

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

ALINE HANSEN

**APLICAÇÃO DE SIG EM SISTEMA DE GERÊNCIA DE
PAVIMENTOS PARA A CIDADE DE MARINGÁ**

MARINGÁ

2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ALINE HANSEN

**APLICAÇÃO DE SIG EM SISTEMA DE GERÊNCIA DE
PAVIMENTOS PARA A CIDADE DE MARINGÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientador: Prof. Dr. José Kiynta Yshiba.

MARINGÁ

2008

ALINE HANSEN

**APLICAÇÃO DE SIG EM SISTEMA DE GERÊNCIA DE
PAVIMENTOS PARA A CIDADE DE MARINGÁ**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana no programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá.

Prof. Dr. Evaristo Atêncio Paredes, Coordenador do Programa.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Kiynga Yshiba (Orientador) - UEM

Prof^a. Dr^a. Fernanda Antonio Simões - UEM

Prof^a. Dr^a. Sandra Oda – UNIFACS

Maringá, janeiro de 2008.

“The right treatment on the right pavement at
the right time”

Foundation for Pavement Preservation

Dedico meu trabalho a todas as pessoas que eu amo, e a todas aquelas que me amam. Estas pessoas em muito contribuíram e deram sentido ao esforço, no simples gesto do amor.

AGRADECIMENTOS

*A Deus, por ser minha razão, meu caminho e minha vida; e
minha Família, que dá sentido ao caminho que estou
construindo, com seu apoio, carinho e amor.*

*A minha querida Mãe, Vera, a maior mestre de minha vida,
incansável em me ensinar os valores que levarei por toda
minha vida.*

*Ao meu Pai, Roque, por ter proporcionado as condições para
chegar até aqui.*

*As minhas irmãs Cristiane e Patrícia, incondicionalmente
presentes.*

*Ao Gustavo Yabiku que me acompanha nesta jornada com
muito amor e muita dedicação.*

À Universidade Estadual de Maringá.

*À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível
Superior- CAPES.*

*Ao Professor José Kiyuha Yshiba, pela oportunidade ímpar
de chegar até aqui.*

*Ao Professor Paulo Fernando Soares, que através de seu
exemplo personifica o que é Ser Mestre.*

*À Professora Fernanda Antonio Simões pelo exemplo de
atitude e postura.*

*Aos professores do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá.*

Ao Eng^o Civil Jorge Abe, responsável pelo Departamento de Pavimentação da Secretaria de Serviço Públicos de Maringá, pela colaboração e atenção dedicadas.

À amiga sempre presente Aline Lisot, cujo brilho é como a chama de uma vela, capaz de ascender outras sem diminuir sua Luz.

À amiga Rakelly G. Mercado, sua determinação e conselhos precisos me recordam sempre bons momentos.

Aos colegas do mestrado, mas em especial as meninas: Aline, Carla Marek, Carla Sander, Irene e Rakelly. Companheiras de momentos especiais.

Aos funcionários Douglas, Juarez, Neusi pela disposição e dedicação e Cleonice pelos momentos agradáveis de seu doce cafezinho acompanhado de boas conversas.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta de Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) para cidades de médio porte, com base no levantamento feito na malha viária de um bairro da cidade de Maringá, estado do Paraná. Delimitada a área de estudo, foi feita a avaliação da condição atual da superfície dos pavimentos para determinação do IES, Índice de Estado de Superfície, desenvolvida a partir do método SHRP, considerando a severidade e extensão dos defeitos. Através do IES, pode-se inferir, através de um índice numérico, as condições de superfície do pavimento. Foi definido também um Índice de Priorização IP, instrumento para classificação das seções que devem receber atividades de manutenção e reabilitação, em função do IES, do tipo de via e do atendimento ao transporte coletivo urbano. Definidos estes dois índices, foram estabelecidas as atividades de manutenção e reabilitação pertinentes às condições atuais da superfície dos pavimentos deteriorados. Por fim, utilizou-se a ferramenta SIG - Sistemas de Informações Geográficas, para proporcionar maior dinamismo ao SGPU, através da correlação de um banco de dados do SGPU a uma base cartográfica, facilitando a visualização e auxiliando no processo de tomada de decisão por parte dos administradores. Com a fusão de um SIG a um SGPU são apresentados mapas temáticos indicando os tipos de via, o IES e o IP de cada trecho. Como resultado, pode-se verificar que o emprego das duas ferramentas facilita à administração pública a gestão deste sistema de infra-estrutura urbana com mais eficiência e qualidade, possibilitando aos órgãos competentes manter o valor patrimonial da rede de pavimentos, além de facilitar aplicação de intervenções corretas em momento oportuno, proporcionando o conforto e a segurança aos usuários.

Palavras-chave: gerência de pavimentos, avaliação de pavimentos, sistemas de informações geográficas.

ABSTRACT

This research presents a proposal of Urban Pavement Management System (UPMS) for medium size cities, based on the survey done in the loop road to a neighborhood of the city of Maringa, state of Parana. Bounded the study area, it was the assessment of the current condition of the pavements surface of to determine the SCI Surface Condition Index, developed from the method SHRP (1993) considering the severity and extension of the distresses. Through the SCI, that can be inferred through a numeric index, if the pavement surface is in good or bad condition. It was also defined a Priority Index PI, tool for classification of sections that must receive maintenance and rehabilitation activities, primarily corresponding to the condition which is the pavement, according to the SCI, the type of street and service to the urban public transport. Defined these two indexes, were established maintenance and rehabilitation activities relevant to the surfaces conditions of the damaged pavements. Finally, it has been used GIS - Geographic Information Systems, a tool to provide a greater dynamism to UPMS through the correlation of a database from UPMS to a cartographic database, making it easier to view and assisting in the taking decision process by public managers. With the merger of a GIS to a UPMS, are presented thematic maps indicating the street type, the SCI and PI of each section. As a result, employment in both public administration tools facilitates the management of this urban infrastructure system with more efficiency and quality, allowing the competent organs to maintain the pavement network worth applying the right treatment at the right time, saving the users comfort and security.

Keywords: pavement management, pavement evaluation, geographic information system.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE ABREVIATURAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	1
1.2 Objetivos do trabalho	3
1.3 A estrutura do trabalho	3
2 PAVIMENTOS E SEU DESEMPENHO	5
3 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS	11
3.1 Histórico	11
3.2 Níveis em Gestão de Pavimentos	13
3.3 SGP aplicado à via urbana	15
3.4 Etapas de um SGP	17
3.4.1 Divisão em trechos homogêneos	17
3.4.2 Avaliação dos pavimentos	18
3.4.2.1 Avaliação estrutural	18
3.4.2.2 Avaliação funcional	20
3.4.2.3 Avaliação dos defeitos na superfície	23
3.3.4.2.1. Método ICP – Índice de Condição do Pavimento	25
3.3.4.2.2. Manual de Identificação de Defeitos SHRP	29
3.3.4.2.3. Método VIZIR	30
3.3.4.2.4. Procedimento DNIT-PRO 006/2003	31
3.4.3 Atividades de manutenção e reabilitação (M&R)	33
3.4.4 Modelos de desempenho	37
3.4.4.1 Modelos de desempenho empíricos (regressão)	38
3.4.4.2 Modelos de desempenho empíricos ou de regressão	40
3.4.4.3 Modelos de desempenho probabilísticos	41
3.4.5 Métodos de Priorização de Intervenções de Manutenção	45
3.4.5.1 Modelo empírico de Tavakoli	46
3.4.5.2 Modelo de priorização baseado no HDM-III	47

3.4.5.3	Modelo de priorização do DNER	47
3.4.5.4	Modelo de priorização estatístico desenvolvido por Bodi & Balbo	49
3.4.6	Custos e análise econômica	50
4	O USO DO SIG EM SISTEMA DE GERÊNCIA DE INFRA-ESTRUTURA URBANA	54
4.1	Tipos de dados	56
4.1.1	Mapas temáticos	56
4.1.2	Mapas cadastrais	57
4.1.3	Redes	58
4.1.4	Imagens	58
4.1.5	Modelos numéricos do terreno	58
4.2	Banco de dados	58
4.2.1	Conexão de dados gráficos e tabulares	59
4.2.2	Conexão com dados multimídia	60
4.3	Interface com o usuário	60
4.4	Aplicação do SIG em Sistemas de Gerência de Pavimentos	61
5	SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS PARA CIDADES DE MÉDIO PORTE – O CASO DA CIDADE DE MARINGÁ	62
5.1	Área piloto	62
5.2	Inventário	64
5.3	Divisão em trechos homogêneos	65
5.4	Método de avaliação dos pavimentos	66
5.4.1	Avaliação subjetiva	66
5.4.2	Avaliação objetiva	68
5.4.2.1	Identificação dos defeitos	69
5.4.2.2	Modelagem do Índice de Estado da Superfície	74
5.4.2.3	Resultados das Avaliações	77
5.4.3	Atividades de Manutenção e Reabilitação (M&R)	82
5.4.4	Modelos de Priorização	86
5.5	Aplicação de Sistemas de Informações Geográficas ao SGPU proposto	88
6	CONCLUSÕES	97
6.1	Aplicação do Sistema de Gerência de Pavimentos	97
6.2	Compatibilização com Sistema de Informações Geográficas	98
6.3	Proposições para pesquisas futuras	99
	REFERÊNCIAS	100
	ANEXOS	107

LISTA DE ABREVIATURAS

AASHO	American Association of State Highway Officials
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
CAUQ	Concreto Asfáltico Usinado a Quente
CERL	Construction Engineering Research Laboratory
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes
FHWA	Federal Highway Administration
FWD	Falling Weight Deflectometer
HDM	Highway Design and Maintenance Standards Model
ICP	Índice de Condição do Pavimento
IP	Índice de Priorização
IRI	International Roughness Index
M&R	Manutenção e Reabilitação
PCI	Pavement Condition Index
PSI	Present Serviceability Index
QI	Quociente de Irregularidade
SGP	Sistema de Gerência de Pavimentos
SGPU	Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos
SHRP	Strategic Highway Research Program
SIG	Sistema de Informações Geográficas
URMS	Urban Roadway Management System
USACE	United States Army Corps of Engineers
VSA	Valor de Serventia Atual

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Representação gráfica do nível de serventia de um pavimento	8
Figura 2.2	Modelo de ficha para avaliação de serventia	9
Figura 2.3	Representação gráfica de desempenho de um pavimento	10
Figura 3.1	Distribuição de atividades em um SGP	13
Figura 3.2	Diagrama dos subsistemas do programa URMS.	16
Figura 3.3	Perfilômetro inercial.	22
Figura 3.4	Valores de dedução para trinca tipo couro de jacaré	27
Figura 3.5	Curva de correção para o valor de dedução total (VDT)	28
Figura 3.6	Relação das atividades M&R com as etapas de um SGP	33
Figura 3.7	Árvore de decisão para Trincas (CR e TB)	35
Figura 3.8	Árvore de decisão para Afundamento em Trilha de Roda (ATR)	36
Figura 3.9	Árvore de decisão para Trincas (L e T)	36
Figura 3.10	Exemplo de gráfico de desempenho do pavimento, M&R e custos	37
Figura 3.11	Representação esquemática do modelo de Markov.	43
Figura 3.12	Serventia e alternativas de M&R	51
Figura 3.13	Custo no ciclo de vida e serventia	53
Figura 4.1	Aplicação de SIG à gestão de redes de infra-estrutura urbana	55
Figura 5.1	Área piloto, Zona 2	63
Figura 5.2	Mapa viário da área piloto.	65
Figura 5.3	Régua utilizada na avaliação objetiva de defeitos	69
Figura 5.4	Classificação segundo o Estado de Superfície	76
Figura 5.5	Gráfico resumo da avaliação objetiva	78
Figura 5.6	Resultado da avaliação objetiva no pior trecho	79
Figura 5.7	Trinca interligada da seção de pior condição	81
Figura 5.8	Resultado da avaliação objetiva no melhor trecho	81
Figura 5.9	Drenagem ineficiente e condição do pavimento.	85
Figura 5.10	Mapa temático de Hierarquia Viária	92
Figura 5.11	Mapa temático - Índice de Estado de Superfície	93
Figura 5.12	Mapa temático - Índice de Priorização	94
Figura 5.13	Apresentação do gráfico de avaliação	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 Índice de Condição do Pavimento – ICP	28
Tabela 3.2 Defeitos considerados no manual SHRP	29
Tabela 3.3 Tipos de defeitos adotados pelo método Vizir	30
Tabela 3.4 Notas para cada defeito em função da gravidade e da extensão	30
Tabela 3.5 Condição do pavimento - Índice Global de Degradação	31
Tabela 3.6 Classificação e fatores de ponderação	32
Tabela 3.7 Condição do pavimento em função do IGG	32
Tabela 3.8 IES – Índice de estado de superfície	48
Tabela 3.9 IC - Índice de custo operacional	48
Tabela 3.10 Modelos de priorização de Bodi e Balbo	50
Tabela 4.1 Formas de representação em SIG	57
Tabela 5.1 Inventário da rede viária do plano piloto – Zona 2	64
Tabela 5.2 Notas e descrição da condição de trafegabilidade	66
Tabela 5.3 Esquema de avaliação – Intervalo de notas	67
Tabela 5.4 Parâmetros iniciais de avaliação objetiva de defeitos	75
Tabela 5.5 Parâmetros de avaliação objetiva de defeitos	76
Tabela 5.6 Política de manutenção corretiva para pavimentos de Maringá	86
Tabela 5.7 Modelo de priorização para o SGP de Maringá	87
Tabela 5.8 Atributos do ArcView	90
Tabela A – Resultado da avaliação objetiva	107
Tabela B – Resultado da avaliação subjetiva	109

1 INTRODUÇÃO

A gestão de redes de infra-estrutura urbana tem por objetivo fornecer a população serviços com qualidade, eficiência e custo reduzido, preservando o capital investido. Sob este aspecto o Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) é uma ferramenta que auxilia na tomada de decisões, buscando manter o nível de serventia dos pavimentos adequados às solicitações de tráfego e à segurança dos usuários.

Através da manutenção da rede de pavimentos, com obras e execução de serviços, os defeitos nos pavimentos podem ser contidos em seu estágio inicial, preservando as condições estruturais do pavimento e prolongando sua vida útil, o que preserva seu valor patrimonial. Além de manter as condições funcionais do pavimento, proporciona conforto, segurança e economia aos usuários.

Um Sistema de Gerência de Pavimentos requer uma base de dados e a atualização sistêmica de dados referentes às condições do pavimento, tráfego, histórico de composição e intervenções nas camadas do pavimento, custos de serviço e desempenho do pavimento. A partir do cadastro destes dados torna-se possível determinar as atividades de manutenção e reabilitação mais adequadas, priorizar obras e serviços e orientar os investimentos.

O presente trabalho traz como proposta um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos através da utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) com aplicação para a cidade de Maringá, estado do Paraná, com possível aplicabilidade a outras cidades de médio porte. O objetivo de aliar as ferramentas SGPU e SIG é tornar todo o processo de gestão dos pavimentos mais dinâmico, capaz de relacionar um extenso banco de dados a uma base cartográfica, o que facilita a visualização e a priorização de investimentos.

1.1 JUSTIFICATIVA

A rede viária urbana é o sistema de infra-estrutura mais sensível em uma cidade por abranger uma grande área e convergir diversos sistemas de transporte. Segundo Mascaró (1987) é o que requer planejamento mais criterioso por ser o mais caro do conjunto de sistemas urbanos (atinge cerca de 50% do custo total de urbanização), ocupar uma parcela representativa do solo urbano (de 20 a 25%), apresentar dificuldade de alteração e ampliação de sua capacidade depois de implantado e por ser um subsistema voltado aos

usuários, pelo que os acertos e erros de projeto e execução são mais evidentes para quem dele faz uso.

A relevância do sistema viário também é atribuída a diversidade de redes de infra-estrutura urbana que seguem seu traçado, como rede elétrica, abastecimento de água e coleta de esgoto, drenagem superficial, arborização e redes de comunicação, entre outros.

Neste estudo, o objeto de pesquisa é a rede pavimentada, sendo o termo pavimento (componente do sistema viário) definido pelo DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (2006) como “superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito, o terreno de fundação, designado de subleito” ou reforço do subleito quando houve modificação das características do terreno de fundação..

Dentre as diversas tipologias de pavimentos, flexível, rígido e semi-rígido, este estudo refere-se a pavimentos flexíveis, mais especificamente os pavimentos asfálticos com revestimentos de concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ) e tratamentos superficiais, que são mais comuns em vias urbanas da cidade de médio porte.

A gestão da rede de pavimentação requer alimentação sistêmica de dados atualizados a respeito das características das condições do pavimento, da previsão de seu desempenho e das intervenções realizadas, para que o processo de tomada de decisões seja preciso e eficiente.

Balbo (1998), em sua palestra *Gestão da manutenção de pavimentos e seus benefícios para a cidade de São Paulo* apresenta um estudo que avalia o impacto das estratégias adotadas em um Sistema de Gerência de Pavimentos.

Neste estudo a intervenção de recapeamento no pavimento asfáltico apresenta um custo de US\$ 2,85 por metro quadrado de pavimento que não esteja fissurado, ao passo que a mesma intervenção em um pavimento fissurado passa a custar US\$8,20 por metro quadrado (Balbo *apud* American Public Works Association, 1983).

Referente ao estudo de Balbo, o Sistema de Gerência de Pavimentos apresenta impacto econômico aos usuários, cujo custo anual de manutenção do veículo chega a US\$ 50,00 quando a via apresenta boas condições, podendo chegar ao custo de US\$ 300,00 para veículos que transitam em vias com o pavimento em péssimas condições.

Estes dados apontam para a viabilidade econômica de um sistema de gerência de pavimentos, entretanto devem-se buscar os princípios básicos e históricos do SGP que são traduzidos em benefícios para a sociedade. Haas, Hudson e Zaniewski (1994) apresentam estes paradigmas:

[...] “Uma boa gerência de pavimento não é apenas um negócio como tem sido habitualmente. Ele requer que as pessoas pensem, respondam a informações e tomem decisões de uma forma lógica, efetiva e coordenada. Quase sempre isso significa mudança, o que é difícil. Muitas pessoas são relutantes às mudanças, daí uma das razões pelas quais, algumas vezes, torna-se difícil a implantação dos SGP”.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é aplicar um SGP para uma cidade de médio porte como Maringá, aliado à utilização de um sistema de informações geográficas, combinando as duas ferramentas a fim de atingir resultados dinâmicos e satisfatórios.

Os objetivos específicos deste trabalho estão relacionados a seguir:

- ✓ Definir um método de avaliação objetiva da superfície de pavimentos para a cidade de Maringá, considerando os níveis de severidade e extensão dos defeitos identificados.
- ✓ Propor um modelo de priorização conforme o grau de deterioração dos pavimentos (traduzido pelo Índice de Estado de Superfície - IES), a hierarquia viária (se local, ou coletora, ou de trânsito rápido) e atendimento ao transporte coletivo público.
- ✓ Propor atividades de manutenção e reabilitação mais adequadas para as condições dos pavimentos.
- ✓ Utilizar um sistema de informações geográficas, com base no software ArcVIEW, para poder gerar mapas temáticos onde é possível a visualização e a identificação das seções de pavimentos com seus graus de deterioração, representado pelo IES e prioridade em termos de intervenção.

1.3 A ESTRUTURA DO TRABALHO

Composto por seis capítulos, este trabalho faz, neste capítulo um, uma introdução ao objeto de estudo, a proposta de um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGPU) aplicado a

Maringá com auxílio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), com a justificativa de seu desenvolvimento e o delineamento dos objetivos a serem atingidos.

O segundo capítulo consiste em uma abordagem sobre pavimentos, desde sua definição, à sua constituição, tipologias de pavimentos, solicitações e desempenho ao longo de sua vida útil.

A partir do terceiro capítulo o foco passa a ser o Sistema de Gerência de Pavimentos, com vistas às etapas, elementos e seus componentes, bem como conceitos e métodos consagrados pelas referências.

Como suporte para o Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos, o capítulo quatro consiste em uma abordagem sobre Sistemas de Informações Geográficas e como esta ferramenta pode auxiliar nas etapas do SGPU.

No capítulo cinco é apresentada uma aplicação de SGPU para Maringá, com métodos de avaliação dos pavimentos, priorização das seções das vias, atividades de manutenção e reabilitação (M&R).

Ainda no capítulo cinco os dados obtidos são analisados através da aplicação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) ao SGPU proposto, para suporte na correlação dos dados a uma base cartográfica e auxílio na visualização e priorização dos serviços de intervenção.

As conclusões são apresentadas no capítulo seis, com a análise dos resultados obtidos e apontamentos para pesquisas futuras.

2 PAVIMENTOS E SEU DESEMPENHO

Como toda obra de engenharia, uma rede de pavimentos é um produto destinado a atender determinadas necessidades, porém com um prazo de vida útil estimado relacionado a um custo de implantação, operação e manutenção.

A atual Norma Brasileira de Pavimentação, NBR 7207/1982, define o pavimento como:

[...] “uma estrutura construída após terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, a: resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego; melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança e resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento”.

Sua estrutura é constituída por camadas em que o fator geométrico determinante é a espessura, denominadas camadas semi-finitas, e cuja propriedade física do material mais relevante passa a ser a resiliência, que é a capacidade de absorver energia de esforços sem sofrer deformações permanentes. As camadas semi-finitas típicas que compõem os pavimentos (subleito, sub-base, base e revestimento) são definidas a seguir:

- ✓ Subleito: constitui o terreno de fundação do pavimento ou do revestimento.
- ✓ Reforço do subleito: camada granular executada com a finalidade de corrigir ou melhorar a qualidade do subleito.
- ✓ Sub-base: corresponde a uma camada de suporte complementar à base quando estes não apresentam condição favorável à implantação do pavimento.
- ✓ Base: camada estrutural destinada a resistir e distribuir os esforços verticais provocados pelo tráfego.
- ✓ Revestimento: camada de rolamento, que recebe diretamente a ação do tráfego e dos fatores climáticos. Sua condição funcional é oferecer conforto e segurança ao rolamento, e sua condição estrutural é a de resistir diretamente às solicitações de tráfego e transmitir os esforços às camadas subjacentes. Sua superfície deve ser tanto quanto possível impermeável e íntegra, de modo a desempenhar sua função e proteger as demais camadas, favorecendo um ciclo de vida útil mais longo.

As tipologias de pavimentos diferem quanto à rigidez do revestimento, caracterizadas a seguir (DNIT, 2005):

- ✓ Pavimentos Flexíveis: constituídos por revestimento betuminoso sobre base granular ou solo estabilizado.
- ✓ Pavimentos Rígidos: composto por placas de cimento Portland justapostas, que desempenham a função de revestimento e base, distribuindo os esforços sobre o solo de fundação ou sobre a sub-base.
- ✓ Pavimentos Semi-rígidos: a camada de revestimento asfáltica está assentada sobre uma base cimentada, como solo-cimento, solo-cal ou brita graduada tratada com cimento.
- ✓ Pavimentos Compostos: são constituídos pelo conjunto de camada flexível (camada superior de concreto asfáltico) e camada rígida (camada inferior de placa de cimento Portland).
- ✓ Pavimentos Invertidos: são constituídos por uma sub-base cimentada, uma base granular e revestimento de concreto asfáltico.

Para compreender os mecanismos de deterioração de um pavimento e prever seu desempenho através de modelos matemáticos é de primordial importância o inventário e diagnóstico dos sub-trechos homogêneos de pavimentos, que apresentam condições similares de estrutura (espessura e número estrutural), de subleito, de carregamento de tráfego e de meio ambiente.

Os mecanismos que interferem no desempenho do pavimento são originados do tráfego (pela degradação estrutural gerada pelas tensões aplicadas pelos veículos de carga ou pelo desgaste produzido pela repetição freqüente da solicitação de carga de todos os tipos de veículos) e do clima (com variações de temperatura e umidade) que causa a oxidação do ligante em pavimentos asfálticos. Estes fatores interferem na vida útil estimada para o pavimento, que com a idade passa a ter sua integridade em piores condições.

A condição do pavimento reflete diretamente a ação destes fatores, com manifestações adversas de acordo com a composição da estrutura em camadas de diferentes estruturas, as propriedades dos materiais de cada camada e as condições de drenagem superficial e profunda do pavimento.

O aparecimento de defeitos na superfície do pavimento pode estar relacionado a diversos fatores. Trincas em bloco ou do tipo couro de jacaré, por exemplo, podem resultar do

processo de fadiga, por inúmeras repetições de carga sobre os pavimentos flexíveis. Podem, também, estar relacionado a outras causas como:

- ✓ Projeto deficiente, decorrente de má escolha dos materiais (do ligante asfáltico e/ou dos agregados), granulometria dos agregados inadequada, dosagem de misturas asfálticas incorreta, espessura e rigidez do revestimento não compatíveis com a solicitação do tráfego e com estrutura das demais camadas do pavimento, por exemplo.
- ✓ Oxidação do ligante asfáltico, processo natural decorrente das variações térmicas que torna o revestimento mais frágil.
- ✓ Drenagem sub-superficial ou subterrânea desfavoráveis, que podem contribuir, principalmente, na redução da capacidade de suporte do subleito.
- ✓ Deficiências construtivas, como má compactação, segregação, asfalto superaquecido na usina ou aplicado abaixo da temperatura adequada.

Com base nas informações obtidas mediante o inventário e avaliação da condição do pavimento é definida a atividade de manutenção mais adequada para a seção, e executada principalmente para corrigir irregularidades, trincas ou afundamentos de trilha de roda. Afundamentos em trilha de roda alteram muito as condições de irregularidade, representando risco à segurança dos usuários, especialmente com pista molhada. As trincas, caso não sejam devidamente seladas, podem representar maiores custos de manutenção, em razão do aumento de deterioração com o tempo.

Os defeitos podem ser causados ou acelerados pela umidade excessiva na estrutura do pavimento. Para pavimentos flexíveis, defeitos como afundamentos em trilhas de roda, trincamentos por fadiga e panelas são os principais defeitos que apresentam tal causa.

Nos pavimentos flexíveis, a distribuição das tensões e deformações (geradas na estrutura pelas cargas de roda do tráfego) se dá de modo que as camadas de revestimento e base aliviem as tensões verticais de compressão no subleito por meio da “absorção” de tensões cisalhantes. Deste modo, a fibra inferior do revestimento asfáltico é repetidamente tracionada e aliviada conforme as repetições, ocasionando fadiga da estrutura. Já as tensões e deformações verticais de compressão são distribuídas por todas as camadas do pavimento, levando à formação de afundamentos em trilha de roda.

Para compreender quais as condições mínimas que o pavimento deve apresentar para atender às funções para que fora concebido, os conceitos de serventia e desempenho são apresentados a seguir.

O conceito de serventia foi estabelecido no início dos anos 60 por Carey e Irick, quando da realização do AASHO Road Test (AASHO, 1962).

Serventia corresponde ao padrão de conforto ao rolamento e segurança que o pavimento oferece em determinado momento de sua vida de serviço, solicitado por automóveis e caminhões em elevados volumes e altas velocidades (Figura 2.1).

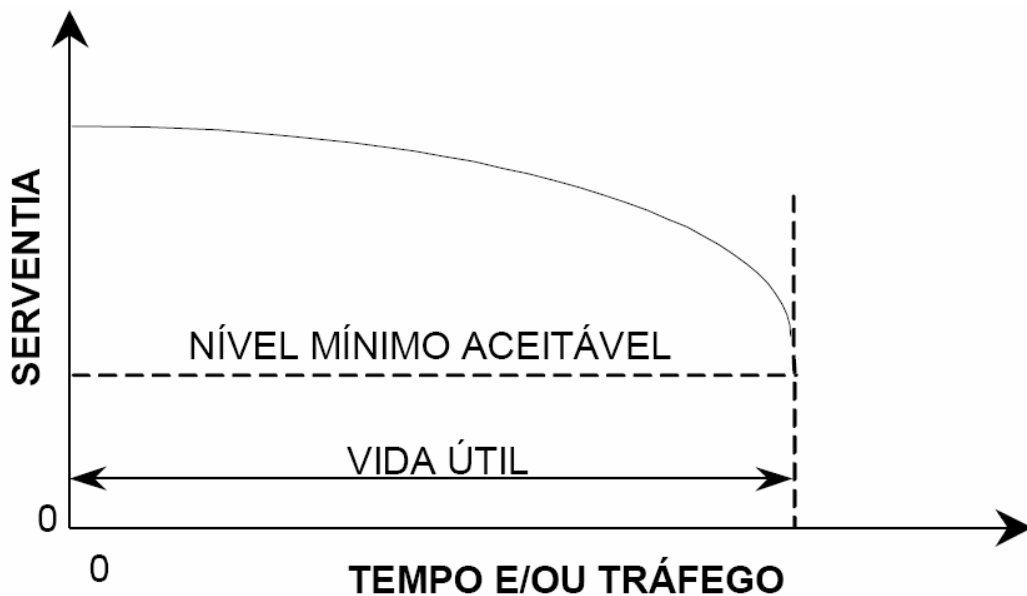


Figura 2.1 Representação gráfica do nível de serventia de um pavimento

Fonte: FERNANDES JR., ODA e ZERBINI (1999).

O critério da AASHO -- *American Association State Highway Officials* (AASHO, 1962) adota uma escala de avaliação da serventia do pavimento de 0 a 5, este representando um pavimento em condições perfeitas e aquele representando um pavimento de trafegabilidade praticamente impossível. O método da AASHO, avaliado subjetivamente, é denominado Present Serviceability Rating (PSR). O PSR corresponde a nota de 0 (pavimento em péssima condição) a 5 (pavimento com superfície excelente), através de levantamento visual feito por técnicos, além de classificar se a condição do pavimento é aceitável ou não. O modelo de ficha de pesquisa com os usuários é representado na Figura 2.2.

ACEITÁVEL?		5		ÓTIMO
Sim	<input style="width: 40px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="checkbox"/> <input style="width: 40px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="checkbox"/> <input style="width: 40px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="checkbox"/>	4		BOM
Não		3		REGULAR
Indeciso		2		RUIM
		1		PÉSSIMO
		0		
Identificação da Seção: _____		NOTA: _____		
Avaliador: _____				
Data: _____		Hora: _____	Veículo: _____	

Figura 2.2 Modelo de ficha para avaliação de serventia

Fonte: CAREY e IRICK (1960) *apud* FERNANDES JR., ODA e ZERBINI (1999).

Posteriormente, a mesma AASHO (Carey e Irick, 1960) propôs uma forma de avaliação objetiva através de um índice, o *Present Serviceability Index* (PSI) ou Índice de Serventia Atual. O índice foi obtido com base nas correlações entre o PSR e medidas de irregularidades feitas com perfilômetro AASHO e de defeitos observados na superfície do pavimento (trincas, remendos e afundamentos na trilha de roda). Para o pavimento asfáltico o PSI é definido pela Equação 2.1:

$$PSI = 5,03 - 1,9 \log(1 + SV) - 1,38RD^2 - 0,01(C + P)^{0,5} \quad (\text{Eq. 2.1})$$

onde:

PSI: Índice de Serventia Atual;

SV: variância da inclinação longitudinal obtida por um perfilômetro;

C: extensão, medida em pés, das trincas com maior extensão, por 1000 pés quadrados de área;

P: área de remendos, em pés quadrados, por 1000 pés quadrados de área;

RD: afundamento médio das trilhas de roda, em polegadas, medidas com régua de 4 pés de comprimento.

Segundo Carey e Irick (1960), a medida física mais importante da superfície de um pavimento é a irregularidade do perfil longitudinal, que responde por cerca de 95% das informações necessárias à avaliação da condição do pavimento. É o parâmetro físico que melhor se correlaciona com a qualidade do rolamento do pavimento e que mais influencia os custos de operação dos veículos, tendo repercussão direta sobre a segurança, o conforto e a velocidade média do tráfego.

Desempenho representa a variação da serventia ao longo do tempo, com tendência decrescente, caso não se execute atividades de manutenção e reabilitação, como ilustra a Figura 2.3. Através do cálculo da área sob a curva pode-se quantificar o desempenho do pavimento, auxiliando o processo de gerência de pavimentos em nível de rede. No caso da gerência em nível de projeto, pode alertar quanto ao desempenho estrutural do pavimento, quanto este pode resistir por pouco tempo a um aumento do tráfego.

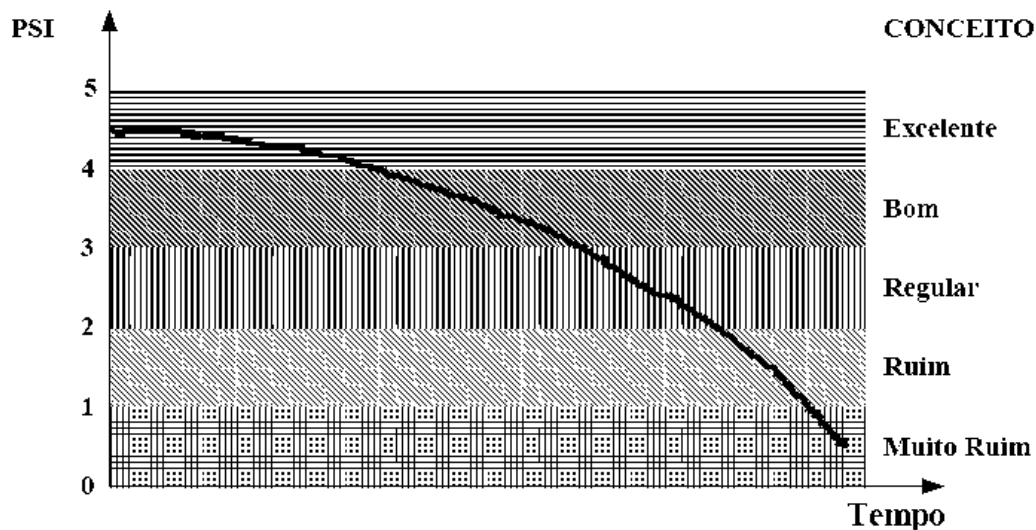


Figura 2.3 Representação gráfica de desempenho de um pavimento

Fonte: GONÇALVES (1999)

3 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

O termo Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) é definido como:

[...] “... um conjunto amplo e coordenado de atividades associadas com planejamento, projeto, construção, manutenção, avaliação e pesquisa de pavimentos.” Haas e Hudson (1978).

[...] “... conjunto de ferramentas ou métodos que auxiliam no processo de tomada de decisão, através de estratégias ótimas para prover, ampliar e manter pavimentos em uma condição aceitável durante um determinado período de tempo.” AASHTO (1993).

[...] “... compreende todas as atividades de planejamento, projeto, construção, manutenção, avaliação, monitoramento, pesquisa e treinamento em engenharia de pavimentos.” Cardoso (1991).

Segundo Lima, Ramos e Fernandes Jr. (2006), o acompanhamento sistemático a respeito das características e condições físicas do pavimento e a administração dos dados obtidos é um dos objetivos principais da gerência de pavimentos a fim de responder às seguintes questões:

“O que” precisa ser feito num determinado pavimento? → seleção da estratégia ótima

“Quando” serão necessárias intervenções para evitar a ruptura e prolongar a vida em serviço do pavimento?

“Onde” se localizam os projetos prioritários?

“Como” devem ser executadas as atividades de manutenção e reabilitação dos pavimentos?
→ definição das atividades de manutenção e reabilitação para cada seção → seleção da estratégia ótima, com o cronograma de distribuição das atividades.

3.1 HISTÓRICO

Pesquisas técnicas e científicas na área de gerência de pavimentos tiveram início em 1968 na Universidade do Texas com Ronald Hudson (Haas, Hudson e Zaniewski, 1974) com experimentos desenvolvidos pela AASHO – *American Association State Highway Officials* e dando uma nova abordagem ao projeto de pavimentos e sua gerência. Simultaneamente desenvolveram-se pesquisas similares no Canadá pela “*Canadian Good Roads Association*”, com Hutchinson e Wilkins.

No estágio inicial, o foco das pesquisas era em pavimentos aeroportuários, por apresentarem problemas de dimensionamento à solicitação a que eram submetidos. Porém a importância da rede de rodovias nacional e a malha viária urbana despertaram o interesse público para a gerência de pavimentos.

Segundo Visconti (2000), a partir de 1980 órgãos rodoviários se interessaram em desenvolver e aplicar os sistemas gerenciais de pavimentos devido aos fatores apontados a seguir:

- ✓ O envelhecimento da malha rodoviária pavimentada do país alertava para a necessidade de manutenção oportuna e adequada.
- ✓ O órgão financiador Banco Mundial BIRD, passou a estimular através de incentivos financeiros as técnicas racionais, com uso de programas computacionais a exemplo o HDM-III e HDM-IV, visando melhores resultados.
- ✓ A exigüidade dos recursos a serem aplicados no setor rodoviário, face às crescentes necessidades motivadas pela deterioração progressiva da rede.
- ✓ O efeito da condição dos pavimentos refletia em altos custos operacionais aos usuários, principalmente pneus e consumo de combustível.
- ✓ A utilização de avançada tecnologia, envolvendo métodos e equipamentos para avaliação de pavimentos, inclusive o emprego de processos computacionais.

Haas (2007) aponta alguns aspectos a serem desenvolvidos futuramente em SGP:

- ✓ Institucional: continuidade do processo do SGP, integração do SGP com a rede de transportes como um todo e adaptação do SGP à privatização.
- ✓ Técnico: realizar a conexão entre os níveis de rede e de projeto, dimensionar pavimentos com maior vida útil e de melhor qualidade, desenvolver modelos de desempenho que separem efeitos de tráfego e consequências do desenvolvimento.
- ✓ Econômico: quantificar benefícios, incentivar programas e protocolos de análise do ciclo de vida dos pavimentos em longo prazo.

Um estudo de Lima, Ramos e Fernandes Jr. (2006) sobre gerência de pavimentos urbanos em cidades brasileiras de médio porte revela que apenas 60% dos 106 centros urbanos pesquisados, realizam levantamentos de campo e avaliação dos pavimentos.

Embora grandes centros urbanos, como São Paulo e Porto Alegre já tenham consolidado ou estão em processo de desenvolvimento dos sistemas gerência de pavimentos, nas cidades de médio e pequeno porte esta preocupação ainda é recente e tem muito a se desenvolver.

3.2 NÍVEIS EM GESTÃO DE PAVIMENTOS

As atividades da gerência de pavimentos são caracterizadas em dois níveis, como mostra a Figura 3.1:

- ✓ **Nível de Rede:** as decisões abrangem grande número de projetos e até mesmo toda a malha viária, sua pesquisa tem foco mais amplo e alimenta o banco de dados de um SGP com inventário de tráfego, custos, condições dos pavimentos e modelos de previsão. Na saída do sistema, em nível de rede são propostas alternativas de intervenção, critérios de decisão e orçamentos.
- ✓ **Nível de Projeto:** apresenta dados semelhantes ao nível de rede, porém com foco mais específico com coleta de dados mais intensa e projetos mais minuciosos, especificando padrões de materiais e aplicação de serviços para cada intervenção.

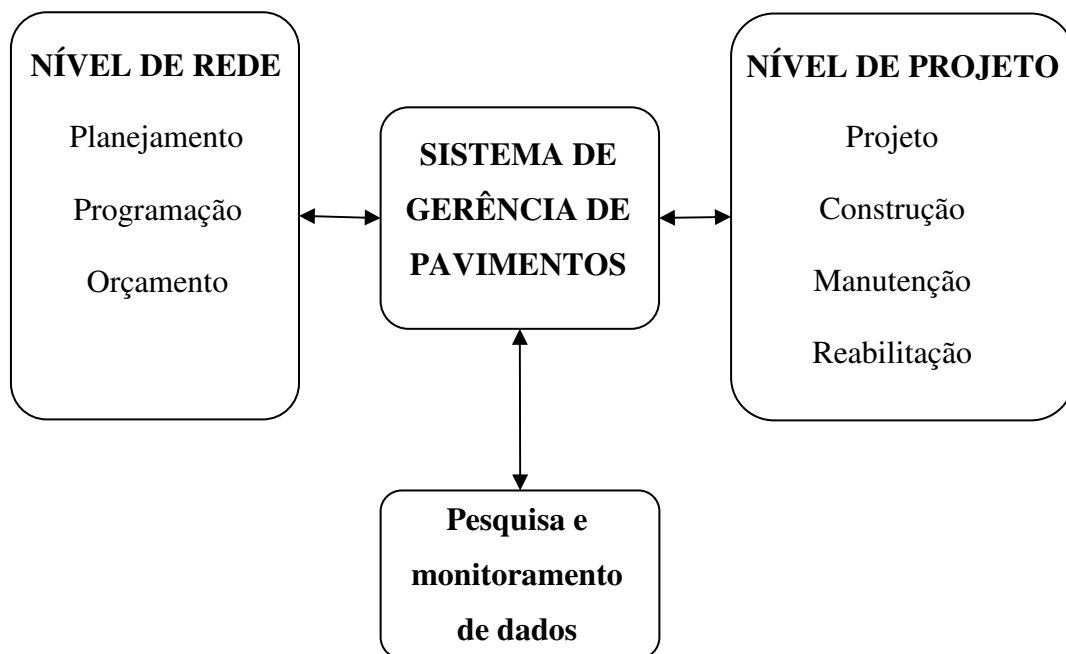


Figura 3.1 Distribuição de atividades em um SGP

Fonte: adaptado de HAAS, HUDSON e ZANIEWSKI (1994)

Em nível de rede, o planejamento utiliza as informações no desenvolvimento da programação e direcionamento dos orçamentos, correspondente aos prazos e ações prioritárias. A programação consiste em projetos reais de intervenções em pavimentos já existentes ou implantação de novos pavimentos, segundo os critérios e recomendações estipulados no planejamento. A atividade orçamentária deve atender desde projetos mais amplos até os mais específicos, controlando os custos do processo de obtenção de dados, avaliação e planejamento até a execução do serviço.

A etapa em nível de projeto converte cada proposta de intervenção selecionada em um item programado segundo orçamento, especificações, planos e recomendações. Na etapa de construção ocorre a materialização do projeto através do serviço de manutenção, conservação ou reabilitação de um pavimento, podendo ser necessária até mesmo a reconstrução do mesmo. Com a manutenção dos pavimentos, adequada e oportuna, é possível manter os padrões dos mesmos, favorecendo um ciclo de vida útil mais longo e oferecendo melhores condições aos usuários. A etapa de reabilitação é aplicada àqueles pavimentos que por um longo período foram gerenciados de forma negligente, apresentando conseqüências mais graves e que necessitam um serviço de restauração para aferir novamente ao pavimento uma condição favorável.

A pesquisa e monitoramento de dados deve ser uma atividade sistêmica nos SGP, já que o banco de dados é fonte de informações para decisões tanto em nível de rede quanto em nível de projeto. Cada alteração causa mudanças em diversos aspectos, sendo necessária a atualização constante de informações a respeito das condições dos pavimentos, previsões de desempenho, condições ambientais, índices de acidentes, etc.

Nos SGP rodoviários, por haver influência significativa do tráfego de cargas, ocorrem operações associadas dos níveis de rede e de projeto. Em nível de rede se desenvolvem os planejamentos prioritários e orçamentários, em nível de projeto são dadas as soluções técnicas para cada projeto, de maneira econômica e eficaz.

Em sistemas de gerência de pavimentos urbanos é comum ocorrer a fusão entre os níveis de rede e de projeto, pelo dinamismo do processo decisório e pela combinação de mais fatores no modelo de priorização.

3.3 SGP APLICADO À VIA URBANA

Os sistemas de gerência de pavimentos urbanos apresentam características adversas aos sistemas de gerência de pavimentos rodoviário, uma vez que possuem diferente composição de tráfego, carregamento de tráfego, geometria das vias e velocidade.

Danieleski (2004) aponta diferentes características entre o sistema viário urbano e o sistema rodoviário:

- a) As interseções entre vias urbanas correspondem grande percentual de área, sendo que o grande número de frenagens e acelerações acabam solicitando mais o pavimento;
- b) Ocorrem grandes interferências entre o sistema viário e outros sistemas de infraestrutura urbana, como rede sanitária (água e esgoto), de energia (eletricidade e gás) e de comunicação (telefonias). A necessidade de manutenção ou reparos resulta em intervenções nos pavimentos, além da presença de poços de visita que geram descontinuidade no pavimento;
- c) Existência de segregação de tráfego, com faixas exclusivas para ônibus;
- d) Em algumas seções, a diferença de material ou alguma intervenção realizada causa descontinuidades e até alterações no comportamento estrutural do pavimento;
- e) Presença de árvores junto às bordas do pavimento, cujas raízes podem interferir na estrutura do pavimento;
- f) Grande interferência no trânsito de pedestres, que exige sinalização horizontal e para tal implantação requer adaptações no pavimento;
- g) Em cidades com topografia acidentada, é necessária a adaptação do projeto geométrico à topografia dos arruamentos existentes, gerando inclinações elevadas;
- h) O sistema de micro-drenagem, adjunto à rede de pavimentos, deve funcionar em plenas condições, posto que o acúmulo de água sobre o pavimento é prejudicial e principal fator desencadeador da sua deterioração.

A restrição orçamentária dos órgãos gestores locais prejudica a implantação de um sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos, fazendo com que se consolide apenas a etapa de priorização de projetos, sem manter a continuidade de avaliação do pavimento, seu

desempenho e a realimentação do sistema com dados reais, comprometendo a eficácia do processo de gestão dos pavimentos.

Um programa computacional específico para sistema de gerência de pavimentos urbanos foi desenvolvido na Universidade do Texas em Austin (Chen, 1993) denominado URMS – Urban Roadway Management System, que auxilia o planejamento em nível de rede e em nível de projeto, para pavimentos flexíveis ou rígidos.

Zhang, Aki e Hudson (2002) apresentam aplicações do programa URMS cuja interface auxilia o processo de gerência de pavimentos urbanos tanto em nível de rede quanto em nível de projeto e é composto por quatro subsistemas, relacionados a seguir e ilustrados pela Figura 3.2:

- ✓ Planejamento: identificar e selecionar os projetos de manutenção e reabilitação (M&R) prioritários para a malha viária urbana e desenvolver planos anuais de ação.
- ✓ Projeto: selecionar os materiais adequados às atividades de M&R e as espessuras das camadas para seções onde sejam necessários recapeamento ou reconstrução.
- ✓ Construção: cronograma dos projetos de recapeamento e reconstrução.
- ✓ Manutenção: selecionar os métodos adequados para reparação de defeitos.

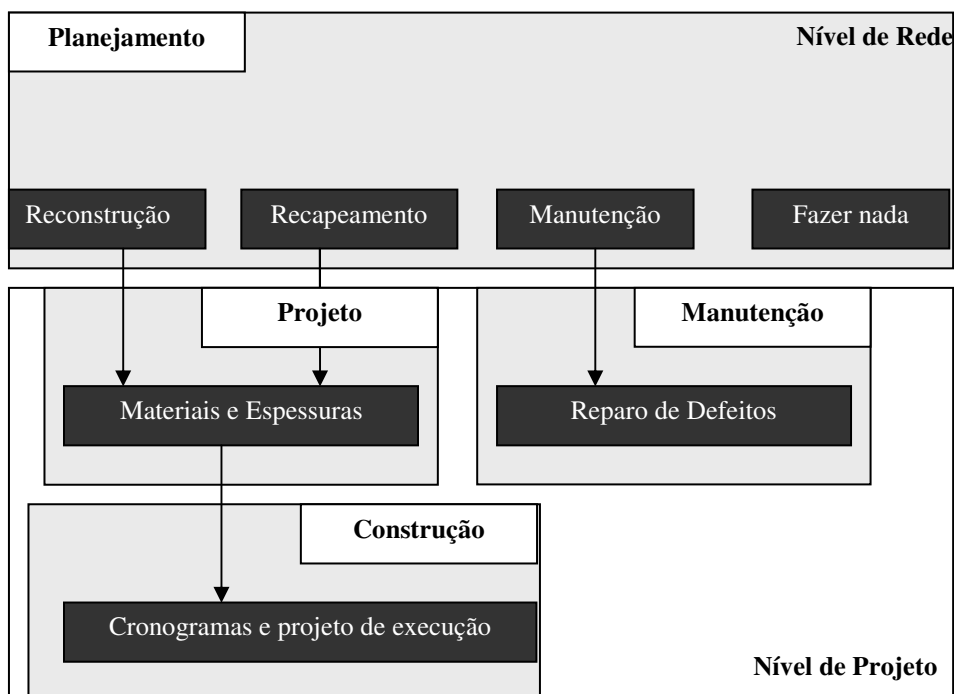


Figura 3.2 Diagrama dos subsistemas do programa URMS.

Fonte: adaptado de ZHANG, AKI e HUDSON (2002)

3.4 ETAPAS DE UM SGP

A Fundação pela Preservação de Pavimentos (2007) apud Hudson (2007) traz à gerência de pavimentos o lema: “O tratamento correto, para o pavimento correto, no momento correto”.

Este lema traz o fundamento para o sucesso de um sistema de gerência de pavimentos, composto de uma série de práticas que devem seguir um cronograma de forma sistêmica, auxiliando no processo de tomada de decisões com base em informações que devem ser periodicamente atualizadas.

3.4.1 Divisão em trechos homogêneos

O inventário a respeito das características dos pavimentos deve levar em consideração características semelhantes ou abordar seu levantamento de forma diferenciada para categorias diferentes de vias em uma rede de gerência de pavimentos relacionadas a seguir (Gonçalves, 1999):

- a) Tipo de estrutura do pavimento (flexível asfáltico original, flexível em tratamento superficial, semi-rígido original, rígido, original, flexível asfáltico recapeado, semi-rígido, recapeado, rígido recapeado).
- b) Dados de projeto do pavimento (espessuras, idade do revestimento).
- c) Condições da superfície.
- d) Volume, composição de tráfego e carregamento.
- e) Condições climáticas.
- f) Classe rodoviária (ou hierarquia viária para SGPU).
- g) Índices de acidente e segurança viária.
- h) Condições de drenagem.

A divisão em trechos homogêneos para SGP rodoviário e urbano difere bastante, já que quase todas as categorias relacionadas (exceto condições climáticas) apresentam aspectos diferentes. Para ambos, as principais categorias são as que se referem ao pavimento em si como tipo de estrutura, dados de projeto e condição da superfície. Posteriormente, volume de tráfego e dados de projeto dos pavimentos são mais relevantes para o SGP rodoviário, já no caso urbano a hierarquia viária pode ser mais importante na priorização de projetos.

3.4.2 Avaliação dos pavimentos

De acordo com Haas e Hudson (1978) a etapa de avaliação dos pavimentos é fundamental, senão a principal etapa de um Sistema de Gerência de Pavimentos, pois através dela é que se pode aferir seu grau de deterioração, quais atividades de manutenção e reabilitação são convenientes e verificar se o pavimento foi bem construído e está atendendo devidamente às especificações para que fora projetado.

É com base nos dados levantados através da avaliação funcional, estrutural e de superfície dos pavimentos que se realizam os diagnósticos e estratégias de intervenção, além de permitir estimar a vida restante de um pavimento que sofreu solicitações extremas ou para as quais não foi projetado (abalos sísmicos, inundação, excesso de carga ou problemas de natureza construtiva) e determinar possíveis necessidades de reforço estrutural caso o pavimento seja submetido a solicitações de tráfego maiores que aquelas para as quais fora dimensionado.

Avaliação e monitoramento das condições do pavimento devem ser feitos de forma periódica e envolvem quatro componentes principais: conforto de rodagem, capacidade de suportar a solicitação das cargas, segurança (aderência pneu-pavimento e resistência à derrapagem) e conforto (visual e de ruídos gerados pelo tráfego).

A seguir são expostas algumas tipologias de avaliação da condição funcional, de superfície e estrutural dos pavimentos, seus métodos, suas aplicações e quais características do pavimento tais métodos avaliam qualitativamente ou quantitativamente.

3.4.2.1 Avaliação estrutural

A avaliação estrutural geralmente aplica-se ao levantamento de pavimentos rodoviários após avaliação de deterioração da superfície que aponte uma condição muito ruim ou presença de defeitos que indiquem comprometimento da camada estrutural (como trincas por fadiga e afundamento em trilha de roda). A condição estrutural de um pavimento denota sua adequação ou sua capacidade de resistir à deterioração provocada pela passagem das cargas do tráfego. Assim, um retrato completo da condição estrutural de um pavimento deve ser composto pelos seguintes elementos:

- ✓ Parâmetros que descrevam a deformabilidade elástica ou viscoelástica dos materiais das camadas, sob as condições de solicitação impostas pelas cargas transientes dos veículos. São utilizados para se calcular as tensões e deformações induzidas pelas cargas do tráfego na estrutura do pavimento.

- ✓ Parâmetros que descrevam a resistência dos materiais ao acúmulo de deformações plásticas sob cargas repetidas, os quais são função da natureza do material, de sua condição (densidade, umidade) e do histórico de solicitações.
- ✓ Integridade das camadas asfálticas e cimentadas, expressa pelo grau de fissuramento.

A condição estrutural pode ser avaliada de duas formas complementares:

- ✓ Avaliação Destrutiva: consiste da abertura de furos de sondagem para identificação da composição de materiais e espessuras das camadas do pavimento, bem como da abertura de poços de sondagem para coleta de amostras dos materiais que serão ensaiados em laboratório. Alguns ensaios “in situ” nas camadas de solos e de materiais granulares podem ser realizados, como CBR “in situ” e determinações de umidade e densidade. Os ensaios de laboratório abrangem desde aqueles convencionais para caracterização geotécnica até ensaios especiais, como os que permitem a medida do módulo de deformação resiliente.
- ✓ Avaliação Não Destrutiva: consiste da realização de provas de carga para medida de parâmetros de resposta da estrutura às cargas em movimento, como ensaios de viga Benkelman, deflectômetros vibratórios e deflectômetros de impacto (FWD – Falling Weight Deflectometer). Os deslocamentos verticais de superfície (“deflexões”) são os parâmetros de resposta cuja medida é mais simples e confiável, em comparação com tensões ou deformações, razão pela qual a quase totalidade dos equipamentos utilizados para ensaios não destrutivos são deflectômetros.

Uma condição estrutural inadequada ou uma capacidade estrutural insuficiente, para o tráfego atuante, acelerará a geração de defeitos de superfície (trincas por fadiga nas camadas asfálticas e cimentadas), bem como a queda do nível de serventia com o tempo (em decorrência da geração de afundamentos plásticos em trilha de roda e ondulações). Ao mesmo tempo, a existência de trincas no revestimento asfáltico permite a entrada de águas pluviais no pavimento, gerando bombeamento de finos e enfraquecimento do solo de subleito, o que degrada a condição estrutural do pavimento, acelerando, por sua vez, a queda do nível de serventia e a própria deterioração superficial.

A condição estrutural de um pavimento indica, portanto, a velocidade com que a deterioração do pavimento está se processando, ou seja, a velocidade com que os defeitos estão surgindo e/ou aumentando de severidade. A época mais eficaz para se restaurar um

pavimento é aquela imediatamente antes de a condição estrutural atingir um nível tal que a deterioração do pavimento passa a se processar a uma velocidade cada vez maior.

3.4.2.2 Avaliação funcional

A avaliação funcional de pavimentos leva em conta 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 (tempo de viagem e manutenção do veículo) e segurança (Carey e Irick, 1960).

A American Society for Testing and Materials define a irregularidade longitudinal como sendo o "desvio de uma superfície de pavimento em relação a uma superfície plana, cuja magnitude é capaz de afetar a dinâmica dos veículos, a qualidade do rolamento, as cargas dinâmicas sobre a via e a drenagem" (ASTM E867-82A, 1982).

As distorções são causadas durante o processo construtivo ou podem ocorrer posteriormente, pelo surgimento de trincas, desgaste e deformação permanente. O aumento da irregularidade com o tempo depende da qualidade da estrutura, das solicitações do tráfego e de fatores ambientais.

O tráfego provoca deformações permanentes no pavimento por consolidação ou cisalhamento (fluência plástica), em decorrência de falha estrutural (espessuras insuficientes e/ou material inadequado), por falhas de projeto de dosagem da mistura betuminosa (falta de estabilidade, uso de agregados arredondados e excesso de ligante betuminoso) ou por falhas construtivas (compactação inadequada).

Os fatores ambientais contribuem para o aparecimento de irregularidade da seguinte maneira: a água enfraquece a adesividade entre o ligante betuminoso e o agregado e, junto com o tráfego, acelera o processo de desagregação do revestimento asfáltico; a elevada temperatura na superfície do pavimento reduz a viscosidade do ligante betuminoso e, conseqüentemente, proporciona a ocorrência de deformações plásticas do revestimento; baixas temperaturas podem provocar trincas de contração, as quais facilitam a penetração da água, promovendo a redução de suporte das camadas inferiores e do subleito do pavimento.

As distorções da superfície afetam a dinâmica dos veículos em movimento que, por sua vez, influencia os custos de operação dos veículos pelo aumento do seu desgaste, tempo de viagem e manutenção. Elas resultam em forças que resultam no deslocamento vertical e

lateral do veículo. O deslocamento vertical, gerado pelas distorções longitudinais do perfil do pavimento, é o principal fator de desconforto do usuário. O deslocamento lateral é provocado pelas curvas horizontais e pelas diferenças das elevações transversais do pavimento. Estes deslocamentos também são responsáveis pelo aumento da ação das cargas dinâmicas dos veículos sobre a superfície do pavimento, que acelera a deterioração da sua estrutura (Haas et al., 1994).

A irregularidade tem efeitos na drenagem da superfície do pavimento, na medida em que propicia a formação de lâmina d'água que afeta a estabilidade do veículo pela diminuição de aderência pneu/pavimento, comprometendo a segurança do usuário e o desempenho da rodovia.

A irregularidade influencia a segurança do veículo, quando a aceleração e forças verticais produzem cargas dinâmicas que são transmitidas sobre os pneus, deformando-os totalmente, como se fosse uma mola comprimida, ou causando grandes forças diferenciais sobre o veículo, diminuindo sensivelmente o desenvolvimento das forças de atrito entre pneu e o pavimento, podendo causar o descontrole do veículo.

O perfil longitudinal do pavimento pode ser medido no campo e avaliado utilizando um computador, ou pode ser processado por meio de um equipamento mecânico do tipo resposta (Haas et al., 1994).

Equipamentos capazes de medir a condição da superfície de pavimentos trabalham com a combinação de três elementos essenciais na obtenção do perfil longitudinal ao longo das trilhas de roda, são eles: uma elevação de referência; uma altura relativa à referência e distância longitudinal.

Existem diversos tipos de equipamentos de medidas da irregularidade longitudinal da superfície de pavimentos, porém, o mais utilizado atualmente é o perfilômetro inercial, desenvolvido na década de 60 pela General Motors - GM (Haas, 1994), que se tornou disponível comercialmente somente na década de 80. Este perfilômetro era composto dos mesmos três elementos básicos, só que a grande diferença dele é que as medidas podiam ser feitas a partir de um veículo trafegando a altas velocidades. Composto de um medidor de altura sem contato, que pode ser baseado em Laser, infravermelho ou ultra-som, um sensor de aceleração vertical (acelerômetro), um sensor de deslocamento e um sistema eletrônico para coleta e processamento dos dados (computador com o software adequado). A Figura 3.3 mostra um esquema do perfilômetro desenvolvido pela GM.

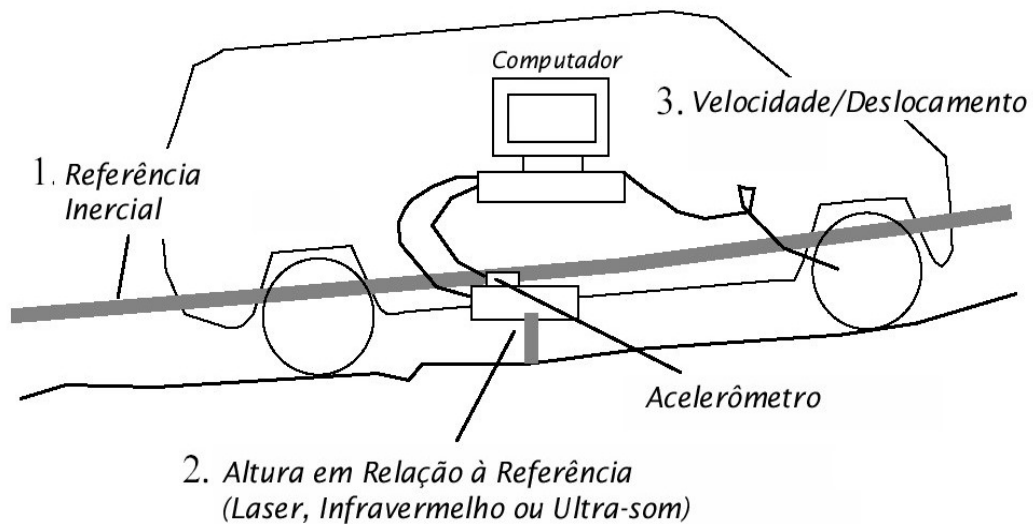


Figura 3.3 Perfilômetro inercial.

Fonte: <http://www.cibermetrica.com.br>

Os perfilômetros inerciais a laser têm as seguintes vantagens em relação aos medidores de irregularidade longitudinal dos pavimentos do tipo resposta:

- ✓ Medições não são afetadas pela velocidade do veículo.
- ✓ Independe de trechos de calibração.
- ✓ Medições isoladas em cada trilha de roda.
- ✓ Registro do perfil do pavimento, que se presta para a determinação dos locais de cada trecho nos quais se encontram as deformações causadoras de irregularidade.

Em 1986, foi estabelecido como medida de irregularidade longitudinal o IRI (*International Roughness Index*) ou Índice Internacional de Irregularidade. O IRI é definido matematicamente a partir de um perfil obtido com nível e mira, visando simular os movimentos verticais induzidos a uma roda (modelo quarto-de-carro) sob velocidade de 80 km/h e é expresso em m/km.

Os valores típicos de IRI são (Sayers, Gillespie e Paterson, 1986):

- ✓ $1,5 \leq \text{IRI} < 2,5$ m/km: pavimentos em excelente condição.
- ✓ $2,5 \leq \text{IRI} < 4,5$ m/km: pavimentos em boas condições.
- ✓ $4,5 \leq \text{IRI} < 8$ m/km: pavimentos em condições regulares.
- ✓ $8 \leq \text{IRI} < 12$ m/km: pavimentos em condições ruins.
- ✓ $\text{IRI} \geq 12$ m/km: pavimentos em péssimas condições.

Sayers *et al.*(1986) estabelecem uma relação aproximada entre IRI e QI (Quociente de Irregularidade):

$$IRI = \frac{QI}{13} \quad (\text{Eq. 3.1})$$

A condição do pavimento em função do QI pode ser considerada da seguinte maneira (Paterson, 1987):

- ✓ 15 < QI < 30: excelente
- ✓ 30 ≤ QI < 45: boa
- ✓ 45 ≤ QI < 60: regular
- ✓ 60 ≤ QI < 75: má
- ✓ 75 ≤ QI: péssima

3.4.2.3 Avaliação dos defeitos na superfície

Com a finalidade de quantificar os defeitos na superfície do pavimento e qualificá-los segundo o grau de deterioração em que se apresentam, faz-se necessária a avaliação da condição da superfície do pavimento, com os seguintes objetivos:

- a) Identificar os tipos, severidade e extensão dos defeitos aparentes;
- b) Determinar índices de condição ou aptidão dos pavimentos;
- c) Diagnosticar os problemas apresentados pelo pavimento (mecanismos de degradação);
- d) Determinar as necessidades atuais e futuras de manutenção (evitar uma deterioração acelerada no futuro);
- e) Auxiliar no dimensionamento do pavimento a ser restaurado;
- f) Estabelecer prioridades na programação de investimentos sob restrição orçamentária;
- g) Elaborar curvas de previsão de deterioração;
- h) Estimar a vida restante dos pavimentos.

Na maior parte dos métodos, a avaliação da condição de superfície de pavimentos é realizada visualmente, embora alguns métodos necessitem de instrumentos específicos para a realização da medição. Diferem também quanto ao tamanho da amostra de pavimento a

ser avaliada, os tipos de defeitos de acordo com o uso do pavimento (aeroportuário, rodoviário ou urbano), o modo de aferir o grau de condição do pavimento e a quais tipos de pavimento se aplicam.

Os defeitos avaliados quantificam uma redução no grau de condição do pavimento, conforme o tipo de defeito que o pavimento apresenta, o estágio de frequência e o grau de severidade.

- ✓ Tipo de Defeito: identificação dos defeitos segundo suas características, buscando relacioná-los ao mecanismo causador. Exemplo: trincas isoladas, longitudinais e transversais; trincas interligadas, provocadas por fadiga; buracos, desgaste, entre outros.
- ✓ Severidade: retrata o grau com que aquele defeito afeta a estrutura do pavimento ou compromete seu desempenho (intensidade) e o grau de evolução do defeito (gravidade), usualmente classificada em baixa, média e alta.
- ✓ Frequência: é a distribuição da ocorrência do defeito ao longo de um segmento ou trecho avaliado, sendo expressa pela relação percentual entre área ou comprimento do defeito em relação ao trecho total. Também é classificada em baixa, média e alta.

Nos métodos de levantamento manuais, os avaliadores anotam as características de cada seção em planilhas para posterior processamento dos dados. Já em levantamentos realizados por vídeo as imagens capturadas são processadas com o auxílio de um *software*.

No que diz respeito à amostragem, Marcon, Cardoso e Aps (1995) recomendam que, em levantamentos onde os avaliadores se desloquem em veículos ou haja auxílio de equipamentos, seja avaliado o segmento em sua totalidade. Para o caso em que os avaliadores percorram o trecho por caminamento indica-se:

- a) A área das amostras deve ser suficiente para não implicar em erros de interpretação e, suas posições, devem ter caráter aleatório; a quantidade de amostras deve ser definida em função da finalidade do estudo (maior quantidade para uso em projetos do que para uso em gerência de pavimentos) e dos custos inerentes, onde a maior amostragem implica em aumento de gastos com pessoal e equipamentos;

- b) Recomenda-se que a área das amostras corresponda a um mínimo de 10% da área total do pavimento quando o estudo for destinado a gerência de pavimentos em nível de rede e 25% quando for para nível de projeto;
- c) Sugere-se a adoção do procedimento “DNIT-PRO 007/2003 - Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos – Procedimento”, para determinar o tamanho e a localização das amostras.

Existem diversos métodos desenvolvidos para a execução desta atividade, sendo utilizados por órgãos de conservação rodoviária, de infra-estrutura urbana e aeroportuária. A escolha de um método deve considerar as características e as peculiaridades dos pavimentos existentes na rede em estudo, bem como os objetivos a serem alcançados. De acordo com Marcon, Cardoso e Aps (1995), a eficiência destas técnicas é variável e depende principalmente do grau de detalhamento e do número de variáveis a levantar que, conseqüentemente, elevam os custos da avaliação.

Alguns métodos possuem modelos matemáticos para, a partir do levantamento de defeitos, determinar um índice que exprima numericamente a condição do pavimento. Os modelos diferem entre si, mas os parâmetros normalmente empregados são os tipos dos defeitos existentes no pavimento, os níveis de severidade, a dimensão, expressos pela densidade ou freqüência de ocorrência, e os fatores de ponderação.

Os fatores de ponderação, também denominados pesos de responsabilidade, são obtidos experimentalmente, através de pesquisas onde são relacionadas a condição de trechos amostrais (obtida através da análise dos trechos por especialistas ou através de uma avaliação subjetiva), a densidade ou freqüência dos defeitos existentes nos trechos e ainda a ponderação da gravidade de cada defeito e nível de severidade em relação aos demais.

3.3.4.2.1. Método ICP – Índice de Condição do Pavimento

O Índice de Condição do Pavimento (ICP) reflete o grau de deterioração do pavimento, originário de estudos desenvolvidos por pesquisadores do *Construction Engineering Research Laboratory (CERL)* e publicado pelo *United States Army Corps of Engineers (USACE)* em 1979, como documento intitulado *CERL-Tr-M-268*. Inicialmente destinado à avaliação de pavimentos aeroportuários, flexíveis e rígidos, este método passou a ser

aplicado a vias rodoviárias, urbanas e até de estacionamentos, por sua ampla aplicabilidade.

O método pode ser usado em toda extensão da via ou por amostragem, porém cada seção avaliada deve ter aproximadamente 225 m² para levantamento dos tipos de defeitos avaliados conforme a severidade e a frequência com que ocorrem.

Os defeitos medidos segundo a área são trincas interligadas tipo couro de jacaré, trincas interligadas em bloco, exsudação, corrugação, afundamentos localizados e em trilhas de rodas, remendos, agregados polidos, escorregamentos, ondulação e desgaste superficial.

Elevações, trincas isoladas longitudinais e transversais, bem como trincas de retração são medidas segundo a extensão; os buracos são quantificados segundo a unidade.

O modelo matemático para obtenção do Índice de Condição do Pavimento é expresso pela Equação 3.2:

$$ICP = 100 - \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{mi} a(T_i, S_j, D_{ij}) \cdot F(t, q) \quad (\text{Eq. 3.2})$$

onde,

“ICP” é o índice de condição do pavimento

“a” é o valor deduzido dependente das variáveis relativas ao defeito (tipo, severidade e densidade),

“i” como um contador de defeitos,

“j” como um contador dos níveis de severidade,

“p” é o número total de tipos de defeitos para o pavimento em questão,

“mi” é o número de níveis de severidade para o i-ésimo tipo de defeito e

“F(t,q)” é uma função de ajuste para múltiplos defeitos que varia em função da soma de valores deduzidos (t) e do número de deduções (q).

Este modelo matemático sugere que o pavimento parte de uma condição ótima, equivalente a 100 e cada defeito, segundo a severidade e extensão, representa um fator de redução da nota, apresentando piores índices de condição do pavimento. O fator de redução da nota, para cada grau de intensidade e severidade é obtido segundo curvas de valores.

A Figura 3.4 representa um exemplo de curva de dedução para o defeito trinca couro de jacaré. No eixo da ordenada aponta-se a densidade com que o defeito se apresenta em

relação à área avaliada (em porcentagem representada em escala logarítmica), estendendo até a curva que indica a severidade do pavimento; o valor de dedução (VD) correspondente ao defeito é indicado no eixo das abscissas.

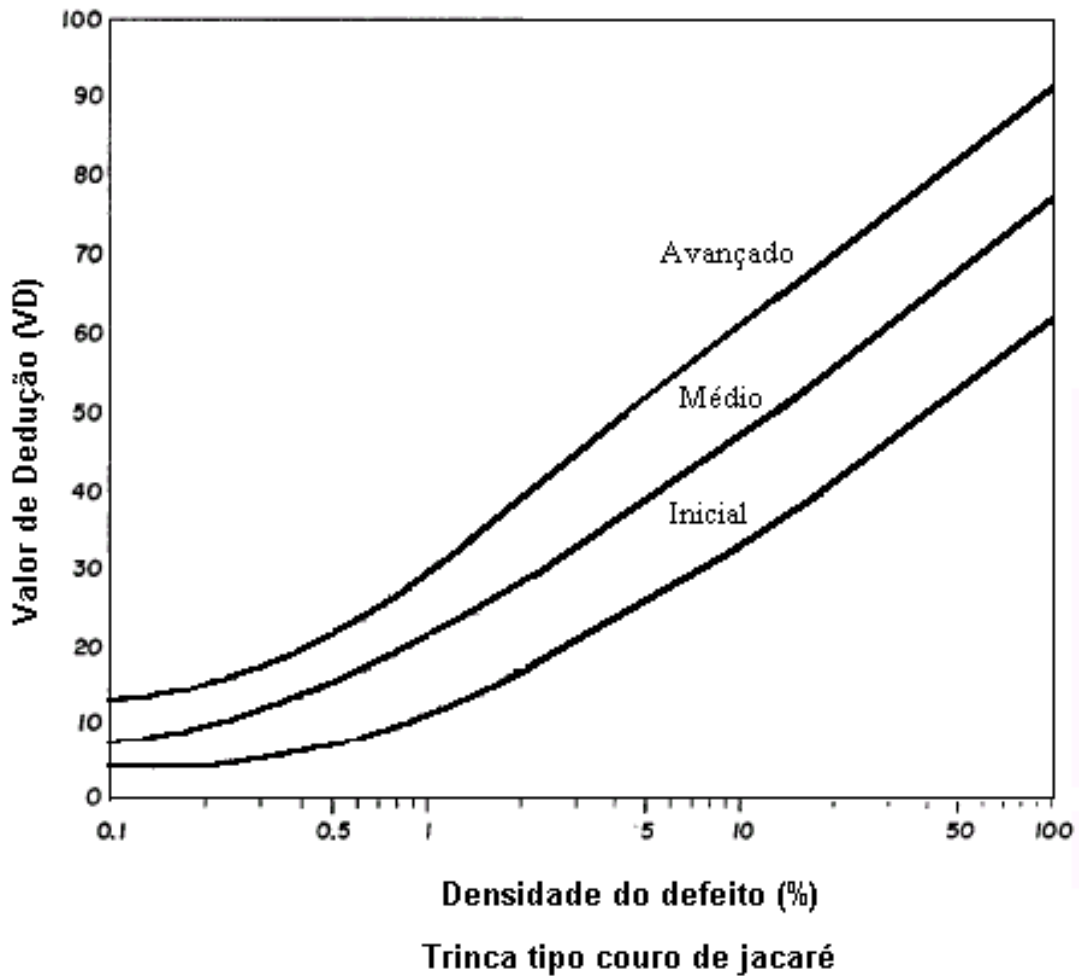


Figura 3.4 Valores de dedução para trinca tipo couro de jacaré

Fonte: SHAHIN e KHON (1979)

Para pavimentos que apresentam mais de um tipo de defeito e severidade, faz-se necessária uma correção para ajuste da soma dos valores. A curva de correção resulta da soma dos valores de dedução e do número de defeitos e níveis de severidade que ocorrem no pavimento. Após diversas análises desenvolvidas pelos engenheiros da USACE empregando o PCR - *pavement condition rating* (ou grau de condição do pavimento) foi possível definir a curva de correção para os valores de dedução em função da quantidade (q) de defeitos incidentes, ilustrada na Figura 3.5.

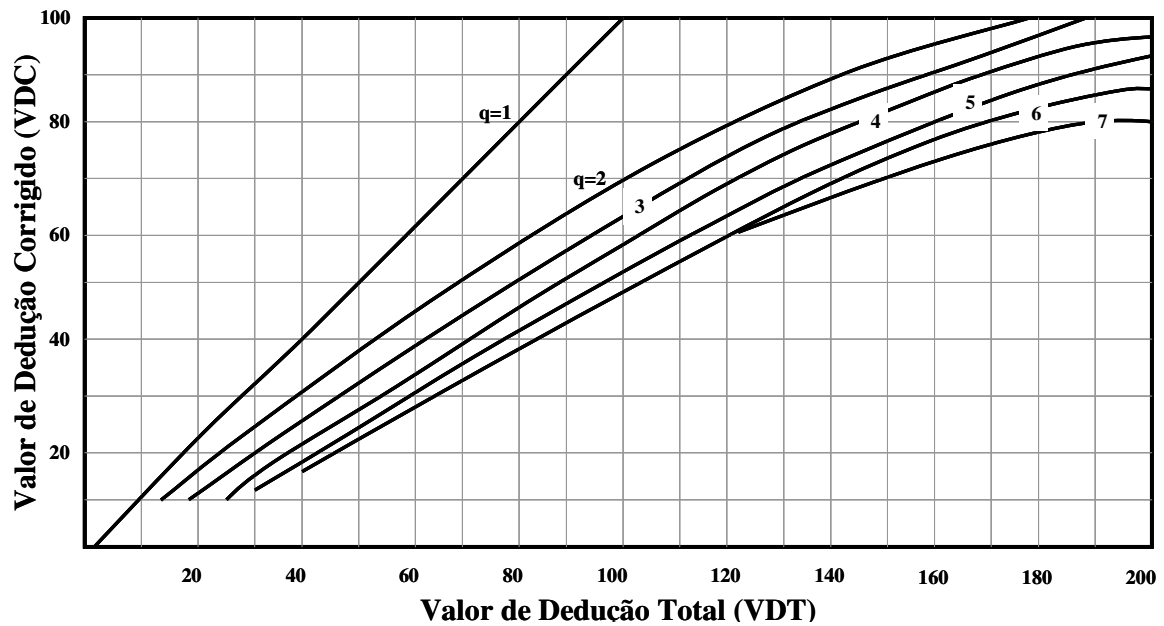


Figura 3.5 Curva de correção para o valor de dedução total (VDT)

Fonte: adaptado de SHAHIN e KHON (1979)

O índice de condição do pavimento obtido é classificado segundo intervalos, conforme a Tabela 3.1, para posteriormente apontar quais intervenções são pertinentes e junto com outros fatores determinar a priorização de serviços.

Tabela 3.1 Índice de Condição do Pavimento – ICP

Fonte: adaptado de SHAHIN e KHON (1979)

ICP	Condição do Pavimento
100 - 86	Excelente
85 - 71	Muito Bom
70 - 56	Bom
55 - 41	Regular
40 - 26	Ruim
25 - 11	Muito Ruim
10 - 0	Péssimo

Em estudo realizado por Aps (2000), empregando os métodos índice de gravidade global (IGG), Valor de serventia atual (VSA), índice de gravidade global expedito (IGGE), índice da condição do pavimento flexível (ICPF) e o índice de condição do pavimento (ICP), após análise e comparação dos resultados, foi recomendada a utilização deste último método, por ser mais completo e consistente na avaliação dos defeitos e na estimativa das condições de conforto de rolamento em pavimentos urbanos.

3.3.4.2.2. Manual de Identificação de Defeitos SHRP

O Strategic Highway Research Program (SHRP) desenvolveu um manual a partir de seus estudos sobre o Desempenho de Pavimentos a Longo Prazo (Long Term Pavement Program) em 1993.

Este método de avaliação foi desenvolvido com o objetivo de fornecer ao Programa uma base uniforme para coletar dados sobre os defeitos e padronizar a linguagem para descrever suas diversas tipologias entre todos os órgãos que participam do programa.

É constituído por um catálogo que apresenta tipologias de defeitos em pavimentos flexíveis, revestidos com concreto asfáltico, e pavimentos rígidos, constituídos por placas de concreto de cimento Portland. São descritos a caracterização de cada tipo de defeito, os níveis de severidade e a forma de quantificação da extensão, identificando-os através de fotos e figuras. O elenco de defeitos descrito no manual está apresentado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 Defeitos considerados no manual SHRP

Fonte: SHRP (1993)

Defeito	Forma de medir
Trincas de reflexão-	área
Trincas em bloco	área
Trincas nos bordos	extensão
Trincas longitudinais	extensão; registrar a extensão com selante em boas condições
Trincas por reflexão	extensão, separando por tipo transversal e longitudinal; registrar a quantidade de trincas transversais; registrar a extensão de trincas longitudinais com selante em boas condições
Trincas transversais	quantidade e extensão
Remendos	quantidade e área
Panelas	quantidade e área
Deformação permanente	registrar a deformação máxima nas trilhas e rodas
Corrugação	quantidade e área
Exsudação	área
Agregados polidos	área
Desgaste	área
Desnível entre pista e acostamento	registrar o desnível (mm) ao longo de 15 m
Bombeamento	quantidade e extensão

3.3.4.2.3. Método VIZIR

O método proposto pelo *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC)* da França é aplicado a pavimentos flexíveis com revestimento betuminoso. A avaliação é feita visualmente na totalidade da seção avaliada, percorrendo o trecho por caminhamento ou em veículo, trafegando a velocidade de 20 km/h.

Na Tabela 3.3, utilizada para o levantamento os defeitos são classificados em tipo A e B, referente ao estado estrutural e superficial, respectivamente.

Tabela 3.3 Tipos de defeitos adotados pelo método Vizir

Fonte: PRESTES (2001)

Defeitos tipo A (Estrutural)	Defeitos tipo B (Superficial)
Afundamento nas trilhas de roda	Fissura longitudinal em junta
Fissuras diversas	Panelas
Trincas tipo couro de jacaré	Desprendimentos: desgaste acentuado; desgaste superficial; descolamento e movimentação de materiais (ex.: exsudação).
Restaurações ou remendos	

O levantamento dos defeitos é realizado levando em consideração a extensão com que o defeito se apresenta em relação à área da seção avaliada em três intervalos (fissuras, deformações e correções), e segundo a gravidade e o grau de deterioração do defeito, como apresentado na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 Notas para cada defeito em função da gravidade e da extensão

Fonte: PRESTES (2001)

Índice	Gravidade	Extensão 0 a 10%	Extensão 10 a 50%	Extensão > 50 %
Índice de Fissuração: trincas isoladas e interligadas (If)	1	1	2	3
	2	2	3	4
	3	3	4	5
Índice de Deformação: desgaste, afundamentos e buracos (Id)	1	1	2	3
	2	2	3	4
	3	3	4	5
Correção por reparações: remendos	1	0	0	0
	2	0	0	1
	3	0	1	1

A amostragem recomendada para este método de avaliação é de trechos de 500 metros em nível de rede e de 200 metros para nível de projeto. O índice global de degradação (I_s) é determinado pela soma dos fatores atribuídos na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 Condição do pavimento - Índice Global de Degradação

Fonte: Prestes (2001)

I_s	Condição do Pavimento	Necessidade de Correções
1 - 2	Bom	Não
3 - 4	Médio	Sim, localizadas
5 - 7	Péssimo	Sim, grande extensão

3.3.4.2.4. Procedimento DNIT-PRO 006/2003

Aplicado para pavimentos rodoviários flexíveis e semi-rígidos, este procedimento apresenta critérios de avaliação da superfície de pavimentos segundo contagem e classificação de defeitos aparentes, embora sem considerar a frequência e severidade com que os mesmos se apresentam. O objetivo é calcular o IGG – índice de gravidade global, com base na Equação 3.3 e classificar a condição do pavimento segundo este índice.

$$IGG = \sum \left(\frac{f_a \cdot 100}{n} \right) \cdot f_p \quad (\text{Eq. 3.3})$$

onde,

f_r = frequência relativa de cada tipo de defeito,

f_a = frequência absoluta de cada tipo de defeito,

n = número de estações inventariadas,

f_p = fator de ponderação, que constam classificados na tabela 3.6.

A Tabela 3.6 apresenta os defeitos em oito classes, correspondendo cada classe a um fator de ponderação conforme a gravidade que o defeito representa para a integridade do pavimento. Também estão estabelecidos os fatores de ponderação para a média e variância das medidas das flechas nas trilhas de rodas internas e externas. Os fatores de ponderação a adotar para os afundamentos de trilhas de rodas são definidos pelos seguintes critérios:

- ✓ Se a média for igual ou menor que 30 mm, então o fator de ponderação é igual a 4/3; quando maior que 30 mm acrescenta-se uma parcela igual a 40 ao somatório da equação 3.3.

- ✓ Se a variância for igual ou menor que 50 mm, então o fator de ponderação é igual a 1; se maior que 50 mm, acrescentar 50 ao somatório da equação 3.3.

Tabela 3.6 Classificação e fatores de ponderação

Fonte: DNIT (2003)

Tipo	Codificação dos Defeitos	Fator de Ponderação (f_p)
1	FC-1: fissuras, trincas isoladas (longitudinais e transversais) curtas ou longas, trincas isoladas devido à retração térmica.	0,2
2	FC-2: trincas interligadas (em bloco e tipo couro de jacaré) sem erosão nos bordos.	0,5
3	FC-3: trincas interligadas (em bloco e tipo couro de jacaré) com erosão nos bordos.	0,8
4	Afundamentos plásticos locais ou em trilhas de rodas.	0,9
5	Corrugação e panelas	1,0
6	Exsudação	0,5
7	Desgaste	0,3
8	Remendos (superficiais ou profundos)	0,6

Este método de avaliação é realizado por caminhamento, onde faz-se a medida da deformação das trilhas de roda com uma treliça de alumínio, segundo as especificações. As superfícies de avaliação têm 6 metros de comprimento e são localizadas a cada 20 metros em rodovias de pista simples (alternando a cada 40 metros cada sentido) e em rodovias de pista dupla avaliando a pista mais solicitada a cada 20 metros. Esta amostragem resulta em 15% da área total da rede viária avaliada.

A partir da obtenção do IGG, o pavimento é classificado segundo os intervalos apresentados na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 Condição do pavimento em função do IGG

Fonte: DNIT (2003)

Intervalos do IGG	Condição do Pavimento
0 – 20	Bom
20 – 80	Regular
80 – 150	Mau
150 – 500	Péssimo

3.4.3 Atividades de manutenção e reabilitação (M&R)

Segundo Fernandes Jr., Oda e Zerbini (1999), as atividades de manutenção e reabilitação têm como propósito corrigir os defeitos dos pavimentos, a fim de proteger os investimentos e proporcionar aos usuários uma superfície de rolamento confortável, segura e econômica.

Os pavimentos, assim como outros materiais, deterioram ao longo do tempo, naturalmente por fatores climáticos de temperatura e teor de umidade, ou devido à solicitação de tráfego a que são submetidos. Pavimentos asfálticos apresentam deterioração mais lenta no início de sua vida útil, porém sua composição vai sendo alterada, transformando maltenos (fração de óleo na composição do asfalto) em asfaltenos (fração de resina na composição do asfalto) propiciando assim condição para aparecimento e agravamento de defeitos nos pavimentos.

Nesse sentido, a manutenção eleva a serventia do pavimento evitando a deterioração precoce, preservando a estimativa de vida útil do pavimento e bloqueando, quando aplicada em período adequado, o desenvolvimento dos defeitos a níveis mais severos. Já a reabilitação caracteriza-se por prolongar a vida útil do pavimento, criando condições para um novo ciclo com pouca ou nenhuma restrição à condição funcional do pavimento.

A Figura 3.6 indica a relação das atividades de M&R dentro de um SGP, e sua implícita relação com a avaliação da condição dos pavimentos e o reflexo econômico que cada estratégia pode representar.

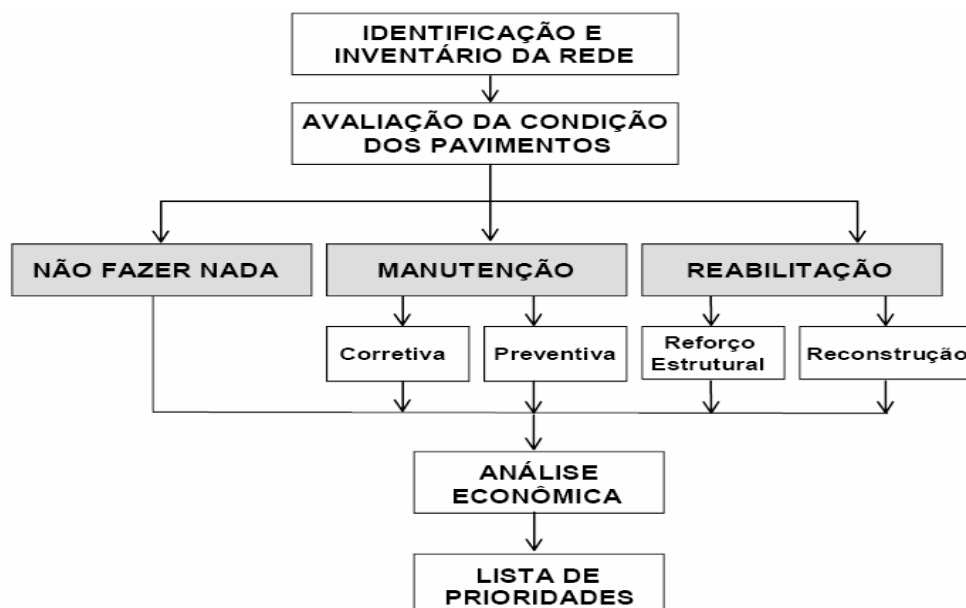


Figura 3.6 Relação das atividades M&R com as etapas de um SGP

Fonte: MAPC (1986) apud FERNANDES JR., ODA e ZERBINI (1999)

- ✓ Manutenção corretiva: é aplicada a vias em boas condições, que apresentem defeitos em estágio inicial, representando a melhor alternativa para utilização dos recursos. Compreende serviços de remendos superficiais, selagem de trincas, reparos localizados a fim de conter o avanço dos defeitos.
- ✓ Manutenção preventiva: com objetivo de conter a deterioração do pavimento no estágio inicial dos defeitos são realizados serviços de rejuvenescimento da capa asfáltica e recapeamento delgado.
- ✓ Ação postergada: seções em que a manutenção preventiva não seja suficiente, mas aquém da necessidade de reabilitação, onde são executados os remendos inadiáveis.
- ✓ Reforço: atividade de reabilitação do pavimento muito cara, porém essencial, pois seu grau de deterioração compromete o desempenho estrutural do pavimento. Requer execução de atividades de manutenção corretiva e preventiva, reforço estrutural e reciclagem.
- ✓ Reconstrução: consiste na remoção completa do pavimento e substituição por outro. Devem ser revistas características de projeto como geometria, drenagem, capacidade de tráfego e dimensionamento do pavimento para não comprometer o desempenho do novo pavimento.
- ✓ Conservação: visando conter a deterioração acelerada do pavimento futuramente, consiste na correção de deficiências funcionais e proteção da estrutura do pavimento.
- ✓ Restauração: consiste em uma intervenção profunda no pavimento, seu projeto deve rever restrições técnicas e orçamentárias para que haja máximo retorno do investimento realizado e a condição funcional do pavimento seja elevada a níveis satisfatórios.

O tipo de intervenção necessária em cada seção do pavimento é determinado através do levantamento das condições do pavimento (funcional, grau de deterioração ou estrutural quando houver comprometimento das camadas inferiores do pavimento), do quociente de irregularidade (QI) da superfície do pavimento e o volume diário médio de tráfego (VDM).

As Figuras 3.7, 3.8 e 3.9 representam árvores de decisão, que permitem definir qual atividade de M&R aplicar seguindo os limites das condições dos pavimentos, de acordo com o tipo de defeito, a severidade e a extensão apresentados nos pavimentos flexíveis de concreto asfáltico.

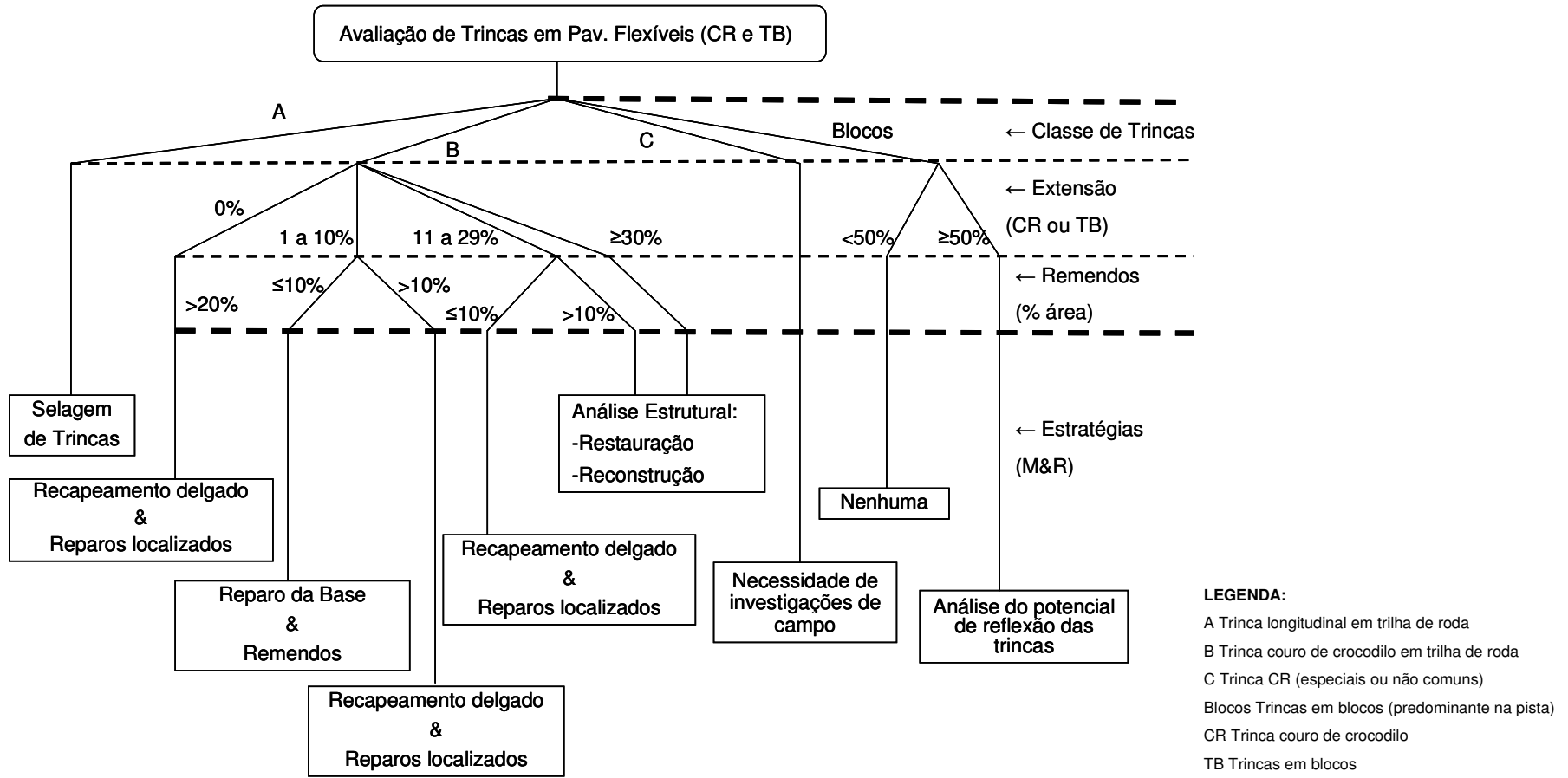


Figura 3.7 Árvore de decisão para Trincas (CR e TB)

Fonte: GONÇALVES (1997)

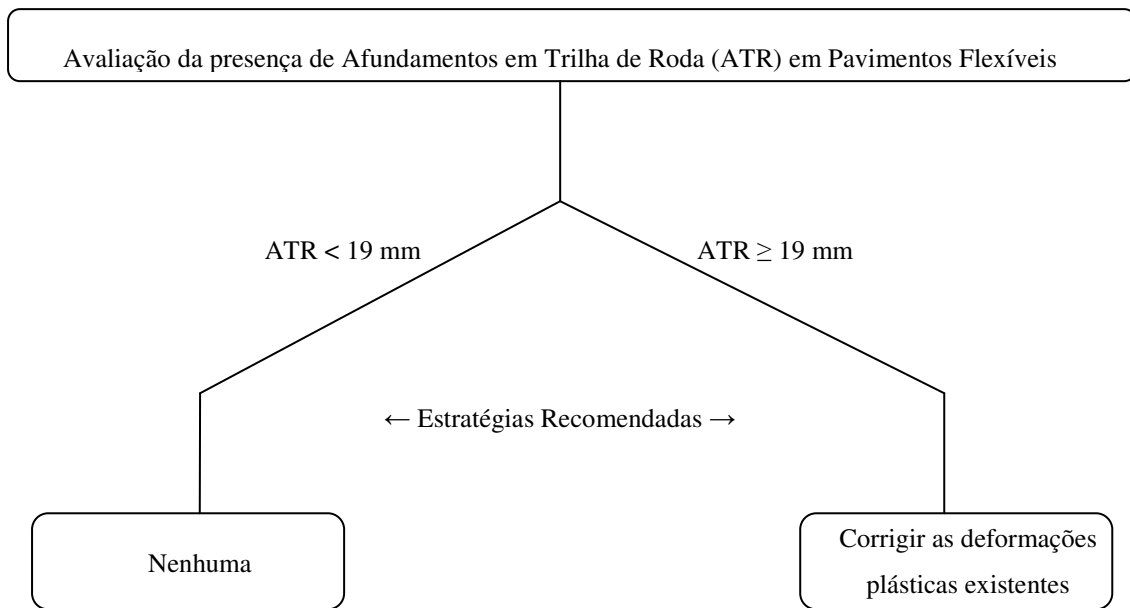


Figura 3.8 Árvore de decisão para Afundamento em Trilha de Roda (ATR)

Fonte: GONÇALVES (1997)

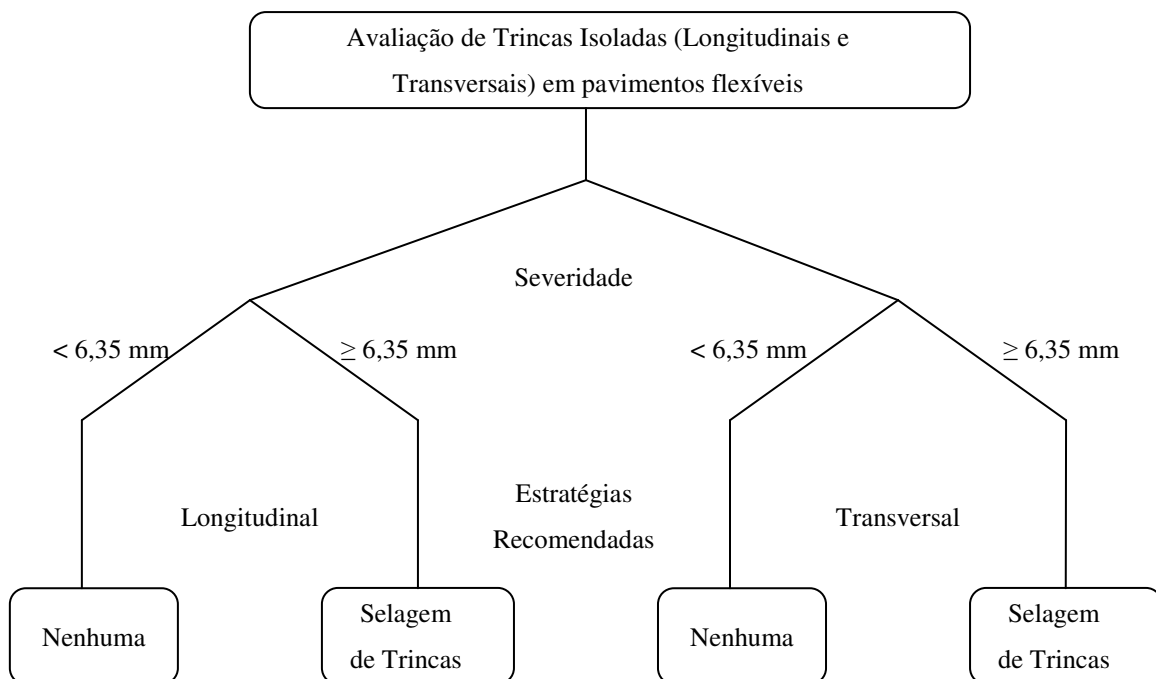


Figura 3.9 Árvore de decisão para Trincas (L e T)

Fonte: GONÇALVES (1997)

3.4.4 Modelos de desempenho

Componente fundamental de SGP, um modelo de desempenho possibilita antever a evolução temporal da condição do pavimento, permitindo a elaboração de cronogramas físico-financeiros das atividades de manutenção e reabilitação (M&R) e a quantificação dos custos de operação dos veículos em função da qualidade do pavimento, sob diferentes cenários orçamentários e para a análise econômica dos custos que ocorrem durante o ciclo de vida do pavimento (Zerbini, 1999).

São listadas, a seguir, as principais razões para o desenvolvimento de modelos de previsão de desempenho, apontadas pelo Federal Highway Administration (1991):

- ✓ Prever as condições futuras do pavimento para determinados segmentos rodoviários.
- ✓ Estimar qual o tipo de atividade de manutenção e reabilitação (M&R) deve ser aplicada e quando esta intervenção deve ocorrer.
- ✓ Melhorar a condição dos pavimentos da malha viária como um todo.
- ✓ Utilizar as informações obtidas para reavaliar os projetos do pavimento.
- ✓ Conduzir análises de custos durante o ciclo de vida útil do pavimento.

Através da análise gráfica da Figura 3.10 percebe-se a importância da análise de desempenho de pavimentos e os benefícios de investir em atividades de M&R no período adequado do ciclo de vida do pavimento.

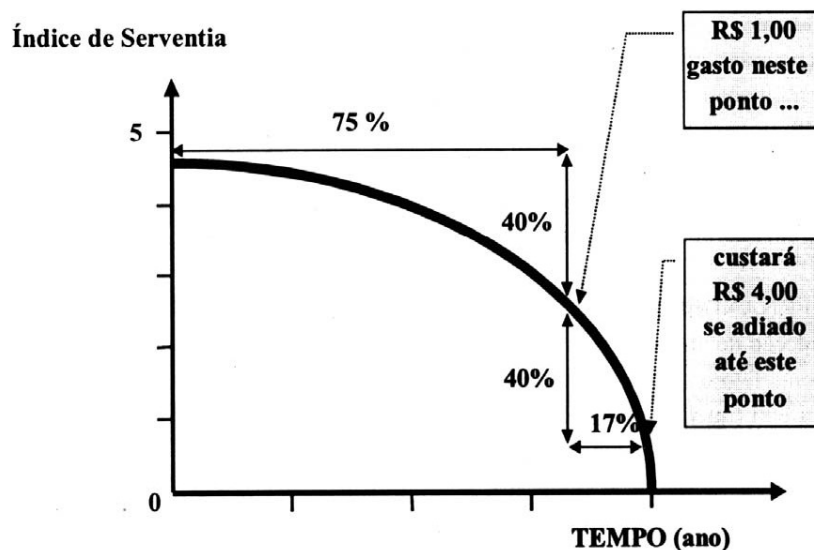


Figura 3.10 Exemplo de gráfico de desempenho do pavimento, M&R e custos

Fonte: adaptado de FHWA (1989), apud FERNANDES JÚNIOR, ODA e ZERBINI (1999)

Haas, Hudson e Zaniewski (1994) classificam os modelos de desempenho em:

- ✓ Puramente mecânicos: modelos baseados em parâmetros de respostas estruturais, tais como tensões, deformações ou deflexões do pavimento.
- ✓ Empírico-mecânicos: utilizam respostas estruturais, porém estas são relacionadas à deterioração funcional ou estrutural através de equações de regressão.
- ✓ Empíricos ou de regressão: modelos em que as variáveis dependentes que caracterizam a deterioração estrutural ou funcional são relacionadas com uma ou mais variáveis independentes, como suporte do subleito, aplicações de carga por eixo (número N), espessuras e propriedades dos materiais que constituem as camadas do pavimento, idade, fatores ambientais e suas interações.
- ✓ Probabilísticos: modelos em que a experiência de engenheiros e de técnicos é formalizada por meio de processos de transição, como o processo de Markov, que permite a estimativa da condição futura, geralmente em termos de um índice de defeitos combinado (como o ICP, Índice de Condição dos Pavimentos) mesmo sem seguir uma série histórica de dados.

Diversos pesquisadores e órgãos rodoviários desenvolveram modelos de previsão de desempenho de pavimentos. A seguir, são mostrados os principais modelos de desempenho de pavimentos.

3.4.4.1 Modelos de desempenho empíricos (regressão)

Queiroz (1981) desenvolveu modelos de previsão de desempenho a partir de uma base de dados levantada para a Pesquisa de Inter-Relacionamento de Custos de Construção, Conservação e Utilização de Rodovias (PICR), iniciada em 1975 pela Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT, 1982). Os dados coletados foram obtidos através da observação sistemática de 63 seções de pavimentos em serviço, da malha rodoviária compreendida entre Brasília - Goiânia - Belo Horizonte - São Paulo. As variáveis analisadas e as seções observadas foram selecionadas por uma programação fatorial. Algumas equações empíricas, obtidas por regressão múltipla pelo método dos mínimos quadrados e por análise de cumeieira, são apresentadas a seguir:

a) Estimativas da irregularidade longitudinal do pavimento:

$$QI = 12,63 - 5,16RH + 3,31ST + 0,393A + 8,66(\log N / SNC) + 7,17 \times 10^{-5} (\log B \times \log N)^2 \quad (\text{Eq. 3.4})$$

$$R^2 = 0,52 \quad EP = 10,22$$

b) Estimativa do N até o surgimento da primeira trinca:

$$\log N = 1,205 + 5,96 \log SNC \quad (\text{Eq. 3.5})$$

$$R^2 = 0,52 \quad EP = 0,44$$

c) Evolução do trincamento dos pavimentos:

$$CR = -18,53 + 0,04568 \log N + 0,005018 \times A \times \log N \quad (\text{Eq. 3.6})$$

$$R^2 = 0,64 \quad EP = 12,62$$

onde:

RH: variável indicadora do estado de reabilitação:

RH = 0, como construído.

RH = 1, reabilitado.

A: idade do pavimento desde a construção ou reabilitação, em anos.

N: número equivalente de solicitações do eixo padrão de 80 kN, calculado pelo método da AASHTO.

SNC: número estrutural corrigido.

QI: quociente de irregularidade (contagens/km).

ST: variável indicadora do tipo de revestimento:

ST= 0, concreto asfáltico.

ST = 1, tratamento superficial duplo.

B: deflexão média medida pela viga Benkelman, em 0,01 polegadas.

R²: coeficiente de determinação.

EP: erro padrão.

CR: porcentagem de área do pavimento com trincas de classes 2, 3 e 4 e panelas.

3.4.4.2 Modelos de desempenho empíricos ou de regressão

Queiroz (1981) também desenvolveu equações para previsão de irregularidade e trincamento a partir de análises empírico-mecanísticas, derivadas de respostas estruturais dos pavimentos (deflexões recuperáveis da superfície, tensões de tração, deformações e energia de deformação na face inferior da camada do revestimento asfáltico e tensões e deformações no topo do subleito). As equações foram estabelecidas para relacionar essas respostas aos dados de irregularidades e trincas obtidos quando da PICR.

a) Irregularidade longitudinal do pavimento:

$$\begin{aligned} \text{Log}QI &= 1,426 + 0,01117A - 0,1505RH + 0,001671VSN3 \times \log N & (\text{Eq. 3.7}) \\ R^2 &= 0,25 \quad EP = 0,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Log}QI &= 1,297 + 9,22 \times 10^{-3} A + 9,08 \times 10^{-2} ST - 7,03 \times 10^{-2} RH + 5,57 \times 10^{-4} & (\text{Eq. 3.8}) \\ & (\text{SEN1} \times \log N) \\ R^2 &= 0,52 \quad EP = 0,11 \end{aligned}$$

onde:

QI: quociente de irregularidade, em contagens / km.

A: idade do pavimento desde a construção ou recapeamento, em anos.

RH: indicador do estado de reabilitação:

= 0, pavimento construído.

= 1, recapeado.

VSN3: deformação específica de compressão vertical no topo do subleito (10^{-4}).

SEN1: energia de deformação na face inferior do revestimento, em $10^{-4} \times \text{kgf.cm}$.

N: número equivalente de operações do eixo padrão de 80 Kn.

ST: variável indicadora do tipo de revestimento:

= 0, concreto asfáltico; e

= 1, tratamento superficial duplo.

R^2 = coeficiente de determinação.

EP: erro padrão.

b) Início do trincamento:

$$\log N = 6,87 - 1,970 \log VSN1 \quad (\text{Eq. 3.9})$$

$$R^2 = 0,31 \quad EP = 0,59$$

sendo:

VSN1: deformação específica de compressão vertical na face inferior do revestimento (10^{-4}).

c) Porcentagem de área trincada

$$CR = -8,70 + 0,258 HST_1 \times \log N + 1,006 \times 10^{-6} HST_1 \times \log N \quad (\text{Eq. 3.10})$$

$$R^2 = 0,50 \quad EP = 15,40$$

onde:

CR: porcentagem de área com trincas de classes 2 a 4 e remendos.

HST₁: tensão horizontal de tração na face inferior do revestimento, em kgf/cm².

3.4.4.3 Modelos de desempenho probabilísticos

Nos modelos de desempenho probabilísticos, a experiência de engenheiros e técnicos é formalizada através de processos de transição, como por exemplo, o processo de transição de Markov, que permite a estimativa da condição futura a partir de matrizes de probabilidade de transição.

O processo de Markov descreve o desenvolvimento de um evento como sendo um processo estocástico. Consiste de um conjunto de objetos e um conjunto de estados, tal que a qualquer tempo cada objeto deve estar em um estado e a transição entre os estados do processo só depende do estado atual do processo, não importando por quais estados anteriores o processo já passou ou irá passar. Não são desconsideradas as informações passadas do processo. É como se todas estivessem representadas nas condições do presente. A probabilidade de um processo passar de um estado para outro é chamada probabilidade de transição. Estado indica a situação do processo num certo instante, a qual é aferida por uma variável ou conjunto de variáveis. Transição é a evolução de um instante para outro, podendo haver mudanças de estado ou não. O processo de Markov é analisado em instantes discretos, os quais são numerados e ordenados. Portanto, a probabilidade de transição de t- instantes, $p_{ij}^{(t)}$, definida como a probabilidade condicional que a variável

aleatória $\{X_t\}$ inicia no estado i e passa para o estado j após t unidades de tempo, apresenta as seguintes propriedades:

$$P_{ij}^{(t)} \geq 0 \quad \text{para todo } i \text{ e } j, t = 0, 1, 2, \dots \quad (\text{Eq. 3.11})$$

$$\sum_{i=0}^M p_{ij}^{(t)} = 1 \quad \text{para todo } i, t = 0, 1, 2, \dots \quad (\text{Eq. 3.12})$$

onde i e j são definidos no mesmo espaço de estado $(m+1)$.

A primeira propriedade (Equação 3.11) significa que a condição dos pavimentos não melhora com o tempo. Portanto, a probabilidade de transição de um estado de condição inferior (por exemplo: ruim) para um estado de condição superior (por exemplo: regular ou bom) é sempre zero. A segunda (Equação 3.12) estabelece que a soma de todas as probabilidades de uma seção do pavimento passar do estado atual para um outro estado ao longo de uma linha deve ser igual a 1.

O vetor estado para um ciclo de solicitação t é obtido multiplicando-se o vetor estado inicial $p(0)$ pela matriz de probabilidade de transição P elevada a uma potência t . Então, tem-se a seguinte equação de Chapman-Kolmorov (Equação 3.13):

$$p_{ij}^{(t)} = \sum_{k=0}^m p_{ik}^{(v)} \cdot p_{jk}^{(t-v)} \quad (\text{Eq. 3.13})$$

Para todos i, j, k e para os instantes $0 \leq v \leq t$.

Para $v = 1$, tem-se a t -ésima potência de uma matriz P , podendo-se escrever:

$$p^{(t)} = P.P.(...).P = P^t \quad (\text{Eq. 3.14})$$

Existe um vetor estado inicial $p(0) \neq 0$, $p(0) = p(0), p(1), p(2), \dots, p(n)$ tal que:

$$\begin{aligned} p(1) &= p(0) \times P \\ p(2) &= p(1) \times P = p(0) \times P^2 \\ p(3) &= p(2) \times P = p(0) \times P^3 \\ &\dots \\ p(t) &= p(t-1) \times P = p(0) \times P^t \end{aligned} \quad (\text{Eq. 3.15})$$

Em 1980, o Departamento de Transporte do Estado de Arizona (EUA) utilizou o processo de Markov para previsão de desempenho dos pavimentos ao longo do tempo (Wang, Zaniewski e Delton, 1994). Posteriormente, inúmeros organismos rodoviários também implementaram modelos de previsão de desempenho com base no processo de Markov.

Para a determinação dos modelos probabilísticos, o estado do pavimento deve ser definido pelo Índice de Condição do Pavimento (ICP) ou por outros índices de defeitos combinados. No caso do ICP, a escala varia de 0 a 100 e pode ser dividida em 10 estados de condições iguais. No presente trabalho, essa divisão se deu em 20 estados iguais, o que resulta em matriz de probabilidades de transição composta de 20 linhas e 20 colunas.

Um vetor estado indica a probabilidade de uma seção de pavimento estar em cada um dos estados em um ciclo de solicitação, conforme apresentado na Figura 3.11 (Butt et al, 1987). Na idade 0 (ciclo de solicitação 0), o vetor estado é (1,0,0,0,0,0,0,0,0,0), o que significa que há uma probabilidade igual a 1 de a seção do pavimento estar no estado 1 no ciclo de solicitação 0. Ou, em outras palavras, significa que o ICP fica entre 90 e 100 logo após a construção.

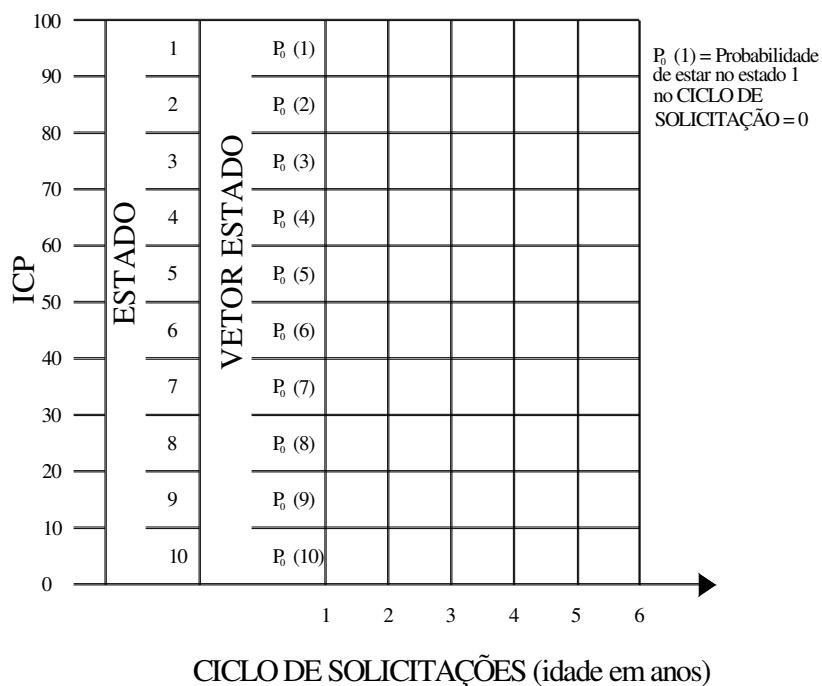


Figura 3.11 Representação esquemática do modelo de Markov.

Fonte: BUTT, SHAHIN, CARPENTER e CARNAHAN (1987).

O desenvolvimento de uma matriz de probabilidades de transição tem por objetivo estabelecer a taxa de deterioração do pavimento com o tempo. Com a hipótese de que a

condição do pavimento ou permanece no seu estado atual ou passa ao próximo estado de condição inferior durante um ciclo de solicitação, a matriz de probabilidades de transição tem a forma da Equação 3.16.

$$P = \begin{pmatrix} p(1) & q(1) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p(2) & q(2) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p(3) & q(3) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p(4) & q(4) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p(5) & q(5) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p(6) & q(6) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p(7) & q(7) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p(8) & q(8) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p(9) & q(9) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (\text{Eq. 3.16})$$

onde

“ $p(i)$ ” é a probabilidade de o pavimento permanecer no estado i durante um ciclo de solicitação e

“ $q(i) = 1 - p(i)$ ” é a probabilidade do pavimento passar para o próximo estado ($i+1$) durante um ciclo de solicitação.

Com este procedimento, se as matrizes de transição podem ser estimadas, o estado futuro do pavimento em qualquer de ciclo de solicitação, t , pode ser previsto. Segundo Wang, Zaniewski e Way (1994), as vantagens do método probabilístico compreendem a possibilidade do desenvolvimento de curvas de desempenho de pavimentos sem dados históricos, a calibração direta através do uso de um método formal de entrevistas por especialistas, a projeção além dos limites estabelecidos pelos dados, algo que os modelos de regressão não podem garantir, e a facilidade com que o modelo pode ser integrado ao processo de otimização. O processo de Markov é ferramenta natural a ser utilizada em combinação com a programação dinâmica, de modo a fornecer soluções ótimas de estratégias de manutenção e reabilitação rápida e eficiente.

A principal desvantagem é a necessidade de desenvolvimento de matrizes para cada combinação de fatores, tais como tipo de pavimento, espessura do pavimento, cargas ou volumes de tráfego, meio ambiente, suporte do subleito. Como consequência, tem-se a necessidade do desenvolvimento de um grande número de matrizes de transição

probabilísticas. Para exemplificar, uma aplicação do processo de Markov considerando dois níveis de espessura da camada de revestimento, três níveis de tráfego e dois níveis de capacidade de suporte do subleito resulta em um total de $2 \times 3 \times 2 = 12$ combinações.

Bertollo e Fernandes Jr. (1997) indicam o modelo de Markov para implantação de novos sistemas de gerência de pavimentos urbanos, pois este modelo permite prever a condição futura do pavimento a partir do levantamento da condição atual além de as prefeituras geralmente não possuírem um banco de dados com informações históricas suficientes para determinar as equações matemáticas de modelos mecanísticos ou de regressão.

3.4.5 Métodos de Priorização de Intervenções de Manutenção

Os critérios de priorização em gerência de pavimentos consistem na ordenação dos projetos em escala de relevância reunidos até se esgotarem as previsões orçamentárias do planejamento anual, podendo ser definidos através de índices subjetivos ou calculados através da relação benefício-custo das intervenções (Serafini, 2005).

Alguns métodos computacionais avaliam milhares de dados através de métodos estatísticos ou sistemas lineares, considerando como benefício a diferença entre irregularidade do pavimento avaliado e a previsão da irregularidade após a intervenção em um período de análise.

Porém estudos e pesquisas na área de gerência de pavimentos vêm apresentando possibilidades simplificadas para os critérios de priorização, como os apresentados a seguir.

Fernandes Jr. (1997) indica como técnicas de priorização a relação inversa entre o Índice de Prioridade (IP) e o índice de condição do pavimento (ICP), segundo a Equação 3.17 (quanto pior é a condição, maior é a prioridade):

$$IP = \frac{1}{ICP} \quad (\text{Eq. 3.17})$$

onde:

“IP” é o Índice de Prioridade e

“ICP” é o Índice de Condição do Pavimento.

O efeito do tráfego representa a Equação 3.18 a seguir:

$$IP = \frac{\sqrt{VMD}}{ICP} \quad (\text{Eq. 3.18})$$

onde:

“IP” é o Índice de Prioridade;

“VMD” é o Volume de Tráfego Médio Diário e

“ICP” é o Índice de Condição do Pavimento.

Estes parâmetros representam uma abordagem inicial a respeito da priorização de projetos de M&R de pavimentos, entretanto, através de conceitos básicos, refletem a essência do seu objetivo e a importância dos modelos de priorização para um sistema de gerência de pavimentos.

3.4.5.1 Modelo empírico de Tavakoli

O modelo desenvolvido por Tavakoli *et al.* (1992) consiste na Equação 3.19 que determina o índice de prioridade (IP) em função do índice de condição do pavimento (ICP), fator de tráfego, classe da via, tipo e volume de tráfego e da manutenção do pavimento.

$$IP = \frac{1}{ICP \cdot TF \cdot FC \cdot TR \cdot MF} \quad (\text{Eq. 3.19})$$

onde:

“ICP” é o índice de condição do pavimento;

“TF” é o fator tráfego, varia de 10 a 100 conforme o volume diário médio de tráfego (VDM);

“FC” é o fator da classe da via = 1,0 para vias locais;

= 1,1 para vias coletoras;

= 1,2 para vias arteriais;

“TR” é o tipo de tráfego

= 1,1 nos trechos que servem para itinerário de ônibus ou onde existirem prédios institucionais que atraem elevado fluxo de tráfego (escolas, hospitais, etc.);

= 1,0 nos demais casos;

“MF” é o fator de manutenção ($0 \leq MF \leq 5$, mínimo para pouco ou nenhum investimento em manutenção e máximo para custo elevado de manutenção).

A aplicação deste modelo envolve o inventário completo da malha viária, com divisão dos trechos homogêneos, classificação e denominação das vias, características geométricas da

via (largura, extensão, tipo de pavimento) e condições de drenagem, características de tráfego (volume, composição, carregamento, itinerário de transporte público urbano) e histórico do pavimento (composição e espessura das camadas, intervenções) e seu índice de condição (ICP).

A escala dos resultados de IP obtidos, varia de 0 a 0,01, sendo zero para situações onde não sejam necessárias intervenções imediatas no pavimento avaliado, e 0,01 para aqueles trechos em que as intervenções devem ser prioritárias.

3.4.5.2 Modelo de priorização baseado no HDM-III

O modelo de priorização que tem por base o HDM visa o planejamento a longo prazo e a divisão uniforme dos recursos destinados às atividades de M&R em cada ano, atribuindo um Índice de Prioridade (IP) para cada subtrecho homogêneo.

Este modelo classifica a priorização com base no custo, principalmente no custo operacional dos veículos, parâmetro este processado pelo *software* em função do quociente de irregularidade longitudinal (QI), da geometria (horizontal e vertical) e da composição do tráfego. O IP com base no HDM corresponde a um valor entre 1,0 (valor mínimo do custo operacional dentre os valores calculados em todos os subtrechos) e 2,0 (valor atribuído ao custo operacional de valor máximo).

Assim como os métodos de avaliação de pavimento, modelos de previsão, atividades de manutenção e reabilitação diferem entre os sistemas de gerência de pavimentos rodoviário e urbano, os modelos de priorização também apresentam suas particularidades, principalmente por apresentarem características de tráfego diferentes. Pesquisas referentes a cada aplicação têm contribuído para o aperfeiçoamento dos modelos.

Paiva e Pedrazzi (2005) apresentaram um modelo de ranqueamento para intervenções em vias urbanas, com aplicação na cidade de Campinas - SP levando em consideração a hierarquia viária, o tráfego da via (VMD e se atende itinerários de transporte público) e a avaliação de defeitos no pavimento. O modelo apresenta resultados satisfatórios para cidades de pequeno, médio e grande porte, é um método bastante simplificado, porém de boa aplicabilidade aos SGPU's.

3.4.5.3 Modelo de priorização do DNER

Desenvolvido pelo extinto DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, atual DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura em Transportes, este modelo apresenta

um índice de prioridades (IP) relacionando o índice de estado da superfície (IES) e o custo operacional dos veículos (IC).

A Tabela 3.8 apresenta a determinação do IES em função do índice de gravidade global estimado (IGG) e do valor de serventia atual (VSA); a Tabela 3.9 permite determinar o IC em função do quociente de irregularidade (IR) e volume diário médio de tráfego (VDM).

Tabela 3.8 IES – Índice de estado de superfície

Fonte: DNER (1993)

Conceito	IGG	VSA<2,5	2,5<VSA<3	3<VSA<3,5	3,5<VSA<4	VSA>4
Excelente	<15	*	*	5	3	0
Bom	>15 e <30	*	6	6	4	2
Regular +	>30 e <60	8	7	7	5	4
Regular -	>60 e <80	9	8	8	6	*
Ruim	>80 e <120	10	9	9	*	*
Péssimo	>120	10	10	*	*	*

(* Casos incoerentes ou inconsistentes)

Tabela 3.9 IC - Índice de custo operacional

Fonte: DNER (1993)

QI (contagens/km)	VDM<8000	8000<VDM<12000	12000<VDM< 25000	VDM>25000
QI<22	0	2	4	6
22<QI<40	1	3	5	7
40<QI<55	2	4	7	9
QI>55	3	5	8	10

Através dos parâmetros IES e IC, determina-se o índice de prioridades (IP) através da Equação 3.20.

$$IP = \frac{p_1 \cdot IC + p_2 \cdot IES}{p_1 + p_2} \quad (\text{Eq. 3.20})$$

onde:

“IP” é o índice de priorização;

“IC” é o índice de custo operacional (Tabela 3.8);

“IES” é o índice de estado da superfície (Tabela 3.9) e

“p₁” e “p₂” pesos de ponderação para atribuir maior importância a um índice em detrimento do outro.

A escala de avaliação final varia de 0, para trechos que não necessitam de intervenção imediata, a 20 escala máxima de prioridade em relação aos outros trechos.

3.4.5.4 Modelo de priorização estatístico desenvolvido por Bodi & Balbo

Apresentado por Bodi e Balbo (1998) através de resultados obtidos por um modelo computacional desenvolvido pelo Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, este modelo utilizou variáveis de tráfego e o valor de serventia atual (VSA) dos pavimentos da malha viária da capital paulista para se chegar a uma relação de prioridades para intervenções de manutenção nos trechos avaliados através de um convênio com a Prefeitura do Município de São Paulo entre 1991 e 1994.

Visando a priorização somente das intervenções de reforço do pavimento, foi verificada a possibilidade de se correlacionar os dados levantados em campo (VSA, dimensões físicas dos trechos, VDM total e segregado, custos) e vinculá-los aos resultados de priorização obtidos através do modelo, tais como benefício do usuário ou benefício-custo de uma intervenção de manutenção.

Foram desenvolvidos modelos estatísticos, apresentados na Tabela 3.10 através de equações de regressão linear múltipla, obtendo-se em função do valor de serventia atual (VSA), do volume de tráfego (VMD) e da composição de tráfego o valor benefício / custo para cada especificação de reforço.

Tabela 3.10 Modelos de priorização de Bodi e Balbo**Fonte: BODI e BALBO (1998)**

Forma do Modelo	
$\frac{B}{C} = 0,22927.VSA^{-2,76622}.V_a^{0,82604}.V_o^{-0,0872}.V_C^{-0,18368}$	
R ² =0,88: 20 trechos analisados Reforço de 9 a 10 cm de espessura (US\$12,92 /m ² a US\$13,45 /m ²)	(Eq. 3.21)
$\frac{B}{C} = 0,04176.VMD^{0,79165}.VSA^{-2,81645}$	
R ² =0,87: 20 trechos analisados Reforço de 9 a 10 cm de espessura (US\$12,92 /m ² a US\$13,45 /m ²)	(Eq. 3.22)
$\frac{B}{C} = 2,07893.VDM^{0,51173}.VSA^{-4,17591}$	
R ² =0,90: 15 trechos analisados Reforço de 4 cm e fresagem de 3 cm de espessura (US\$9,20 /m ²)	(Eq. 3.23)
$\frac{B}{C} = 0,01259.VDM^{0,94202}.VSA^{-2,70551}$	
R ² =0,92: 100 trechos analisados Reforço de 4 a 5 cm de espessura (US\$6,09 /m ²)	(Eq. 3.24)
$\frac{B}{C} = 2,8383.VSA^{-2,7185}.V_a^{0,3585}.V_o^{-0,256089}.V_C^{0,06544}$	
R ² =0,95: 79 trechos analisados Reforço de 10 cm (US\$13,45 /m ²)	(Eq. 3.25)

onde:

“B/C” indica a relação entre benefício e custo;

“VSA” valor de serventia atual;

“VDM” valor diáriomédio de tráfego;

“V_a” volume de automóveis;

“V_o” volume de ônibus;

“V_c” volume de caminhões.

Para o caso apresentado por Bodi e Balbo, a relação benefício / custo variou de 0 (casos em que não havia necessidade de intervenção) a 2,805 (representando trecho prioritário à intervenção).

3.4.6 Custos e análise econômica

Os custos de intervenção devem ser analisados quanto à condição dos pavimentos, ao incremento de serventia que cada estratégia implicará e aplicação dos modelos de desempenho. Assim a análise de custos e econômica de cada alternativa deve ser estudada, levando em consideração a relação benefício / custo, quando este fator for maior que 1,0

significa que a estratégia é viável, já fatores menores que 1,0 representam uma estratégia que pode ter ação postergada ou que seja inviável economicamente.

As variáveis benefício e custo envolvem os aspectos a seguir:

- ✓ Os custos de construção, restauração e conservação dos pavimentos envolvidos, representam gastos com materiais, equipamentos, mão-de-obra.
- ✓ Os custos associados a interrupções de tráfego, decorrentes das obras de conservação e restauração, como aqueles que são função do tempo de viagem, elemento importante em áreas com tráfego intenso e economias afluentes.
- ✓ O nível de serventia fornecido pelo pavimento, expresso pela sua irregularidade longitudinal, que afeta os custos operacionais dos veículos.
- ✓ A conveniência de se aplicar ou não uma atividade de M&R, como ilustra a Figura 3.12 onde a alternativa 1 representa um pavimento em processo natural de deterioração e a alternativa 2 representa uma intervenção de manutenção no pavimento.

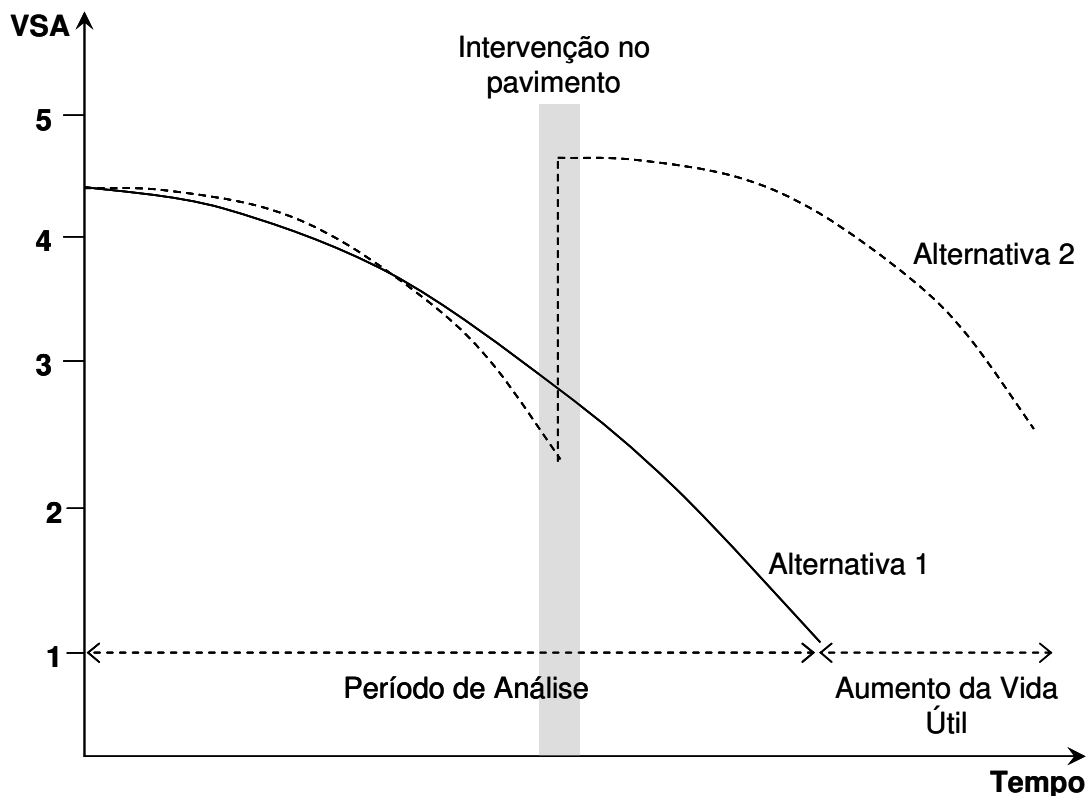


Figura 3.12 Serventia e alternativas de M&R

Fonte: adaptado de GONÇALVES (1997)

A partir desta análise, Gonçalves (1997) propõe os modelos de avaliação econômica com base nas estratégias de M&R e o seu reflexo no ciclo de vida útil do pavimento:

- a) Custo Inicial (CI): representa o custo de implantação da alternativa, desconsiderando custos futuros. A alternativa de menor custo inicial não é necessariamente a alternativa mais eficaz economicamente, pois outras de custo inicial um pouco maior podem representar melhor desempenho do pavimento em maior prazo.
- b) Custo Anual Uniforme Equivalente de Manutenção (CAUEM): representado pela Equação 3.26, este parâmetro de avaliação da eficiência econômica de alternativas é mais abrangente e considera o planejamento anual em nível de rede, com distribuição dos recursos ao longo do ano para intervenções nos pavimentos, sua aplicabilidade atende desde o projeto de restauração de pavimentos degradados até as diversas técnicas de conservação.

$$CAUEM = \frac{CI + \sum_{n=1}^{V_s} CC_n}{V_s} \quad (\text{Eq. 3.26})$$

onde,

“CI” é o custo inicial, de implementação da alternativa;

“CCn ” é o custo anual de conservação, no ano n e

“VS” representa a vida de serviço da alternativa, em anos.

- c) Custo no Ciclo de Vida (CCV): expresso pela Equação 3.27, considera o custo total no ciclo de vida e não só da intervenção, este método avalia a maior eficiência dos recursos investidos em vez de considerar apenas o custo de implantação da intervenção.

$$CCV = CI + \sum_i \frac{CC_i}{(1+r)^{i-1}} - \frac{VR}{(1+r)^{PA-1}} \quad (\text{Eq. 3.27})$$

onde,

“CI” é o custo inicial;

“CCi” representa o custo de conservação no ano i;

“r” é a taxa de oportunidade do capital (% ao ano)

“PA” representa o período atual de avaliação desde a execução do pavimento ou última intervenção e

“VR” valor residual do pavimento, que é o valor monetário que pode ser associado à vida restante do pavimento ou da medida de restauração aplicada, e que pode ser calculado pela Equação 3.28:

$$VR = \frac{VSR}{PP} \cdot CI \quad (\text{Eq. 3.28})$$

onde,

“VSR” é a vida de serviço restante;

“PP” representa o período de projeto do pavimento ou de sua restauração.

O termo do valor residual (VR) do pavimento permite comparar alternativas com períodos de projeto diferentes, como representa a Figura 3.13, sendo mais viável economicamente a estratégia de menor custo no ciclo de vida do pavimento.

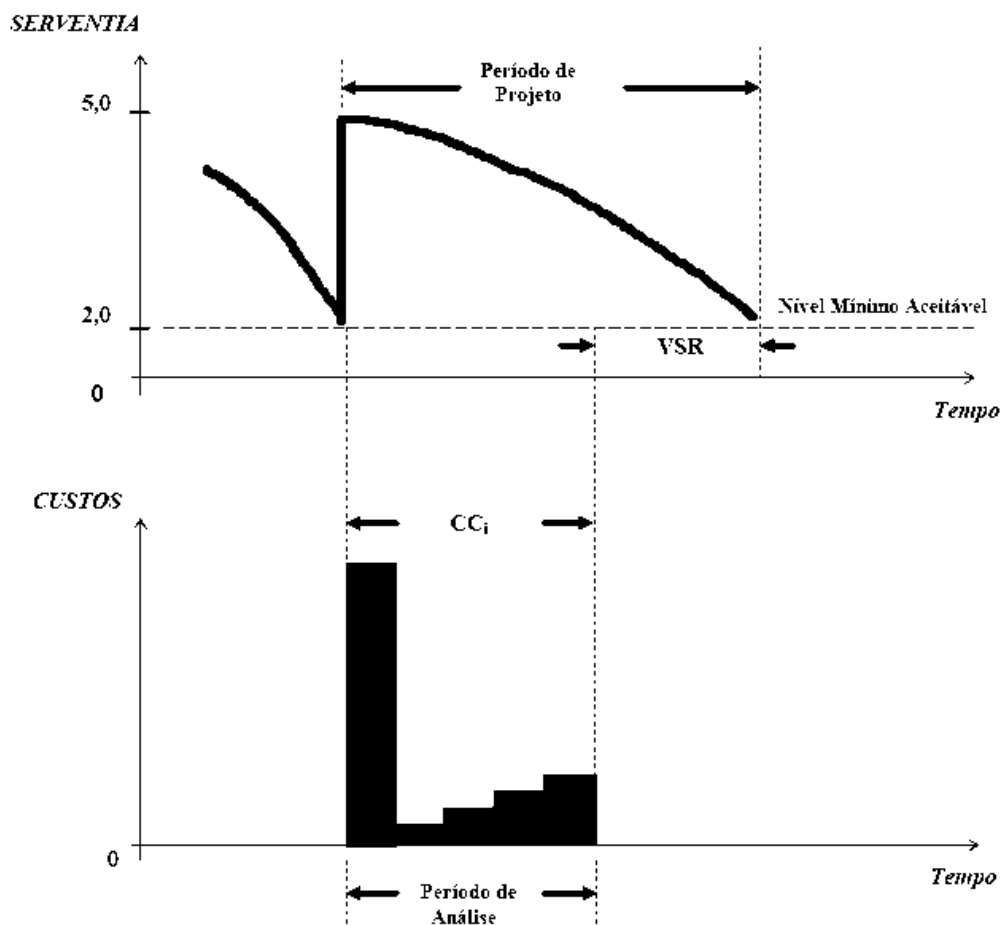


Figura 3.13 Custo no ciclo de vida e serventia

Fonte: GONÇALVES (1997)

4 O USO DO SIG EM SISTEMA DE GERÊNCIA DE INFRA-ESTRUTURA URBANA

A etimologia dos termos que compõem um Sistema de Informações Geográfica é apresentada a seguir:

SISTEMA é um arranjo de elementos relacionados ou conectados de tal forma que constituem um todo organizado com características próprias.

INFORMAÇÃO é um significado atribuído a um determinado ‘dado’ após um processo pré-estabelecido de interpretação.

GEOGRÁFICA: diz respeito às relações básicas com a Terra (considerada como um corpo em forma de globo) e o espaço humano constituído pelo meio ambiente, meio social e temporal.

A definição de Sistemas de Informações Geográficas, segundo Câmara Neto (1995) é a seguinte:

[...] Um Sistema de Informação Geográfica é um sistema de informação baseado em computador que permite captar, modelar, manipular, recuperar, consultar, analisar e apresentar soluções com dados geograficamente referenciados, dados estes que estão armazenados em um banco de dados.

Devido à multiplicidade de usos e visões possíveis da tecnologia SIG, atualmente a gestão pública tem utilizado esta ferramenta para melhorar a qualidade da gestão de redes de infra-estrutura (serviços de saneamento, sistema viário, transporte público e tráfego, resíduos sólidos, etc.) obtendo bons resultados justamente pela perspectiva interdisciplinar que um SIG apresenta.

As principais razões para implantação de um sistema SIG na gerência de administração municipal são a necessidade da organização das informações com qualidade, confiabilidade, facilidade de atualização e acessibilidade, tornando-as úteis às ações de planejamento municipal. Um banco de dados comum ao SIG atende a estes requisitos. A Figura 4.1, adaptada de Zhang, Aki e Hudson (2002), ilustra como a utilização desta ferramenta pode integrar dados de diversos setores de gestão de infra-estrutura urbana.

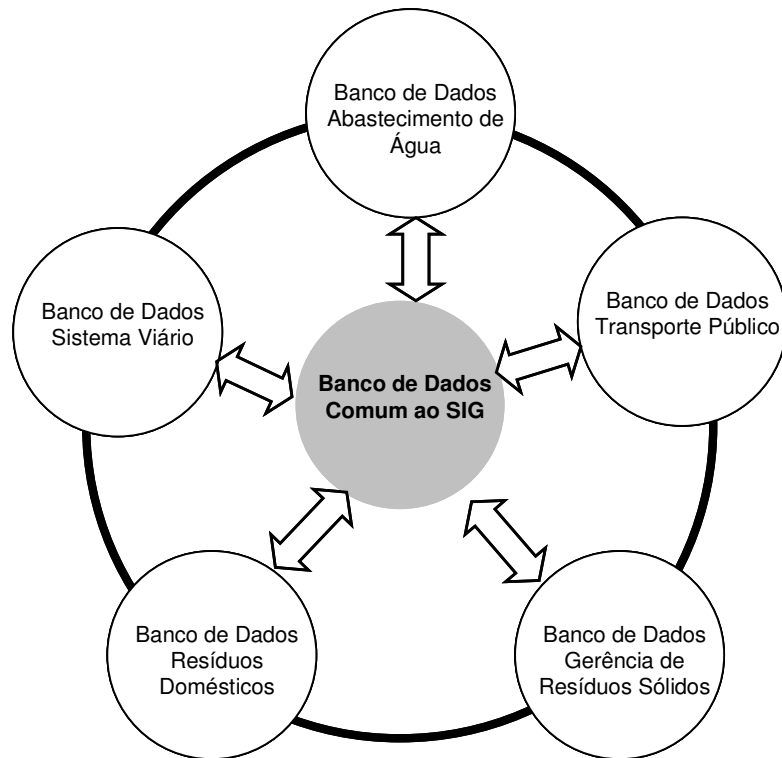


Figura 4.1 Aplicação de SIG à gestão de redes de infra-estrutura urbana

Fonte: adaptado de ZHANG, AKI e HUDSON (2002)

Soluções utilizando a ferramenta SIG, promovendo a integração dos cadastros alfanuméricos através do georeferenciamento, possibilitam a criação de um banco de dados único e consistente, abrindo um novo horizonte de possibilidades, tanto no nível de visualização espacial quanto de identificação, qualificação e quantificação dos elementos da malha viária.

Por exemplo, pode-se fazer a previsão orçamentária de manutenção de uma via considerando não só os aspectos físicos, como volume de tráfego, condição da superfície do pavimento, estatísticas de acidentes, mas também dados sócio-econômicos, vetores de desenvolvimento industrial, projeção de crescimento demográfico e impactos ambientais.

A utilização de Sistemas de Informações Geográficas possibilitam:

- a) Formação e manutenção de cadastro integrado de vias, identificando e correlacionando, entre outras, informações sobre características geométricas da malha viária, tipo de pavimento, hierarquia viária.
- b) Correlação da condição do pavimento com estatísticas de acidentes e trajetos utilizados pelo transporte público urbano.
- c) Relação do sistema viário com outras redes de infra-estrutura urbana.

A ausência de um sistema global como SIG, aliado a falta de comunicação entre as secretarias do município, dificulta o planejamento urbano, pois os dados são coletados de forma individual em cada secretaria. Não havendo comunicação nem compartilhamento dos dados, acontecem várias visitas à população na busca das mesmas informações, enquanto com a aplicação do geoprocessamento será possível aplicar um sistema de logística da coleta dos dados. Daí a importância de um boletim de cadastro completo, que contenha todas as informações necessárias, para que o processo seja o menos oneroso e mais ágil possível, mantendo-se sempre como prioridade a confiabilidade dos dados.

4.1 TIPOS DE DADOS

Dados tratados em SIG têm natureza dupla da informação, podendo corresponder a um dado espacial (tem referência geográfica, localização expressa como coordenadas de um mapa) e atributos (informações descritivas, representadas em um banco de dados convencional). Outro aspecto é que os dados geográficos não existem sozinhos no espaço: tão importante quanto localizá-los é descobrir e representar as relações entre os diversos dados, assim o geoprocessamento lida com as seguintes tipologias de dados espaciais:

- ✓ Geo-campos: são variações espaciais contínuas. São usadas para grandezas distribuídas espacialmente, tais como tipo de solo, topografia e teor de minerais. Correspondem, na prática, a dados temáticos, imagens e modelos numéricos de terreno.
- ✓ Objetos geográficos (ou geo-objetos): são individualizáveis e têm identificação. Este tipo de dado tem atributos não espaciais, armazenados em um banco de dados convencional, e pode estar associado a várias representações gráficas.

4.1.1 Mapas temáticos

Os mapas temáticos são compostos por polígonos definidos através de arcos (limites de uma região) que conectam entre si através de nós (interseção de arcos, unindo início e fim dos arcos), delimitando a região a ser representada que constitui dado do tipo geo-campo. Esta tipologia de representação, denominada representação vetorial, é aplicada em mapas de uso do solo, mapas de limites administrativos.

A forma matricial, também denominada ‘raster’, corresponde à divisão de um mapa temático em células de tamanho fixo, em que cada célula tem um valor correspondente ao tema mais freqüente naquele lugar geográfico.

Câmara Neto (1995) aponta vantagens e desvantagens apresentadas por cada tipologia de representação de mapas, na Tabela 4.1:

Tabela 4.1 Formas de representação em SIG

Fonte: CÂMARA NETO (1995)

ASPECTO	FORMA VETORIAL	FORMA MATRICIAL
Relações espaciais entre objetos:	Relacionamentos topológicos entre objetos	Relacionamentos espaciais devem ser inferidos
Ligação com banco de dados:	Facilita associar atributos a elementos gráficos	Associa atributos apenas a classes de mapa
Análise, simulação e modelagem:	Representação indireta de fenômenos contínuos Álgebra de mapas é limitada	Representa melhor fenômeno com variação contínua no espaço Simulação e modelagem mais fáceis
Escalas de trabalho:	Adequado a grandes e pequenas escalas	Mais adequado para pequenas escalas (grandes áreas)
Algoritmos:	Problemas com erros geométricos	Processamento mais rápido e eficiente
Armazenamento:	Por coordenadas (melhor)	Por matrizes.

4.1.2 Mapas cadastrais

Os mapas cadastrais correspondem a informações do tipo geo-objeto, possuindo atributos que podem estar associados a diversas representações gráficas, a exemplo da planta cadastral urbana, onde cada lote, correspondente a uma área geográfica no mapa, contém informações a respeito do dono, localização, dimensões e valor venal, entre outros. Normalmente os mapas cadastrais são representados na forma vetorial, por ser mais preciso ao lidar com áreas menores.

Apresentando dados simbólicos consultados em um banco de dados, os mapas cadastrais permitem ligar a representação (dados gráficos) de um geo-objeto, distinto e ligado ao espaço geográfico, aos seus atributos (dados tabulares). Já a representação de geo-campos limita-se ao tratamento gráfico com relação a uma classe ou tema de abordagem.

4.1.3 Redes

As informações gráficas de redes são armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó: arcos têm um sentido de fluxo e os nós têm atributos que podem ser fontes ou pólos. A representação de redes está diretamente ligada às redes de infraestrutura urbana, a exemplo da rede de saneamento, de energia elétrica, transporte público urbano; compostas por dados do tipo geo-objeto, porém são mais complexos que os mapas cadastrais, pois sua condição geográfica permite relação com um extenso banco de dados.

4.1.4 Imagens

Informações do tipo geo-campo, as imagens para SIG podem ser obtidas por satélites ou aeronaves e armazenadas como matrizes onde cada pixel equivale a um elemento unitário de informação e indica determinada propriedade físico-química do material da superfície. Características como resolução espectral (número de bandas); resolução espacial (a área unitária da superfície terrestre observada instantaneamente por cada sensor); e resolução temporal (intervalo de tempo entre passagens sucessivas sobre uma mesma área) são fundamentais para utilização de imagens em SIG.

4.1.5 Modelos numéricos do terreno

Também compostos por dados do tipo geo-campo, os Modelos Numéricos de Terreno (MNT) denotam a representação de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Normalmente está associado à altimetria, mas pode ser utilizado para modelar outros fenômenos de variação contínua, tais como variáveis geofísicas, geoquímicas e batimetria. Em MNT podem ser utilizados dois tipos de representações:

- ✓ Grade regular, que corresponde a uma matriz de elementos com espaçamento fixo, onde é associado o valor estimado da grandeza na posição geográfica de cada ponto da grade.
- ✓ Malha triangular, que é uma estrutura topológica vetorial do tipo arco-nó formando recortes triangulares do espaço.

4.2 BANCO DE DADOS

Os mapas cadastrais, principal tipologia de dado abordado por este trabalho, são compostos por uma parte gráfica (mapas descritos vetorialmente em forma de arcos e nós) armazenada em forma de arquivos digitais, neste estudo em AutoCAD, e uma parte

descritiva, que são os atributos armazenados em um banco de dados sendo o principal objetivo do SIG correlacionar estas duas tipologias de dados.

A forma usual de integrar as informações geográficas com um de banco de dados utiliza um sistema gerenciador de base de dados relacional¹ para armazenar os atributos convencionais dos objetos geográficos (na forma de tabelas) e arquivos para guardar as representações geométricas.

Desta forma um SIG é capaz de associar a representação gráfica desses *geo-objetos* com a informação descritiva contida em seu banco de dados e também de computar novas informações e exibí-las sob a forma de mapas. Assim, para obter informações sobre as seções das vias como, tipo de pavimento, largura, comprimento ou identificação da seção, pode-se consultar o dado tabular (atributos) correspondente e apresentar os resultados de forma inteligível.

4.2.1 Conexão de dados gráficos e tabulares

A conexão entre o dado gráfico (espacial) e o dado tabular (descritivo) é fundamental em um SIG. Segundo Câmara Neto (1995), para que isto ocorra existem três condições que devem ser obedecidas:

- ✓ Manter um relacionamento único entre dados gráficos sobre o mapa e registros na tabela de atributos.
- ✓ Manter a ligação entre o dado gráfico e o registro através de um único identificador.
- ✓ Manter o identificador armazenado fisicamente no arquivo que contém os dados gráficos e no arquivo que contém o correspondente registro da tabela de atributos.

Essas condições possibilitam a um SIG criar novos mapas baseados em informação tabular e permitem realizar, por exemplo, as seguintes operações:

- ✓ Apontando-se para uma representação sobre o mapa, identificar o geo-objeto e exibir uma lista de seus atributos.
- ✓ Apontando-se para um registro na tabela de atributos, identificar o geo-objeto correspondente e realçar suas representações gráficas sobre o mapa.

¹ No *modelo relacional*, os dados são organizados na forma de uma *tabela* onde as *linhas* correspondem aos geo-objetos e as *colunas* correspondem aos *atributos*.

Os identificadores são utilizados nessas operações como um meio de ligação entre as representações gráficas do mapa e seus respectivos atributos tabulares e vice-versa. Essas operações fornecem interatividade entre dados gráficos e tabulares.

4.2.2 Conexão com dados multimídia

Existem várias maneiras de conectar um *geo-objeto* a dados multimídia. A forma direta é acrescentar uma nova coluna à tabela de atributos para que o *geo-objeto* possa conter o nome de um arquivo de dado multimídia. Esta maneira simples de associação permite ligar apenas um único arquivo de dado para cada *geo-objeto*. Outra forma de efetuar a conexão é através da utilização de uma nova tabela, que deve ter duas colunas, uma contendo o identificador do *geo-objeto* e a outra o nome do arquivo multimídia.

Os métodos descritos acima possibilitam ao sistema obter o nome ou os nomes dos arquivos associados a cada *geo-objeto*. Através do nome do arquivo, deve-se arquitetar uma forma de localizar o dado e exibí-lo adequadamente.

4.3 INTERFACE COM O USUÁRIO

O modo como o usuário do SIG utiliza a ferramenta, interagindo com os dados e obtendo informações referenciadas espacialmente, depende do programa utilizado e da maneira como foi estruturada a interface do SIG.

No contexto atual, alguns dos *softwares* disponíveis para SIG são: ArcGIS (ArcView, ArcInfo) da ESRI; MapInfo; Geomedia; GRASS; SmallWorld; AutoCad Map; ERDAS IMAGINE; Microstation Geographics; Bentley PowerMap; GeoSys da (Viageo.com.br); SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, INPE); IDRISI e TransCAD (aplicado a transportes, redes e logística), dentre outros.

Um sistema de visualização de dados deve ser de fácil manuseio, uma vez que a maioria de seus usuários é composta por não-especialistas em computação, preocupados em utilizá-lo como ferramenta de trabalho dentro de suas áreas de conhecimento. Portanto, a interface deve ser de fácil operação e permite realizar diferentes tipos de análises, além de possibilitar a inclusão de novas técnicas. Em geral, interfaces do tipo janelas são mais fáceis de serem manuseadas, mas possuem menor versatilidade e variabilidade. Essas interfaces exigem do projetista certos cuidados, de modo a permitir formular questões apropriadas e expressar claramente suas respostas.

4.4 APLICAÇÃO DO SIG EM SISTEMAS DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

O objetivo de aplicar a utilização de um SIG ao sistema de gerência de pavimentos em Maringá é facilitar o processo de tomada de decisão através da interface que o SIG proporciona, podendo apresentar mapas indicando, para cada segmento, o índice de estado da superfície (IES), atividades de manutenção e reabilitação recomendadas e índice de priorização, entre outros.

Dos *softwares* aplicativos de SIG disponíveis foi utilizado o ArcView, por apresentar uma boa interface para trabalho e devido a compatibilidade com arquivo em extensão DXF, obtido pelo programa AutoCAD, programa em que foi fornecido o mapa digital e georeferenciado da cidade pela Prefeitura Municipal de Maringá.

5 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS PARA CIDADES DE MÉDIO PORTE – O CASO DA CIDADE DE MARINGÁ

Maringá localiza-se na região noroeste do Paraná, tem população de 324.397 habitantes (população estimada pelo IBGE para julho de 2006) e área territorial de 488 km².

Fundada em 1947, com plano de Jorge de Macedo Vieira, o sistema de viário de Maringá é muito peculiar, composto por amplas avenidas (em sua maioria dimensionada com duas faixas de rolamento mais faixa de estacionamento em cada sentido) e grandes praças que constituem rotatórias. Outro aspecto característico é a arborização, cujas raízes interferem na integridade do pavimento.

Dados da Prefeitura de Maringá indicam que a área pavimentada equivale a 10 milhões de m² (compostos de CAUQ e tratamento superficial), correspondente a 1300 km de vias e com uma frota de 155.924 veículos (proporcionalmente ao número de habitantes, corresponde à cidade com a maior frota de veículos do Paraná).

O órgão responsável pela manutenção dos pavimentos da cidade é a Secretaria de Serviços Públicos, Departamento de Pavimentação. Atualmente o setor não conta com um processo de gerência de pavimentos coordenado de forma sistêmica. Não constam dados a respeito do histórico de intervenções, a avaliação é realizada visualmente, porém de forma aleatória e sem seguir um cronograma, as atividades de M&R correspondem somente a tapa-buracos e regularização e a priorização é ordenada segundo a quantidade de reclamações por parte dos moradores. A estimativa é de que 20% da área pavimentada da cidade receba algum tipo de manutenção anualmente.

5.1 ÁREA PILOTO

A área piloto para aplicação de um sistema de gerência de pavimentos corresponde a uma zona residencial, adjacente a área central da cidade, denominada Zona 2. Foi selecionado este setor urbano por ter em sua composição do sistema viário vias locais, coletoras e arteriais. Os limites da área em estudo são as avenidas Tiradentes, Anchieta, JK de Oliveira e Cerro Azul.

Para este estudo adotou-se uma classificação viária considerando as peculiaridades locais segundo os critérios a seguir:

- ✓ Categoria I: as avenidas Tiradentes, Cerro Azul, Anchieta e Juscelino Kubitschek foram classificadas dentro da área piloto como “Categoria I”, pois apresentam algumas características de vias arteriais, como geometria, velocidade permitida e por atenderem ao transporte público por ônibus; embora não necessariamente todas essas vias sejam classificadas como vias arteriais tecnicamente.
- ✓ Categoria II: nesta categoria se enquadram as vias com algumas características de via coletora dentro da área de estudo, mas que são classificadas tecnicamente como vias locais. As ruas Estácio de Sá, Men de Sá, Tomé de Souza e Moisés Marcondes foram classificadas como “Categoria II” por terem características geométricas semelhantes, com uma faixa de rolamento em sentido único e duas faixas de estacionamento, tendo circulação preferencial em relação às demais vias que cruzam.
- ✓ Categoria III: são as demais vias que cruzam as preferenciais, com características de vias locais. Na área de estudo estas vias são de duplo sentido, compostas por duas faixas de rolamento e uma de estacionamento. Foram classificadas como “Categoria III” as vias Padre Germano Maier, Antonio Salema, Santa Maria, Arion Ribeiro de Campos, Felipe Camarão e Fernandes Vieira.

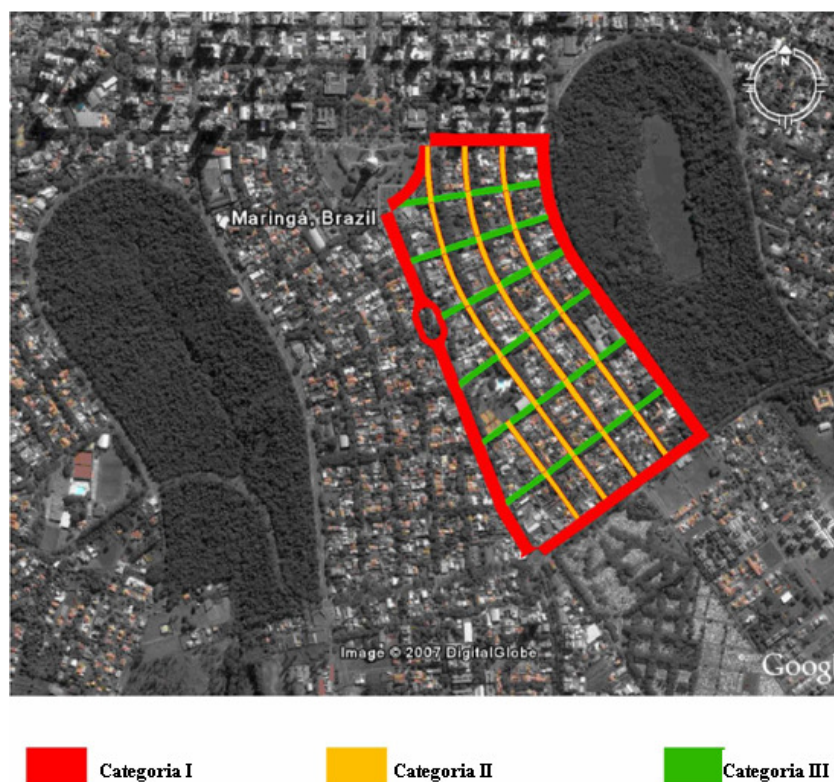


Figura 5.1 Área piloto, Zona 2

Fonte: imagem editada, imagem aérea GOOGLE EARTH (2007)

Outro fator determinante para a seleção desta área, é que em uma avaliação prévia foi constatada uma diversidade bastante grande de defeitos, em diversos níveis de severidade e frequência, com trechos avaliados como “muito bons” até trechos classificados como “muito ruins”.

5.2 INVENTÁRIO

O inventário consiste de uma relação de nomes de vias (seções), com correspondentes extensão e largura, número de pistas, faixas de tráfego, volume de tráfego e tipo de revestimento dos pavimentos da rede. A rede viária deve ser constituída de seções com correspondentes interseções, gerando segmentos que correspondem quadras ou quarteirões. A Tabela 5.1 mostra o inventário do plano piloto escolhido para o desenvolvimento do SGPU.

Tabela 5.1 Inventário da rede viária do plano piloto – Zona 2

Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ (2006)

Seção	Sentido	Extensão (m)	Nº de Faixas	Largura da Faixa (m)	Nº de Segmentos (quadras)	Revestimento
Av. Tiradentes	Duplo	341	2	3	3	CAUQ
Av. Anchieta	Duplo	948	2	3	7	CAUQ
Av. J. Kubitschek	Duplo	582	2	3	5	CAUQ
Av. Cerro Azul	Duplo	1070	2	3	7	CAUQ
R. Moisés Marcondes	Simples	346	1	5	2	CAUQ
R. Tomé de Sousa	Simples	1160	1	5	7	CAUQ
R. Men de Sá	Simples	1092	1	5	7	CAUQ
R. Estácio de Sá	Simples	1023	1	5	7	CAUQ
R. Pe. Germano Maier	Duplo	402	1	4	4	CAUQ
R. Antonio Salema	Duplo	411	1	4	4	CAUQ
R. Santa Maria	Duplo	392	1	4	4	CAUQ
R. Arion R. de Campos	Simples	460	1	4	4	CAUQ
R. Felipe Camarão	Simples	502	1	4	5	CAUQ
R. Fernandes Vieira	Duplo	552	1	4	5	CAUQ

5.3 DIVISÃO EM TRECHOS HOMOGÊNEOS

A área de avaliação específica, com delimitação dos trechos de avaliação, está representada no mapa da Figura 5.2, com identificação das vias. Cada quadra da via corresponde a um segmento avaliado em sua totalidade, sendo que as interseções foram avaliadas relativamente ao trecho de maior importância na hierarquia viária.

A área piloto é composta por 72 segmentos de avaliação, totalizando 9 322 metros e uma área de 196 822 m².



Figura 5.2 Mapa viário da área piloto.

Fonte: adaptado de PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ (2005)

5.4 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS

A avaliação de pavimentos para aplicação em sistemas de gerência de pavimentos urbanos, além da avaliação funcional, é essencial o levantamento da condição da superfície de pavimentos, mensurando os tipos de defeitos quanto à severidade e frequência com que ocorrem.

O método de avaliação para a área piloto – Zona 2 é composto por duas etapas: uma etapa objetiva, realizando o levantamento dos defeitos por caminhamento na totalidade do segmento, e outra etapa subjetiva em que os avaliadores percorriam cada trecho com veículo em baixa velocidade e atribuindo uma ‘nota’ para cada segmento. A finalidade de realizar os dois métodos de avaliação é o de confrontar os valores obtidos para calibrar os parâmetros de dedução na nota do pavimento na avaliação objetiva segundo cada defeito.

5.4.1 Avaliação subjetiva

A avaliação subjetiva foi realizada para fornecer dados de base e parâmetros para a fundamentação da avaliação objetiva. Desenvolvida pela liga de municípios de Dakota do Sul, destaca-se por apresentar a caracterização da condição do pavimento pela atribuição de notas padronizadas, desenvolvido por Zimmerman, Beckemeyer e Peshkin (1994).

Uma equipe, composta por no mínimo dois membros, atribui notas de 0 a 100 percorrendo o trecho com veículo em baixa velocidade (máx. 30 km/h), avaliando primeiramente a trafegabilidade, efeito dos defeitos na superfície do pavimento ao conforto de rolamento, conforme a Tabela 5.2 e relacionando com um levantamento subjetivo dos defeitos apresentados segundo a extensão e severidade.

Tabela 5.2 Notas e descrição da condição de trafegabilidade

Fonte: adaptado de ZIMMERMAN, BECKEMEYER e PESHKIN (1994)

NOTA	DESCRIÇÃO
0	Trafegabilidade desconhecida ou não determinada.
1	O pavimento irregular gera desconforto aos passageiros, a velocidade é consideravelmente reduzida.
2	A trafegabilidade é irregular para aproximadamente 70% da seção.
3	A trafegabilidade é irregular para aproximadamente 50% da seção.
4	Há irregularidade em áreas isoladas.
5	A trafegabilidade é suave, superfície regular.

Deve-se atribuir uma nota para cada segmento, que deve ser avaliado visualmente quanto aos defeitos superficiais apresentados e descritos na tabela 5.3 para cada intervalo de nota.

Tabela 5.3 Esquema de avaliação – Intervalo de notas

Fonte: adaptado de ZIMMERMAN, BECKEMEYER e PESHKIN (1994)

NOTA	Condição Superficial
100- 91	Superfície do pavimento em excelente condição, regular e quase sem defeito. Para limite inferior da nota corresponde a trincas capilares ou algum afundamento visível, porém sem impacto na trafegabilidade. Sem qualquer outro defeito.
90 – 81	Condição da superfície do pavimento de excelente a muito boa, podendo estar parcialmente desgastada ou oxidada. Trincas se apresentam em severidade baixa a média.
80 – 71	Ainda em condição muito boa, porém há maior deterioração da superfície. Trincas transversais e longitudinais são visíveis, geralmente as aberturas das trincas são mais espessas. Podem ocorrer trincas em blocos, porém sem erosão nos bordos. Pode haver alguns buracos e afundamento das trilhas de roda.
70 – 61	Classificação do pavimento como boa, superfície oxidada e desgastada. A abertura de trincas transversais e longitudinais está entre 6 e 12 mm, com grave deterioração. Há depressões em áreas trincadas ou próximo a remendos. Trincas couro de crocodilo começam a aparecer nas trilhas de rodas. Afundamentos das trilhas de roda estão pronunciados, trincas parabólicas aparecem nas interseções. Há algum remendo devido correção da degradação superficial ou intervenções nas redes subterrâneas.
60 – 51	Deterioração do pavimento em estágio avançado. Trincas de reflexão estão presentes nas camadas de recapeamento, com erosão nos bordos e severidade média a alta. Trincas em bloco são comuns e o desgaste prejudica o pavimento. Os afundamentos das trilhas de rodas são maiores, com mais de 12 mm agravadas pela presença de trinca couro de crocodilo com severidade média a alta. As trincas em bloco se apresentam em severidade media, com mais de 30 m de abertura em 90 m ² de área de trinca.
50 – 41	O pavimento apresenta sinais de dano devido à umidade e tráfego. É comum ocorrer trincas couro de crocodilo e muitos remendos. Os afundamentos das trilhas de roda estão deteriorados. A abertura das trincas chega a se maior que 12 mm e seus bordos são erodidos.
40 – 31	Pavimento em condição ruim. Trincas couro de crocodilo com alta severidade e muitos buracos. É comum o afundamento das trilhas de roda. O pavimento é muito irregular e deteriorado.
30 – 21	A condição do pavimento torna difícil a circulação do tráfego. Há ausência de revestimento em algumas áreas, muitos buracos e trincas em alto grau de severidade. Afundamentos das trilhas de roda chegam a 20 mm. Superfície muito irregular, trafegabilidade difícil.
20 - 0	Pavimento em condição de ruína. Superfície completamente desgastada, trincada e deteriorada. A trafegabilidade é severamente afetada.

Quatro avaliadores aplicaram este método de levantamento da condição superficial, por todos os segmentos, seguindo os parâmetros apresentados na Tabela 5.2. Os valores avaliados subjetivamente para trafegabilidade (T) e condição da superfície do pavimento (CS) eram anotados diretamente sobre a representação do segmento no mapa equivalente à Figura 5.2 exposta anteriormente.

O tratamento estatístico dos dados levantados (variância, desvio padrão, valor mínimo e máximo) permite identificar valores discrepantes quanto à avaliação e calibração do método de levantamento objetivo dos defeitos para validação do mesmo à aplicação para a cidade de Maringá.

5.4.2 Avaliação objetiva

Dentre os métodos de avaliação objetiva (ICP, SHRP, Vizir, IGG e Paragon) foram pré-selecionadas as metodologias ICP e SHRP, por se adequarem melhor ao levantamento de defeitos de pavimentos urbanos.

Uma pesquisa comparativa de Prestes (2001) entre os métodos Vizir e SHRP, aplicado à malha viária da cidade de Porto Alegre – RS, conclui que apesar de mais demorado, por considerar maior quantidade de defeitos na avaliação (no método Vizir todas as classes de trincas se caracterizam como fissuras), o método SHRP apresenta maior confiabilidade e coerência.

Ao fazer uma primeira abordagem de aplicação dos métodos, ambos apresentaram coerência e confiabilidade segundo os resultados apresentados por Hansen e Yshiba (2006), porém optou-se por desenvolver a aplicação do método SHRP por apresentar melhor aplicabilidade que o método ICP.

A avaliação objetiva foi realizada por dois avaliadores através de inspeção visual, percorrendo por caminhamento a totalidade de cada segmento. Utilizou-se uma régua de madeira, de 1,50 metro de comprimento pintada com faixas de 15 cm de largura intercaladas nas cores vermelho e branco para estimativa das dimensões do defeito, como mostra a Figura 5.3.

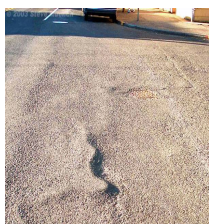


Figura 5.3 Régua utilizada na avaliação objetiva de defeitos

Dentre os defeitos considerados na avaliação SHRP para pavimentos asfálticos: trincas (transversal, longitudinal, em bloco, de reflexão, de borda, parabólico, couro de jacaré e irregular), afundamentos (local, em trilha de roda, plástico em trilha de roda), corrugação, bombeamento, exsudação do ligante asfáltico, desgaste, buraco ou panela, remendo (superficial ou profundo), polimento dos agregados, desnível do acostamento, depressão e ondulação foram considerados os defeitos apresentados a seguir, segundo os critérios de severidade e extensão.

5.4.2.1 Identificação dos defeitos

Os critérios para identificação de cada defeito, em diferentes graus de severidade e extensão foram tomados com base no manual SHRP (1993) para identificação de defeitos, mas com algumas adaptações para as características de pavimento urbano levantados neste estudo, que são definidos a seguir.



Corrugação: formação de ondulações na superfície do pavimento asfáltico. Ocorre em locais que apresentam elevados esforços tangenciais, evidenciando uma mistura instável em virtude de problemas de dosagem ou de problemas construtivos.

SEVERIDADE	Baixa	Perceptível ao dirigir, mas sem diminuir consideravelmente o conforto.
	Média	Desconforto moderado, mas o condutor mantém o controle do veículo.
	Alta	Necessário reduzir a velocidade devido à vibração do veículo.
FREQUÊNCIA	Ocasional	Área atingida <10%
	Frequente	Área atingida entre 10% e 30%
	Extenso	Área atingida >30%



Exsudação: Excesso de ligante asfáltico na superfície do pavimento, que diminui o coeficiente de atrito pneu-pavimento. Ocorre mais frequentemente em países de clima quente, tendo como causas o excesso de ligante, o baixo índice de vazios da mistura e a compactação pelo tráfego.

SEVERIDADE	Baixa	Não consta severidade baixa.
	Média	Presença de ligante betuminoso livre na superfície do pavimento.
	Alta	Superfície preta repleta de ligante betuminoso livre na superfície do pavimento.
FREQUÊNCIA	Ocasional	Área atingida <10%
	Frequente	Área atingida entre 10% e 30%
	Extenso	Área atingida >30%



Remendo: porção da superfície do pavimento que foi removida e refeita, ou adição de material aplicada sobre o pavimento original. A prática correta de execução é recortar a parte danificada do pavimento, limpar e preencher com material asfáltico semelhante ao original e posterior compactação. O preenchimento de buracos com mistura asfáltica em condições inadequadas prejudica a vida útil do pavimento e sua regularidade.

SEVERIDADE	Baixa	Área do remendo < 0,5 m ² .
	Média	Área do remendo entre 0,5 e 0,8 m ² .
	Alta	Área do remendo > 0,8 m ² .
FREQUÊNCIA	Ocasional	Menos de 3 remendos a cada 200 m ou cada quadra.
	Frequente	De 3 a 5 remendos a cada 200 m ou cada quadra
	Extenso	Mais de 5 remendos a cada 200 metros ou cada quadra



Desagregação: corrosão do revestimento do pavimento, caracterizada pelo desalojamento progressivo de partículas do agregado, indicando que o ligante endureceu significativamente. Pode ser causada por tensão de cisalhamento horizontal, conseqüente do tráfego; massa asfáltica muito dura e quebradiça e presença de água que entra no pavimento através dos vazios intercomunicados, sob alta pressão hidrostática motivada pelo tráfego.

SEVERIDADE	Baixa	Agregados graúdos do revestimento soltos, evoluindo para estágio de buraco.
	Média	Agregados graúdos soltos na superfície, revestimento comprometido.
	Alta	Agregados graúdos soltos, a camada de revestimento foi eliminada e a base está exposta.
FREQUÊNCIA	Ocasional	Área atingida <20%
	Frequente	Área atingida entre 20% e 50%
	Extenso	Área atingida >50%



Desgaste: consiste na perda de adesividade do ligante asfáltico e desalojamento progressivo das partículas de agregado. No início há perda de agregados miúdos, mas, com a evolução do problema, ocorrem perdas de agregados graúdos e a taxa superficial torna-se cada vez mais áspera.

SEVERIDADE	Baixa	Perda de agregados finos, exposição de agregados graúdos.
	Média	Superfície com textura aberta e rugosidade moderada. Perda considerável de agregados finos e remoção de alguns agregados graúdos.
	Alta	Superfície muito rugosa, a camada superficial pode estar completamente removida em algumas circunstâncias.
FREQUÊNCIA	Ocasional	Área atingida <20%
	Frequente	Área atingida entre 20% e 50%
	Extenso	Área atingida >50%



Buraco: cavidades de diversos tamanhos que ocorrem no revestimento, resultantes de uma desintegração localizada. Geralmente causados por aplicação insuficiente de asfalto ou por ruptura da base associada a uma drenagem deficiente, evoluem, sob a ação do tráfego e em presença de água. Pode-se evitar a formação de buracos reparando-se antecipadamente defeitos do pavimento, particularmente as trincas por fadiga.

SEVERIDADE	Baixa	Área atingida < 0,8 m ² e profundidade do buraco < 25 mm
	Média	Área atingida > 0,8 m ² e profundidade do buraco < 25 mm ou área atingida < 0,8 m ² e profundidade do buraco > 25 mm.
	Alta	Área atingida > 0,8 m ² e profundidade do buraco > 25 mm
FREQUÊNCIA	Ocasional	Menos de 3 buracos a cada 200 m ou cada quadra
	Frequente	De 3 a 5 buracos a cada 200 m ou cada quadra
	Extenso	Mais de 5 buracos a cada 200 metros ou cada quadra



Afundamento em trilha de roda: caracteriza uma deformação permanente do pavimento, um tipo de distorção que se manifesta sob a forma de depressões longitudinais, sendo decorrente da densificação dos materiais ou de ruptura por cisalhamento. As distorções resultam, geralmente, da compactação deficiente das camadas do pavimento, excesso de finos na mistura asfáltica, excesso de ligante asfáltico e expansão ou contração das camadas inferiores.

SEVERIDADE	Baixa	Quase imperceptível, desnível menor que 6 mm.
	Média	Desnível entre 6 e 25 mm.
	Alta	Desnível maior que 25 mm, prejudica o controle do automóvel.
FREQUÊNCIA	Ocasional	Distância atingida <20%
	Frequente	Distância atingida entre 20% e 50%
	Extenso	Distância atingida >50%



Trincas por Fadiga: compreendem as trincas em bloco e as couro de jacaré, que são trincas conectadas, formando uma série de pequenos blocos, de geometria regular ou irregular. A causa das trincas por fadiga (couro de jacaré) está relacionada com as deformações repetidas provocadas pelas cargas do tráfego. As trincas em bloco estão associadas a mudanças no volume de misturas asfálticas e ausência de tráfego como fator que acelera sua evolução.

SEVERIDADE	Baixa	Área da trinca < 2m ² .
	Média	Área da trinca entre 2 e 5 m ² .
	Alta	Área da trinca > 5 m ² .
FREQUÊNCIA	Ocasional	Área atingida <10%
	Freqüente	Área atingida entre 10% e 30%
	Extenso	Área atingida >30%



Trincas Isoladas: são trincas lineares que se manifestam paralelas ao eixo (trincas longitudinais) ou perpendicular (trincas transversais). Podem ocorrer por má aderência entre camadas, por reflexão de trincas que afetam a estrutura do pavimento ou por retração térmica.

SEVERIDADE	Baixa	Deterioração < 25 mm de profundidade, ou com abertura < 6 mm.
	Média	Deterioração entre 25 e 50 mm, ou com abertura entre 6 e 25 mm.
	Alta	Deterioração > 50 mm, ou com abertura > 25 mm.
FREQUÊNCIA	Ocasional	Menos de 10% da distância avaliada é afetada
	Freqüente	Entre 10% e 30% da distância avaliada é afetada
	Extenso	Mais de 30% da distância avaliada é afetada

5.4.2.2 Modelagem do Índice de Estado da Superfície

O modelo matemático de avaliação proposto tem como base o fato de que o pavimento parte de uma condição íntegra, tendo inicialmente uma condição ótima, equivalente a 100. Os defeitos superficiais interferem na integridade do pavimento, sendo contabilizados como fator decrescente, como expressa a Equação 5.1, denominado Valor de Dedução Total (VDT).

$$IES = 100 - VDT \quad (\text{Eq. 5.1})$$

onde:

“IES” é o Índice de Estado da Superfície,

“VDT” é o Valor de Dedução Total, obtido em função da Equação 5.2.

O Valor de Dedução Total corresponde ao somatório de fatores correspondente ao peso de cada tipo de defeito, relacionado com a severidade e frequência com que estes se apresentam, assim sintetiza a Equação 5.2.

$$VDT = \sum_n \text{Peso} \times \text{Severidade} \times \text{Frequência} \quad (\text{Eq. 5.2})$$

Concluída a etapa avaliação subjetiva e objetiva, estes parâmetros foram calibrados da seguinte maneira:

- ✓ Foi feita a tabulação dos dados objetivos para cada um dos 72 trechos, sendo que cada planilha corresponde à avaliação de uma via, com o cálculo dos VDT e IES, adotando inicialmente os parâmetros SHRP apresentados na Tabela 5.4.
- ✓ Nas planilhas de tabulação foram indicadas as notas (mínima, máxima e média) da avaliação subjetiva, como modos de controle para ajustar os parâmetros de modo que a nota final, o IES, não ultrapassasse o limite inferior da nota (a nota mínima da avaliação subjetiva) e nem o limite superior (nota máxima da avaliação subjetiva).
- ✓ Ajustaram-se os parâmetros para que em todos os segmentos avaliados fossem atendidas as condições, principalmente quando aos tipos de defeitos mais comuns e que tinham maior efeito de redução da nota como buracos, remendos e desgastes.

O resultado é expresso na Tabela 5.4, a partir destes parâmetros foram calculados todos os índices de estado da superfície (IES) apresentados nos anexos.

Tabela 5.4 Parâmetros iniciais de avaliação objetiva de defeitos

Fonte: adaptado de SHRP (1998)

DEFEITO	PESO DO DEFEITO	SEVERIDADE			FREQUÊNCIA		
		Baixa	Média	Alta	Ocasional	Frequente	Extenso
Corrugação	5	0,4	0,8	1	0,5	0,8	1
Exsudação	5	0,8	0,8	1	0,6	0,9	1
Remendo	5	0,3	0,6	1	0,6	0,8	1
Desagregação	5	0,3	0,6	1	0,5	0,8	1
Desgaste	10	0,3	0,6	1	0,5	0,8	1
Buraco	10	0,4	0,7	1	0,5	0,8	1
Afundamento em Trilha de Roda	10	0,3	0,7	1	0,6	0,8	1
Trinca por Fadiga	10	0,4	0,7	1	0,5	0,7	1
Trinca Isolada	5	0,4	0,7	1	0,5	0,7	1

A Tabela 5.5 apresenta uma diagramação diferente da tabela adotada inicialmente, justamente para melhorar a visualização durante os ajustes dos parâmetros, permitindo identificar qual fator deveria ser ajustado, o peso do defeito, a severidade ou a frequência.

Ao acrescentar a coluna “Defeito x Severidade” foi possível controlar os valores parciais de dedução, indicando necessidade de ajuste do parâmetro de severidade ou da frequência, uma vez que os pesos foram inicialmente determinados conforme o grau de deterioração que reflete na superfície do pavimento.

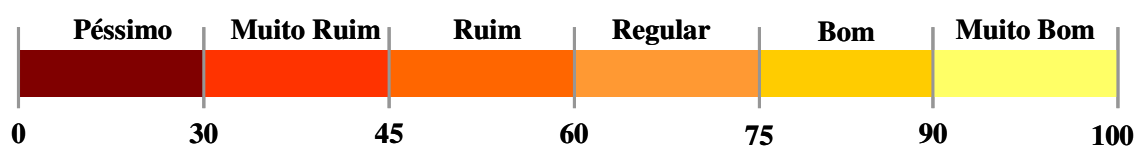
Assim, os pesos dos defeitos foram estipulados entre o mínimo de 10 e máximo de 20; para a condição máxima de severidade (alta) e frequência (extenso) adotou-se o fator unitário e os demais fatores foram ajustados segundo o procedimento definido anteriormente.

Ao lado dos parâmetros parciais de frequência, está indicado em negrito o VDP, valor de dedução parcial, correspondente para cada defeito em nível de severidade e extensão. Desta forma é possível avaliar um defeito em estágios diferentes de severidade, e compor o efeito de vários defeitos de superfície, através do somatório dos valores de dedução parcial.

Tabela 5.5 Parâmetros de avaliação objetiva de defeitos

DEFEITO	PESO DO DEFEITO	SEVERIDADE	DEFEITO x SEVERIDADE	FREQUÊNCIA / VDP			
				Ocasional	Frequente	Extenso	
Corrugação	10	Baixa	0.40	4	0.5 / 2.0	0.8 / 3.2	1 / 4
		Média	0.80	8	0.5 / 4.0	0.8 / 6.4	1 / 8
		Alta	1.00	10	0.5 / 5.0	0.8 / 8.0	1 / 10
Exsudação	10	Baixa	0.60	6	0.6 / 3.6	0.9 / 5.4	1 / 6
		Alta	1.00	10	0.6 / 6.0	0.9 / 9.0	1 / 10
Remendo	12	Baixa	0.50	6	0.6 / 3.6	0.8 / 4.0	1 / 6
		Média	0.75	9	0.6 / 5.4	0.8 / 7.2	1 / 9
		Alta	1.00	12	0.6 / 7.2	0.8 / 9.6	1 / 12
Desagregação	12	Baixa	0.50	6	0.6 / 3.6	0.8 / 4.8	1 / 6
		Média	0.75	9	0.6 / 5.4	0.8 / 7.2	1 / 9
		Alta	1.00	12	0.6 / 7.2	0.8 / 9.6	1 / 12
Desgaste	15	Baixa	0.60	9	0.6 / 5.4	0.8 / 7.2	1 / 9
		Média	0.80	12	0.6 / 7.2	0.8 / 9.6	1 / 12
		Alta	1.00	15	0.6 / 9.0	0.8 / 12	1 / 15
Buraco	20	Baixa	0.40	8	0.6 / 4.8	0.8 / 6.4	1 / 8
		Média	0.80	16	0.6 / 9.6	0.8 / 12.8	1 / 16
		Alta	1.00	20	0.6 / 12	0.8 / 16	1 / 20
Afundamento em trilha de roda	15	Baixa	0.40	6	0.6 / 3.6	0.8 / 4.8	1 / 6
		Média	0.60	9	0.6 / 5.4	0.8 / 7.2	1 / 9
		Alta	1.00	15	0.6 / 9.0	0.8 / 12	1 / 15
Trinca por Fadiga	12	Baixa	0.50	6	0.5 / 3.0	0.7 / 4.2	1 / 6
		Média	0.75	9	0.5 / 4.5	0.7 / 6.3	1 / 9
		Alta	1.00	12	0.5 / 6.0	0.7 / 8.4	1 / 12
Trinca Isolada	12	Baixa	0.50	6	0.5 / 3.0	0.7 / 4.2	1 / 6
		Média	0.75	9	0.5 / 4.5	0.7 / 6.3	1 / 9
		Alta	1.00	12	0.5 / 6.0	0.7 / 8.4	1 / 12

Este método tem por objetivo classificar a condição do pavimento segundo o Índice de Estado de Superfície como ilustra a Figura 5.4, para posterior definição das atividades de manutenção e reabilitação pertinentes.

**Figura 5.4 Classificação segundo o Estado de Superfície**

5.4.2.3 Resultados das Avaliações

A avaliação objetiva apontou como principais defeitos que interferem no índice de estado de superfície do pavimento:

- ✓ Buraco: contribui na média geral com um fator de redução da nota de aproximadamente oito pontos, com efeitos mais graves sobre a superfície de vias arteriais.

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 problemas construtivos como drenagem insuficiente, são alguns fatores indicados por Fernandes Jr, Oda e Zerbini (1999). Porém, no caso específico avaliado neste estudo, pode-se indicar também a deterioração de outros defeitos em estágio avançado como fator causador de buracos.

- ✓ Desgaste: este defeito foi marcante em toda a avaliação tanto pela severidade, quanto pela extensão com que se apresenta, reduzindo na média geral sete pontos na nota do pavimento. Nas vias locais, onde as intervenções não são periódicas, o desgaste é o defeito de maior impacto na redução da nota.

Fernandes Jr, Oda e Zerbini (1999) apontam como prováveis causas de desgaste problemas na dosagem da mistura (falta de ligante); problemas construtivos (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.

- ✓ Remendo: a má qualidade com que os remendos são executados passam a contar como defeito na condição do pavimento. O simples preenchimento de buracos com mistura asfáltica, intervenção denominada tapa-buraco, tem objetivo de melhorar o pavimento, mas acarreta outros defeitos.
- ✓ Trincas: tanto as trincas por fadiga quanto as isoladas reduzem em média dois pontos na nota do pavimento. Este índice não é muito agravante, mas a evolução das trincas para buraco pode ser um indicativo de que deve-se diagnosticar este tipo de defeito o quanto antes.

Estas informações foram tomadas a partir da análise dos dados de levantamento tabulados e classificados segundo a hierarquia viária, a partir da média de valores geral, sintetizados na Figura 5.5.

AVALIAÇÃO GERAL

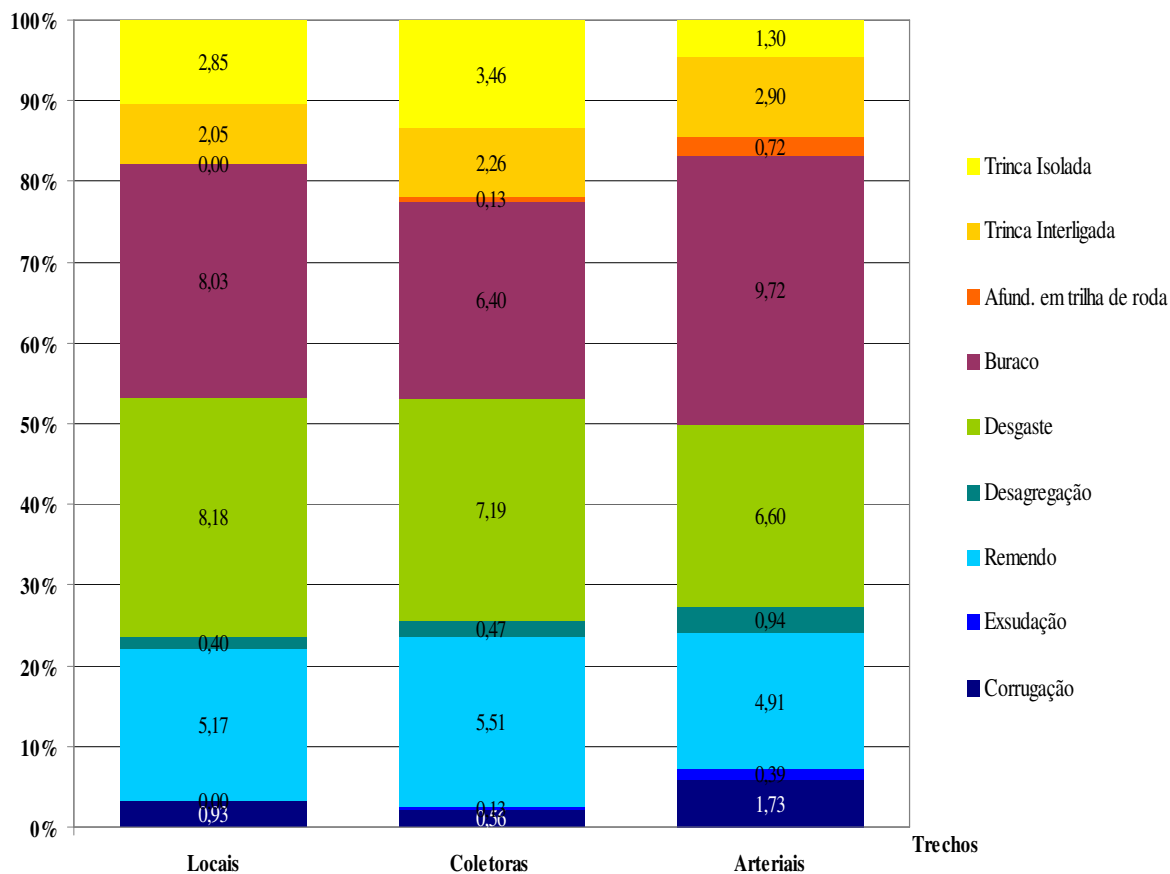


Figura 5.5 Gráfico resumo da avaliação objetiva

O segmento que apresentou pior condição foi o Trecho 1 da Rua Santa Maria (via local), entre a Avenida Anchieta e a Rua Estácio de Sá. A Figura 5.6 indica que os buracos, que ocorrem neste trecho em grande quantidade e estágios avançados de deterioração, são o principal fator de redução do Estado de Superfície, que atingiu o índice de estado de superfície equivalente a 22,5 com uma classificação “péssimo”.

Neste trecho a avaliação subjetiva apontou nota 1 para a trafegabilidade, pois a presença de defeito, além de fazer necessária a redução da velocidade, exigia manobras dos motorista para desviar dos buracos, comprometendo a segurança.

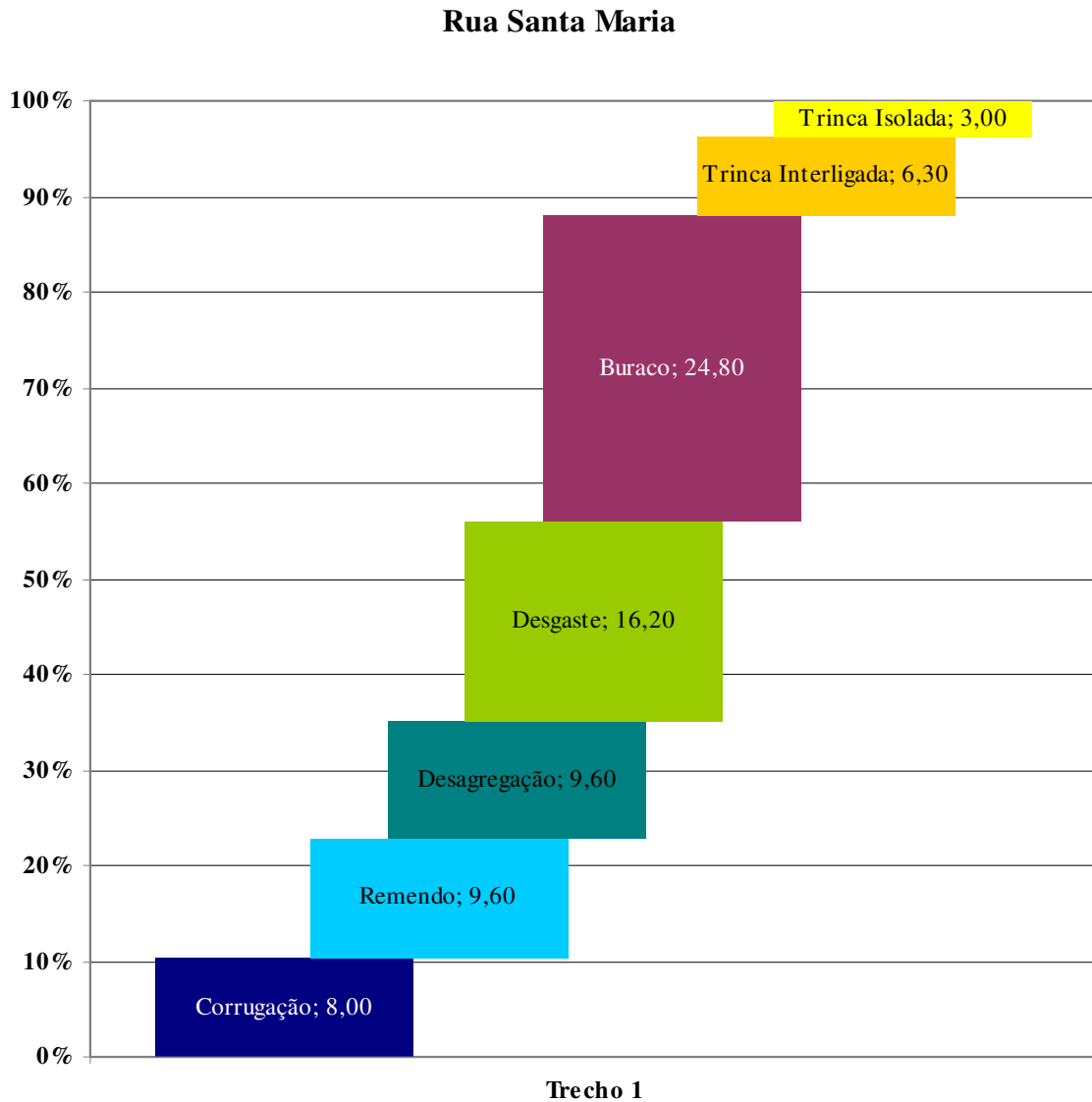


Figura 5.6 Resultado da avaliação objetiva no pior trecho

A avaliação objetiva para este trecho está representada na Tabela 5.6, os campos preenchidos com o algarismo “1” indicam quais defeitos foram identificados no trecho, em qual grau de severidade e frequência; na planilha eletrônica a função “se” já definia o valor de dedução para cada defeito.

Tabela 5.6 Ficha de avaliação objetiva do pior trecho

Rua Santa Maria					Trecho 1					
					Avaliador: Aline Hansen			Data: 2/5/2007		
DEFEITO	SEVERIDADE	FREQUÊNCIA			P x S	Defeitos levantados			D x S x F	Σ
		Ocasional	Freqüente	Extenso		Ocasional	Freqüente	Extenso		
Corrugação	Baixa	0,5	0,8	1				0,00	8,00	
	Média	0,5	0,8	1				0,00		
	Alta	0,5	0,8	1	1		1	8,00		
Exsudação	Baixa	0,6	0,9	1				0,00	0,00	
	Alta	0,6	0,9	1				0,00		
Remendo	Baixa	0,6	0,8	1				0,00	9,60	
	Média	0,6	0,8	1				0,00		
	Alta	0,6	0,8	1	1		1	9,60		
Desagregação	Baixa	0,6	0,8	1				0,00	9,60	
	Média	0,6	0,8	1				0,00		
	Alta	0,6	0,8	1	1		1	9,60		
Desgaste	Baixa	0,6	0,8	1	1		1	7,20	16,20	
	Média	0,6	0,8	1				0,00		
	Alta	0,6	0,8	1	1	1		9,00		
Buraco	Baixa	0,6	0,8	1				0,00	24,80	
	Média	0,6	0,8	1	1		1	12,80		
	Alta	0,6	0,8	1	1	1		12,00		
Afundamento em trilha de roda	Baixa	0,6	0,8	1				0,00	0,00	
	Média	0,6	0,8	1				0,00		
	Alta	0,6	0,8	1				0,00		
Trinca Interligada	Baixa	0,5	0,7	1				0,00	6,30	
	Média	0,5	0,7	1	1		1	6,30		
	Alta	0,5	0,7	1				0,00		
Trinca Isolada	Baixa	0,5	0,7	1	1		1	3,00	3,00	
	Média	0,5	0,7	1				0,00		
	Alta	0,5	0,7	1				0,00		
								VD = 77,50		
								ES = 22,50		
								VSA = 28		
								ϵ (VSA-ES) = -5,50		

A partir da avaliação deste trecho, 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. A Figura 5.7 ilustra esta condição, onde a abertura da trinca interligada é tão extensa que permite a presença de vegetação.



Figura 5.7 Trinca interligada da seção de pior condição

Em contrapartida o trecho que tem a superfície em melhor condição é o trecho 2 da Rua Men de Sá (coletora) entre as ruas Fernandes Vieira e Felipe Camarão, com índice de estado de superfície avaliado em 91,6 classificado como “muito bom”. O gráfico da Figura 5.8 indica que os únicos defeitos foram trincas isoladas e desgaste em estágio inicial.

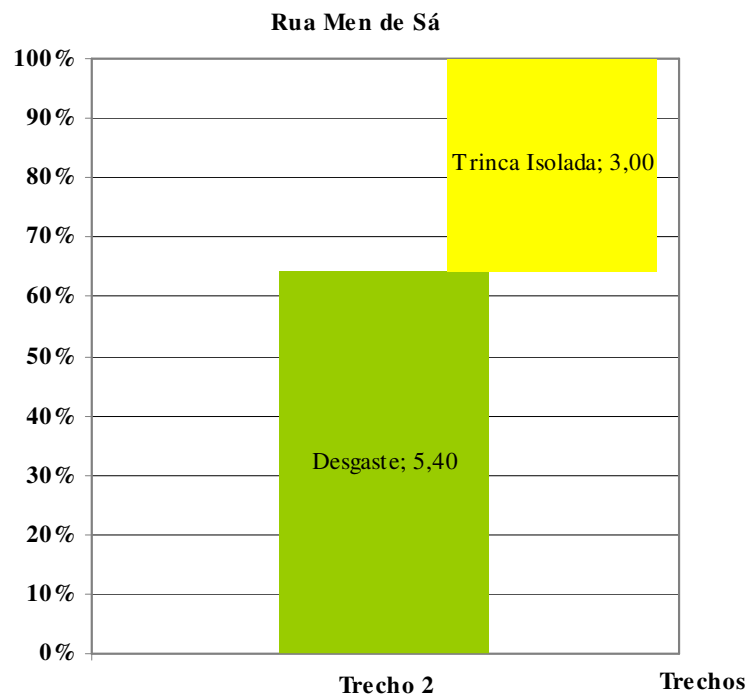


Figura 5.8 Resultado da avaliação objetiva no melhor trecho

Como resultado das duas avaliações, objetiva e subjetiva, obteve-se o formulário definitivo para levantamento de defeitos com os parâmetros devidamente calibrados apresentado na Tabela 5.5. Os dados deste formulário auxiliaram na continuidade da proposta de implantação de sistema de gerência de pavimentos para a cidade de Maringá, com possível aplicabilidade a outras cidades de médio e pequeno porte.

5.4.3 Atividades de Manutenção e Reabilitação (M&R)

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

- ✓ Tapa-buracos: as cavidades dos buracos são preenchidas manualmente com pré-misturado a frio - PMF, 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 tapas 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 dois procedimentos 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. Do modo como é feita atualmente, a camada de reperfilagem preenche outros defeitos (buracos 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.

Houve conseqüência da execução inadequada destes procedimentos na avaliação da condição da superfície do pavimento, posto que tanto os tapa-buracos como a camada de regularização sofreram os efeitos de desgaste em pouco tempo após a execução de manutenção. Vale ressaltar que tanto o defeito remendo quanto o defeito desgaste tiveram seus fatores de ponderação majorados devido às condições com que se apresentavam e por representarem uma elevada porcentagem nas seções avaliadas.

A etapa de avaliação aponta como principais defeitos buracos, desgaste, remendo e trincas, nessa ordem de relevância. Com base nestas informações propõe-se para o Sistema de Gerência de Pavimentos, para a cidade de Maringá e possivelmente outras com características similares de estrutura de pavimentos, as seguintes atividades de manutenção e reabilitação (M&R):

a) Manutenção corretiva

- ✓ Selagem de trincas: para as trincas localizadas, consiste no enchimento com abertura entre 4 mm e 20 mm (severidade baixa), exceto trincas por fadiga (couro de jacaré) por emulsão asfáltica de cura lenta, imediatamente após a limpeza com ar comprimido das trincas. Além de evitar a penetração de água nas camadas inferiores do pavimento, as selagens de trincas ajudam a controlar a severidade e/ou extensão do defeito existente, conseqüentemente, prolonga a vida útil dos pavimentos. A sua eficiência que depende das técnicas de execução, do material utilizado e da disponibilidade de equipamentos específicos para o reparo das trincas e injeção do selante é de curto prazo, em média, a sua durabilidade chega a atingir 2 anos; e para trincas com aberturas superiores a 20 mm, recomenda-se o emprego de mastiche asfáltico (mistura fluida de emulsão asfáltica e agregado miúdo, como pó-de pedra ou areia, ou ambos).
- ✓ Remendos: são reparos localizados e realizados através de colocação ou preenchimento com misturas de concreto asfáltico ou à frio pré-misturado a frio, em buracos produzidos pela deterioração ou em escavações preparadas. A área do local do remendo deve ser precedida de limpeza, recorte, remoção dos materiais, aplicação de uma pintura de ligação com emulsão asfáltica de cura rápida, diluída com água (50%) e preenchimento por uma mistura betuminosa. O remendo é complementado pela compactação adequada, selagem dos bordos e limpeza. Em remendos superficiais aplicam-se *capas selantes* para selar provisoriamente as

trincas incipientes e evitar a umidade no pavimento. Em remendos profundos, o material da área a ser reparada deverá ser retirado até a profundidade necessária para atingir camada de elevado suporte. Os remendos profundos podem ser temporários quando se aplica um pré-misturado a frio e permanente, se a mistura betuminosa for um concreto asfáltico. Em panelas existentes nas camadas de revestimento asfáltico, recomenda-se a execução de remendos, mas também é prática comum se preencher com o pré-misturado a frio, operação esta conhecida como tapa-buraco. Os remendos profundos podem também recompor locais com trincamentos por fadiga para evitar a deterioração acelerada da camada de intervenção, e reperfilear segmentos localizados com deformações permanentes ou corrugações excessivas, para melhorar o conforto. Quando da execução de um recapeamento, as áreas com deformações excessivas devem ser niveladas para se obter uma compactação uniforme da capa asfáltica.

b) Manutenção preventiva:

- ✓ Capa Selante: consiste em uma aplicação de um ligante betuminoso, seguida de uma aplicação de agregado ou ainda apenas de uma camada de um ligante betuminoso uniformemente distribuído sobre a superfície do pavimento, com finalidade de rejuvenescer o revestimento asfáltico, restabelecer o coeficiente de atrito pneu-pavimento, selar trincas com pequena abertura, impedir a penetração de água nas camadas inferiores do pavimento e retardar o desgaste provocado pela ação do tráfego.

A capa selante pode ser dividida em:

- Pintura de impermeabilização (*fog-seal*): tem por objetivo selar trincas de pequena abertura (severidade baixa) e de propiciar algum rejuvenescimento no ligante betuminoso oxidado do revestimento existente (resselagem), mediante uma leve aplicação de uma emulsão asfáltica de ruptura lenta diluída (0,5 a 0,7 l/m²), diluída em água (50%). Além de apresentar baixo custo, ajuda a retardar a necessidade de um tratamento superficial em um ou dois anos.
- Tratamentos superficiais (*Chip Seals*): é um serviço de penetração invertida, com aplicações sucessivas de uma camada de ligante betuminoso (cimento asfáltico ou emulsão asfáltica de cura rápida) e de uma camada de agregado, seguida de compactação. Os tratamentos superficiais podem ser simples, ou duplo, de acordo

com o número de camada de cada material, respectivamente, uma ou duas. A espessura total é, aproximadamente, o diâmetro máximo das partículas do agregado da primeira camada.

- Lama asfáltica (*Slurry Seal*): mistura asfáltica de consistência fluida, composta de agregados miúdos (pó-de-pedra, areia ou ambos), filler (cimento ou cal), emulsão asfáltica do tipo cura lenta e água, devidamente espalhada e nivelada. A lama asfáltica rejuvenesce revestimentos desgastados e corrige segmentos lisos e derrapantes. O DER-PR utiliza duas faixas de graduações, sendo a faixa 2 para preenchimento de trincas e selagem de revestimentos com textura média, com espessura de 6,0 mm e a faixa 3, para textura muito áspera, com espessura de 9,0 mm, de acordo as especificações do DER-PR ES-P 24/91 (DER-PR, 1998).
- c) Reabilitação: em trechos mais críticos propõe-se a alternativa de recapeamento como reabilitação, do tipo concreto asfáltico, com espessura variando de 2,5 cm a 5,0 cm, conforme o nível de severidade do segmento.
- d) Periodicamente verificar as condições do sistema de drenagem. A densa arborização causa o acúmulo de matéria orgânica nas ruas e nas sarjetas, que é encaminhada às bocas de lobo quando chove, acarretando no entupimento das mesmas e prejudicando a drenagem. A Figura 5.9 ilustra esta condição e o impacto da água sobre a superfície do pavimento em torno do sistema de drenagem ocasionando defeitos.



Figura 5.9 Drenagem ineficiente e condição do pavimento.

Estas são as propostas atividades de manutenção e reabilitação, além de inspeção periódica da drenagem da via, mas que devem atender satisfatoriamente a conservação dos pavimentos que sofreram deterioração observada durante a avaliação. A premissa básica é a utilização de materiais de qualidade aceitável, de equipamentos compatíveis com os serviços a serem executados e mão-de-obra qualificada para a execução destas intervenções e, segundo rege o fundamento da gerência de pavimentos, propor uma ou outra intervenção em período adequado com a finalidade de salvaguardar a vida útil do pavimento.

A política de implementação de manutenção corretiva deve ser feita segundo os tipos de defeitos e níveis de severidade que geralmente surgem nos pavimentos (Tabela 5.6).

Tabela 5.6 Política de manutenção corretiva para pavimentos de Maringá

DEFEITO	ATIVIDADE
Trincas por Fadiga	Remendos profundos
Trincas em Bloco	Selagem de trincas + Capa selante
Bombeamento	Melhoria de drenagem
Corrugação	Remendos profundos ou Fresagem + Remendo
Remendos	Remendos profundos
Trincas longitudinais	Selagem
Trincas transversais	Selagem
Trincas por fadiga	Selagem
Panelas	Remendos profundos ou Tapa-buracos
Deformações permanentes nas trilhas de roda	Pintura de Ligação + Recapeamento
Desgaste	Lama Asfáltica
Exsudação	Lama asfáltica ou Capa selante
Agregado polido	Lama asfáltica

5.4.4 Modelos de Priorização

O modelo de priorização proposto para o Sistema de Gerência de Pavimentos de Maringá considera essencialmente os fatores hierarquia viária, estado da superfície do pavimento e atendimento ao transporte coletivo urbano como relevantes para classificação dos trechos segundo a urgência de se realizar uma atividade manutenção e reabilitação.

- ✓ 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 objetiva também é importante, por refletir qualitativamente e quantitativamente a condição do pavimento.

- ✓ E finalmente o atendimento ao transporte coletivo urbano, por ser critério de ponderação considerando um fator social para distribuição dos recursos a serem aplicados pelo SGPU.

Assim, é proposto um modelo em forma de matriz (Tabela 5.7), em que a entrada das colunas corresponde à classificação da hierarquia viária (arterial, coletora ou local), as linhas correspondem à classificação do pavimento segundo o IES e uma entrada secundária nas colunas indica se a via atende ou não ao transporte coletivo, com indicação (+) ou (-) respectivamente.

Tabela 5.7 Modelo de priorização para o SGP de Maringá

Estado da Superfície	ARTERIAL		COLETORA		LOCAL	
	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
0 - 30	1	1	1	1	1	1
31 - 45	1	1	1	1	1	1
46 - 60	1	1	1	2	1	2
61 - 75	1	2	2	2	2	3
76 - 90	2	3	2	3	3	4
91 - 100	3	4	3	4	3	4

Os níveis de prioridade foram estipulados de 1 a 4, conforme os critérios a seguir:

- ✓ 1: pavimento que necessita de intervenção com máxima urgência, no prazo de um mês deve-se definir qual a intervenção adequada, fazer seu projeto executivo e executá-la.
- ✓ 2: deve-se determinar uma atividade de manutenção e reabilitação para o pavimento com urgência, mas com prazo de seis meses.
- ✓ 3: este nível de prioridade indica que a intervenção no pavimento pode ser aplicada em um prazo maior de até um ano. Este índice é aplicado em pavimentos com avaliação de ‘regular’ a ‘muito bom’ indicando que não há tanta urgência em proceder alguma intervenção, mas devendo-se atentar para selagem de trincas e acompanhamento da evolução dos defeitos.
- ✓ 4: para este nível de priorização não há recomendação de intervenção, pois o pavimento se apresenta em boas condições e com uma composição de solicitação mais leve permite-se postergar a ação para o período de nova avaliação.

Este modelo de priorização resulta em trechos classificados com diversos índices em uma mesma via. Como exemplo a via arterial Avenida Tiradentes, um trecho obteve

classificação como prioridade média, um como prioridade alta e outro trecho como máxima prioridade. O trecho classificado como IP de máxima prioridade apresentou IES equivalente a 78,6, uma classificação regular, porém por atender ao transporte coletivo e demandar grande volume de tráfego é essencial intervir neste trecho para impedir a degradação de sua superfície bem como mantê-la em boas condições.

Os resultados mais discrepantes são referentes às vias coletoras, especialmente por seus trechos apresentarem IES bastante diferenciados. Na Rua Men de Sá, por exemplo, os índices de priorização – IP vão desde a “Ação Postergada” por corresponder a um trecho em ótima condição, até “Máxima Prioridade” em um trecho que obteve IES igual a 32, com o revestimento já completamente degradado.

As vias locais obtiveram resultados mais uniformes, porém seus resultados de índice de estado de superfície- IES são em maioria regular, indicando que devem ser feitas ao menos atividades de manutenção preventiva, evitando que os defeitos aumentem seus níveis de severidade e extensão. Na Rua Santa Maria, o trecho que obteve IES 22,50 apresentou índice de máxima prioridade, pela severidade dos defeitos que o pavimento apresentava, comprometendo inclusive a integridade estrutural deste trecho de via local.

5.5 APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS AO SGPU PROPOSTO

O desenvolvimento desta pesquisa, com a proposta de um Sistema de Gerência de Pavimentos para a cidade de Maringá, resultou em inúmeros dados e informações (defeitos levantados em campo, determinação do índice de estado de superfície, classificação do pavimento e índice de priorização entre outros) para a aplicação a uma área piloto constituída por 72 segmentos. Aplicado à totalidade da cidade, seriam muito mais segmentos e o volume de dados seria extremamente maior, por isso a viabilidade de se empregar o SIG como um recurso de fácil acesso às informações.

Como em gerência de pavimentos os dados em si não auxiliam no processo de tomada de decisões, e sim os dados já manipulados, expressos sob forma de índices e informações, propõem-se a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como ferramenta auxiliar ao processamento dos dados do levantamento e apresentação espacial destas informações através de mapas temáticos.

Dentre os *softwares* de SIG disponíveis, o ArcView 3.1 da ESRI foi selecionado para esta compatibilização de sistemas, por estar disponível em versão educacional e por permitir

correlação com sistemas de outros setores da gestão pública, como trânsito, coleta de lixo, zoneamento e uso solo, entre outros tantos. Isso é possível por sua interface amigável e por permitir importar mapas georeferenciados de programas de desenho assistido por computador (*Computer Assisted Design - CAD*) em extensão do tipo *‘.dxf’*.

O mapa utilizado como base para aplicação ao SIG foi cedido pela Prefeitura Municipal de Maringá, georeferenciado em arquivo do AutoCAD. O arquivo contém informações, diferenciadas por *‘layers’* (camadas) sobre lotes, quadras, zoneamento, arruamento e coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*), entre outras. Como muitas destas informações não eram essenciais ao Sistema de Gerência de Pavimentos, no arquivo de base permaneceram as camadas de lotes que formam a composição de quadras e o sistema viário, as coordenadas UTM e os nomes das vias.

Para o início dos trabalhos utilizando o ArcView, o arquivo base foi salvo em extensão *‘.dxf’* e sobre este arquivo criou-se outro, com a divisão em trechos como explícito no item 5.2. Os segmentos foram traçados em camadas denominadas com os nomes das vias, para facilitar o trabalho com os dados de cada via e de cada trecho em particular.

A princípio começou-se trabalhando com uma única “View” contendo dois temas (bases cartográficas importadas do AutoCAD para o ArcView) um chamado ‘Malha’ que compõe a base da cidade com distribuição de lotes e arruamentos e o outro chamado ‘Seções’, que corresponde aos trechos de avaliação de cada via.

O tema ‘Seções’ foi convertido para *‘Shapefile’* e automaticamente foi criada uma tabela de atributos onde as colunas correspondem a campos (características comuns a todos os elementos do tema) e as linhas correspondem aos elementos que compõem o tema, de maneira que cada polilinha que delimita uma seção corresponde a uma linha na tabela, sendo que as colunas correspondem campos que atribuem informações para cada elemento.

Esta tabela é fundamental na correlação dos dados levantados em campo com o espaço geográfico, representado geometricamente, que o identifica. A possibilidade de edição desta tabela é que permite acrescentar campos e respectivos dados dos elementos.

A Tabela 5.8 representa esta base de dados, com as colunas discriminadas a seguir:

- ✓ “Layer” é um campo que contém texto criado automaticamente ao importar o arquivo, indicando os nomes das vias;

- ✓ “Hierarquia Viária” é um campo do tipo texto que aponta a classificação viária com ‘Categoria I’, ‘Categoria II’ e ‘Categoria III’ conforme classificação exposta anteriormente (item 5.1);
- ✓ “IES” é o índice de estado de superfície, com as notas de cada trecho obtidas na avaliação, corresponde a um campo numérico definido com duas casas decimais;
- ✓ “Classificação” é um campo do tipo texto que representa a condição do pavimento segundo o critério da nota;
- ✓ “Gráfico” é um campo do tipo texto utilizado para correlacionar a imagem do gráfico de avaliação para cada via ao clicar sobre um campo;
- ✓ “Transp. Coletivo” é um campo em que os atributos são do tipo ‘Boolean’ indicados ‘por verdadeiro (T – true) ou falso (F – false) se determinado segmento atende ou não ao transporte coletivo urbano;
- ✓ “IP” é um campo numérico que indica o Índice de Priorização, que varia de 1 a 4 como foi definido no item 5.3.4.

Tabela 5.8 Atributos do ArcView

Layer	Hierarquia Viária	IES	Classificação	Gráfico	Transp. Coletivo	IP
AV_CERRO_AZUL	Categoria I	76.80	Bom	Av Cerro Azul	T	2
AV_CERRO_AZUL	Categoria I	81.40	Bom	Av Cerro Azul	T	2
AV_CERRO_AZUL	Categoria I	75.70	Bom	Av Cerro Azul	T	2
AV_CERRO_AZUL	Categoria I	74.80	Regular	Av Cerro Azul	T	1
AV_CERRO_AZUL	Categoria I	71.40	Regular	Av Cerro Azul	T	1
AV_CERRO_AZUL	Categoria I	87.70	Bom	Av Cerro Azul	T	2
AV_CERRO_AZUL	Categoria I	74.80	Regular	Av Cerro Azul	T	1
AV_CERRO_AZUL	Categoria I	74.80	Regular	Av Cerro Azul	T	1
AV_JK	Categoria I	71.60	Regular	Av JK	T	1
AV_JK	Categoria I	64.90	Regular	Av JK	T	1
AV_JK	Categoria I	68.80	Regular	Av JK	T	1
AV_JK	Categoria I	51.20	Ruim	Av JK	T	1
AV_JK	Categoria I	53.90	Ruim	Av JK	T	1
AV_TIRADENTES	Categoria I	90.40	Muito Bom	Av Tiradentes	T	3
AV_TIRADENTES	Categoria I	78.60	Regular	Av Tiradentes	T	1
AV_TIRADENTES	Categoria I	89.20	Bom	Av Tiradentes	T	2
AV_ANCHIETA	Categoria I	54.20	Ruim	Av Anchieta	T	1
AV_ANCHIETA	Categoria I	62.00	Regular	Av Anchieta	T	1
AV_ANCHIETA	Categoria I	54.20	Ruim	Av Anchieta	T	1
AV_ANCHIETA	Categoria I	58.00	Ruim	Av Anchieta	T	1
AV_ANCHIETA	Categoria I	79.00	Bom	Av Anchieta	T	2
AV_ANCHIETA	Categoria I	41.20	Muito Ruim	Av Anchieta	T	1
AV_ANCHIETA	Categoria I	50.60	Ruim	Av Anchieta	T	1

(...) Continuação na próxima página

Continuação da Tabela 5.8 Atributos do ArcView.

Layer	Hierarquia Viária	IES	Classificação	Gráfico	TC	IP
R_TOME_DE_SOUSA	Categoria II	76.30	Bom	R Tomé de Sousa	F	3
R_TOME_DE_SOUSA	Categoria II	67.00	Regular	R Tomé de Sousa	F	2
R_TOME_DE_SOUSA	Categoria II	82.60	Bom	R Tomé de Sousa	F	3
R_TOME_DE_SOUSA	Categoria II	64.90	Regular	R Tomé de Sousa	F	2
R_TOME_DE_SOUSA	Categoria II	44.30	Muito Ruim	R Tomé de Sousa	F	1
R_TOME_DE_SOUSA	Categoria II	86.80	Bom	R Tomé de Sousa	F	3
R_TOME_DE_SOUSA	Categoria II	76.30	Bom	R Tomé de Sousa	F	3
R_MEN_DE_SA	Categoria II	88.00	Bom	R Men de Sá	F	3
R_MEN_DE_SA	Categoria II	91.60	Muito Bom	R Men de Sá	F	4
R_MEN_DE_SA	Categoria II	77.80	Bom	R Men de Sá	F	3
R_MEN_DE_SA	Categoria II	79.60	Bom	R Men de Sá	F	3
R_MEN_DE_SA	Categoria II	32.00	Muito Ruim	R Men de Sá	F	1
R_MEN_DE_SA	Categoria II	39.50	Muito Ruim	R Men de Sá	F	1
R_MEN_DE_SA	Categoria II	82.60	Bom	R Men de Sá	F	3
R_ESTACIO_DE_SA	Categoria II	88.60	Bom	R Estácio de Sá	F	3
R_ESTACIO_DE_SA	Categoria II	72.40	Regular	R Estácio de Sá	F	2
R_ESTACIO_DE_SA	Categoria II	74.80	Regular	R Estácio de Sá	F	2
R_ESTACIO_DE_SA	Categoria II	72.80	Regular	R Estácio de Sá	F	2
R_ESTACIO_DE_SA	Categoria II	76.60	Bom	R Estácio de Sá	F	3
R_ESTACIO_DE_SA	Categoria II	74.20	Regular	R Estácio de Sá	F	2
R_ESTACIO_DE_SA	Categoria II	83.30	Bom	R Estácio de Sá	F	3
R_MOISES_MARCONDES	Categoria II	80.50	Bom	R M.Marcondes	F	3
R_MOISES_MARCONDES	Categoria II	73.00	Regular	R M. Marcondes	F	2
R_PE_GERMANO_MAYER	Categoria III	84.20	Bom	R Pe Germano M	F	3
R_PE_GERMANO_MAYER	Categoria III	70.60	Regular	R Pe Germano M	F	3
R_PE_GERMANO_MAYER	Categoria III	76.60	Bom	R Pe Germano M	F	3
R_PE_GERMANO_MAYER	Categoria III	61.50	Regular	R Pe Germano M	F	3
R_ANTONIO_SALEMA	Categoria III	75.40	Bom	R Antonio Salema	F	3
R_ANTONIO_SALEMA	Categoria III	80.40	Bom	R Antonio Salema	F	3
R_ANTONIO_SALEMA	Categoria III	77.00	Bom	R Antonio Salema	F	3
R_ANTONIO_SALEMA	Categoria III	75.10	Bom	R Antonio Salema	F	3
R_SANTA_MARIA	Categoria III	70.60	Regular	R Santa Maria	F	3
R_SANTA_MARIA	Categoria III	63.40	Regular	R Santa Maria	F	3
R_SANTA_MARIA	Categoria III	71.50	Regular	R Santa Maria	F	3
R_SANTA_MARIA	Categoria III	22.50	Péssimo	R Santa Maria	F	1
R_ARION_R_CAMPOS	Categoria III	66.00	Regular	R Arion R Campos	F	3
R_ARION_R_CAMPOS	Categoria III	60.80	Regular	R Arion R Campos	F	3
R_ARION_R_CAMPOS	Categoria III	83.20	Bom	R Arion R Campos	F	3
R_ARION_R_CAMPOS	Categoria III	64.60	Regular	R Arion R Campos	F	2
R_FELIPE_CAMARAO	Categoria III	80.50	Bom	R Felipe Camarão	F	3
R_FELIPE_CAMARAO	Categoria III	79.00	Bom	R Felipe Camarão	F	3
R_FELIPE_CAMARAO	Categoria III	70.90	Regular	R Felipe Camarão	F	3
R_FELIPE_CAMARAO	Categoria III	83.80	Bom	R Felipe Camarão	F	3
R_FELIPE_CAMARAO	Categoria III	76.60	Bom	R Felipe Camarão	F	3
R_FERNANDES_VIEIRA	Categoria III	66.90	Regular	R Fernandes Vieira	F	3
R_FERNANDES_VIEIRA	Categoria III	73.00	Regular	R Fernandes Vieira	F	3
R_FERNANDES_VIEIRA	Categoria III	89.20	Bom	R Fernandes Vieira	F	3
R_FERNANDES_VIEIRA	Categoria III	87.40	Bom	R Fernandes Vieira	F	3
R_FERNANDES_VIEIRA	Categoria III	85.30	Bom	R Fernandes Vieira	F	3

Com base nos dados desta tabela foi possível elaborar mapas temáticos, como o que é apresentado na Figura 5.10, denominado mapa de hierarquia viária. Os segmentos com o contorno em vermelho representam as vias arteriais, em cor laranja as vias coletoras e em cor verde as vias locais. Também foi possível vincular os nomes das vias através da função ‘Etiqueta’.

Ao montar mapas temáticos o ArcView permite vincular com facilidade ao mapa a escala gráfica, o símbolo indicando norte, a legenda, o título do tema, gráfico e a tabela de origem dos dados, embora no mapa da Figura 5.10 não estejam representados gráficos e a tabela de origem dos dados.

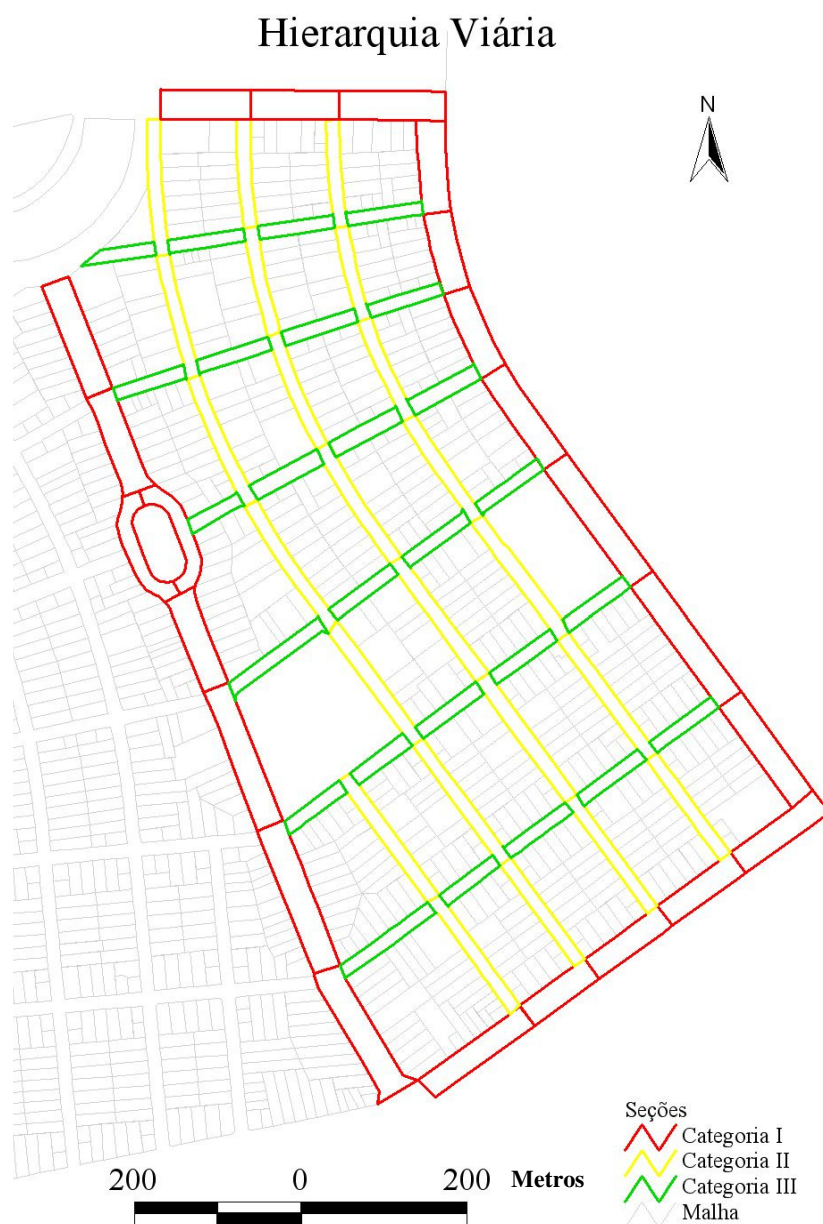


Figura 5.10 Mapa temático de Hierarquia Viária

A partir da análise da coluna que indica o índice de estado de superfície (IES), foi criado o mapa temático apresentado na Figura 5.11, com as cores representadas de acordo com a classificação do estado de superfície descrito na legenda. Os rótulos de cada segmento indicam precisamente qual a nota IES do pavimento.

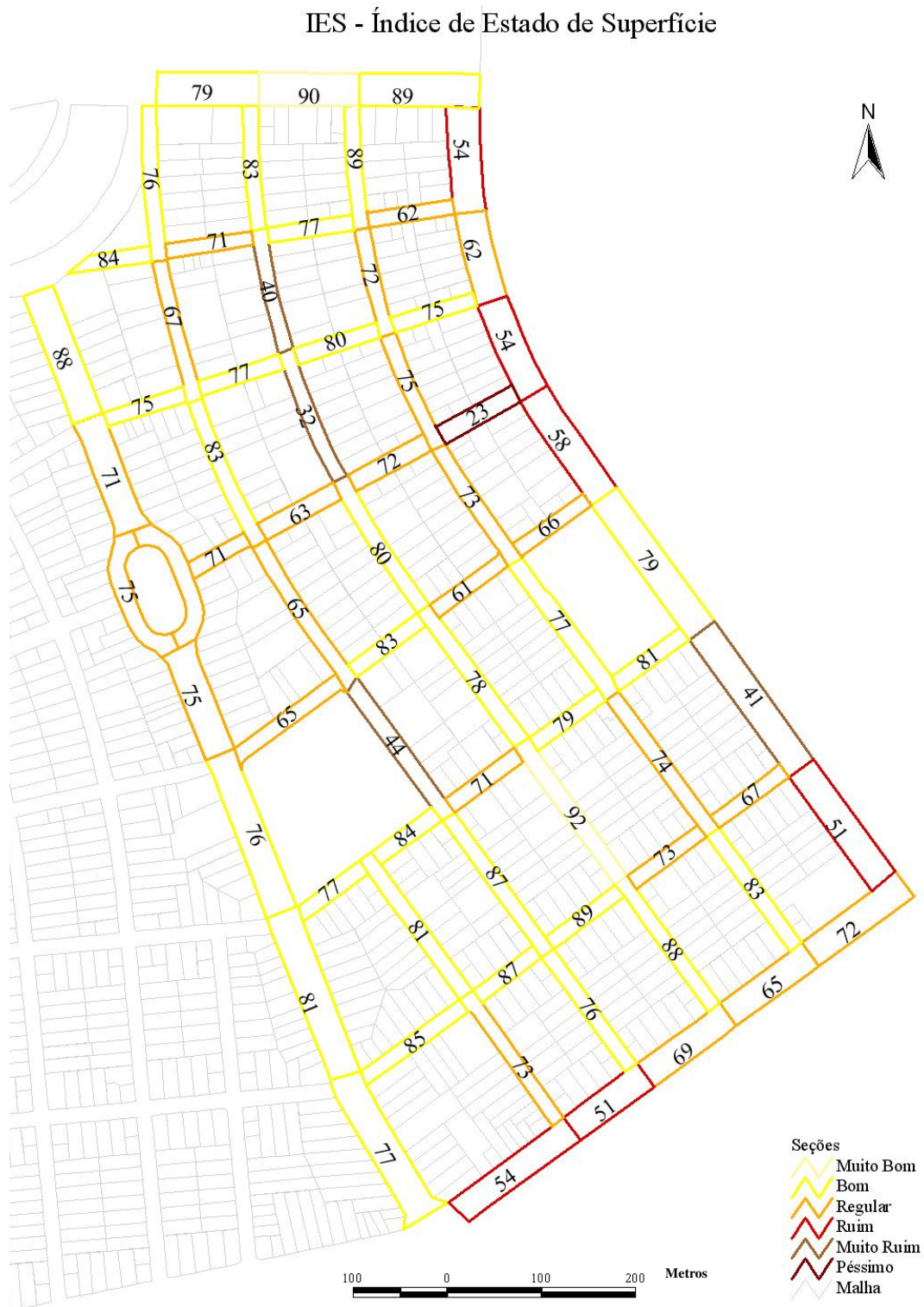


Figura 5.11 Mapa temático - Índice de Estado de Superfície

Da mesma forma, a Figura 5.12 representa o mapa indicando o índice de priorização de cada trecho. Este é um dos mapas mais importantes, pois permite visualizar rapidamente quais os prioritários a receber intervenção.

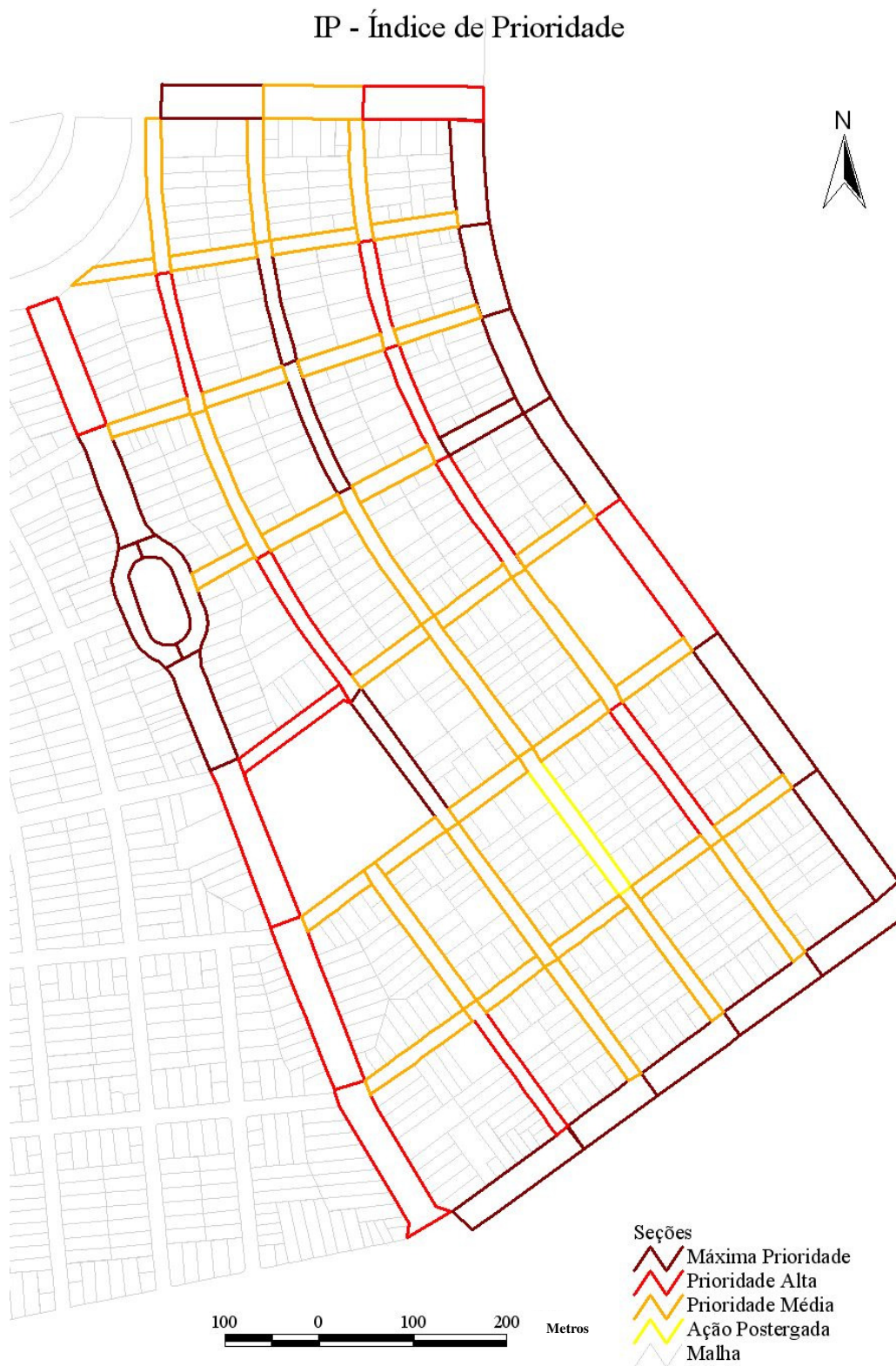


Figura 5.12 Mapa temático - Índice de Priorização

Outro recurso do ArcView utilizado foi a função “Hotlink” que permite atribuir à cada elemento um arquivo ou documento do tipo imagem. Esta função foi utilizada para vincular a cada via o gráfico que aponta o resultado de sua avaliação (idêntico ao apresentado anteriormente na Figura 5.6).

Para atribuir tal função ao tema ‘Seções’ foi definida a coluna ‘Gráfico’ na tabela de dados. Como o tema ativo, na guia “Theme” foi selecionado “Properties”, no campo “Field” foi selecionada a coluna a que se atribui o hotlink, denominada ‘Gráfico’.

No campo “Predefined Action” foi selecionada a opção “link to a Document”, posto que as imagens dos gráficos foram anexadas ao arquivo como novas ‘Views’, cada uma com o nome correspondente à via que apresenta os dados no gráfico. Os dados da coluna ‘Gráfico’ foram definidos com os nomes das ‘Views’ a que correspondiam, por isso na tabela os nomes das vias aparecem repetidos.

Como os gráficos permitem inferir qual defeito tem maior impacto na integridade do pavimento, torna-se fácil o acesso a estes dados de maneira dinâmica. Esta função, aliada à visualização de dados como índice de estado de superfície (IES) e índice de priorização (IP), auxiliam no processo de tomada de decisão. Como exemplo, a Figura 5.13 apresenta a tela de visualização do gráfico da Rua Santa Maria.

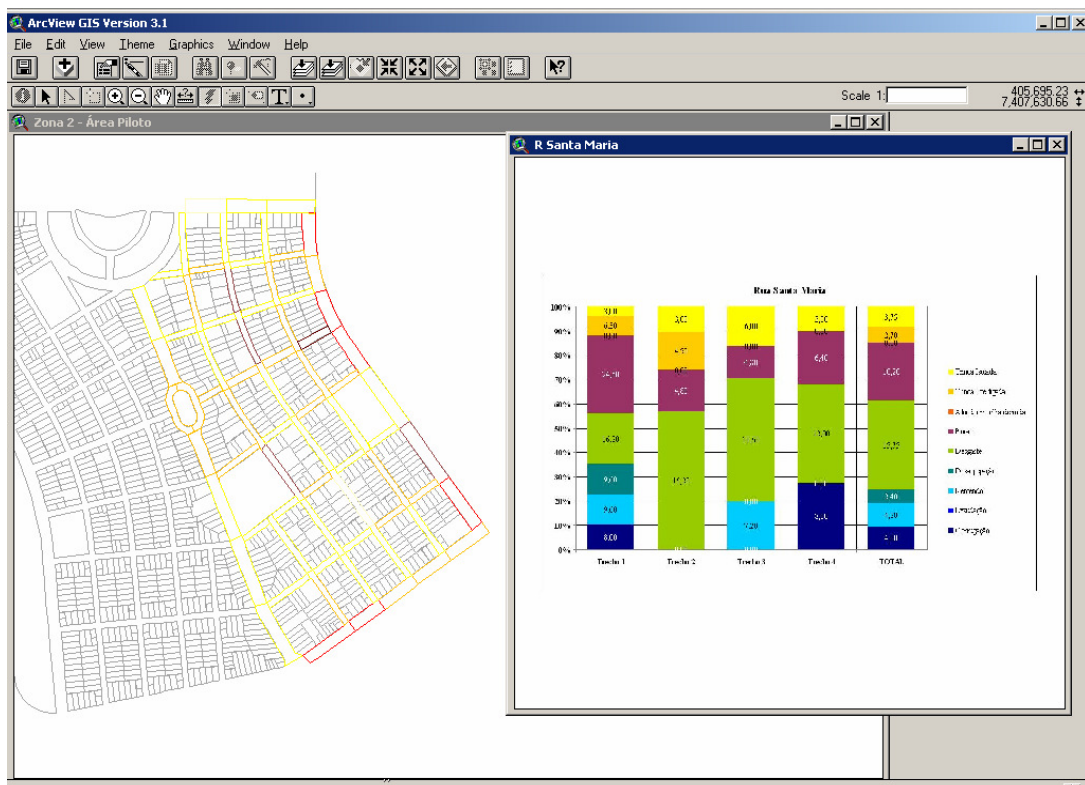


Figura 5.13 Apresentação do gráfico de avaliação

A aplicação da ferramenta de sistemas de informações geográficas apresentou desempenho bastante satisfatório ao Sistema de Gerência de Pavimentos proposto. Desde a manipulação da tabela de dados, permitindo visualizar dados de uma seqüência como valores mínimo e máximo, média, variância e somatório; até a possibilidade de ordenar a tabela em ordem crescente ou decrescente são algumas das funções pelas quais se recomenda a compatibilização de sistemas.

Podem-se apontar como vantagens na utilização de SIG em auxílio a um sistema de Gerência de Pavimentos, através do programa ArcView, a facilidade de manipulação de dados e a apresentação visual dos mesmos através de mapas temáticos.

A manipulação dos dados da tabela através da ferramenta de cálculo ficou prejudicada na determinação do índice de priorização (IP), que é função da hierarquia viária, transporte coletivo e índice de estado de superfície; com muitas variáveis as possibilidades de cálculo no ArcView se mostraram mais restritas.

Por este fator toda parte de tabulação dos defeitos levantados foi feita em planilha do Excel, pois o cálculo de diversos fatores condicionais através da função “SE” apresentou melhor aplicabilidade.

As tipologias de gráficos disponíveis no ArcView, apenas no padrão barras e pizza é outro fator que restringiu sua utilização. Os gráficos anexados através da função ‘hotlink’ foram desenvolvidos em planilha do Excel, salvos em extensão de imagem do tipo JPEG e posteriormente exportadas para o ArcView.

6 CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste trabalho iniciou pela apresentação de seus objetivos e justificativas, pela relevância econômica que a gerência de pavimentos representa, resultando em benefícios para administradores públicos e usuários das vias.

No capítulo dois foi feito um delineamento do tema desta pesquisa, que aborda especialmente pavimentos flexíveis, suas formas de composição, sua composição estrutural e seu desempenho, bem como os fatores que interferem no seu período de vida útil.

A temática do terceiro capítulo consiste em uma revisão teórica aprofundada com foco em Sistemas de Gerência de Pavimentos, com análise de cada etapa que constitui este sistema e resgatando os principais conceitos e metodologias das autoridades referentes ao assunto. Com base neste estudo aprofundado pode-se estruturar a continuidade do trabalho de proposta de um SGP para Maringá.

Sistemas de informações geográficas é o tema do capítulo quatro, que traz uma breve revisão da literatura e será complementado com a aplicação de um SIG ao Sistema de Gerência de Pavimento proposto para a cidade de Maringá neste capítulo.

O capítulo cinco, que aborda a aplicação prática de um SGP para a cidade de Maringá aponta os resultados referentes aos métodos de avaliação do pavimento, complementado pelos tópicos de atividades de manutenção e reabilitação recomendadas e pelo modelo de priorização.

O capítulo seis contém a proposta de dinamização no processo de tomada de decisão com Sistemas de Gerências de Pavimento, através da utilização da ferramenta SIG que proporciona melhor visualização espacial de dados e armazenamento dos mesmos.

6.1 APLICAÇÃO DO SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

Os conceitos e métodos sobre Sistema de Gerência de Pavimentos utilizados na proposta para a cidade de Maringá foram essenciais para avaliar a condição da superfície do pavimento em cada segmento, sabendo qual defeito tem maior interferência na qualidade do pavimento para posteriormente determinar qual atividade de manutenção e reabilitação que irá resguardar a vida útil do pavimento e oferecer as condições ideais de conforto e segurança para os usuários.

A delimitação da área piloto foi uma amostragem satisfatória para obtenção de dados, com uma área bastante representativa distribuída em 72 segmentos, composição de vias arteriais, coletoras e locais. Além disso, após as etapas das avaliações, verificou-se que os trechos foram classificados em índices de estado de superfície (IES) variados, desde em condições péssima até muito boa, sendo que foram avaliados todos os tipos de defeitos em diversos estágios de severidade e extensão.

O método proposto para a avaliação objetiva e subjetiva aponta resultados muito satisfatórios, o ajuste dos parâmetros da avaliação objetiva mostrou boa precisão, ressaltando os defeitos, desgaste e buracos, particulares ao tipo de revestimento da cidade e à ação do clima local.

Considerando estas particularidades, também foram propostas as atividades de manutenção e reabilitação mais adequadas: recapeamento (preferencialmente do tipo delgado), remendos no lugar da prática atual de tapa-buracos, selagem de trincas em caráter preventivo e especialmente a inspeção periódica dos dispositivos de drenagem. Ao aplicar estas técnicas em ocasião e momento oportunos e de maneira adequada, pode-se garantir a vida útil do pavimento e melhorar as condições da superfície.

O modelo de priorização apresentou versatilidade por ser bastante simples, embora considere os fatores mais relevantes sem a necessidade de fazer cálculos. Através da classificação da hierarquia viária, da condição do pavimento e do atendimento ao transporte público foi possível indicar qual o grau de urgência de intervenção para cada trecho.

6.2 COMPATIBILIZAÇÃO COM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

O uso do programa ArcView, permitiu a obtenção de bons resultados na apresentação dos dados em forma de mapas. A manipulação dos dados para classificação do índice de estado de superfície (IES) e do índice de priorização (IP) é fácil e relaciona instantaneamente as distribuições espaciais dos segmentos, sintetizando os dados necessários no processo de tomada de decisão.

Outra função que mostrou aplicabilidade interessante é a correlação das vias com os respectivos gráficos de avaliação, que permite partir de uma abordagem macro como o índice de priorização e detectar em uma micro-escala qual o tipo de defeito tem maior impacto sobre a integridade da superfície do pavimento em determinado segmento.

Um fator que se apresentou prejudicado na utilização do ArcView foi a manipulação de tabelas através de seu banco de dados, por ter uma interface com menos possibilidades que o programa de planilhas eletrônicas Excel. Uma provável justificativa é a limitação da versão disponível do programa, que atualmente se apresenta na versão 9.2 .

6.3 PROPOSIÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Por ser um assunto extenso e abrangente, pesquisas na área de Sistema de Gerência de Pavimentos favorecem o aperfeiçoamento de várias de suas etapas e métodos, bem como a compatibilização com outros sistemas, como o que foi proposto neste trabalho com Sistemas de Informações Geográficas.

A etapa de avaliação da superfície do pavimento possibilita diversas variações, desde a forma de levantamento (subjetiva ou objetiva), descrição dos critérios de avaliação, até o ajuste dos parâmetros aplicados à avaliação objetiva.

A aplicação do método de avaliação proposto neste trabalho em outras cidades de médio e pequeno porte permite averiguar a precisão dos parâmetros e se os defeitos identificados em Maringá se apresentam em grau de severidade e frequência similares em outras cidades. A partir disso poder-se-ia determinar se tais defeitos se apresentam assim por um fator de solicitação climática, de desempenho do pavimento ou falta de manutenção.

Um possível campo de pesquisa, com utilização de Sistemas de Informações Geográficas é unir dados da Gerência de Pavimentos com outros setores da gestão pública urbana, como intervenções em redes subterrâneas como gás, água e esgoto, rede elétrica e arborização, entre outros.

REFERÊNCIAS

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials. **The AASHTO Road Test: Report 5 – Pavement research**, Special Report 61E. Washington, D.C.: 1962.

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials. **Guide for design of pavement structures**. Washington, D.C.: 1993.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7207: Terminologia e Classificação de Pavimentação**. Rio de Janeiro, RJ: 1982.

APS, M.; BALBO, J. T.; SEVERI, A. A. **Avaliação superficial de pavimentos asfálticos em vias urbanas utilizando o método PCI**. Anais: 31ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. São Paulo, SP: 1998.

ASTM - American Society for Testing and Materials. **ASTM E867-82A: Standard definition of terms relating to traveled surface characteristics**. In: Annual Book of ASTM Standards, v. 01.05. Philadelphia, EUA: 1982.

BALBO, J. T. **Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção**. Editora Plêiade. São Paulo, SP: 1997.

BODI, J.; BALBO, J. T. **Modelos para priorização de serviços de manutenção de pavimentos urbanos**. Anais: 31ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. São Paulo, SP: 1998.

BALBO, J. T. **Gestão da manutenção de pavimentos e seus benefícios para a cidade de São Paulo**. Laboratório de mecânica dos pavimentos, USP. São Paulo, SP: 1998. Disponível em: <<http://www.ptr.usp.br/Imp/download/palestra.PDF>>. Acesso em abril de 2007.

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

BODI, J.; BALBO, J. T. **Modelos para priorização de serviços de manutenção de pavimentos urbanos**. Anais: 31ª Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo, SP: outubro 1998.

BUTT, A. A.; SHAHIN, M. Y.; CARPENTER, S. H.; CARNAHAN, J. V. **Application of Markov process to pavement management system network level**. In: III Internacional Conference on Managing Pavements. San Antonio, Texas, 1994. Anais. TRB. v. 2, p. 159-172, Washington, D. C.: 1987.

CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos**. Tese (Doutorado): Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. São José dos Campos, SP: dezembro 1995. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/gilberto>>. Acesso em 20 maio 2007.

CARDOSO, S.H. **Sugestão de um sistema de gerência de pavimentos para aeroportos brasileiros**. Anais: 23a Reunião Anual de Pavimentação, ABPv, Florianópolis, SC: 1988, pp. 1768-1776.

CARDOSO, S.H. **Implantação de um sistema de gerência de pavimentos no Ministério da Aeronáutica** – uma necessidade urgente. Revista da Direng, Ano 1, No 1, Rio de Janeiro, RJ: 1991, pp. 30-36.

CARDOSO, S.H. **Gerência de pavimentos em vias urbanas**. Anais: 5ª Reunião de Pavimentação Urbana, ABPv. Natal, RN: agosto, 1994, 26 pp.

CARDOSO, S.H.; MARCON, A.F.; APS, M.; MARCELLO, J.R. **Proposta para implantação de centros de análise e controle de acidentes (CACA) em órgãos rodoviários e de vias urbanas**. Anais: 29ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv, Vol. 3. Cuiabá, MT: outubro 1995, pp. 285-302.

CAREY JR., W. N.; IRICK, P. E. **The pavement serviceability: performance concept**. Highway Research Board - Bulletin 250, p. 40-58. Washington, D.C.: 1962.

CHEN, X. **Development of an Urban Roadway Management System**. Tese (Doutorado) University of Texas at Austin. Austin, EUA: dezembro 1993.

DANIELESKI, M. L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS: 2004.

DAU, F. N. F.; FERREIRA, F. de A.; DANIELESKI, M. L.; WAECHTER JR, O.; FERRER, P. R. F.; VICECONTI, R. L. **Desenvolvimento e implantação do sistema de gerência de pavimentos do Município de Porto Alegre**. Anais: 12ª Reunião de Pavimentação Urbana. Aracaju, SE: 2003.

DER-PR Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná. **Lama Asfáltica** - Especificação de Serviço DER-PR ES-P 24/91, Manual de execução de serviços rodoviários. Curitiba, PR: 1991.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos** – PRO 006/2003. Rio de Janeiro, RJ: 2003.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Levantamento para avaliação de pavimentos flexíveis ou semi-rígidos** – PRO 007/2003. Rio de Janeiro, RJ: 2003.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Levantamento Visual Contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos** – PRO 008/2003. Rio de Janeiro, RJ: 2003.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos** – PRO 009/2003. Rio de Janeiro, RJ: 2003.

DOMINGUES, F. A. A. **Manual para identificação de defeitos de revestimentos asfálticos de pavimentos**. São Paulo, SP: 1993.

DOT – Department of Transportation, State of Ohio. **Pavement condition rating system**. Columbus, EUA: 1998.

FHWA – Federal Highway Administration. **Advanced course in pavement management systems**. Washington, EUA: 1991.

FERNANDES JR, J. L. **Atualização em Sistemas de Gerência de Pavimentos**. Artigo de referência para curso. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Araraquara, SP: dezembro 1997.

FERNANDES JR., J. L. **Eficiência econômica e de engenharia para as rodovias: Uma introdução ao HDM**. Escola de Engenharia de São Carlos - Departamento de Transportes. Araraquara, SP: 1997.

FERNANDES JR, J. L; BERTOLLO, S. A. M. **Considerações sobre a gerência de pavimentos urbanos em nível de rede**. Anais: 9º Congreso Ibero-latinoamericano del asfalto. Assunção, Paraguai: novembro de 1997. p. 1125-1236

FERNANDES JR, J. L.; ODA, S.; ZERBINI, L. F. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Transportes, São Carlos, SP: 1999.

FERNANDES JR., J. L. **Sistemas de gerência de pavimentos urbanos para cidades de médio porte**. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, SP: 2001.

GEIPOT - Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes - **Pesquisa sobre o inter-relacionamento dos custos de construção, conservação e utilização de rodovias**. Ministério dos Transportes, 12. Brasília, DF: 1981.

GONÇALVES, F. J. P. **Utilização de Expert System na manutenção de pavimentos**. Tese (Doutorado), Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, SP: 1997.

GONÇALVES, F. J. P. **O diagnóstico e a manutenção dos pavimentos**: notas de aula. Passo Fundo, RS: outubro 1999.

GONTIJO, P. R. A. **Método PARAGON para avaliação e diagnóstico de pavimentos rodoviários**. Anais: 29ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv. Cuiabá, MT: 1995.

GONTIJO, P. R. A. **Conservação de pavimentos**: Levantamentos, diagnóstico, definição de prioridades e técnicas corretivas. Anais: III Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, ENACOR. Belo Horizonte, MG: 1998.

HAAS, R.; HUDSON, W. R. **Pavement Management Systems**. McGraw-Hill, EUA: 1978.

HAAS, R.; HUDSON, W. R., ZANIEWSKI, J. **Modern pavement management**. Krieger Publishing Company. Florida, EUA:1994.

HAAS, R. **Future of pavement management systems**. National Pavement Management Conference. Norfolk, EUA: maio 2007. Disponível em: <<https://filebox.vt.edu/users/flintsch/presentations/Plenary%202%204%20Haas.pdf>>. Acesso em: 15 junho 2007.

HUDSON, W. R. **Next generation Pavement Management Systems**: Integration, Accountability and Engineering. National Pavement Management Conference. Norfolk, EUA: maio2007. Disponível em: <<https://filebox.vt.edu/users/flintsch/presentations/Plenary%201%204%20Hudson.pdf>>. Acesso em: 15 junho 2007.

HANSEN, A.; YSHIBA, J. K. **Avaliação superficial de pavimentos para estimativa do ICP aplicação para Maringá**. 1º SIMPGEU – Simpósio de Pós-graduação em Engenharia Urbana. São Carlos, SP: 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@: Maringá – PR**. Rio de Janeiro, RJ: 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>>. Acesso em: 15 junho 2007.

LIMA, J. P.; RAMOS, R. A. R.; FERNANDES JR., J. L. **A prática de gestão de pavimentos em cidades médias brasileira**. Anais: 2º Congresso luso-brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável – PLURIS 2006. Coimbra, PT: setembro 2006.

MARCON, A. F. **Contribuição ao desenvolvimento de um sistema de gerência de pavimentos para a malha rodoviária estadual de Santa Catarina**. Tese (Doutorado): Instituto Tecnológico da Aeronáutica. São José dos Campos, SP: 1996.

MARCON, A. F.; CARDOSO, S. H.; APS, M. **Considerações sobre métodos de avaliação de superfície de pavimentos**. Anais da 29ª. Reunião Anual de Pavimentação, Cuiabá, MT: 1995. p. 43 – 59.

MASCARÓ, J. L. **Desenho urbano e custos de urbanização**. Brasília, DF. MHU-SAM, 1987.

MEDINA, J. de. **Mecânica dos pavimentos**. Editora UFRJ. Rio de Janeiro, RJ: 1997.

PAIVA, C. E. L.; PEDRAZZI, T. B. **Modelo de ranqueamento para intervenções em vias urbanas**. Anais: 36ª Reunião Anual de Pavimentação. Curitiba, PR: agosto 2005.

PATERSON, W. D. O. **Road deterioration and maintenance effects: Models for Planning and Management**. The World Bank. Baltimore. The John Hopkins University Press. Baltimore, EUA: 1987.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARINGÁ. **Dados de composição da frota de veículos**. Disponível em: <http://www.maringa.pr.gov.br/adm/setran/arquivos_download/estatistica/Frota_2002%20a%202006.PDF>. Acesso em 20 maio 2007.

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.

- QUEIROZ, C. A. V. **Modelos de desempenho de pavimentos**: desenvolvimento e aplicação. MT-DNER-Instituto de Pesquisas Rodoviárias, n. 692/50, 66 p. Rio de Janeiro, RJ: 1982.
- SAYERS, M. W.; GILLESPIE, T. D.; PATERSON, W. D. O. **Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements**. World Bank Technical Paper Number 46. The World Bank. Washington, D.C.: 1986.
- SAYERS, M. W.; GILLESPIE, T. D.; QUEIROZ, C. A.V.. **The International road roughness experiment-establishing correlation and a calibration standard for measurements**. World Bank Technical Paper Number 45. The World Bank. Washington, D. C.: 1986.
- SERAFINI, L. **Critérios para priorização de intervenções de manutenção em pavimentos rodoviários**. Revista Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.7, p.73-85, Setembro, 2005.
- SERAFINI, L.; GONÇALVES, F. P. **Critérios para priorização de intervenções de manutenção em pavimentos rodoviários**. Dissertação (Mestrado), Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, RS: 2005.
- SHAHIN, M. Y.; KHON, S. D. **Development of a pavement condition rating procedure for roads, streets and parking lots**. Vol.1- Condition Rating Procedure. CERL-TR-M-268. U.S. Army, 1979-b.
- SHAHIN, M. Y.; KHON, S. D. **Development of a pavement condition rating procedure for roads, streets and parking lots**. Vol.2 - Distress Identification Manual. CERL-TR-M-268. U.S. Army, 1979-a.
- SHRP - Strategic Highway Research Program. **Distress identification manual for the long-Term pavement performance project**. SHRP-P-338, ISBN 0-309-05271-8. Washington, EUA: 1993.
- SHRP - Strategic Highway Research Program. **Distress interpretation from 35mm film for the LTPP experiments**. SHRP-P-642. Washington, EUA: 1993.
- TAVAKOLI, A.; LAPIN, M.S.; FIGUEROA, J.L. **PMSC: Pavement Management System for Small Communities**. Journal of Transportation Engineering, Vol. 118, N° 2, pp 270-280. Cleveland, Ohio: 1992.

VISCONTI, T. S. **O sistema gerencial de pavimentos do DNER**. DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias, divisão de apoio tecnológico. Brasília, DF: dezembro 2000. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/pms_99.pdf>. Acesso em: 20 abril 2007.

WANG, K.C. P.; ZANIEWSKI, J.; WAY, G. **Probabilistic behavior of pavement**. Journal of Transportation Engineering, v. 12, n. 3, may/ june, p.358-375. Washington, EUA: 1994.

WSDOT - Washington State Department of Transportation. **Pavement guide: Pavement evaluation**. Washington, EUA: 1995.

YSHIBA, J. K.; FERNANDES JR., J. L. **Modelos estatísticos para previsão de desempenho de pavimentos**. Revista Acta Scientiarum Technology. Maringá, PR:: jul-dec 2005. v. 27, n. 2, p. 175-181.

ZERBINI, L. F. **Desenvolvimento de modelos de desempenho para utilização em sistema de gerência de pavimentos urbanos**. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP: 1999.

ZHANG, Z.; AKI, F.; HUDSON, W. R. **Developing an integrated management system for the urban transportation infrastructure**. University of Texas at Austin. Austin, EUA: fevereiro 2002.

ZIMMERMAN, K. A.; BECKEMEYER, C. A.; PESHKIN, D. G. **Pavement condition survey guide for city streets**. South Dakota Department of Transportation. Pierre, EUA: 1994.

ANEXOS

Tabela A – Resultado da avaliação objetiva

LOGRADOURO	INÍCIO	FIM	DATA	IES
Av. Cerro Azul	Av. Jusc. Kubitschek	R. Fernandes Vieira	1/5/2007	76,80
Av. Cerro Azul	R. Fernandes Vieira	R. Felipe Camarão	1/5/2007	81,40
Av. Cerro Azul	R. Felipe Camarão	R. Arion Ribeiro	1/5/2007	75,70
Av. Cerro Azul	R. Arion Ribeiro	R. Santa Maria	1/5/2007	74,80
Av. Cerro Azul	R. Santa Maria	R. Antonio Salema	1/5/2007	71,40
Av. Cerro Azul	R. Antonio Salema	R. Pe. Germano Mayer	1/5/2007	87,70
R. Moisés Marcondes	Av. Jusc. Kubitschek	R. Fernandes Vieira	30/4/2007	73,00
R. Moisés Marcondes	R. Fernandes Vieira	R. Felipe Camarão	30/4/2007	80,50
R. Tomé de Sousa	Av. Tiradentes	R. Pe. Germano Mayer	30/4/2007	76,30
R. Tomé de Sousa	R. Pe. Germano Mayer	R. Antonio Salema	30/4/2007	67,00
R. Tomé de Sousa	R. Antonio Salema	R. Santa Maria	30/4/2007	82,60
R. Tomé de Sousa	R. Santa Maria	R. Arion Ribeiro	30/4/2007	64,90
R. Tomé de Sousa	R. Arion Ribeiro	R. Felipe Camarão	30/4/2007	44,30
R. Tomé de Sousa	R. Felipe Camarão	R. Fernandes Vieira	30/4/2007	86,80
R. Tomé de Sousa	R. Fernandes Vieira	Av. Jusc. Kubitschek	30/4/2007	76,30
R. Men de Sá	Av. Jusc. Kubitschek	R. Fernandes Vieira	30/4/2007	88,00
R. Men de Sá	R. Fernandes Vieira	R. Felipe Camarão	30/4/2007	91,60
R. Men de Sá	R. Felipe Camarão	R. Arion Ribeiro	30/4/2007	77,80
R. Men de Sá	R. Arion Ribeiro	R. Santa Maria	30/4/2007	79,60
R. Men de Sá	R. Santa Maria	R. Antonio Salema	30/4/2007	32,00
R. Men de Sá	R. Antonio Salema	R. Pe. Germano Mayer	30/4/2007	39,50
R. Men de Sá	R. Pe. Germano Mayer	Av. Tiradentes	30/4/2007	82,60
R. Estácio de Sá	Av. Tiradentes	R. Pe. Germano Mayer	30/4/2007	88,60
R. Estácio de Sá	R. Pe. Germano Mayer	R. Antonio Salema	30/4/2007	72,40
R. Estácio de Sá	R. Antonio Salema	R. Santa Maria	30/4/2007	74,80
R. Estácio de Sá	R. Santa Maria	R. Arion Ribeiro	30/4/2007	72,80
R. Estácio de Sá	R. Arion Ribeiro	R. Felipe Camarão	30/4/2007	76,60
R. Estácio de Sá	R. Felipe Camarão	R. Fernandes Vieira	30/4/2007	74,20
R. Estácio de Sá	R. Fernandes Vieira	Av. Jusc. Kubitschek	30/4/2007	83,30
Av. Anchieta	Av. Tiradentes	R. Pe. Germano Mayer	1/5/2007	54,20
Av. Anchieta	R. Pe. Germano Mayer	R. Antonio Salema	1/5/2007	62,00
Av. Anchieta	R. Antonio Salema	R. Santa Maria	1/5/2007	54,20
Av. Anchieta	R. Santa Maria	R. Arion Ribeiro	1/5/2007	58,00
Av. Anchieta	R. Arion Ribeiro	R. Felipe Camarão	1/5/2007	79,00
Av. Anchieta	R. Felipe Camarão	R. Fernandes Vieira	1/5/2007	41,20
Av. Anchieta	R. Fernandes Vieira	Av. Jusc. Kubitschek	1/5/2007	50,60
Av. Jusc. Kubitschek	Av. Anchieta	R. Estácio de Sá	1/5/2007	71,60
Av. Jusc. Kubitschek	R. Estácio de Sá	R. Men de Sá	1/5/2007	64,90
Av. Jusc. Kubitschek	R. Men de Sá	R. Tomé de Sousa	1/5/2007	68,80
Av. Jusc. Kubitschek	R. Tomé de Sousa	R. Moisés Marcondes	1/5/2007	51,20
Av. Jusc. Kubitschek	R. Moisés Marcondes	Av. Cerro Azul	1/5/2007	53,90

(...) Continuação na próxima página.

Continuação Tabela A – Resultado da avaliação objetiva

LOGRADOURO	INÍCIO	FIM	DATA	IES
R. Fernandes Vieira	Av. Cerro Azul	R. Moisés Marcondes	30/4/2007	85,30
R. Fernandes Vieira	R. Moisés Marcondes	R. Tomé de Sousa	30/4/2007	70,90
R. Fernandes Vieira	R. Tomé de Sousa	R. Men de Sá	30/4/2007	89,20
R. Fernandes Vieira	R. Men de Sá	R. Estácio de Sá	30/4/2007	87,40
R. Fernandes Vieira	R. Estácio de Sá	Av. Anchieta	30/4/2007	66,90
R. Felipe Camarão	Av. Cerro Azul	R. Moisés Marcondes	30/4/2007	76,60
R. Felipe Camarão	R. Moisés Marcondes	R. Tomé de Sousa	30/4/2007	83,80
R. Felipe Camarão	R. Tomé de Sousa	R. Men de Sá	30/4/2007	70,90
R. Felipe Camarão	R. Men de Sá	R. Estácio de Sá	30/4/2007	79,00
R. Felipe Camarão	R. Estácio de Sá	Av. Anchieta	30/4/2007	80,50
R. Arion Ribeiro	Av. Anchieta	R. Estácio de Sá	2/5/2007	66,00
R. Arion Ribeiro	R. Estácio de Sá	R. Men de Sá	2/5/2007	60,80
R. Arion Ribeiro	R. Men de Sá	R. Tomé de Sousa	2/5/2007	83,20
R. Arion Ribeiro	R. Tomé de Sousa	Av. Cerro Azul	2/5/2007	64,60
R. Santa Maria	Av. Cerro Azul	R. Tomé de Sousa	2/5/2007	70,60
R. Santa Maria	R. Tomé de Sousa	R. Men de Sá	2/5/2007	63,40
R. Santa Maria	R. Men de Sá	R. Estácio de Sá	2/5/2007	71,50
R. Santa Maria	R. Estácio de Sá	Av. Anchieta	2/5/2007	22,50
R. Antonio Salema	Av. Anchieta	R. Estácio de Sá	2/5/2007	75,40
R. Antonio Salema	R. Estácio de Sá	R. Men de Sá	2/5/2007	80,40
R. Antonio Salema	R. Men de Sá	R. Tomé de Sousa	2/5/2007	77,00
R. Antonio Salema	R. Tomé de Sousa	Av. Cerro Azul	2/5/2007	75,10
R. Pe. Germano Mayer	Av. Cerro Azul	R. Tomé de Sousa	2/5/2007	84,20
R. Pe. Germano Mayer	R. Tomé de Sousa	R. Men de Sá	2/5/2007	70,60
R. Pe. Germano Mayer	R. Men de Sá	R. Estácio de Sá	2/5/2007	76,60
R. Pe. Germano Mayer	R. Estácio de Sá	Av. Anchieta	2/5/2007	61,50
Av. Tiradentes	R. Tomé de Sousa	R. Men de Sá	1/5/2007	90,40
Av. Tiradentes	R. Men de Sá	R. Estácio de Sá	1/5/2007	78,60
Av. Tiradentes	R. Estácio de Sá	Av. Anchieta	1/5/2007	89,20

Tabela B – Resultado da avaliação subjetiva

LOGRADOURO	INÍCIO	FINAL	A	B	1	2	Média	Variância	Desvio Padrão	Máx	Mín	(Máx - Mín) / Média
Jusc. Kubitschek	Cerro Azul	Moisés Marcondes	64	60	68	65	64,25	10,92	3,30	68	60	0,12
Jusc. Kubitschek	Moisés Marcondes	Tomé de Souza	60	56	58	60	58,50	3,67	1,91	60	56	0,07
Jusc. Kubitschek	Tomé de Souza	Men de Sá	72	70	74	70	71,50	3,67	1,91	74	70	0,06
Jusc. Kubitschek	Men de Sá	Estácio de Sá	66	66	65	65	65,50	0,33	0,58	66	65	0,02
Jusc. Kubitschek	Estácio de Sá	Anchieta	72	70	72	70	71,00	1,33	1,15	72	70	0,03
Fernandes Vieira	Cerro Azul	Moisés Marcondes	82	84	80	80	81,50	3,67	1,91	84	80	0,05
Fernandes Vieira	Moisés Marcondes	Tomé de Souza	86	82	85	85	84,50	3,00	1,73	86	82	0,05
Fernandes Vieira	Tomé de Souza	Men de Sá	82	82	85	80	82,25	4,25	2,06	85	80	0,06
Fernandes Vieira	Men de Sá	Estácio de Sá	74	74	75	72	73,75	1,58	1,26	75	72	0,04
Fernandes Vieira	Estácio de Sá	Anchieta	70	72	72	70	71,00	1,33	1,15	72	70	0,03
Felipe Camarão	Cerro Azul	Moisés Marcondes	78	76	80	78	78,00	2,67	1,63	80	76	0,05
Felipe Camarão	Moisés Marcondes	Tomé de Souza	80	76	78	80	78,50	3,67	1,91	80	76	0,05
Felipe Camarão	Tomé de Souza	Men de Sá	72	74	70	72	72,00	2,67	1,63	74	70	0,06
Felipe Camarão	Men de Sá	Estácio de Sá	80	78	80	76	78,50	3,67	1,91	80	76	0,05
Felipe Camarão	Estácio de Sá	Anchieta	76	76	75	75	75,50	0,33	0,58	76	75	0,01
Arion Ribeiro	Cerro Azul	Tomé de Souza	70	74	70	68	70,50	6,33	2,52	74	68	0,09
Arion Ribeiro	Tomé de Souza	Men de Sá	82	80	80	85	81,75	5,58	2,36	85	80	0,06
Arion Ribeiro	Men de Sá	Estácio de Sá	68	72	70	66	69,00	6,67	2,58	72	66	0,09
Arion Ribeiro	Estácio de Sá	Anchieta	72	76	75	70	73,25	7,58	2,75	76	70	0,08
Santa Maria	Cerro Azul	Tomé de Souza	70	68	70	70	69,50	1,00	1,00	70	68	0,03
Santa Maria	Tomé de Souza	Men de Sá	64	64	65	65	64,50	0,33	0,58	65	64	0,02
Santa Maria	Men de Sá	Estácio de Sá	68	66	70	65	67,25	4,92	2,22	70	65	0,07
Santa Maria	Estácio de Sá	Anchieta	44	48	50	40	45,50	19,67	4,43	50	40	0,22

(...) Continuação na próxima página.

Continuação da Tabela B – Resultado da avaliação subjetiva

LOGRADOURO	INÍCIO	FINAL	A	B	1	2	Média	Variância	Desvio Padrão	Máx	Mín	(Máx - Mín) / Média
Antonio Salema	Cerro Azul	Tomé de Souza	74	72	75	75	74,00	2,00	1,41	75	72	0,04
Antonio Salema	Tomé de Souza	Men de Sá	76	74	75	76	75,25	0,92	0,96	76	74	0,03
Antonio Salema	Men de Sá	Estácio de Sá	78	76	80	75	77,25	4,92	2,22	80	75	0,06
Antonio Salema	Estácio de Sá	Anchieta	76	76	75	75	75,50	0,33	0,58	76	75	0,01
Pe. Germano Mayer	Cerro Azul	Tomé de Souza	76	76	75	78	76,25	1,58	1,26	78	75	0,04
Pe. Germano Mayer	Tomé de Souza	Men de Sá	74	72	70	75	72,75	4,92	2,22	75	70	0,07
Pe. Germano Mayer	Men de Sá	Estácio de Sá	72	74	70	75	72,75	4,92	2,22	75	70	0,07
Pe. Germano Mayer	Estácio de Sá	Anchieta	68	70	70	70	69,50	1,00	1,00	70	68	0,03
Tiradentes	Cerro Azul	Tomé de Souza	84	80	82	85	82,75	4,92	2,22	85	80	0,06
Tiradentes	Tomé de Souza	Men de Sá	86	82	84	85	84,25	2,92	1,71	86	82	0,05
Tiradentes	Men de Sá	Estácio de Sá	84	80	86	85	83,75	6,92	2,63	86	80	0,07
Tiradentes	Estácio de Sá	Anchieta	86	82	84	85	84,25	2,92	1,71	86	82	0,05
Av. Cerro Azul	Jusc. Kubitschek	Fernandes Vieira	78	80	78	78	78,50	1,00	1,00	80	78	0,03
Av. Cerro Azul	Fernandes Vieira	Felipe Camarão	80	80	78	80	79,50	1,00	1,00	80	78	0,03
Av. Cerro Azul	Felipe Camarão	Arion Ribeiro	76	74	76	75	75,25	0,92	0,96	76	74	0,03
Av. Cerro Azul	Arion Ribeiro	Santa Maria	78	76	76	77	76,75	0,92	0,96	78	76	0,03
Av. Cerro Azul	Santa Maria	Antonio Salema	74	74	74	75	74,25	0,25	0,50	75	74	0,02
Av. Cerro Azul	Antonio Salema	Pe. Germano Mayer	90	86	87	90	88,25	4,25	2,06	90	86	0,05
Av. Cerro Azul	Pe. Germano Mayer	Tiradentes	92	88	91	90	90,25	2,92	1,71	92	88	0,05
Moisés Marcondes	Jusc. Kubitschek	Fernandes Vieira	80	84	81	80	81,25	3,58	1,89	84	80	0,05
Moisés Marcondes	Fernandes Vieira	Felipe Camarão	76	80	79	75	77,50	5,67	2,38	80	75	0,06

(...) Continuação na próxima página.

Continuação da Tabela B – Resultado da avaliação subjetiva

LOGRADOURO	INÍCIO	FINAL	A	B	1	2	Média	Variância	Desvio Padrão	Máx	Mín	(Máx - Mín) / Média
Tomé de Souza	Tiradentes	Pe. Germano Mayer	75	74	73	75	74,25	0,92	0,96	75	73	0,03
Tomé de Souza	Pe. Germano Mayer	Antonio Salema	72	72	73	72	72,25	0,25	0,50	73	72	0,02
Tomé de Souza	Antonio Salema	Santa Maria	81	80	81	82	81,00	0,67	0,82	82	80	0,02
Tomé de Souza	Santa Maria	Arion Ribeiro	68	70	70	65	68,25	5,58	2,36	70	65	0,07
Tomé de Souza	Arion Ribeiro	Felipe Camarão	64	66	65	65	65,00	0,67	0,82	66	64	0,03
Tomé de Souza	Felipe Camarão	Fernandes Vieira	92	90	90	90	90,50	1,00	1,00	92	90	0,02
Tomé de Souza	Fernandes Vieira	Jusc. Kubitschek	83	82	81	85	82,75	2,92	1,71	85	81	0,05
Men de Sá	Jusc. Kubitschek	Fernandes Vieira	88	86	85	90	87,25	4,92	2,22	90	85	0,06
Men de Sá	Fernandes Vieira	Felipe Camarão	91	90	90	90	90,25	0,25	0,50	91	90	0,01
Men de Sá	Felipe Camarão	Arion Ribeiro	79	80	78	80	79,25	0,92	0,96	80	78	0,03
Men de Sá	Arion Ribeiro	Santa Maria	84	82	81	85	83,00	3,33	1,83	85	81	0,05
Men de Sá	Santa Maria	Antonio Salema	48	50	50	48	49,00	1,33	1,15	50	48	0,04
Men de Sá	Antonio Salema	Pe. Germano Mayer	52	50	50	52	51,00	1,33	1,15	52	50	0,04
Men de Sá	Pe. Germano Mayer	Tiradentes	74	72	70	75	72,75	4,92	2,22	75	70	0,07
Estácio de Sá	Tiradentes	Pe. Germano Mayer	72	70	72	74	72,00	2,67	1,63	74	70	0,06
Estácio de Sá	Pe. Germano Mayer	Antonio Salema	74	72	74	75	73,75	1,58	1,26	75	72	0,04
Estácio de Sá	Antonio Salema	Santa Maria	68	66	68	70	68,00	2,67	1,63	70	66	0,06
Estácio de Sá	Santa Maria	Arion Ribeiro	66	62	65	65	64,50	3,00	1,73	66	62	0,06
Estácio de Sá	Arion Ribeiro	Felipe Camarão	70	72	74	70	71,50	3,67	1,91	74	70	0,06
Estácio de Sá	Felipe Camarão	Fernandes Vieira	78	76	75	80	77,25	4,92	2,22	80	75	0,06
Estácio de Sá	Fernandes Vieira	Jusc. Kubitschek	80	78	80	80	79,50	1,00	1,00	80	78	0,03

(...) Continuação na próxima página.

Continuação da Tabela B – Resultado da avaliação subjetiva

LOGRADOURO	INÍCIO	FINAL	A	B	1	2	Média	Variância	Desvio Padrão	Máx	Mín	(Máx - Mín) / Média
Av. Anchieta	Tiradentes	Pe. Germano Mayer	54	50	55	54	53,25	4,92	2,22	55	50	0,09
Av. Anchieta	Pe. Germano Mayer	Antonio Salema	60	58	60	60	59,50	1,00	1,00	60	58	0,03
Av. Anchieta	Antonio Salema	Santa Maria	56	54	55	55	55,00	0,67	0,82	56	54	0,03
Av. Anchieta	Santa Maria	Arion Ribeiro	58	56	60	60	58,50	3,67	1,91	60	56	0,07
Av. Anchieta	Arion Ribeiro	Felipe Camarão	76	74	75	75	75,00	0,67	0,82	76	74	0,03
Av. Anchieta	Felipe Camarão	Fernandes Vieira	48	50	50	46	48,50	3,67	1,91	50	46	0,08
Av. Anchieta	Fernandes Vieira	Jusc. Kubitschek	52	50	54	52	52,00	2,67	1,63	54	50	0,08

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)