	ÓTIMO	2.591,91	9	23.327,19	R$ 1.211.614,25	R$ 941.485,39
Av. Buricá	ÓTIMO	999,05	20	19.981	R$ 1.037.813,14	R$ 806.433,16
Av.Flores da Cunha	ÓTIMO	3.058,91	9,5	29.059,64	R$ 1.509.357,96	R$ 1.172.847,27
Av. Cel. Braulio de Oliveirae	ÓTIMO	2.953,5	9	26.581,5	R$ 1.380.643,11	R$ 1.072.829,34
Rua Henrique Gassen	ÓTIMO	822,21	10	8.222,1	R$ 427.055,87	R$ 331.843,96
Rua Edwino Fenner	ÓTIMO	982,14	9	8.839,26	R$ 459.111,16	R$ 356.752,53
Rua Teixeira Mendes	ÓTIMO	126,13	14	1.765,82	R$ 91.716,69	R$ 71.268,50
Rua Sinval Saldanha	ÓTIMO	1.673,59	14	23.430,26	R$ 1.216.967,70	R$ 945.645,29
Rua Dr. João Dhane	BOM	815,88	14	11.422,32	R$ 593.275,30	R$ 461.004,84
Rua Santa Rosa	BOM	1.820,89	13	23.671,57	R$ 1.229.501,35	R$ 955.384,57
Rua Ectore Alberto Beltrame	BOM	121,02	14	1.694,28	R$ 88.000,90	R$ 68.381,14
Av. Rio Branco	BOM	2.079,11	7,5	15.593,32	R$ 809.917,30	R$ 629.346,60
Av. América	BOM	2.299,51	11	25.294,61	R$ 1.313.802,04	R$ 1.020.890,46
Av. Pedro Schwertz	BOM	1.184,69	9	10.662,21	R$ 553.795,19	R$ 430.326,80
Rua José Bonifácio	BOM	1.341,05	10	13.410,5	R$ 696.541,37	R$ 541.247,78
Av. Tuparendi	BOM	4.376,04	7,5	32.820,3	R$ 1.704.686,38	R$ 1.324.627,31
Av. Borges de Medeiros	REGULAR	3.441,86	9,5	32.697,67	R$ 1.698.316,98	R$ 1.319.677,96
Rua das Missões	REGULAR	166,77	13	2.168,01	R$ 112.606,44	R$ 87.500,88
Rua Dr. Francisco Timm	REGULAR	2.832,69	14	39.657,66	R$ 2.059.818,86	R$ 1.600.583,16
Av. Expedicionário Weber	RUIM	7.582,6	9	68.243,4	R$ 3.544.562,20	R$ 2.754.303,62
Rua João Pedro Timm	PÉSSIMO	968,33	14	13.556,62	R$ 704.130,84	R$ 547.145,18
Av. Inhacorá	PÉSSIMO	2.037,23	12	24.446,76	R$ 1.269.764,71	R$ 986.671,23
Rua Júlio Gaviragui	PÉSSIMO	397,07	12	4.764,84	R$ 247.485,79	R$ 192.308,94
TOTAL					R$ 25.762158,97	R$ 20.018.497,04

Fonte: Autora (2014).

Com estes resultados apresentados, pode-se dizer que a malha urbana de Santa Rosa ainda está num estágio em que a maior parte dos esforços estão voltados para a conservação, e apenas 20,64% da área das vias principais necessitam de reabilitação. Conforme Zanchetta

(2005), isto é bastante importante, uma vez que os custos de manutenção (R$100.000,00/Km) são bem menores que os de reabilitação (R$250.000,00/Km), supondo uma largura média da via de 8,5m.

O mesmo motivo que causa problemas de patologias nas vias também é o que faz com que estas deveriam estar em melhorem situações, ou seja, por tratar-se de umas das principais vias da cidade e por serem muito solicitadas estas deveriam estar em constantes manutenções preventivas, evitando-se assim, muitos defeitos.

Na primeira proposta para reabilitação das vias de Santa Rosa, conforme o Quadro 15, obter-se-ia um gasto de aproximadamente R$ 6.000.000,00

Quadro 15: Proposta 1

Ruas	IES	Ext. (m)	Larg.(m)	Área (m^2)	Fresagem100% + 8cm CBUQ	Fresagem 10% + 4cm CBUQ + 2 camada de micro revestimento.
Av. Expedicionário Weber	RUIM	7582,6	9	68243,4	R$ 3.544.562,20	R$ 2.754.303,62
Rua João Pedro Timm	PÉSSIMO	968,33	14	13556,62	R$ 704.130,84	R$ 547.145,18
Av. Inhacorá	PÉSSIMO	2037,23	12	24446,76	R$ 1.269.764,71	R$ 986.671,23
Rua Júlio Gaviragui	PÉSSIMO	397,07	12	4764,84	R$ 247.485,79	R$ 192.308,94
TOTAL					R$ 5.765.943,54	R$ 4.480.428,98

Fonte: Autora (2014).

Neste método proposto, utilizar-se-ia uma fresagem de 100% mais recomposição de 8 cm de CBUQ para uma melhoria que transformaria todos os pavimentos em estado de superfície ruim e péssimo em estado bom.

Na segunda proposta, conforme o Quadro 16, obter-se-ia um gasto de aproximadamente R$ 10.000.000,00.

Quadro 16: Proposta 2

Ruas	IES	Extensão (m)	Largura (m)	Área (m²)	Fresagem100% + 8cm CBUQ	Fresagem 10% + 4cm CBUQ + 2 camada de micro revestimento.
Av. Borges de Medeiros	REGULAR	3441,86	9,5	32697,67	R$ 1.698.316,98	R$ 1.319.677,96
Rua das Missões	REGULAR	166,77	13	2168,01	R$ 112.606,44	R$ 87.500,88
Rua Dr. Francisco Timm	REGULAR	2832,69	14	39657,66	R$ 2.059.818,86	R$ 1.600.583,16
Av. Expedicionário Weber	RUIM	7582,6	9	68243,4	R$ 3.544.562,20	R$ 2.754.303,62
Rua João Pedro Timm	PÉSSIMO	968,33	14	13556,62	R$ 704.130,84	R$ 547.145,18
Av. Inhacorá	PÉSSIMO	2037,23	12	24446,76	R$ 1.269.764,71	R$ 986.671,23
Rua Júlio Gaviragui	PÉSSIMO	397,07	12	4764,84	R$ 247.485,79	R$ 192.308,94
TOTAL					R$ 9.636.685,82	R$ 7.488.190,99

Fonte: Autora (2014).

Ou, de outra forma, utilizar-se-ia uma fresagem de 10% mais recomposição de 6 cm de CBUQ para uma melhoria um pouco mais acentuada para deixar as vias regulares, ruim e péssimos em estado bom.

Assim, o município de Santa Rosa, para conseguir deixar todos os seus pavimentos em uma condição estado de superfície bom, para a trafegabilidade segura e confortável de seus usuários, utilizando a primeira proposta de reabilitação apresentada acima, gastaria em torno de R$ 6.000.000,00. Já para deixar os pavimentos regular, ruins e péssimos em condições de estado bom, estima-se um gasto de R$ 10.000.000,00.

Estes dados podem auxiliar um Sistema de Gerência de Pavimento. Essa ferramenta permite conhecer as condições atuais, as necessidades e tecnologias de manutenção preventiva ou restauração, assim como, o tempo restante de vida útil dos pavimentos de cada uma das vias de circulação. Seu uso é fundamental para calcular, com maior precisão, o valor dos serviços, subsidiar projetos para captação de verbas, definir e priorizar a aplicação de investimentos, evitando decisões equivocadas e desperdício de dinheiro público.

CONCLUSÃO

As descrições apresentadas neste estudo evidenciam a importância do conhecimento dos tipos de defeitos dos pavimentos para uma avaliação mais precisa, de forma a direcionar as melhores técnicas de recuperação e manutenção dos pavimentos das vias urbanas, com o intuito de auxiliar o município de Santa Rosa.

Verificou-se que grande parte dos pavimentos das vias principais da cidade não possui um projeto estrutural. E, por não possuírem a estrutura adequada, sua vida útil acaba sendo um pouco reduzida, fazendo com que reparos devam ser executados antes do previsto. Geralmente, os procedimentos usuais para a manutenção aplicadas à rede viária da cidade de Santa Rosa são tapa-buracos e reperfilagem.

A malha viária de Santa Rosa é apresentada com dados baseados no estado de superfície de seus pavimentos, bem como relativos à porcentagem com que os defeitos são encontrados, os mais frequentes, os inexistentes e a real condição de superfície das vias principais. Avaliaram-se seções com pavimento flexível, sendo, no total, 312 seções com uma extensão de 48.053,88 m. Pode-se constatar que existem diversos defeitos ao mesmo tempo nas seções; mas os mais presentes, porém, são as trincas isoladas (98,78%), o desgaste (74,04%), os remendos (67,63%), as trincas couro de jacaré (49,04% e as panelas (41,68%). Os defeitos exsudação (17,31%) e escorregamento (8,97%) são os que estão menos frequente nos pavimentos das vias principais de Santa Rosa. O defeito trinca em bloco não foi encontrado nos pavimentos urbanos.

Quanto aos níveis de severidade, os defeitos apresentaram os seguintes resultados: trinca isolada Baixo 203, Médio 53, Alto 52 e 4 não possuem esse defeito; desgaste B 181, M 41, A 32 e 81 não possuem; remendos B 61, M 65, A 85 e 101 não possuem; trinca couro-de-jaracé B 69, M 37, A 47 e 159 não possuem; panela B 39, M 28, A 59 e 186 não possuem; exsudação B 45, M 8, A 1 e 258 não possuem; e escorregamento B 26, M 2, A 0 e 284 não possuem esse defeito.

Conferiu-se que 35% da pavimentação das vias estão em condições ótimas; 29% está em condições boas; 13% está em condições regulares; 16% encontra-se em condições ruins; e

7% encontra-se em condições péssimas. Reitera-se que, para conseguir deixar todos os seus pavimentos em uma condição estado de superfície ruim e péssima em bom, para a trafegabilidade segura e confortável de seus usuários, utilizando a primeira proposta de reabilitação apresentada como sugestão no trabalho exposto, gastaria em torno de R$ 6.000.000,00. Já para deixar os pavimentos regular, ruins e péssimos em condições de estado bom, estima-se um gasto de R$ 10.000.000,00.

Deve-se priorizar as atividades de manutenção corretiva e preventiva, com vantagens no médio e longo prazos, de maneira a aumentar a vida útil do pavimento, uma vez que os custos de reforço estrutural e reconstrução são bem mais elevados (praticamente o dobro) do que os de manutenção. Para as patologias do pavimento, assim como na medicina, vale a máxima “é melhor prevenir do que remediar”.

Também, ao final deste trabalho, procurou-se mostrar para a municipalidade a situação atual de cada via principal identificando as principais seções que necessitam a realização de manutenção, tendo o estudo como referência, apresentando análise crítica e sugestões sobre o gerenciamento e a situação atual do pavimento urbano do município.

Com isso, assevera-se a importância do município de Santa Rosa desenvolver um sistema para gerenciar a conservação dos pavimentos das vias principais urbanas para conseguir, não apenas realizar operações de conservação de caráter emergencial, mas também, de caráter preventivo. Além disso, é possível quantificar a durabilidade das soluções adotadas e ter uma estimativa se o município está investindo corretamente em sua infraestrutura.

A metodologia aplicada neste estudo pode ser aplicada perfeitamente pelo departamento de conservação viária do município e pode contribuir para o melhoramento da conservação da malha viária da maioria dos municípios e também contribuir para a redução de custos e sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. **Guidelines for Pavement Management Systems**. American Association of State Higway and Transportation Officials. Washington, DCC/USA, 1990.

_____. **Guide for Design of Pavement Structures**. American Association of State Higway and Transportation Officials. Washington, DCC/USA, 1993.

_____. **Pavement Management Guide**. American Association of State Higway and Transportation Officials. Washington, DCC/USA, 2001.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7207:** terminologia e classificação de pavimentação. Rio de Janeiro, RJ: 1982.

ALBUQUERQUE, Fernando Silva. **Sistema de Gerência de Pavimento para Departamentos de Estradas do Nordeste Brasileiro.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: PPGEC/UFRGS, 2007.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica:** materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558 p. il.

BASÍLIO, R. **Análise do Comportamento de Pavimentos de Rodovias Estaduais de Goiás – Estudo de Caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BAUSANO, J. P., *et al*. **Reliability-Based use of PMS Data for Determining The life Expectancy of Preventive Maintenance Fixes for Asphalt Surfaces Pavements**. Transportation Research Board, 83rd Annual Meeting Washington, DC, 2004.

BENEVIDES, S. A. S., *et al.* Análise do Comportamento da Malha Rodoviária do Estado do Ceará sob Condições de Restrição Orçamentária. In: **35ª Reunião Anual de Pavimentação**. Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 2004.

BENNETT, C. R. Evaluation of a High Speed Transverse Profile Logger. In: **4th International Conference on Managing Pavements**, South Africa, 1998.

BERNUCCI, L. B.; *et al.* **Pavimentação Asfáltica.** Formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2008.

BERTOLLO, S. A. M. – **Considerações sobre a gerência de pavimentos urbanos em nível de rede**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 1997.

CARDOSO, A. **Estudo em Laboratório do Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas Betuminosas Utilizadas em Pistas Experimentais**. Dissertação de mestrado, Porto Alegre, PPGEC/UFRGS, 2002.

CAREY JR., W. N.; IRICK, P. E. The Pavement Serviciability PerformanceConcept. In: **Highway Research Board**. Buletin 250, 1962.

CUNHA, Roberto Carlos. **Determinação de Modelo de Deterioração dos Pavimentos para a Malha Rodoviária do Ceará.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

DAER. DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS E RODAGEM. **Concreto Asfáltico.** DAER/RS – ES – P 16/98. Porto Alegre, 1998.

DANIELESKI, Maria Luiza. **Proposta de Metodologia para Avaliação Superficial de Pavimentos Urbanos**: aplicação à rede viária de Porto Alegre. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: UFGRS, 2004.

DER. Departamento de Estradas de Rodagem. **Avaliação de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos por Meio de Levantamento Visual Contínuo de Defeitos de Superfície**. São Paulo, 2006.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos**. Ministério dos Transportes, 1998.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Conservação Rodoviária**. Publicação IPR-710, 2005.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes: **Manual de Pavimentação.** Rio de Janeiro, 2006.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 005/2003 – TER:** Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos**: terminologia. Rio de Janeiro, 2003.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 150/2010 – ES:** Pavimentação asfáltica – Lama Asfáltica – Especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR, 2010.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes: **Manual de Gerência de Pavimentos.** Publicação IPR – 745, 2011.

_____. DNIT 005/2003 – TER. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos.** MT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Brasília – DF, 2003.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos** – PRO 006/2003. Rio de Janeiro, RJ: 2003.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Levantamento para Avaliação de Pavimentos Flexíveis ou Semi-rígidos** – PRO 007/2003. Rio de Janeiro, RJ: 2003.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Levantamento Visual Contínuo para Avaliação da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos** – PRO 008/2003. Rio de Janeiro, RJ: 2003.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos** – PRO 009/2003. Rio de Janeiro, RJ: 2003.

DOMINGUES, F. A. A. **Mirr Equipamento para Medição da Irregularidade dos pavimentos**. São Paulo - SP, 1999.

ECHEVERRIA, José Antônio Santana. **Avaliação do Efeito de Restaurações com Fresagem e Recapeamento nas Condições Funcional e Estrutural de Pavimentos com Volume de Tráfego Médio**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2011.

FERNANDES, Floriano Augusto de Toledo Fernandes. **Desenvolvimento de um Sistema de Gerenciamento para Conservação do Pavimento de Vias, através de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2011.

FERNANDES JR., J. L. **Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos para Cidades de Médio Porte**. São Carlos/SP: Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, 2001.

_____. **Considerações Sobre a Importância do Treinamento e Pesquisa Para Implantação de Sistemas de Gerência de Pavimentos.** In: 30º Reunião Anual de Pavimentação. Salvador-BA, Vol. 4, 1996b, p. 2115-2125.

FERNANDES JR., J. L., *et al*. **Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos**. Material Didático. São Carlos. Departamento de Transportes, EESC, USP, 2003.

GONÇALVES, F. J. P. **Diagnóstico e Manutenção dos Pavimentos – Ferramentas Auxiliares**. Editora da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo/RS, 2007.

GORDON, C. L. *et al*. **Systems Analysis and Design**: Current Practices. MIS Quarterly, Vol. 11 n° 4, dec. 1985.

GUZEN, E. R. **Modelo de Avaliação Funcional de Rodovias por Técnicos e sua Avaliação a Concessões.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – PPGEC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.

HAAS, R. C. G.; HUDSON, W. R. **Pavement Management Systems**. McGraw Hill, Inc., USA, 1982.

HAAS. R.; HUDSON, W.R.; ZANIEWSKI, J. **Modern Pavement Management**. Krieger Publishing Company. Malamar, Florida 1994.

HANSEN, A. **Aplicação de Sistema de Informação Geográfica em Sistema de Gerência de Pavimentos para a Cidade de Maringá.** Dissertação de Mestrado. Maringá – PR, 2008.

KHATTAK, M. J. e ALRASHIDI, M. Evaluation of Maintenence Treatments of Flexible Pavements Using LTPP Data. In: **Transportation Research Board 83th Annual Meeting**. Washington, D.C, 2004.

MANUAL DE ASFALTO, Instituto de Asfalto. **Série do Manual**. N 4 (MS-4).1989.

MARCON, A. F. **Contribuição ao Desempenho de um Sistema de Gerência de Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina.** Tese de D.Sc. ITA, São José dos Campos/SP, 1996.

_____. **Gerenciamento e Avaliação de Pavimentos:** notas de aula. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 2005.

MASCARÓ, J. L. **Desenho Urbano e Custos de Urbanização**. Brasília, DF. MHU-SAM, 1987.

MATOS, Fábio Cardoso de. **Gerência da Manutenção da Superfície de Rolamento de Vias Urbanas Utilizando SIG.** Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 2004.

MORAES, Carlos André da S. *et al*. Uma proposta para avaliação, manutenção e restauração de pavimentos das vias urbanas. Trabalho Técnico apresentado nos Anais do **18° Encontro de Asfalto**, Rio de Janeiro, 2006.

MOTTA, L. M. G. **Considerações a Respeito de Pavimentos e Tráfego nas Vias Urbanas**. Anais da VI reunião de pavimentação urbana. Santos – SP, pp. 26 – 50, 1995.

NCHRP 35. **Rehabilitation Strategies for Highway Pavements.** NCHRP Web Document 35 (Project C1-38), 2001.

NÓBREGA, E. S. **Comparação entre Métodos de Retroanálise em Pavimentos Asfálticos**. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ. 365 f. Rio de Janeiro, 2003.

OECD. **Pavement Management System.** Organization for Economic Co-Operation and Development. Road Transport Research. Report prepared by an OECD Scientific Expert Group. Paris/France, 1987.

OLIVEIRA, A. de. **Contribuição à Avaliação do Desempenho dos Pavimentos na Região de Rochas de Embasamento Cristalino em Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2007.

PAPAGIANNAKIS, A. T.; MASAD, E. A. **Pavement Design and Materials**. New Jersey: J. Wiley, 2008. 542 p., il.

PATERSON, W.D.O. **Road Deterioration and Maintenance Effects Models for Planning and Management.** The World Bank, Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1987.

PIETRANTONIO, Hugo. **Engenharia de Tráfego**: princípios básicos. [s.n.], 2000. 21p.

PREFEITURA Municipal de Porto Alegre. **Termo de Referência da Concorrência Pública Internacional nº 60/00**. Porto Alegre, RS. Concorrência Pública Internacional nº 02.082017.00.0, 2001.

PREFEITURA Municipal de Santa Rosa. **Plano Diretor**. 91p. Santa Rosa, RS, 2006.

PRESTES, M. P. **Métodos de Avaliação Visual de Pavimentos Flexíveis**: um estudo comparativo. Dissertação (Mestrado): Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS: 2001.

REIS, Carlos Alberto Ramim. **Desenvolvimento de Equipamento e Método para Levantamento Visual Contínuo com Vídeo-registro de defeitos de Equipamentos Rodoviários**. Dissertação de Mestrado de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, UFRGS, 2007.

RIBAS, Jeancarlo. **Avaliação de Desempenho de um Trecho Experimental de Pavimento Flexível com Asfalto-borracha na BR285/RS.** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI), Ijuí. 2010.

RODRIGUES, R. M. **Gerência de Pavimentos**. Apostila do Curso GEO-51. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2003.

_____. **Projeto e Gerência de Pavimentos.** Instituto Tecnológico de Aeronáutica**.** São José dos Campos, 1996.

_____. **Projeto de Pavimentos**. Apostila do curso de Mecânica e Desempenho de Pavimentos, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, São José dos Campos, 1998.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Vol. II – 1.ed. – São Paulo: Pini, 2001.

SERAFI, Lauson. **Critérios para Priorização de Intervenções de Manutenção em Pavimentos Rodoviários**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2005.

SHAHIN, M. Y. **Pavement Management for Airports**, **Roads and Parking Lots**. Editora Chapman & Hall: New York, 1994.

SCHACKE, I. **Pavement Maintenance Management Systems in OECD Countries**. Second North American Conference on Maraging Pavements. Procedings, v.1, pp1311-1325, Toronto, 1987.

SILVA, P. F. A. **Manual de Patologia e Manutenção dos Pavimentos**. São Paulo: Editora PINI, 2005.

TARGAS, D. N. Pavimentação urbana: a evolução das normas de pavimentação da Prefeitura do Município de São Paulo. **Revista Engenharia - Editora Engenho**, n.531, p.40-47, 1999.

VILLELA, A. R. A. **Análise da Base de Banco de Dados de um Grupo de Rodovias para Aplicação em Projetos de Reabilitação**. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis - SC, 270 p. 1999.

VISCONTI, T. S. **O Sistema Gerencial de Pavimentos do DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem**. DNER, Brasília, 2000.

ZANCHETTA, Fábio. **Aquisição de Dados sobre a Condição dos Pavimentos visando a Implementação de Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos.** Dissertação de Mestrado. Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos- SP, 2005.

ANEXO

ANEXO A

INVENTÁRIO DA REDE VIÁRIA URBANA - SANTA ROSA

DADOS

ID da Seção:	Folha:	Código da Seção:
Nome da Via:		Sentido
Da:		
Até:		
Classe Funcional:	Setor:	Quadra:
Comprimento:	Largura:	Nº de Faxias:

Tipo de Pav.	Espessura Rev.	Ano de Construção	Volume de Tráfego	Rotas de ônibus
			Carro:	
		Última Restauração	Caminhões:	
			Ônibus:	

FOTOS

AVALIAÇÃO SUBJETIVA

Segmento					Frequência de Defeitos								ICPF	Trincas			Deformações			Panelas + Remendos			(Ft.Pt)+(Foap.Poap)+(Fpr.Ppr)= IGGE	RESULTADOS IES		
Nº do Seg.	Altura Meio Fio	Odômetro			PanelaQnt/km	Rem. Qnt/km	Trincas (%/km)			Outros defeitos (%/km)				Ft %	Pt	Ft.Pt	Foap %	Poap	Foap.Poap	Fpr nº	Ppr	Fpr.Ppr		Valor	Código	Conceito
		Início	Fim	Extensão			TR	TJ	TB	Desg	Exud.	Escor.														

ICPF	Descrição	Conceito
5 - 4	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA.	Ótimo
4 - 3	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas.	Bom
3 - 2	CORREÇÃO DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO - pavimento trincado, com “panelas” e remendos pouco freqüentes e com irregularidade longitudinal ou transversal.	Regular
2 - 1	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS - defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas - remendos superficiais ou profundos.	Ruim
1 - 0	RECONSTRUÇÃO - defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas - infiltração de água e descompactação da base.	Péssimo

Panelas e Remendos			Demais Defeitos		
Código	Frequência	Quant./km	Código	Frequência	% por Km
A	Alta	≥ 5	A	Alta	≥ 50
M	Média	2-5	M	Média	50-10
B	Baixa	≤ 2	B	Baixa	≤ 10

IES - Índice de Estado da Superfície do Pavimento

DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
IGGE ≤ 20 e ICPF > 3,5	0	A	ÓTIMO
IGGE ≤ 20 e ICPF ≤ 3,5	1	B	BOM
20 ≤ IGGE ≤ 40 e ICPF > 3,5	2		
20 ≤ IGGE ≤ 40 e ICPF ≤ 3,5	3	C	REGULAR
40 ≤ IGGE ≤ 60 e ICPF > 2,5	4		
40 ≤ IGGE ≤ 60 e ICPF ≤ 2,5	5	D	RUIM
60 ≤ IGGE ≤ 90 e ICPF > 2,5	7		RUIM
60 ≤ IGGE ≤ 90 e ICPF ≤ 2,5	8	E	PÉSSIMO
IGGE > 90	10		

MÉDIA

OBS: