



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
Área de Concentração: Infra-estrutura e Meio Ambiente**

Marcelo Scaranto

**Procedimentos aplicáveis na definição de medidas para
a manutenção de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos**

Passo Fundo

2007

Marcelo Scaranto

Procedimentos aplicáveis na definição de medidas para
a manutenção de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos

Marcelo Scaranto

**Procedimentos aplicáveis na definição de medidas para
a manutenção de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos**

Orientador: Professor Fernando Pugliero Gonçalves, Dr.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo na Área de concentração Infra-estrutura e Meio Ambiente.

Passo Fundo

2007

Marcelo Scaranto

**Procedimentos aplicáveis na definição de medidas para
a manutenção de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo na Área de concentração Infra-estrutura e Meio Ambiente

Data de aprovação: Passo Fundo, 19 de Outubro de 2007.

Os membros componentes da Banca Examinadora abaixo aprovam a Dissertação.

Fernando Pugliero Gonçalves, Dr.
Orientador – Universidade de Passo Fundo – UPF

Suyen Matsumura Nakahara, Dra.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Antônio Tomé, Dr.
Universidade de Passo Fundo – UPF

Juan José Mascaró, Dr.
Universidade de Passo Fundo – UPF

Passo Fundo

2007

Dedico este trabalho a todos os meus familiares, especialmente na figura de minha mãe, pelo exemplo de coragem e persistência durante o período difícil que passamos juntos. À Nagiane, pelo amor, compreensão e apoio manifestados durante esta caminhada.

Externo meus agradecimentos a todas as pessoas que colaboraram de alguma maneira para a realização deste trabalho, em especial:

- Ao Prof. Fernando Pugliero, pela qualificada orientação.
- Ao meu pai, pela dedicação na revisão final desta dissertação.
- Aos colegas de curso, pela amizade e troca de conhecimentos.

RESUMO

Este trabalho apresenta procedimentos de avaliação para pavimentos urbanos que originem medidas de manutenção adequadas à realidade brasileira. São apresentadas as principais técnicas existentes para a avaliação de pavimentos e, numa segunda etapa, foi desenvolvida uma proposta para a avaliação de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos, permitindo estabelecer as condições de drenagem, tráfego e defeitos do estado de superfície. Com base nesta proposta, foi elaborada uma metodologia que permite diagnosticar as necessidades atuais de manutenção (NAM) para vias em estudo. O diagnóstico é estabelecido através da análise dos indicadores de serventia (PSI , PSI_{QL} , PSR e PSI_{IDS}), dos conceitos-resposta fornecidos por árvores de decisão e também através de questionamentos propostos nesta dissertação. Com o diagnóstico pronto, é apresentada uma proposta para o encaminhamento de soluções de manutenção visando recuperar o pavimento em níveis compatíveis com a expectativa de serventia do usuário da via. Paralelamente, foram selecionados trechos de pavimentos urbanos para a realização de aplicações práticas dos procedimentos de avaliação, diagnóstico e definição de soluções de manutenção. Estas aplicações práticas, realizadas nos municípios de Erechim e Santa Maria, permitiram o estabelecimento de melhorias dos procedimentos para a obtenção de informações importantes para a elaboração do diagnóstico. Por fim, pode-se afirmar que os critérios propostos mostraram-se adequados, na medida em que forneceram respostas coerentes com a situação apresentada pelos pavimentos avaliados.

Palavras-chave: pavimento urbano, avaliação, diagnóstico, manutenção.

ABSTRACT

This work presents evaluation procedures for urban pavements that will generate maintenance measures adjusted to the situation in Brazil. Firstly, the main techniques for pavement evaluation in use today are presented. In a second moment, having as goal the establishment of draining, traffic and surface conditions, a proposal evaluation for urban pavements with asphalt covering is developed. Based on this proposal, it is elaborated a methodology that enables to diagnose actual maintenance needs (AMN) for roads under evaluation. The diagnosis is established through the analysis of serviceability values (PSI, PSI_{QL} , PSR and PSI_{IDS}), concepts-result provided by decision trees and also through questionings proposed in the present study. Having obtained the diagnosis, and bearing in mind the road user's serviceability expectation, a suggestion leading to maintenance solutions that aim at recovering the pavement in stages is presented. Simultaneously, urban pavement sections were selected for practical applications of the evaluation procedures, diagnosis and definition of maintenance solutions. These practical applications, which were put into effect in the towns of Erechim and Santa Maria, enabled the establishment of procedures improvements in order to obtain important diagnosis information. Finally, it is safe to say that the criteria proposed here have shown themselves adequate, for they have provided coherent results with the situation presented by the pavements analyzed.

Key words: urban pavement, evaluation, diagnosis, maintenance.

SIMBOLOGIA

A – Alta

AASHTO – *American Association of State Highway and Transportation Officials*

ABEDA – Associação das Empresas Brasileiras Distribuidoras de Asfalto

ATR – Afundamento nas Trilhas de Roda

B – Baixa

BF – Bombeamento de Finos

BL – Trincamento em Bloco

CBR – *California Bearing Ratio*

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado à Quente

CCP – Concreto de Cimento Portland

CCV – Custo no Ciclo de Vida

CI – Camada Intermediária

CL – Conserva Leve

COR – Corrugações

CP – Conserva Pesada

CR – Conserva Rotineira

D – Desgaste

DC – Deslocamento de Capa selante

DERs – Departamentos de Estradas e Rodagens estaduais

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes

DP – Depressões

DS – Desagregação Superficial

EB – Erosão de Bordo

EL – Expansão Localizada

EM – Escorregamento de Massa

FR(Hc) – Fresagem do Revestimento com espessura Hc

g(n) – Função de Deterioração

H₁ – Espessura do revestimento existente

H_g – Espessura total das camadas granulares

H_{1 mín} – Espessura mínima do revestimento

H_{Texist} – Espessura total das camadas existentes

H_{Tnec} – Espessura total necessária

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICP – Índice de Condição do Pavimento

IDS – Índice de Defeitos de Superfície

IGG – Índice de Gravidade Global

LA – Lama Asfáltica

LCPC – *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées*

LTPP – *Long Term Pavement Performance*

LVC – Levantamento Visual Contínuo

M – Média

MRA – Microrrevestimento Asfáltico

N – Número equivalente de passagens de um eixo padrão de 80 kN

NAM – Necessidade Atual de Manutenção

N_{ANO} – Número equivalente de passagens de um eixo padrão de 80 kN ao ano

N_p – Número equivalente de passagens de um eixo padrão de 80 kN no período de Projeto

N_p* – Número de solicitações do eixo padrão (AASHTO)

P – Panelas

PCI – *Pavement Condition Index*

PMF – Pré-misturado a Frio

PPCs – Peças Pré-moldadas de Concreto

PSI – *Present Serviceability Index*

PSI_{IDS} – *Present Serviceability Index* (Índice de Defeitos de Superfície)

PSI_{QI} – *Present Serviceability Index* (Quociente de Irregularidade)

PSR – *Present Serviceability Rating*

PUs – Pavimentos Urbanos

R – Remendos

RL – Reparos Localizados

RL_P – Reparos Localizados Profundos

RL_S – Reparos Localizados Superficiais

RRP – Remoção e Reconstrução Parcial do pavimento

RRT – Remoção e Reconstrução Total do pavimento

RRV – Remoção do Revestimento

RS(Hr) – Recapeamento Simples de qualquer espessura

SA – Superfície de Avaliação

SGP – Sistema de Gerência de Pavimentos

SHRP – *Strategic Highway Research Program*

SL – Selagem de trincas

TB – Trincas de Bordo

TE – Trincas de Escorregamento

TF – Trincamento por Fadiga

TI – Trincas Isoladas

TL – Trincas Longitudinais

TR – Trincamento por Reflexão

TS – Tratamentos Superficiais

TSD – Tratamento Superficial Duplo

TT – Trincas Transversais

USACE – *United States Army Corps of Engineers*

VBK – Viga Benkelman

VCP – Valor da Condição do Pavimento

VDM – Volume Diário Médio

VDM_C – Volume Diário Médio de veículos Comerciais

ZM – Zona Mista

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 14 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 2.1 INFRA-ESTRUTURA URBANA | 15 |
| 2.2 MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS | 18 |
| 2.2.1 Conceitos fundamentais..... | 19 |
| 2.2.2 Estrutura dos pavimentos urbanos..... | 19 |
| 2.2.3 Classificação das vias urbanas..... | 24 |
| 2.2.4 Critérios para avaliação dos pavimentos urbanos..... | 25 |
| 2.2.5 O diagnóstico dos pavimentos..... | 39 |
| 2.2.6 Medidas aplicáveis à manutenção dos pavimentos urbanos..... | 40 |
| 3 METODOLOGIA | 45 |
| 3.1 TRECHOS SELECIONADOS PARA A REALIZAÇÃO DAS APLICAÇÕES PRÁTICAS | 49 |
| 3.1.1 Município de Erechim | 49 |
| 3.1.2 Município de Santa Maria | 53 |
| 4 AVALIAÇÃO, DIAGNÓSTICO E DEFINIÇÃO DE SOLUÇÕES PARA A MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS URBANOS | 57 |
| 4.1 COLETA DE DADOS | 57 |
| 4.2 CRITÉRIOS AUXILIARES | 60 |
| 4.2.1 Drenagem superficial..... | 60 |
| 4.2.2 Tráfego | 63 |
| 4.3 AVALIAÇÃO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS URBANOS ... | 65 |
| 4.3.1 Superfície de avaliação..... | 65 |
| 4.3.2 Avaliação subjetiva dos pavimentos – Determinação do PSR e PSI _{QI} | 66 |
| 4.3.3 Defeitos de superfície | 69 |
| 4.4 DIAGNÓSTICO DOS PAVIMENTOS URBANOS | 87 |
| 4.4.1 Diagnóstico da condição funcional..... | 88 |
| 4.4.2 Diagnóstico dos defeitos de superfície | 88 |
| 4.4.3 PSI _{IDS} | 89 |
| 4.4.4 PSR | 90 |
| 4.4.5 PSI | 90 |

| | |
|---|------------|
| 4.4.6 Árvores de decisão | 91 |
| 4.4.7 Diagnóstico dos critérios auxiliares..... | 99 |
| 4.4.8 Apresentação do diagnóstico | 101 |
| 4.5 DEFINIÇÃO DAS SOLUÇÕES PARA A MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS URBANOS | 101 |
| 4.5.1 Intervenções de manutenção..... | 102 |
| 5 APLICAÇÕES PRÁTICAS E ANÁLISE DE RESULTADOS | 106 |
| 5.1 RESULTADOS DAS APLICAÇÕES TESTE | 106 |
| 5.1.1 Aplicações teste no município de Santa Maria..... | 108 |
| 5.1.2 Aplicações teste no município de Erechim..... | 118 |
| 5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS | 122 |
| 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 125 |
| 6.1 CONCLUSÕES..... | 125 |
| 6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 126 |
| REFERÊNCIAS | 127 |
| ANEXOS A – Modelo final para planilha de coleta de dados..... | 131 |
| ANEXO B – Planilhas para a coleta de dados dos defeitos de superfície e geometria da via, encontrados nas SAs, para os municípios de Santa Maria e Erechim ... | 133 |
| ANEXO C – Planilhas para a coleta de dados gerais, dados de tráfego e drenagem, encontrados nas SAs, para os municípios de Santa Maria e Erechim | 145 |
| ANEXO D – Modelo de planilha para contagem do tráfego | 157 |
| ANEXO E – Planilha para contagem de tráfego nos municípios de Santa Maria e Erechim..... | 159 |

1 INTRODUÇÃO

A inexistência de procedimentos ou técnicas para a avaliação das condições dos pavimentos urbanos e, por consequência, a falta de critérios que porventura são usados na manutenção dos pavimentos urbanos brasileiros nos dias atuais, fundamentam a problemática do trabalho desenvolvido nesta dissertação.

Atualmente, quase na totalidade das cidades brasileiras, acontece a adaptação de procedimentos de avaliação e identificação de técnicas de manutenção recomendados por órgãos rodoviários como os DERs (Departamentos de Estradas e Rodagem Estaduais) e DNIT (Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes), para situações que acontecem no âmbito municipal. Balbo (1997) ressalta a importância da utilização da elaboração de projetos de manutenção compatíveis com a situação urbana e que permitam encaminhar soluções adequadas às necessidades estruturais do pavimento.

Portanto, com a ausência de procedimentos técnicos bem estabelecidos, o poder municipal toma decisões baseadas em soluções que não representam muitas vezes a real necessidade dos pavimentos. Neste contexto, fica inviável estabelecer a priorização de quais vias seriam contempladas num possível programa de manutenção. Fica evidente a necessidade de buscar novas alternativas técnicas para equacionar este problema.

O questionamento principal que motivou o desenvolvimento desse trabalho foi: Como devem ser avaliados os pavimentos urbanos de modo a permitir o estabelecimento de um diagnóstico confiável acerca das suas necessidades de manutenção?

Segundo dados do Ministério dos Transportes (2005), cerca de 11,4 % das vias pavimentadas no Brasil são urbanas. Isto alerta os governos municipais e a sociedade de cada município da existência de um volumoso patrimônio público para zelar e conservar.

Nota-se claramente que as vias urbanas devem ser encaradas de forma mais responsável pelos gestores públicos brasileiros. Os recursos econômicos disponíveis, na maioria das vezes escassos, merecem um destino onde ocorra a sua racionalização e otimização: gastar o que realmente é possível, sem desconsiderar a solução técnica mais adequada. Daí surge o seguinte questionamento principal: como tornar viável essa proposição se não existem soluções técnicas consagradas em nosso meio? Além disso, é preciso levar em consideração a inaplicabilidade dos procedimentos disponíveis para avaliação e projeto de pavimentos rodoviários, tendo em vista as especificidades das estruturas dos pavimentos urbanos.

A importância de respondermos a este questionamento é inegável. De forma concisa, deve-se procurar sanar os problemas de avaliação e evoluir nos procedimentos de manutenção dos pavimentos, proporcionando a otimização em relação às soluções técnicas e econômicas. É possível gerar alternativas de projeto que atendam de forma mais fiel e sem empirismo aos interesses dos governos e, principalmente, da população das cidades.

A dificuldade maior é determinar uma avaliação real dos pavimentos urbanos, a fim de que aqueles que devem tomar as decisões no processo possam definir o que fazer, quando fazer e quanto irá custar. Neste trabalho foram investigados procedimentos para realização da avaliação das condições das vias urbanas, buscando estabelecer critérios que justifiquem a viabilidade técnica e financeira de sua manutenção.

Um aspecto importante a ser destacado no desenvolvimento desse trabalho foi a busca de procedimentos que fossem aplicáveis, na prática, para a preservação adequada dos pavimentos urbanos, a contar da concepção dos projetos até a proposição de caminhos para a tomada de decisões técnicas e econômicas, visando atingir os melhores e mais eficientes resultados.

Tem-se, portanto, como objetivo geral desta dissertação, desenvolver procedimentos aplicáveis à avaliação, diagnóstico e definição de medidas para a manutenção de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos.

Os objetivos específicos foram definidos como:

- Identificação de técnicas existentes para avaliação de pavimentos;
- Definição de metodologia para avaliação de pavimentos urbanos;
- Seleção de segmentos de pavimentos urbanos para realização de verificações em escala real;
- Aplicação prática dos procedimentos de avaliação para os locais selecionados;

- Seleção e análise de árvores de decisão, tanto para diagnóstico quanto para os procedimentos de manutenção dos pavimentos urbanos;
- Identificação de técnicas de manutenção aplicáveis aos pavimentos urbanos;
- Realização de aplicações práticas dos critérios definidos para diagnóstico e determinação de medidas de manutenção para os locais selecionados;
- Análise crítica, à luz dos resultados obtidos nos estudos de caso.

1.1 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O conteúdo do trabalho está organizado da seguinte maneira:

No capítulo 2, a revisão bibliográfica apresenta conceitos de infra-estrutura municipal correlacionando-os com a problemática da infra-estrutura viária. Na seqüência, são apresentadas algumas metodologias de avaliação e algumas alternativas para manutenção dos pavimentos.

No capítulo 3, é apresentada a metodologia do trabalho, com o intuito de deixar claro todas suas etapas, desde os estudos de revisão bibliográfica até as definições das medidas de manutenção aplicáveis aos pavimentos avaliados.

No capítulo 4, são apresentados os procedimentos de avaliação, diagnóstico e de definição de soluções de manutenção para os pavimentos urbanos, além de critérios auxiliares para a qualificação da drenagem e quantificação do tráfego.

No capítulo 5, são apresentados os resultados das aplicações-teste e a análise crítica dos critérios propostos na dissertação.

No capítulo 6, apresentam-se as conclusões do trabalho e algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INFRA-ESTRUTURA URBANA

A infra-estrutura urbana pode ser conceituada como o sistema técnico de equipamentos e serviços necessários ao desenvolvimento das funções urbanas, podendo, estas funções, serem vistas sob o aspecto social, econômico e institucional (ZMITROWICZ e ANGELIS NETO, 1997).

Ainda, de acordo com Zmitrowicz e Angelis Neto (1997), pode-se classificar o sistema de infra-estrutura urbana em subsistemas, listados a seguir:

a) **Subsistema Viário:** Consiste num sistema onde vias interligam-se, possibilitando a integração das diferentes atividades urbanas. Essa configuração permite a circulação de pedestres e veículos, delimitando os espaços públicos e privados, além de receber as principais redes do serviço público (Figura 1). Mascaró (1987) afirma que este subsistema é o mais importante, pois ocupa uma parcela bastante representativa do solo urbano (entre 20 e 25%), além de demandar a maior quantidade de recursos (em torno de 50% do custo total da urbanização), no que tange a sua implantação e manutenção.

Puppi (1988 *apud* Zmitrowicz e Angelis Neto, 1997) afirma que o subsistema viário urbano deve se amoldar à configuração topográfica a ser delineada tendo em vista:

- Deslocamentos fáceis e rápidos, obtidos com percursos que permitam a maior agilidade possível;
- Propiciar melhores condições técnicas e econômicas para a implantação dos equipamentos necessários aos outros subsistemas de infra-estrutura urbana;
- Constituição racional dos quarteirões, praças e logradouros públicos;

- A limitação da superfície viária e seu desenvolvimento restrito ao mínimo realmente necessário, de modo a se prevenir trechos supérfluos e se evitarem cruzamentos arteriais excessivos ou muito próximos.

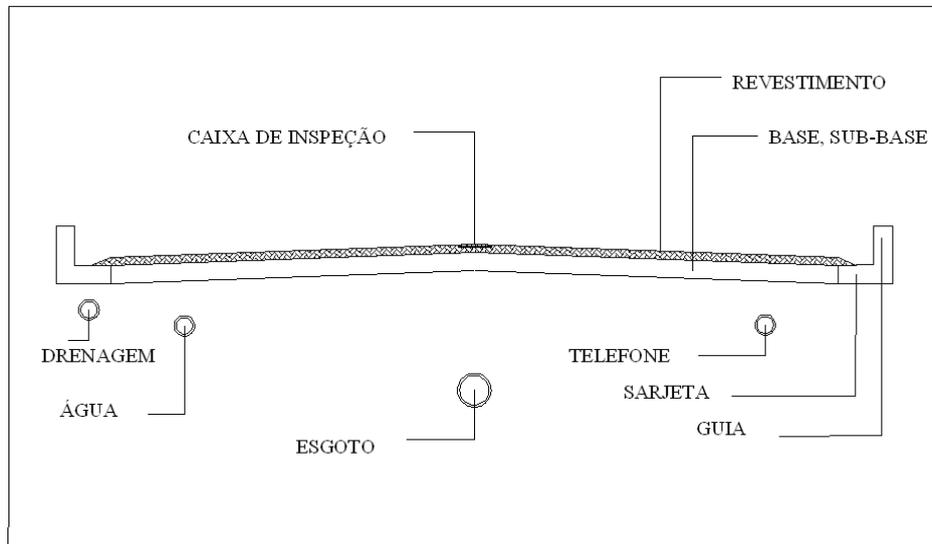


Figura 1 – Redes do serviço público

b) **Subsistema de Drenagem Pluvial:** Tem como função promover o adequado escoamento das águas das chuvas nas áreas urbanas, assegurando o trânsito e a prevenção dos efeitos danosos das inundações.

De acordo com Mascaró (1987), o subsistema de drenagem pluvial é composto por duas partes:

- Ruas pavimentadas, incluindo guias e sarjetas (Figura 2);
- Redes de tubulações e seus sistemas de captação (Figura 3).



Figura 2 – Sarjetas



Figura 3 – Dispositivo de captação

c) **Subsistema de Abastecimento de Água:** Puppi (1988 *apud* Zmitrowicz e Angelis Neto, 1997) afirma que o provimento para toda a população de água potável e sanitariamente pura, bastante para todos os usos, é a finalidade de um subsistema de abastecimento de água. Este subsistema é composto das seguintes partes:

- Captação;
- Adução;
- Recalque;
- Tratamento;
- Distribuição.

A rede de distribuição constitui-se na parte mais dispendiosa de todo o subsistema de abastecimento de água. Com ramais instalados ao longo das vias e dos logradouros públicos, a interdependência entre a rede hidráulica e a rede viária requer um cuidadoso planejamento urbanístico. No caso mais geral, que é o da instalação da rede de distribuição em uma zona urbana pré-existente, o traçado da rede está previamente definido, ficando subordinado à configuração das vias públicas.

d) **Subsistema de Esgoto Sanitários:** Uma vez utilizada, a água distribuída à população se deteriora, tornando-se repulsiva aos sentidos, imprestável mesmo aos usos secundários, e nociva, em consequência de sua poluição e contaminação (PUPPI 1988 *apud* Zmitrowicz e Angelis Neto, 1997). Este subsistema é responsável por coletá-la e conduzi-la ao destino final.

O subsistema de esgoto geralmente compreende:

- Rede de esgotos sanitários: São formados por canalizações de diversos diâmetros e funções, desde as ligações prediais até os interceptores e emissários (MASCARÓ, 1987);
- Ligações prediais;
- Poços de visita;
- Estações elevatórias;
- Estações de tratamento.

e) **Subsistema Energético:** é constituído fundamentalmente por dois tipos de energias: a elétrica e a de gás. Em nível mundial, nas malhas urbanas, a energia elétrica se destina à iluminação de locais e à movimentação de motores. Atualmente, grande parte da maquinaria utilizada nas cidades também se utiliza da energia elétrica para seu funcionamento. Mascaró

(1987) ressalta que a energia do gás é basicamente utilizada na produção de calor, em atividades como cozinhar, aquecer água e ambientes.

Os sistemas de distribuição, compostos pelas redes de distribuição e pelo sistema de posteamento, são responsáveis pela distribuição da energia elétrica para os usuários. A rede de distribuição mais comum no Brasil é a rede aérea (Figura 4), gerando problemas em relação à arborização e à falta de estética. Problemas também podem ocorrer nas redes subterrâneas, por conflitarem com as demais redes existentes (água, drenagem e esgoto) e com as raízes de árvores.



Figura 4 – Rede de distribuição de energia e posteamento

f) **Subsistema de Telecomunicações:** Composto fundamentalmente pelas redes telefônicas, de televisão a cabo e internet. É o subsistema que mais se desenvolve atualmente, catalisada pelo que chamamos de era da informação.

2.2 MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS

A política de manutenção estabelecida por um determinado órgão gestor de uma malha viária pode ser entendida como o conjunto de estratégias que visam recuperar o pavimento, levando-se em consideração as restrições orçamentárias existentes.

Uma das grandes dificuldades encontradas pelos administradores de uma rede pavimentada, tanto rodoviária quanto urbana, diz respeito ao planejamento, programação e identificação das estratégias de manutenção a serem adotadas durante o ciclo de vida dos

pavimentos. É, portanto, fundamental a existência de uma política adequada de manutenção, que permita a racionalização e a conseqüente otimização dos recursos disponíveis, ao mesmo tempo em que assegure a capacidade de retorno do patrimônio investido quando da construção dos pavimentos.

2.2.1 Conceitos fundamentais

De acordo com Haas e Hudson (1978), a forma de como o pavimento atende às condições de conforto e segurança para os usuários de determinada via é denominada Serventia do pavimento. A manutenção deste pavimento compreende todas as intervenções que afetem, direta ou indiretamente, o nível de serventia atual e o desempenho futuro do pavimento, e pode ser de dois tipos fundamentais:

- **Conservação:** É o resultado de intervenções no pavimento que visam corrigir parcial ou totalmente suas deficiências funcionais. Complementarmente, medidas corretivas devem a ser aplicadas para evitar a degradação mais acelerada deste pavimento.
- **Restauração:** É o processo pelo qual se deve trazer as condições funcionais e estruturais do pavimento a níveis aceitáveis (aumento da serventia), por meio de intervenções que sejam técnica e economicamente adequadas, o que implica em que a durabilidade e o desempenho da solução implementada deva atender aos requisitos mínimos, além de levar a um retorno máximo do investimento realizado.

Um terceiro tipo de intervenção - a reconstrução - surge quando não é mais possível o aproveitamento do pavimento antigo. Consiste na remoção total do pavimento existente e sua posterior reconstrução. Esta solução deve ser adotada quando os custos de uma restauração superam o da reconstrução ou quando o desempenho de uma possível restauração não satisfaz mais às exigências do pavimento.

2.2.2 Estrutura dos pavimentos urbanos

Os pavimentos urbanos classificam-se de acordo com o tipo e comportamento das estruturas. Os mais comuns são (Figuras 5 a 11):

- **Pavimentos Flexíveis:** São formados por uma camada de revestimento asfáltico e outras camadas de base ou sub-base granular. Este tipo de pavimento distribui as tensões e deformações geradas na sua estrutura, de modo que as camadas de revestimento e base aliviem as tensões verticais de compressão no subleito por meio da absorção de tensões cisalhantes. Neste processo acontecem as tensões e deformações na fibra inferior do revestimento asfáltico, provocando seu trincamento por fadiga. Ao mesmo tempo, acontece a formação de ATR (Afundamentos nas Trilhas de Roda), quando o tráfego tende a ser canalizado, e ondulações longitudinais na superfície, quando a heterogeneidade do pavimento for significativa (GONÇALVES, 1999). A NBR 7207/ 1982 inclui nesta classe os pavimentos com paralelepípedos de cimento, de pedra, de cerâmica, betuminosos, de borracha e blocos de concreto e alvenaria poliédrica (calçamentos com pedras irregulares) (DANIELESKI, 2004).

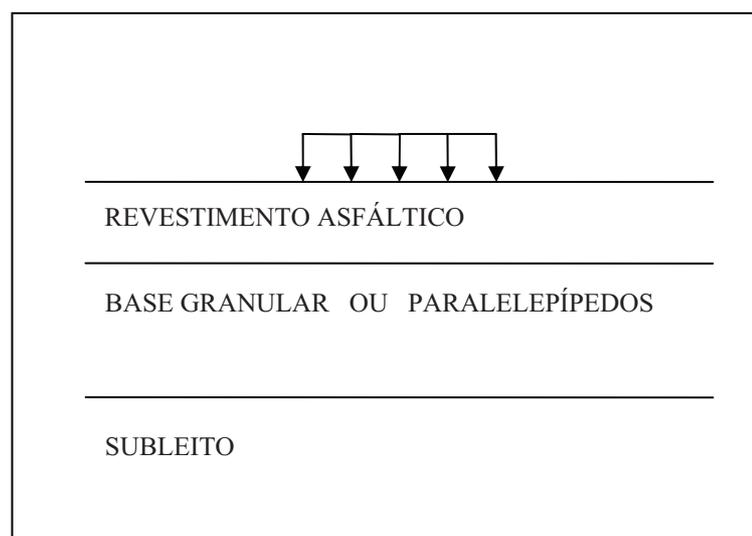


Figura 5 – Estrutura típica de um pavimento flexível

- **Pavimentos Rígidos:** Este tipo de pavimento apresenta uma estrutura onde uma placa de CCP (Concreto de Cimento Portland) está assentada sob material granular (sub-base), e se constitui no principal elemento de sustentação estrutural, pois alivia as camadas subjacentes em consequência de sua elevada resistência à flexão. O principal problema apresentado por este tipo de pavimento é o trincamento por fadiga da placa de CCP. O revestimento exerce a função estrutural de revestimento mais a base.

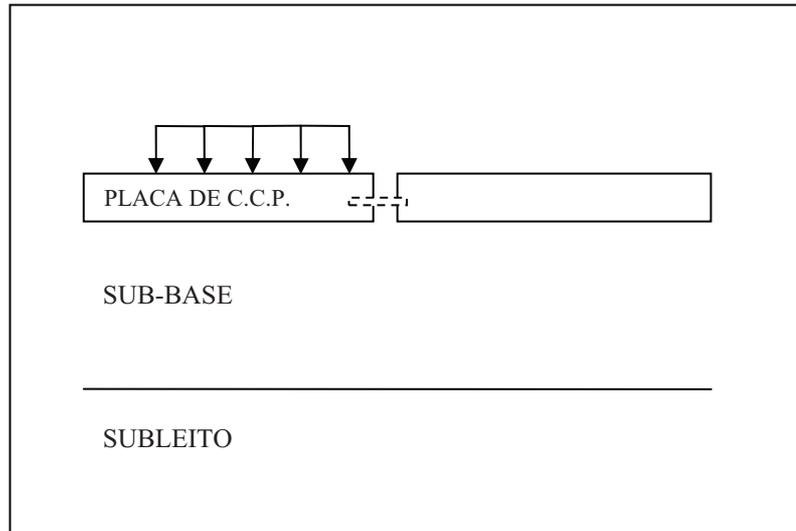


Figura 6 – Estrutura típica de um pavimento rígido

- **Pavimentos Semi-rígidos:** São aqueles em que uma camada de revestimento asfáltico está assentada sobre uma base cimentada, como solo-cimento, solo-cal e brita graduada tratada com cimento.

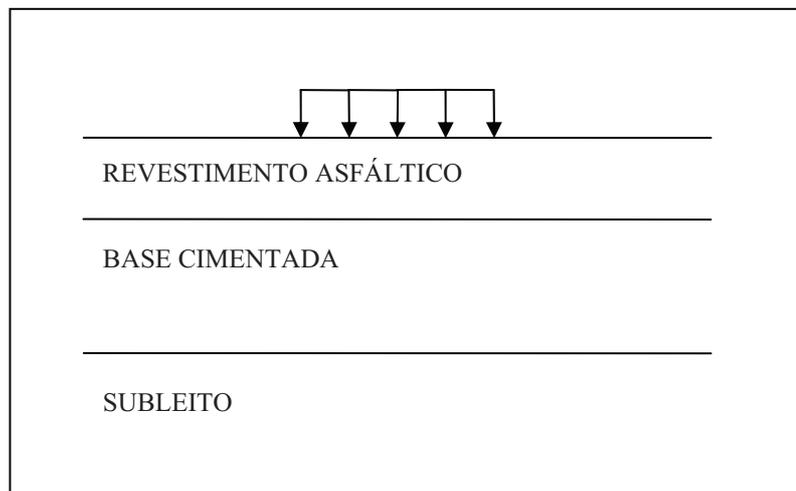


Figura 7 – Estrutura típica de pavimento semi-rígido

- **Pavimentos Invertidos:** São constituídos por uma sub-base cimentada, uma base granular e revestimento de concreto asfáltico.

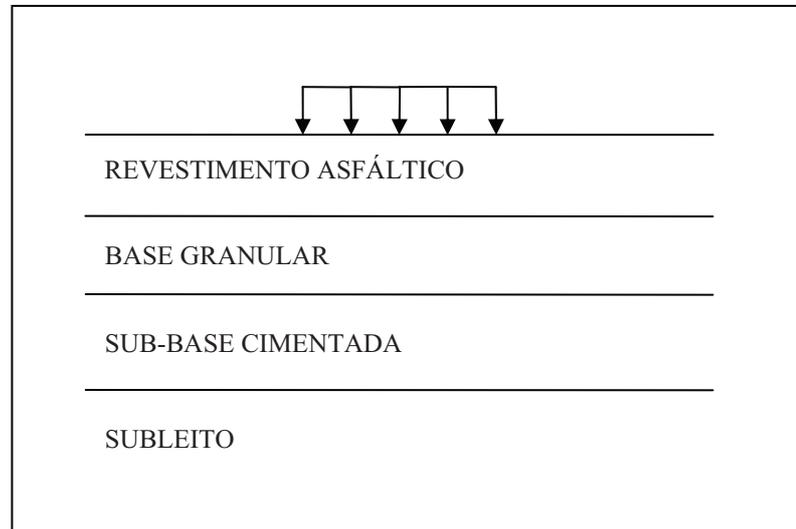


Figura 8 – Estrutura típica de pavimento invertido

- **Pavimentos Intertravados** (Figuras 9 e 10): A camada de rolamento pode ser formada por peças pré-moldadas de concreto (PPCs). Compõem um revestimento de grande durabilidade e resistência, assentadas sobre uma camada delgada de areia. Este revestimento deve ser capaz de suportar as cargas e as tensões provocadas pelo tráfego. A camada de base recebe as tensões distribuídas pela camada de revestimento, sendo sua principal função a de resistir e distribuir os esforços ao subleito, evitando, assim, as deformações permanentes e conseqüentemente a deterioração do pavimento (MÜLLER, 2005).

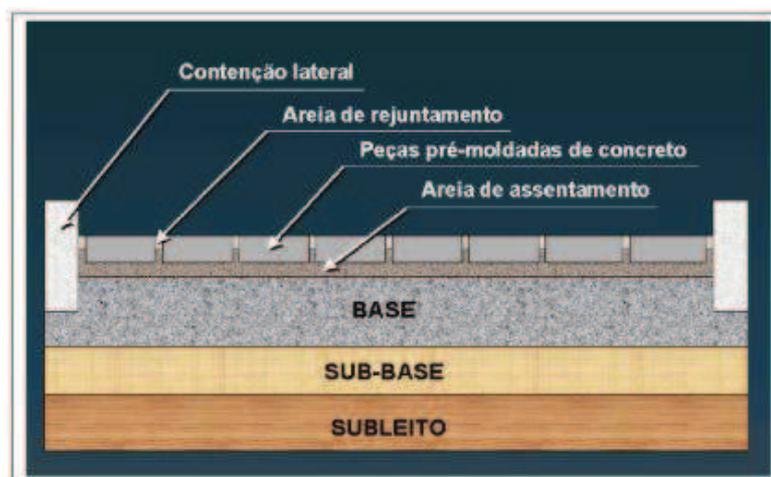


Figura 9 – Estrutura do pavimento de PPC (HALLACK, 1998)



Figura 10 – Pavimento de PPCs

Nos pavimentos de paralelepípedos, as peças possuem dimensões aproximadas de 120 mm de largura, 200 mm de comprimento e 200 mm de altura. Este tipo de pavimento é muito utilizado nos dias de hoje nas cidades do interior. O seu assentamento é realizado sobre uma espessa camada de areia e as juntas entre peças possuem dimensões de até 20 mm.



Figura 11 – Pavimento de paralelepípedos

2.2.3 Classificação das vias urbanas

No Brasil, a prática da pavimentação urbana tem acompanhado os procedimentos rodoviários, que consistem em transformar todo o tráfego atuante em um número equivalente de passagens de um eixo padrão (N). Este número é estabelecido atualmente seguindo-se as instruções e recomendações do método de dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNIT (2006).

Para pavimentos de vias urbanas de cidades de porte médio (100000 hab. a 500000 hab.), devem-se considerar simplificações na interpretação da classificação das vias em função do tráfego atuante nas mesmas. De acordo com Paiva e Pedrazzi (2005), pode-se levar em consideração a classificação das vias através do VDM (Volume Diário Médio) de veículos, estabelecendo um parâmetro muito mais simplificado. Como complemento a esta variável, pode-se ter a contagem do VDM_C (Volume Diário Médio de veículos Comerciais) como ônibus, caminhões e carretas.

A Instrução de Projeto (IP-2) da Prefeitura Municipal de São Paulo (2005) configura-se no referencial mais importante do país, quando se reporta aos pavimentos urbanos. Esta instrução de projeto fornece a classificação das vias urbanas a partir da estimativa do volume de tráfego, apresentada a seguir (Figura 12).

- **Tráfego Leve:** Ruas de características essencialmente residenciais, para as quais não é previsto o tráfego de ônibus, podendo haver ocasionalmente passagens de caminhões e ônibus em número não superior a 20 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número “N” típico de 10^5 solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de projeto de 10 anos.
- **Tráfego Médio:** Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 21 a 100 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número “N” típico de 5×10^5 solicitações do eixo simples padrão para o período de 10 anos.
- **Tráfego Meio Pesado:** Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou ônibus em número 101 a 300 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número “N” típico de 2×10^6 solicitações do eixo simples padrão para o período de 10 anos.

- **Tráfego Pesado:** Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou ônibus em número de 301 a 1000 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número “N” típico de 2×10^7 solicitações do eixo simples padrão para o período de projeto de 10 anos a 12 anos.
- **Tráfego Muito Pesado:** Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou ônibus em número de 1001 a 2000 por dia, na faixa de tráfego mais solicitada, caracterizado por número “N” típico de 5×10^7 solicitações do eixo simples padrão para o período de projeto de 12 anos.

| Função predominante | Tráfego previsto | Vida de projeto (anos) | Volume inicial faixa mais carregada | | Equivalente Por veículo | N | N característico |
|----------------------------------|------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------|--|------------------|
| | | | VEICULO LEVE | CAMINHÃO / ÔNIBUS | | | |
| Via local Residencial | LEVE | 10 | 100 A 400 | 4 A 20 | 1,50 | $2,70 \times 10^4$ A $1,40 \times 10^5$ | 10^5 |
| Via coletora Secundária | MÉDIO | 10 | 401 A 1500 | 21 A 100 | 1,50 | $1,40 \times 10^5$ A $6,80 \times 10^5$ | 5×10^5 |
| Via coletora principal | MEIO PESADO | 10 | 1501 A 5000 | 101 A 300 | 2,30 | $1,4 \times 10^5$ a $3,1 \times 10^6$ | 2×10^6 |
| Via arterial | PESADO | 12 | 5001 A 10000 | 301 A 1000 | 5,90 | $1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$ | 2×10^7 |
| Via arterial Principal/ expressa | MUITO PESADO | 12 | > 10000 | 1001 A 2000 | 5,90 | $3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$ | 5×10^7 |
| Faixa Exclusiva de Ônibus | VOLUME MÉDIO | 12 | | < 500 | | $3 \times 10^{6(1)}$ | 10^7 |
| | VOLUME PESADO | 12 | | > 500 | | 5×10^7 | 5×10^7 |

Figura 12 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego (Pref. Municipal de São Paulo IP-02, 2005)

2.2.4 Critérios para avaliação dos pavimentos urbanos

Dentro do contexto de um sistema de gerência de pavimentos, Shahin (1994) afirma que é importante determinar a condição atual dos pavimentos para predizer as condições futuras. Portanto, é através da avaliação dos pavimentos que se podem verificar as necessidades de manutenção, reconstrução ou se o pavimento foi bem construído e se está atendendo as especificações para as quais foi projetado (HAAS e HUDSON, 1978, *apud* DANIELESKI, 2004).

Nesta etapa, o estabelecimento de um diagnóstico é produto da avaliação dos pavimentos fornecendo dados em relação aos defeitos de superfície, conforto e segurança dos usuários da via, capacidade estrutural, resistência à derrapagem e a irregularidade longitudinal.

A avaliação dos pavimentos pode ser realizada da seguinte maneira:

A) **Avaliação da condição funcional:** é a forma em que os pavimentos atendem às necessidades dos usuários, em relação ao conforto ao rolamento (relacionado com a irregularidade longitudinal da pista) e à segurança (relacionada à resistência à derrapagem em pista molhada).

B) **Avaliação dos defeitos de superfície:** consiste na avaliação da superfície do pavimento, registrando seu tipo, severidade e extensão. Para sua obtenção é necessário um conhecimento bastante profundo acerca da morfologia e gênese dos defeitos e suas singularidades.

Neste contexto deve-se esclarecer que para a perfeita caracterização dos defeitos de superfície é necessário o entendimento dos seguintes parâmetros:

- **Tipo de defeito:** trincas, deformações plásticas, fissuras, desgaste, exsudação de asfalto, bombeamento de finos, escorregamento da massa asfáltica, erosão de bordo, etc;
- **Severidade:** mede o grau e intensidade de evolução que o defeito da superfície apresenta;
- **Extensão:** determina o percentual da área defeituosa.

C) **Avaliação da condição estrutural:** a condição estrutural de um pavimento denota sua adequação ou capacidade de resistir à deterioração provocada pela passagem das cargas do tráfego.

O diagnóstico passa também pela avaliação da condição estrutural dos pavimentos, que descrevem parâmetros de deformabilidade elástica ou viscoelástica dos materiais das camadas, além de parâmetros que representam a resistência dos materiais mediante o acúmulo de deformações plásticas sob cargas repetidas.

A condição estrutural pode ser avaliada de duas formas:

- **Avaliação destrutiva:** Consiste na abertura de furos de sondagem para identificação da natureza e das espessuras das camadas do pavimento, bem como da abertura de poços de sondagem para coleta de amostras de materiais que serão ensaiados em laboratório. Alguns ensaios *in situ* nas camadas de solos e de materiais granulares podem ser realizados, como CBR (*California Bearing Ratio*) *in situ*, 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 na realização de provas de carga para medidas de parâmetro de resposta às cargas de roda em movimento. Os deslocamentos verticais de superfície (deflexões) são 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.

Gonçalves (1997) ressalta que uma condição estrutural inadequada ou uma capacidade estrutural insuficiente para o tráfego atuante, acelerará a geração dos defeitos de superfície (trincas de 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).

Segundo Fernandes Jr. et al. (1996), dadas às peculiaridades da pavimentação urbana, a avaliação da condição atual dos pavimentos pode ser efetuada apenas pela determinação dos defeitos de superfície no campo. A avaliação estrutural, com equipamentos que medem deflexão superficial, torna-se inviável devido ao seu alto custo. Já a avaliação funcional, através da medida de irregularidade longitudinal, é útil apenas nas vias de trânsito rápido, caso raro nas vias urbanas.

2.2.4.1 Avaliação subjetiva dos pavimentos

As avaliações subjetivas definem o estado de deterioração dos pavimentos, utilizando-se do conceito de Serventia proposto por CAREY e IRICK, em 1960, quando do *AASHO ROAD TEST* (SHOJI, 2000). A serventia responde ao propósito pelo qual o pavimento foi construído, que é proporcionar um rolamento suave, confortável e seguro (HAAS e HUDSON, 1978).

Foi desenvolvida uma metodologia pela *AASHO ROAD TEST*, no ano de 1960, onde uma equipe de avaliadores altamente treinados atribuem notas ao pavimento avaliado, que variam de 5 (ótimo) a 0 (péssimo), de acordo com a ficha de avaliação apresentada na Figura 13 (SHOJI, 2000). A média aritmética dessas notas é definida como VSA (Valor de Serventia Atual) ou PSR (*Present Serviceability Rating*). À variação da Serventia ao longo do tempo, dá-se o nome de “Desempenho” (Figura 14).

| | | | | |
|-------------------------------|--|-------------|--------------|----------------|
| É aceitável? | | 5 | — | Muito Bom |
| Sim | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | 4 | — | Bom |
| Não | | 3 | — | Regular |
| Indeciso | | 2 | — | Ruim |
| | | 1 | — | Muito Ruim |
| | | 0 | — | |
| Identificação da Seção: _____ | | Nota: _____ | | |
| Avaliador: _____ | | Data: _____ | Horas: _____ | Veículo: _____ |

Figura 13 – Ficha para avaliação subjetiva da serventia (SHOJI, 2000)

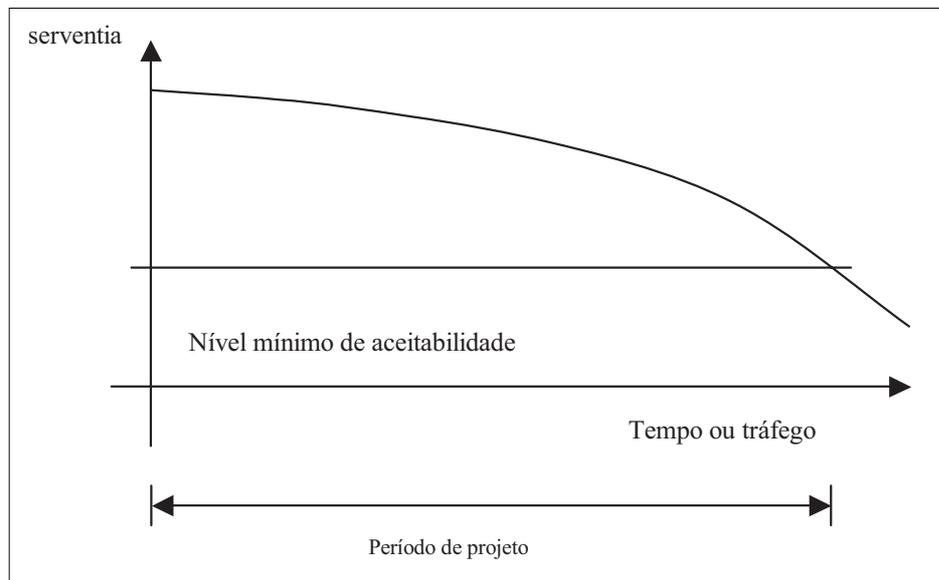


Figura 14 – Serventia × tempo (HAAS e HUDSON, 1978)

2.2.4.2 Método PCI (*Pavement Condition Index*)

Desenvolvido por Shain, em 1979, e publicado pela USACE (*United States Army Corps Of Engineers* - Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos), foi concebido inicialmente para pavimentos aeroportuários e adaptado posteriormente para pavimentos asfálticos.

Os segmentos submetidos à avaliação devem possuir aproximadamente 225 m². Cada trecho é inventariado identificando-se os defeitos e registrando-os em uma planilha, conforme modelo apresentado pelo Quadro 1 (APS et al., 1998).

De acordo com Shain e Khon (1979), o método do PCI (*Pavement Condition Index* ou Índice de Condição de Pavimento) visa estabelecer a classificação dos pavimentos através de uma avaliação que fornece um índice numérico, retratando a condição dos pavimentos. O método baseia-se na identificação de tipos de defeitos que ocorrem geralmente nos pavimentos, classificando-os de acordo com sua severidade (alta, média, baixa) e da densidade dos defeitos (% da área avariada).

Aps et al., (1998) propõem uma aplicação do método PCI como ferramenta auxiliar na comparação com outros métodos de avaliação.

| Defeito | Forma de medição | Defeito | Forma de medição |
|-------------------------------------|-------------------------|--|-------------------------|
| Couro de Jacaré | Área | Remendos | Área |
| Exsudação | Área | Agregado polido | Área |
| Fissuras em blocos | Área | Panelas | Unidade |
| Elevações/recalques | Metro linear | Cruzamento ferroviário | Área |
| Corrugação | Área | Afundamento de trilha de roda | Área |
| Afundamento localizado | Área | Escorregamento de massa | Área |
| Fissura de borda | Metro linear | Fissuras devido ao escorregamento de massa | Área |
| Fissuras por reflexão de juntas | Metro linear | | |
| Desnível pavimento/acostamento | Metro linear | Inchamento | Área |
| Fissuras longitudinal e transversal | Metro linear | Desgaste | Área |

Quadro 1 – Avaliação Superficial de Pavimentos Asfálticos em Vias Urbanas¹ - Defeitos e critérios de medição do método PCI (APS et al., 1998)

O valor do PCI é obtido através da equação:

$$PCI = \left| \sum_{i=1}^p * \sum_{j=1}^{mi} a (Ti, Sj, Dij) \right| F (t,q) \quad (1)$$

Sendo:

p = Número de defeitos;

i = contador dos tipos de defeitos;

m = número de níveis de severidade para o i-ésimo tipo de defeito;

j = contador dos níveis de severidade;

¹ APS, Márcia et al. Quadro 1 - **Avaliação superficial de pavimentos asfálticos em vias urbanas**. In: 31ª Reunião Anual de Pavimentação em São Paulo, out. 1998.

a () = valor de dedução;

F (t.q) = função de ajuste para defeitos múltiplos que varia com a soma dos valores de dedução e o número de deduções;

T_i = tipos de defeitos;

S_j = níveis de severidade;

D_{ij} = densidade.

Os pavimentos avaliados pelo método do PCI, são conceituados com base no critério apresentado no Quadro 2.

| PCI | CONCEITO |
|----------|------------|
| 100 – 86 | Excelente |
| 85 – 71 | Muito bom |
| 70 – 56 | Bom |
| 55 – 41 | Regular |
| 40 – 26 | Muito ruim |
| 25 – 11 | Ruim |
| 10 – 0 | Péssimo |

Quadro 2 – Valores das Faixas de Classificação (APS et al., 1998)

2.2.4.3 Método VIZIR

Foi criado na França pelo *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées* (LCPC), em 1977. De acordo com Autret (1991), o método VIZIR tem como objetivo principal estabelecer o IGD (Índice Global de Degradação) a partir da classificação e quantificação dos defeitos apresentados pelo pavimento. Os defeitos estão divididos em duas categorias (Quadro 3):

| Defeito Tipo A | Defeito Tipo B |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Afundamento (deformação) ▪ Fissuração (fadiga) ▪ Trincas por fadiga ▪ Reparações (Remendos) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fissuração (transversal, longitudinal e juntas) ▪ Panelas ▪ Desprendimentos (exsudação, desgaste) |

Quadro 3 – Tipos de defeito do Método VIZIR (AUTRET, 1991)

Os defeitos tipo A refletem o estado estrutural do pavimento. Já os defeitos tipo B estão associados a defeitos de construção, ou pela quantidade deficiente de um produto ou, até mesmo, por uma condição especial que o tráfego possa apresentar.

Para o levantamento dos defeitos de superfície pelo Método VIZIR, utiliza-se do expediente de determinar, de acordo com o tipo de defeito, sua severidade e extensão. Se o pavimento apresentar reparos, este também será objeto de apontamento. A extensão dos defeitos varia em três classes: menos de 10%, entre 10 e 50%, e mais que 50%. Já a severidade é classificada em três níveis: 1, 2, 3. No Quadro 4, apresenta-se modelo para preenchimento da severidade, extensão e nota, em função do tipo de defeito.

| Tipo de defeito | Severidade | Extensão | Nota |
|---------------------------|-------------------|-----------------|-------------|
| Índice de Fissuração (If) | | | |
| Índice de Deformação (Id) | | | |
| Correção por reparações | | | |

Quadro 4 – Coleta de dados (adaptado de AUTRET, 1991)

As notas para o preenchimento do Quadro 4 estão baseadas na padronização apresentada no Quadro 5.

| Índice | Extensão/ Severidade | 0 a 10 % | 10 a 50% | >50 % |
|---------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Índice de Fissuração (If) | 1 | 1 | 2 | 3 |
| | 2 | 2 | 3 | 4 |
| | 3 | 3 | 4 | 5 |
| Índice de Deformação (Id) | 1 | 1 | 2 | 3 |
| | 2 | 2 | 3 | 4 |
| | 3 | 3 | 4 | 5 |
| Correção por reparações | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 0 | 0 | 1 |
| | 3 | 0 | 1 | 1 |

Quadro 5 – Notas para cada defeito em função da severidade e extensão (AUTRET, 1991)

A partir das notas atribuídas pelos avaliadores, são calculados o IF (Índice de Fissuração) e o ID (Índice de Deformação). Após a soma destes dois valores é efetuada uma correção em função da extensão da superfície do pavimento afetada por restaurações (remendos), obtendo-se o IGD (Figura 15).

O IGD varia do valor 1, para os melhores pavimentos, até 7, para pavimentos péssimos. Sua classificação está apresentada no Quadro 6.

| IGD | Condições do pavimento | Necessidades de correções |
|-------|------------------------|---------------------------|
| 1 – 2 | Bom | Não |
| 3 – 4 | Médio | Sim, localizadas |
| 5 – 7 | Péssimo | |

Quadro 6 – Condição do pavimento em função do IGD (adaptado de AUTRET, 1991)

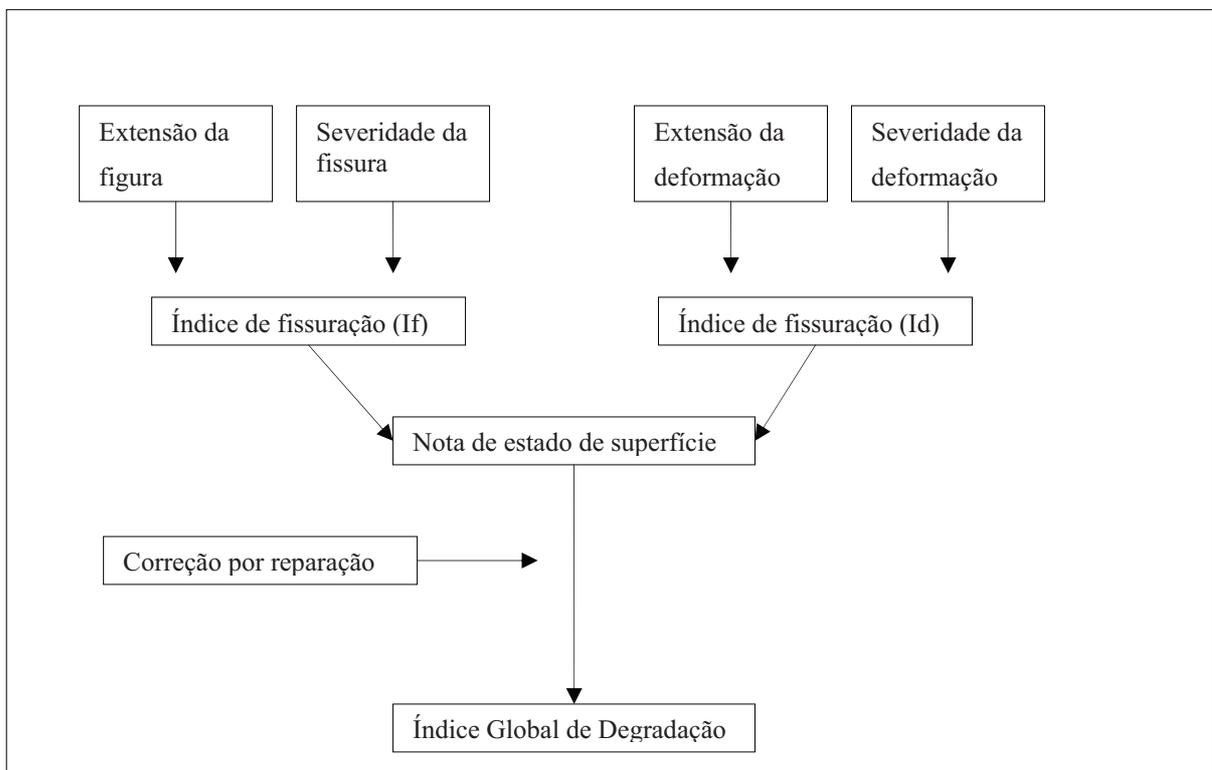


Figura 15 – Princípio da determinação do Índice Global de Degradação (IGD), pelo método Vizir (adaptado de AUTRET, 1991)

2.2.4.4 Manual SHRP (*Strategic Highway Research Program*) - 1993

Desenvolvido para o programa LTPP (*Long Term Pavement Performance - Desempenho de Pavimentos a Longo Prazo*), O *Distress Identification Manual for Long Term Pavement* (1993) ou Manual de Identificação de Defeitos para Longa Duração dos Pavimentos (1993), tem como objetivo fornecer uma base uniforme de procedimentos para

coletar dados sobre os defeitos em pavimentos, baseado em desenhos e fotografias visando padronizar a linguagem para descrever as diversas tipologias de defeitos (Quadro 7).

O mecanismo de avaliação analisa defeitos superficiais e no entorno do pavimento. As falhas são avaliadas numa escala de acordo com o tipo de pavimento. A tipificação, o grau de severidade e a extensão são os elementos essenciais da avaliação. Cada um deles é apreciado numa escala de acordo com o tipo de superfície de rolamento, objeto da análise (PRESTES, 2001).

| Defeito | Forma de medir |
|------------------------------------|---|
| Trincas por fadiga | Área |
| Trincas em bloco | Área |
| Trincas nos bordos | Extensão |
| Trincas longitudinais | Extensão. Registrar a extensão com material selante em boas condições |
| Trincas por reflexão | Extensão, separando por tipo longitudinal e transversal. Anotar a quantidade de trincas transversais e registrar a extensão de trincas longitudinais com material 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 de rodas. |
| Corrugação | Quantidades e áreas |
| 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 |

Quadro 7 – Tipos de Defeitos, unidades de medida segundo manual SHRP (SHRP, 1993)

2.2.4.5 Método IGG – Norma DNIT 006/2003 - PRO

Este método visa estabelecer um inventário de superfície de pavimentos flexíveis. Constitui-se em ferramenta para classificação de ocorrências aparentes e deformações permanentes nas trilhas de roda. Possibilita a classificação dos defeitos no pavimento (Figura 16) com base nos cálculos das ocorrências inventariadas e fixação do IGG (Índice de Gravidade Global).

As superfícies de avaliação (SA_s) deste método, apresentadas nas Figuras 17 e 18, consistem em delimitar a cada 20 m, seções transversais que restringem a pista 3 metros antes e 3 metros depois da estação de análise.

Anexo D (normativo)

Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação

| FENDAS | | | | CODIFICAÇÃO | CLASSE DAS FENDAS | | |
|--|----------------------|---|---|-------------|-------------------|------|------|
| Fissuras | | | | FI | - | - | - |
| Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga | Trincas Isoladas | Transversais | Curtas | TTC | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | | | Longas | TTL | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | | Longitudinais | Curtas | TLC | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | | | Longas | TLL | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | Trincas Interligadas | "Jacaré" | Sem erosão acentuada nas bordas das trincas | J | - | FC-2 | - |
| | | | Com erosão acentuada nas bordas das trincas | JE | - | - | FC-3 |
| Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga | Trincas Isoladas | Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento | | TRR | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | Trincas Interligadas | "Bloco" | Sem erosão acentuada nas bordas das trincas | TB | - | FC-2 | - |
| | | | Com erosão acentuada nas bordas das trincas | TBE | - | - | FC-3 |

| OUTROS DEFEITOS | | | | CODIFICAÇÃO |
|---|-----------------|-----------|--|-------------|
| Afundamento | Plástico | Local | Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito | ALP |
| | | da Trilha | Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito | ATP |
| | De Consolidação | Local | Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito | ALC |
| | | da Trilha | Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito | ATC |
| Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base | | | | O |
| Escorregamento (do revestimento betuminoso) | | | | E |
| Exsudação do ligante betuminoso no revestimento | | | | EX |
| Desgaste acentuado na superfície do revestimento | | | | D |
| "Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores | | | | P |
| Remendos | | | Remendo Superficial | RS |
| | | | Remendo Profundo | RP |

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

- FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.
- FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.
- FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.

_____ /Índice Geral

Figura 16 – Codificação e Classificação dos Defeitos (DNIT, 2003)

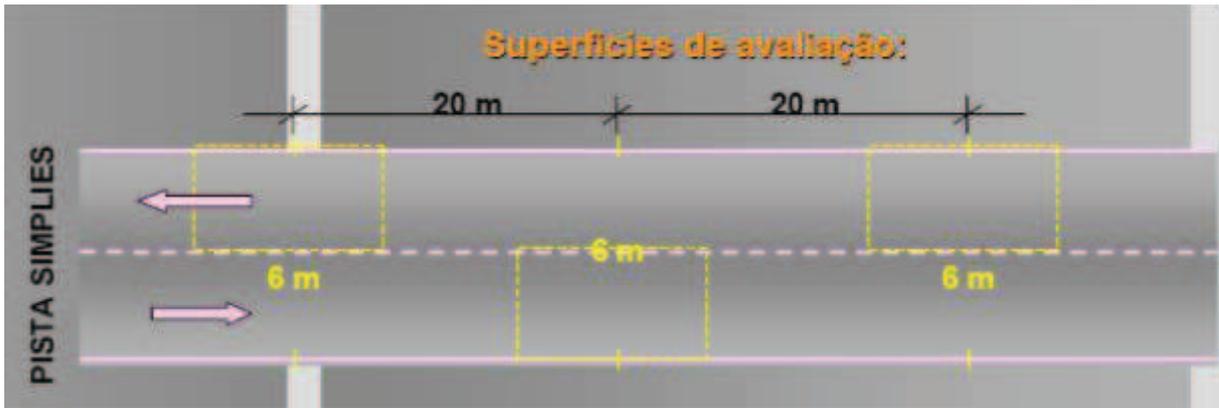


Figura 17 – Superfície de avaliação- pista simples (GONÇALVES, 2005)

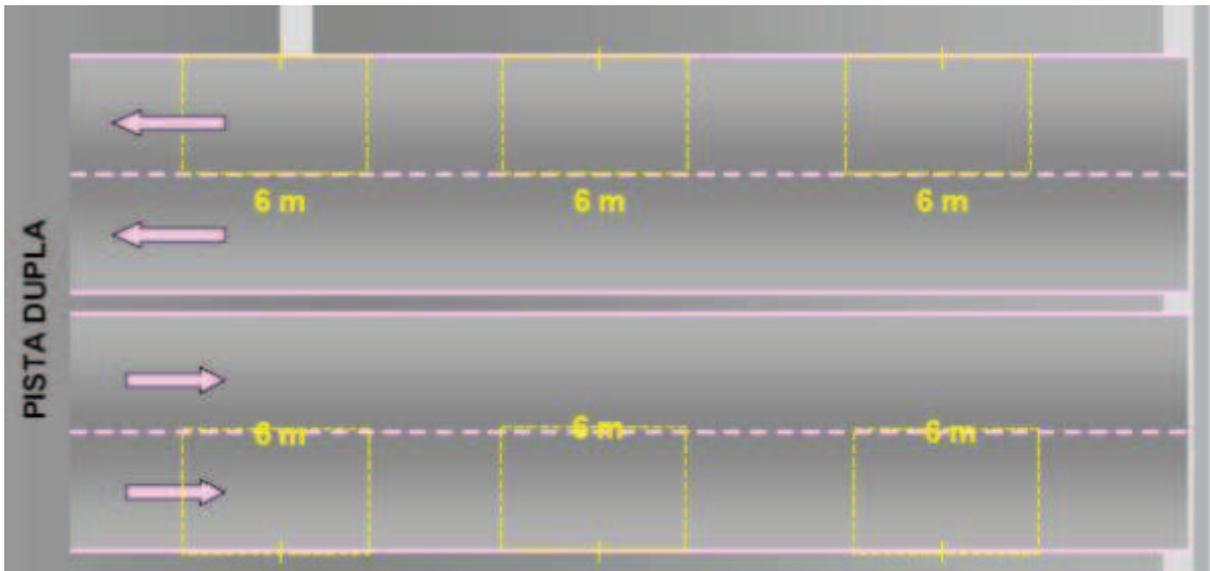


Figura 18 – Superfície de avaliação- pista dupla (GONÇALVES, 2005)

É importante ressaltar que a norma DNIT 006/2003 - PRO prevê a utilização de uma treliça metálica padronizada, utilizada nas medições da flecha na trilha de roda. São executadas medidas na trilha de roda interna - TRI e trilha de roda externa - TRE.

Os parâmetros de cálculo estão muito bem explicados na Norma DNIT 006/2003 - PRO. Calcula-se previamente o IGI (Índice de Gravidade Individual) e, posteriormente, esta dá origem ao IGG, que é obtido por:

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

onde:

$\sum IGI$ – indica os somatórios dos índices de gravidades individuais.

De posse do valor do IGG, é possível estabelecer o conceito do pavimento (Quadro 8).

| CONCEITOS | LIMITES |
|-----------|----------------|
| Ótimo | 0 < IGG < 20 |
| Bom | 20 < IGG < 40 |
| Regular | 40 < IGG < 80 |
| Ruim | 80 < IGG < 160 |
| Péssimo | IGG > 150 |

Quadro 8 – O Conceito da Avaliação do Pavimento (DNIT, 2003)

2.2.4.6 Metodologia aplicada em Dakota do Sul/ EUA

Zimmerman et al. (1994) definem uma metodologia de avaliação da condição do pavimento através da atribuição de notas padronizadas, que variam de 0 a 100. O produto da avaliação é um valor resultante da combinação entre os defeitos de superfície, identificando sua severidade e extensão, e a trafegabilidade do trecho.

Conduzida por uma equipe de, no mínimo, dois membros, a avaliação inicia-se com o percurso do trecho selecionado dentro de um veículo, sendo então atribuída a nota de trafegabilidade (Quadro 9).

| Nota | Descrição |
|------|--|
| 0 | Trafegabilidade desconhecida ou indeterminada. |
| 1 | Os passageiros relatam muito desconforto. Pavimento irregular e é necessário reduzir consideravelmente a velocidade. |
| 2 | Aproximadamente 70 % da seção, proporciona uma trafegabilidade irregular. |
| 3 | Aproximadamente 50 % da seção apresenta irregularidade. |
| 4 | Irregularidade presente em áreas isoladas. |
| 5 | Não existe irregularidade. trafegabilidade suave. |

Quadro 9 – Avaliação da trafegabilidade (ZIMMERMAN *et al*, 1994)

A pé, na seção representativa do trecho, toda a equipe atribui uma nota ao pavimento (Quadro 10). Cada avaliador não deve considerar em sua avaliação, a espessura do pavimento,

tráfego ou defeitos construtivos. Também são anotados valores médios dos afundamentos nas trilhas de roda ou a sua inexistência no trecho.

O método emprega o catálogo de defeitos do manual de identificação de defeitos SHRP para auxiliar os avaliadores na identificação dos tipos de defeitos e suas características.

| Nota | Descrição da condição superficial |
|----------|---|
| 100 - 91 | A superfície do pavimento está em excelente condição, com trafegabilidade muito suave e em geral não há defeitos. No limite inferior deste intervalo, trincas delgadas ou depressões são visíveis, mas não causam nenhum prejuízo a trafegabilidade. Nenhum outro defeito é notado. |
| 90 - 81 | A superfície do pavimento está em condição entre excelente e muito boa; pode estar parcialmente oxidada ou desgastada. Podem existir trincamentos, em geral em nível de severidade baixo e médio. Podem ocorrer trincas de reflexão, desde que seladas. |
| 80 - 71 | A superfície do pavimento continua em boa condição, porém a deterioração é mais predominante. Trincas transversais e longitudinais são visíveis e as aberturas de trinca são em geral largas. Trincas em bloco podem ser notadas, mas não muito deterioradas. Pode ocorrer pequena erosão nos bordos das trincas. Também podem ocorrer poucos buracos e pequenos afundamentos em trilhas de rodas. A superfície está desgastada. |
| 70 - 61 | O pavimento em geral é classificado em boa condição. A superfície está notavelmente oxidada e há desgaste. As trincas longitudinais e transversais têm abertura entre 0,25 e 0,5 polegadas ou estão muito deterioradas. Ocorrem depressões nas áreas trincadas ou em remendos de intervenção em redes subterrâneas. Trincas tipo couro de crocodilo estão surgindo nas trilhas de rodas. Os afundamentos de trilhas de rodas são mais pronunciados e trincas parabólicas ocorrem nas interseções. Ocorrem pequenos remendos em função da degradação superficiais ou ocasionados por intervenção nas redes subterrâneas. |
| 60 - 51 | A deterioração da superfície está muito mais avançada. Muitas trincas de reflexão ocorrem em pavimentos recapeados, podendo estar em nível de severidade médio a alto, com erosão de bordos. As trincas em blocos são comuns e o desgaste já apresenta efeito prejudicial ao pavimento. O afundamento das trilhas de rodas é mais notável, podendo ter profundidade de 0,5 polegadas e ocorrendo em conjunto com trincas tipo couro de crocodilo, em nível de severidade médio a alto. As trincas em bloco progrediram para o nível de severidade médio e ocorrem em aproximadamente 100 pés lineares em uma seção de 1000 pés quadrados. |
| 50 - 41 | O pavimento apresenta sinais de danos devido a umidade e à carga de tráfego. A presença de trincas tipo couro de crocodilo é comum, bem como os remendos. Ocorre afundamento acentuado nas duas trilhas de rodas. A abertura das trincas é, em geral, maior que 0,5 polegadas e a degradação junto às trincas é predominante. |
| 40 - 31 | O pavimento está em condição ruim. O trincamento tipo couro de crocodilo é severo, ocorrendo falta de partes do material de revestimento e buracos. Afundamentos nas trilhas de rodas são comuns e o pavimento é irregular. As bordas do pavimento estão deterioradas e mais de 200 pés lineares, em uma seção de 1000 pés quadrados, apresentam trincamentos. |
| 30 - 21 | O pavimento se aproxima de uma condição em que é difícil a circulação de tráfego. A maior parte do pavimento apresenta trincas tipo couro de crocodilo e em muitas áreas ocorre desprendimento de partes do material do revestimento. Afundamentos nas trilhas de rodas tem profundidade maior do que 0,75 polegadas. A trafegabilidade é muito irregular. |
| 20 - 0 | O pavimento está entre muito ruim e em condição de ruína. Toda a superfície está trincada e desintegrada. A condição de tráfego esta severamente afetada. |

Quadro 10 – Notas e descrição das condições (ZIMMERMAN et al., 1994 apud DANIELESKI, 2004)

2.2.4.7 Metodologia aplicada na rede viária de Porto Alegre

Danieleski (2004) apresenta uma metodologia para avaliação da condição superficial dos pavimentos asfálticos, de paralelepípedos e pedras irregulares, a ser aplicada no inventário do estado da malha viária para a implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos - SGP da cidade de Porto Alegre.

A metodologia é composta por duas componentes:

- **Emprego de avaliação subjetiva:** Esta consiste na atribuição de notas pelos avaliadores à condição de superfície do pavimento.
- **Emprego de avaliação objetiva:** Baseia-se na caracterização dos defeitos apresentados pelos pavimentos e seus níveis de severidade.

A avaliação subjetiva tem como propósito, complementar a avaliação objetiva. Consiste na atribuição de uma nota individual, por dois avaliadores, à condição de superfície, para cada seção de avaliação, denominada Valor da Condição do Pavimento - VCP. Esta nota refere-se ao conceito do pavimento, variando de “muito bom” a ”péssimo”, numa escala entre 0 a 100 (Quadro 11):

| CONCEITO | INTERVALO DO VCP | CARACTERIZAÇÃO |
|-----------|------------------|---|
| MUITO BOM | 100 - 91 | Pavimentos novos |
| | 90 - 81 | Pavimento em muito boa condição |
| BOM | 80 - 71 | Pavimento em boa condição |
| | 70 - 61 | A superfície apresenta sinais de degradação |
| REGULAR | 60 - 51 | Degradação mais acentuada |
| | 50 - 41 | Pavimento apresenta danos causados pelo tráfego e deficiência do material do revestimento |
| RUIM | 40 - 31 | Pavimento em condição ruim |
| | 30 - 21 | Trafegabilidade próxima do difícil |
| PÉSSIMO | Próximo de 20 | Pavimento arruinado |
| | Inferior a 10 | Pavimento completamente desintegrado ou ondulado |

Quadro 11 – Conceito do pavimento, segundo o VCP

Na avaliação objetiva, são realizados levantamentos dos defeitos de superfície, através de uma extensa caracterização em níveis de severidade, além de registro fotográfico. Para cada superfície de avaliação é gerada uma coletânea de respostas em termos de severidade, para cada tipo de defeito, visando estabelecer futuramente o Índice de Condição do Pavimento - ICP.

2.2.5 O diagnóstico dos pavimentos

Gonçalves (1997, p. 45) reforça a importância de um diagnóstico para os pavimentos.

A geração de um diagnóstico confiável é fundamental para que os responsáveis pelo processo de tomada de decisões relativas ao tipo, a como e quando deverão ser realizadas intervenções em um determinado pavimento, possam compreender o desempenho oferecido e, então, se permitirem lançar mão de medidas que efetivamente possibilitem o controle dos mecanismos que estão concorrendo para a queda de serventia do pavimento.

Também salienta Gonçalves (1997, p. 46) que outro aspecto importante é:

O estabelecimento de um diagnóstico correto acerca das condições oferecidas por um pavimento em um determinado momento de sua vida de serviço não é uma tarefa simples e envolve uma dose considerável de estudos e de experiência. Para tanto, é necessária a presença de profissionais que possuam, além do conhecimento e da experiência na área de manutenção dos pavimentos, uma considerável capacidade de julgamento, características essas que em conjunto irão permitir que a partir das informações obtidas na fase de avaliação do pavimento a ser analisado, sejam realizadas inferências coerentes que conduzam à identificação das reais necessidades de manutenção e do nível de serventia com que o pavimento está atendendo às exigências para as quais foi concebido.

O diagnóstico deve ser elaborado considerando-se as informações levantadas sobre o pavimento e também as avaliações realizadas, confrontando dado a dado, de modo a detectar as deficiências reais do pavimento.

De acordo com Rodrigues (1996), para um diagnóstico confiável, convém levar em consideração alguns apontamentos:

- Deve ser avaliada a relação entre o desempenho apresentado pelo pavimento e seu tráfego solicitante (resposta da estrutura às cargas do tráfego).

- O levantamento dos defeitos de superfície apresentados por um determinado pavimento, está diretamente relacionado com as medidas de conservação e restauração necessárias para melhorar este pavimento.
- É necessário conhecer a condição estrutural do pavimento para, então, determinar-se em que velocidade os defeitos poderão estar deteriorando o pavimento.
- A aplicação de modelos de previsão de desempenho é de fundamental importância para se comparar o desempenho real dos pavimentos com as previsões geradas por estes modelos. Esta correlação deve, então, propiciar a análise de que tipo de mecanismo de degradação é predominante, com vistas a ajustar um modelo de previsão mais apropriado e a sua calibração. Nakahara (2005) ressalta a importância dos estudos de previsão de desempenho, na medida em que ajudam a determinar os custos futuros de manutenção e a qualidade dos serviços com relação ao conforto e segurança do usuário da via.

2.2.6 Medidas aplicáveis à manutenção dos pavimentos urbanos

De acordo com Fernandes Júnior et al. (1996), a manutenção dos pavimentos consiste num conjunto de atividades executadas com o objetivo de reduzir ou eliminar os defeitos, reduzir os custos de operação de veículos, prolongando a vida de serviço das estradas e proporcionando ao usuário um meio de transporte seguro, econômico e confortável.

A partir da identificação das Necessidades Atuais de Manutenção - NAM, são apresentados tipos genéricos de intervenções capazes de corrigir as deficiências funcionais e estruturais que porventura possam estar presentes na estrutura do pavimento. Algumas dessas medidas de manutenção estão descritas a seguir:

A) Conserva Rotineira (CR) - Envolve atividades como manutenção dos dispositivos de drenagem, desobstrução de saídas de água, limpeza da pista e a poda da vegetação que porventura estiver prejudicando a visibilidade da sinalização vertical.

B) Conserva Leve (CL):

- **Remendos superficiais:** Neste caso, o remendo é realizado somente com a remoção e a recomposição da camada asfáltica que apresentar problemas. Esta correção deve ser adotada quando o pavimento começar a apresentar defeitos como trincamento

premature por fadiga, instabilidade da mistura asfáltica e desagregação localizada de agregados, além da presença de painéis superficiais. O material deste remendo pode ser o CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) ou PMF (Prémisturado a Frio), sendo que, neste último caso, o desempenho não é o ideal (Figura 19).



Figura 19 – Abertura de remendos superficiais em pavimento de CBUQ

- **Remendos profundos:** A origem do problema está nas camadas subjacentes ao revestimento asfáltico (base, sub-base, subleito, pavimentos intertravados), causando trincamentos excessivos e deformações plásticas de alta severidade no pavimento. Nesta situação, todas as camadas são removidas até que se encontre a camada problemática (GONÇALVES, 1999), e executando-se a recomposição das camadas atingidas. Algumas vezes, as camadas subjacentes ao revestimento podem estar sendo afetadas por problemas de drenagem ou até mesmo por problemas de infra-estrutura (vazamentos nas redes de água e esgoto), que devem ser solucionadas antes da finalização do remendo.
- **Selagem de trincas:** Em seu Manual de Pavimentação (2006), o DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagens) preconiza como selagem de trincas, o enchimento manual das trincas e fissuras no revestimento betuminoso com material asfáltico, com o objetivo de impedir a penetração de água nas camadas inferiores do pavimento.

C) Conserva Pesada (CP):

- **Lama Asfáltica (LA):** Trata-se de um revestimento obtido por espalhamento a frio, em camada delgada, de uma mistura composta basicamente por agregados miúdos e emulsões asfálticas, propiciando a impermeabilização do pavimento em questão, além da correção do atrito. É recomendada para vias urbanas que suportem tráfego baixo ou médio, apresentando desempenho limitado ao longo do tempo, quando submetida ao tráfego intenso (ABEDA, 2001). De acordo com o Departamento de Transportes da Califórnia (CALTRANS, 2003), a lama asfáltica pode ser usada ainda como paliativo em pavimentos que estão no início de sua desintegração.

- **Tratamentos superficiais (TS):** São revestimentos constituídos por uma ou mais camadas de agregados, ligadas por uma camada de ligante hidrocarbonado, cada uma tendo uma espessura próxima da dimensão máxima do agregado. Os tratamentos superficiais são soluções de conserva para pavimentos com revestimentos antigos e desgastados, mas ainda em bom estado de conservação. Também são utilizados de maneira a permitir a impermeabilização do pavimento antigo, selando as trincas existentes.

- **Microrrevestimento asfáltico (MRA):** De acordo com o manual básico de emulsões asfálticas da ABEDA (2001), o MRA (Figura 20) consiste numa mistura a frio de emulsões asfálticas modificadas por polímeros acrescidos de agregado mineral, material de enchimento, água e aditivos químicos. Serve para corrigir a rugosidade da superfície, fornecendo um revestimento antiderrapante, impermeável, e de durabilidade muito superior à lama asfáltica convencional.



Figura 20 – Aplicação de MRA sobre pavimento deteriorado

- **RL + MRA:** É a execução de reparos localizados, como remendos profundos ou superficiais, recoberta por uma camada de MRA.

D) Restauração:

- **RS(Hr) (Recapeamento simples):** Consiste na execução de uma camada de CBUQ ou PMF, com o intuito de restabelecer as condições de serventia requeridas pelo pavimento.
- **FR(Hc) + RS(Hr):** Consiste na fresagem total ou parcial do revestimento (Figura 21) e aplicação de recapeamento de CBUQ (Figura 22), para restabelecer a condição de serventia requerida pelo pavimento. De acordo com Bonfim (2001), a fresagem elimina problemas de trincamento, quando o mecanismo de deterioração advém da superfície, e auxilia na resolução, quando este mecanismo vem das camadas inferiores do pavimento. Bonfim ainda ressalta a importância da fresagem na correção de outros tipos de defeitos, como os afundamentos em trilhas de rodas, corrugações, remendos e panelas.

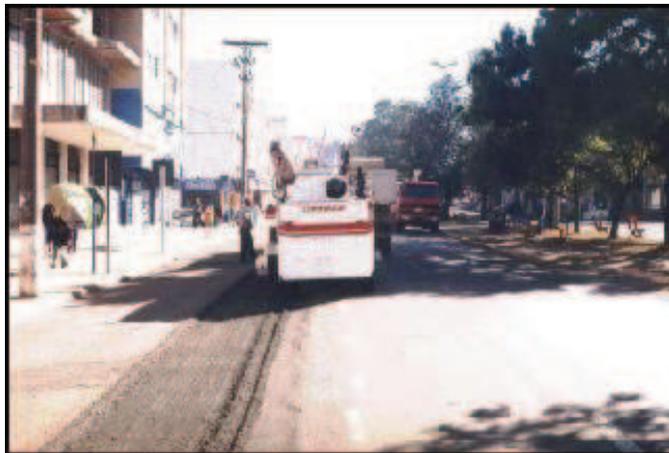


Figura 21 – Fresagem parcial



Figura 22 – Recapeamento em CBUQ

- **RL + RS(Hr):** Consiste na execução de reparos localizados e posterior recapeamento simples.
- **RRV + RS(Hr):** Consiste na remoção e reconstrução completa do revestimento, complementada com mais uma camada de recapeamento em CBUQ.
- **CI + RS(Hr):** Consiste na colocação de uma camada intermediária contra reflexão de trincas, entre o pavimento antigo, e a nova camada de recapeamento simples em CBUQ.

E) Reconstrução:

- **RRT:** Consiste na remoção total do pavimento até o nível do subleito, e reconstrução com um pavimento novo, dimensionado segundo novo projeto.
- **RRP:** Consiste na remoção e reconstrução parcial do pavimento.

3 METODOLOGIA

As principais etapas de desenvolvimento do trabalho realizado foram (Figura 23):

- **Manutenção dos pavimentos urbanos (PUs):** É a etapa inicial do trabalho, onde se pergunta que elementos serão necessários para manter e reabilitar os pavimentos urbanos. A resposta a este questionamento exige a busca de um diagnóstico correto para o pavimento, passando por saber avaliar o seu estado de conservação.
- **Investigação dos critérios de avaliação dos PUs:** Etapa da revisão de literatura, compreendendo o processo de estudo a respeito dos principais critérios de avaliação de pavimentos rodoviários e urbanos, visando o estabelecimento da proposta de avaliação para o trabalho.
- **Estabelecimento da proposta de avaliação dos PUs:** Fase de composição da proposta sobre a qual o pavimento urbano será avaliado. Para tanto, é apresentada uma metodologia de avaliação baseada no Levantamento Visual Contínuo – LVC e no conceito de serventia do pavimento.
- **Aplicação prática da proposta:** Etapa de seleção de trechos para a aplicação do critério de avaliação e também da simulação dos critérios de manutenção.
- **Adequação da proposta:** Etapa que visa estabelecer as correções necessárias para a proposta de avaliação dos PUs, baseadas nas respostas provenientes da análise dos resultados das aplicações práticas.

- **Diagnóstico dos pavimentos:** Fase que apresenta o processamento dos resultados provenientes da análise da aplicação prática, onde aparece o panorama de como está o estado dos PUs, servindo de base para definir os aspectos preliminares das NAM.
- **Deficiências de superfície:** Através do diagnóstico dos defeitos de superfície inventariados pelo LVC, é possível estabelecer relações entre a severidade, extensão, tipo dos defeitos, PSR e PSI_{IDS} (*Present Serviceability Index* - Índice de Defeitos de Superfície) com as medidas de manutenção. Como aspecto complementar, os dados de campo são submetidos a Árvores de Decisão, com o objetivo de refinar o diagnóstico.
- **Condição funcional:** Neste item, o diagnóstico é estabelecido sob a ótica da resposta dada pelos PUs aos seus usuários, em relação ao conforto e segurança. O valor do PSI_{QI} (*Present Serviceability Index* - Quociente de Irregularidade) se constitui no indicador para esta análise por refletir a condição funcional dos pavimentos, mesmo que de maneira subjetiva.
- **Condição estrutural:** Nesta etapa, o diagnóstico da condição estrutural dos PUs é função do tipo de via urbana e do tráfego em que está inserido o problema. Levantamentos deflectométricos e ensaios destrutivos podem ajudar na hora de determinar em que velocidade os defeitos podem estar deteriorando os pavimentos.
- **Critérios auxiliares:** Buscam complementar o diagnóstico, no que se refere às características do tráfego e às condições de drenagem superficial.
- **Árvores de decisão:** Etapa do trabalho na qual se procura refinar uma quantidade grande de informações obtidas nos itens anteriores, com vistas a obter respostas em relação a alguns questionamentos importantes como, por exemplo, em relação ao potencial de reflexão de trincas num possível recapeamento.
- **Medidas de manutenção aplicáveis:** De posse do diagnóstico dos PUs, determinam-se diversas alternativas de manutenção, divididas em 3 grupos: Conserva, Restauração e Reconstrução.

- **Conserva:** Consiste em intervenções de manutenção que visam à correção total ou parcial de deficiências funcionais, ou da proteção da estrutura do pavimento contra sua degradação.
- **Restauração:** É o processo que consiste em trazer a condição funcional para níveis aceitáveis, por meio de intervenções que sejam técnica e economicamente adequadas, o que implica dizer que a durabilidade e o desempenho da solução implementada devam atender os requisitos mínimos de um pavimento novo ou reconstruído.
- **Reconstrução:** Consiste na remoção e reconstrução total do pavimento.
- Estão previstos, ainda, os caminhos das soluções de manutenção. A conserva divide-se em rotineira, leve ou pesada. Existe também a possibilidade de várias alternativas de restauração como, por exemplo: o Recapeamento Simples - RS em CBUQ, a fresagem do revestimento seguida de recapeamento (FR + RS), a aplicação de TSD (Tratamento Superficial Duplo), e também a remoção e reconstrução do revestimento, seguida da aplicação de uma camada de CBUQ.

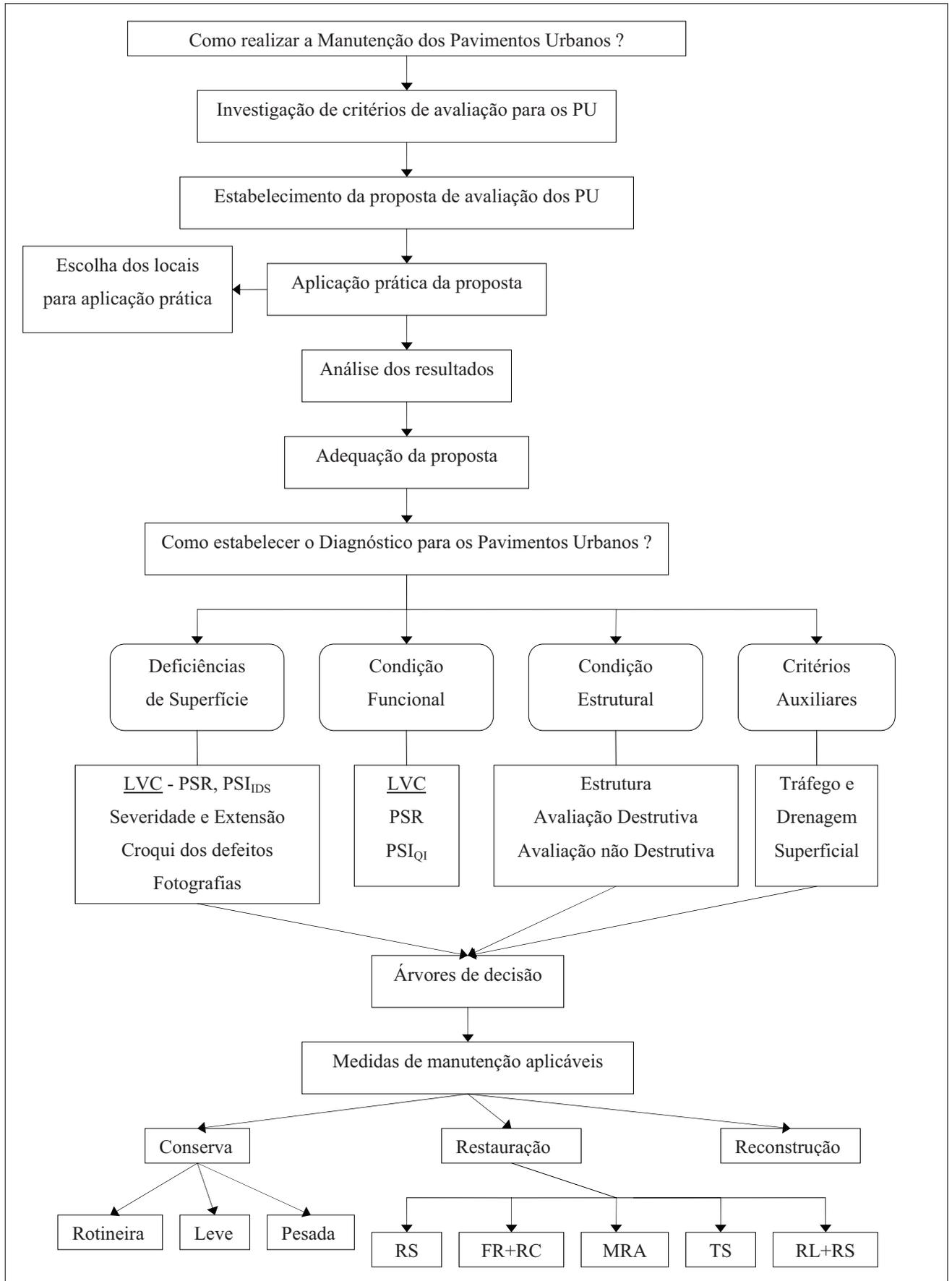


Figura 23 – Etapas do desenvolvimento do trabalho

3.1 TRECHOS SELECIONADOS PARA A REALIZAÇÃO DAS APLICAÇÕES PRÁTICAS

Os trechos para a realização das aplicações práticas foram selecionados nos municípios de Santa Maria e Erechim, com o objetivo de propiciar, da melhor forma possível, a aplicação dos critérios de avaliação e diagnóstico para estes pavimentos.

3.1.1 Município de Erechim

Localizado a 372 km da capital Porto Alegre, no norte do estado do Rio Grande do Sul (Figura 24), o município de Erechim possui uma população de 98.288 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2005) e uma extensão territorial de 431 km². É a cidade mais importante da região do Alto Uruguai gaúcho e constitui-se em pólo regional para mais de 30 municípios vizinhos.



Figura 24 – Localização dos municípios de Erechim e Santa Maria (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2007)

No contexto viário, o gerenciamento da rede pavimentada no município se dá de maneira incipiente. Existem apenas levantamentos sobre a extensão das vias urbanas, relacionados com o seu tipo de revestimento, dando conta dos seguintes dados:

- 93 km das vias estão pavimentadas com revestimento asfáltico;
- 218 km das vias estão pavimentadas com revestimentos em pedras irregulares;
- 13 km das vias estão sem revestimento.

A figura 25 localiza, em azul, as vias pavimentadas com revestimento asfáltico; em laranja, as vias que estão pavimentadas com revestimentos em pedras irregulares, e em amarelo, as vias sem revestimento.



Figura 25 – Mapa mostrando a localização e tipo de revestimento das vias do município de Erechim (PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM, 2007)

O cenário das ruas da cidade pode ser apresentado também qualitativamente, onde o centro está praticamente todo pavimentado com revestimento asfáltico. Nos bairros afastados do centro, predominam as ruas pavimentadas com revestimento em pedras irregulares de basalto. Um aspecto a se ressaltar é que, nas nove avenidas da cidade, a estrutura do pavimento é praticamente a mesma: revestimento asfáltico assentado sobre calçamento de paralelepípedos, totalizando a espessura de 25 cm.

Ainda, todas as vias de acesso à cidade possuem pavimentação em revestimento asfáltico, com base em pedras irregulares de basalto (calçamento antigo) ou com base de brita

graduada. As principais vias dos bairros, igualmente, são pavimentadas com revestimento asfáltico, especialmente as rotas de ônibus coletivos.

O investimento médio gasto no sistema viário, nos anos de 2005 e 2006, foi de 4,87% do orçamento público, representando em torno de US\$ 2.850.000. Admitindo-se que os gastos com manutenção tenham números compatíveis com os apresentados por Balbo (1997), que equivale à cifra de US\$ 111.259/ quilômetro, o município de Erechim, para um período de 10 anos, teria um potencial investimento de aproximadamente US\$ 15.000.000 e uma possibilidade de manter 134 km de sua malha viária.

Com relação aos trechos escolhidos para a realização das aplicações práticas, foi selecionado um trecho da chamada Perimetral Norte (Figura 26). Esta segue o rumo norte-nordeste, constituindo-se em via de escoamento da produção com destino a empresas localizadas no entorno e, juntando-se, no seu prolongamento, à RST- 480, rumo ao estado de Santa Catarina. É uma via de tráfego intenso, notadamente de ônibus e caminhões, condição singular dentro do contexto viário de Erechim. Isto, agregado à heterogeneidade da estrutura do pavimento no curso de toda sua extensão, determinou ser ela eleita como objeto deste estudo. Outra razão importante que justifica a escolha desta via para a realização da aplicação prática, é ser a única rua que apresenta um projeto de restauração. Teve sua execução em 2003.



Figura 26 – Centro da cidade de Erechim (PREFEITURA MUNICIPAL, 2002)

O trecho escolhido é composto por três sub-trechos e dois tipos de estruturas de pavimentos: O primeiro (SA 1), formado pelos sub-trechos situados entre a Avenida Maurício Cardoso e a rua Aratiba, em CBUQ, sobre base de calçamento de paralelepípedos de basalto; o segundo (SA 2), formado pelo sub-trecho situado entre as ruas Aratiba e Passo Fundo, em CBUQ, assentado sobre base de brita graduada e sub-base de macadame a seco (Figura 27).

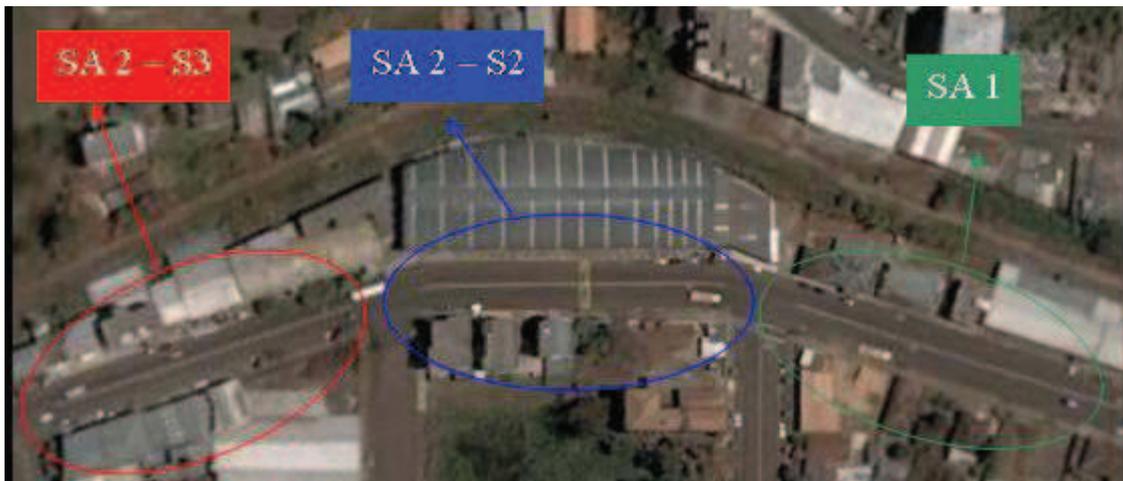


Figura 27 – Perimetral Norte (GOOGLE EARTH, 2006)

A seguir, são apresentados os pavimentos-tipo das superfícies de avaliação da Perimetral Norte, Rua Germano Hoffmann (Figura 28).

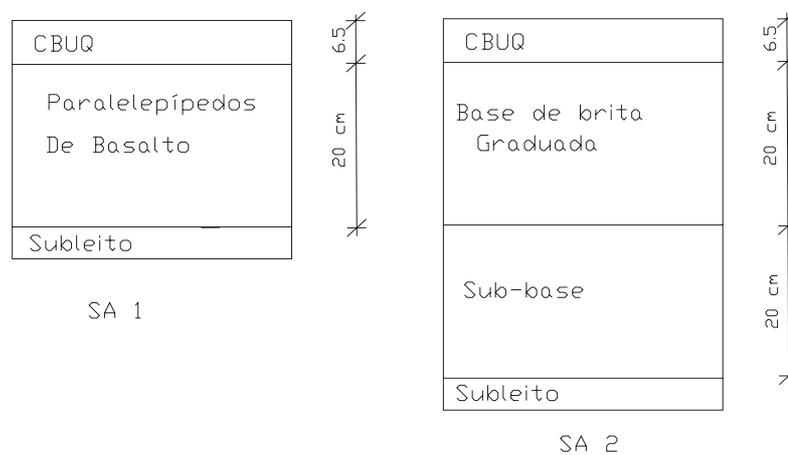


Figura 28 – Pavimentos-tipo da SA 1 e SA 2

No Quadro 12, são apresentados dados referentes à questão geométrica e de tipo estrutural, para os trechos escolhidos.

| TRECHO | EXTENSÃO (m) | LARGURA (m) | Nº DE FAIXAS | TIPO DE PAVIMENTO EXISTENTE |
|-----------|--------------|-------------|--------------|---|
| SA 1 | 157,85 | 15,7 | 4 | FLEXÍVEL (CBUQ + BASE PARALELEPÍEDOS) – Figura 28 |
| SA 2 – S2 | 117,04 | 16,17 | 4 | FLEXÍVEL (CBUQ + BASE DE BRITA GRADUADA + SUB-BASE) – Figura 28 |
| SA 2 – S3 | 119,35 | 16,25 | 4 | FLEXÍVEL (CBUQ + BASE DE BRITA GRADUADA + SUB-BASE) – Figura 28 |

Quadro 12 – Dados geométricos dos trechos escolhidos – Rua Germano Hoffmann

3.1.2 Município de Santa Maria

Localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul (Figura 24), o município de Santa Maria possui uma população de 266.045 mil habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2005) e uma extensão territorial de 1.823,1 km². Constitui-se em pólo regional, destacando-se nos setores educacional, através da presença de conceituadas universidades, e militar, com a presença do segundo maior contingente do país.

No contexto viário, o município de Santa Maria é constituído por 2.010 vias (Prefeitura Municipal de Santa Maria, 2006), sendo:

- 186 vias pavimentadas com revestimento asfáltico;
- 576 vias pavimentadas com revestimento de pedras irregulares;
- 3 vias pavimentadas com revestimento de paralelepípedos;
- 10 vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto;
- 1.235 vias pavimentadas com revestimento primário.

O grande centro da cidade, quase em sua totalidade, possui revestimento asfáltico. Em grande parte destas vias, o fluxo de tráfego se dá em mão única, em razão da sua pequena largura. Existem ainda poucas vias largas, que funcionam como corredores de transporte de pessoas e cargas. Nos bairros, somente as principais vias de acesso são pavimentadas com revestimento asfáltico.

Na questão estrutural dos pavimentos da cidade, segundo Brondani (2003), os pavimentos asfálticos podem ser diferenciados segundo sua estrutura e seu comportamento em relação a deformações elásticas, em 5 grupos:

- **Grupo 1:** Pavimentos dimensionados e construídos sob rigoroso controle de materiais e serviços, com revestimento em CBUQ.
- **Grupo 2:** Pavimentos antigos, construídos em alvenaria poliédrica e que, por aproveitamento, foram capeados com pré-misturado a frio (PMF) e, posteriormente, recapeados com CBUQ.
- **Grupo 3:** Pavimentos com revestimento de PMF, assentado sobre alvenaria poliédrica, que receberam recentemente novo revestimento em CBUQ.
- **Grupo 4:** Pavimentos semelhantes aos do Grupo 1, cujas diferenças estão no revestimento que é de PMF e por apresentarem camadas de espessuras menores.
- **Grupo 5:** Revestimento em alvenaria poliédrica, recapeada com camada de ligação e camada de rolamento em CBUQ.

Para a realização das aplicações práticas, foi escolhido um trecho da Avenida Presidente Vargas (Figuras 29 e 30), compreendido entre as ruas Mal. Floriano Peixoto e Barão do Triunfo. As razões para a escolha deste trecho se fundamentam no alto tráfego de veículos de carga, quase que na totalidade formado por ônibus urbanos e, também, por se conhecerem dados estruturais deste pavimento como, por exemplo, os dados deflectométricos do último recapeamento e as características da estrutura do pavimento.

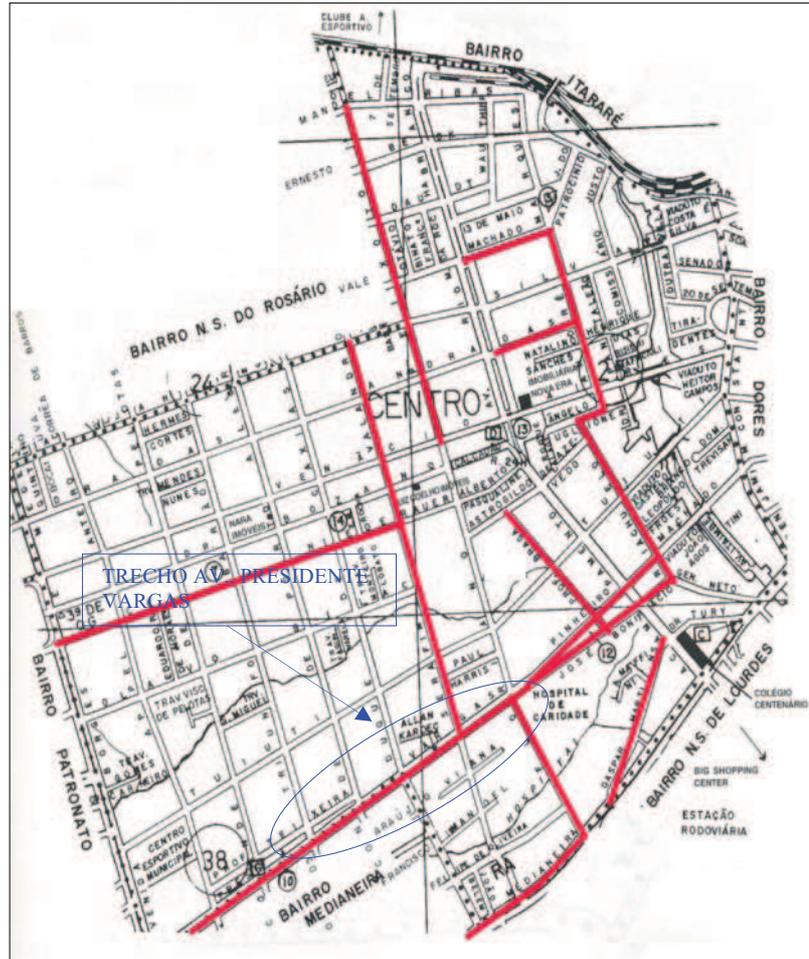


Figura 29 – Localização do trecho da Av. Presidente Vargas (BRONDANI, 2003)



Figura 30 – Av. Presidente Vargas

O trecho avaliado da Avenida Presidente Vargas compreende 4 quarteirões, subdivididos em 8 sub-trechos: 1 C - B, 1 B - C, 2 C - B, 2 B - C, 3 C - B, 3 B - C, 4 C - B, 4 B - C, onde os termos B e C se referem a “bairro” e “centro”, indicando o sentido de escoamento do tráfego. Na Figura 31 está apresentada a estrutura do pavimento.

| | |
|--------------------|-----------|
| CBUQ | 6 cm |
| CBUQ | 6 cm |
| PMF | 6 cm |
| PEDRAS IRREGULARES | 21 cm |
| SUBLEITO arenito | CBR = 10% |

Figura 31 – Estrutura do pavimento da Av. Presidente Vargas

No Quadro 13, são apresentados dados referentes à questão geométrica e de tipo estrutural, para os trechos escolhidos.

| TRECHO | EXTENSÃO (m) | LARGURA (m) | Nº DE FAIXAS | TIPO DE PAVIMENTO EXISTENTE |
|---------|--------------|-------------|--------------|-----------------------------|
| 1 B - C | 163,5 | 7,2 | 2 | FLEXÍVEL – Figura 31 |
| 1 C - B | 163,5 | 7,2 | 2 | FLEXÍVEL – Figura 31 |
| 2 B - C | 155 | 7,2 | 2 | FLEXÍVEL – Figura 31 |
| 2 C - B | 155 | 7,2 | 2 | FLEXÍVEL – Figura 31 |
| 3 B - C | 138 | 7,2 | 2 | FLEXÍVEL – Figura 31 |
| 3 C - B | 138 | 7,2 | 2 | FLEXÍVEL – Figura 31 |
| 4 C - B | 143 | 7,2 | 2 | FLEXÍVEL – Figura 31 |
| 4 B - C | 143 | 7,2 | 2 | FLEXÍVEL – Figura 31 |

Quadro 13 – Dados geométricos dos trechos escolhidos – Av. Presidente Vargas

4 AVALIAÇÃO, DIAGNÓSTICO E DEFINIÇÃO DE SOLUÇÕES PARA A MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS URBANOS

4.1 COLETA DE DADOS

A partir da necessidade de se desenvolver procedimentos de avaliação apropriados aos pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos, foram propostas planilhas de aquisição de dados que venham responder aos principais questionamentos sobre o pavimento avaliado (Figura 32) e que permitam reproduzir de modo fiel a sua condição de campo.

Inicialmente foram confeccionados dois modelos de planilhas para registro de informações de campo (Planilha 1 e Planilha 2 - apresentadas no anexo A desta dissertação).

A Planilha 1 foi elaborada contendo as informações relativas à geometria da via e ao tipo dos defeitos que potencialmente acontecem na superfície do pavimento. Ainda, está reservado espaço para o registro da condição geral e funcional do pavimento avaliado.

A Planilha 2 foi elaborada para inventariar dados referentes às questões de tráfego, drenagem superficial e estrutura do pavimento avaliado. Para o preenchimento do conceito-resposta relativo aos itens de drenagem superficial e tráfego, foram previstos critérios auxiliares que buscam enquadrá-los em classificações qualitativas e quantitativas.

A técnica para a obtenção dos dados requeridos nas Planilhas 1 e 2 baseou-se na realização de um LVC. Tal levantamento consiste na aquisição das informações necessárias para a formulação do diagnóstico. De posse das planilhas, a obtenção das informações dar-se-á na medida em que, caminhando no sentido da via, o avaliador vai respondendo aos questionamentos propostos.

Como descrito na metodologia do trabalho, foram realizadas aplicações práticas preliminares com vista a ajustar a proposta inicial para aquisição dos dados. Na busca por

estabelecer planilhas que se tornassem aplicáveis na prática, foram priorizados os defeitos de superfície como elementos centrais de avaliação. Como elementos adicionais fundamentais, foram definidos procedimentos para o levantamento do tráfego atuante e para a verificação das condições da drenagem superficial das vias.

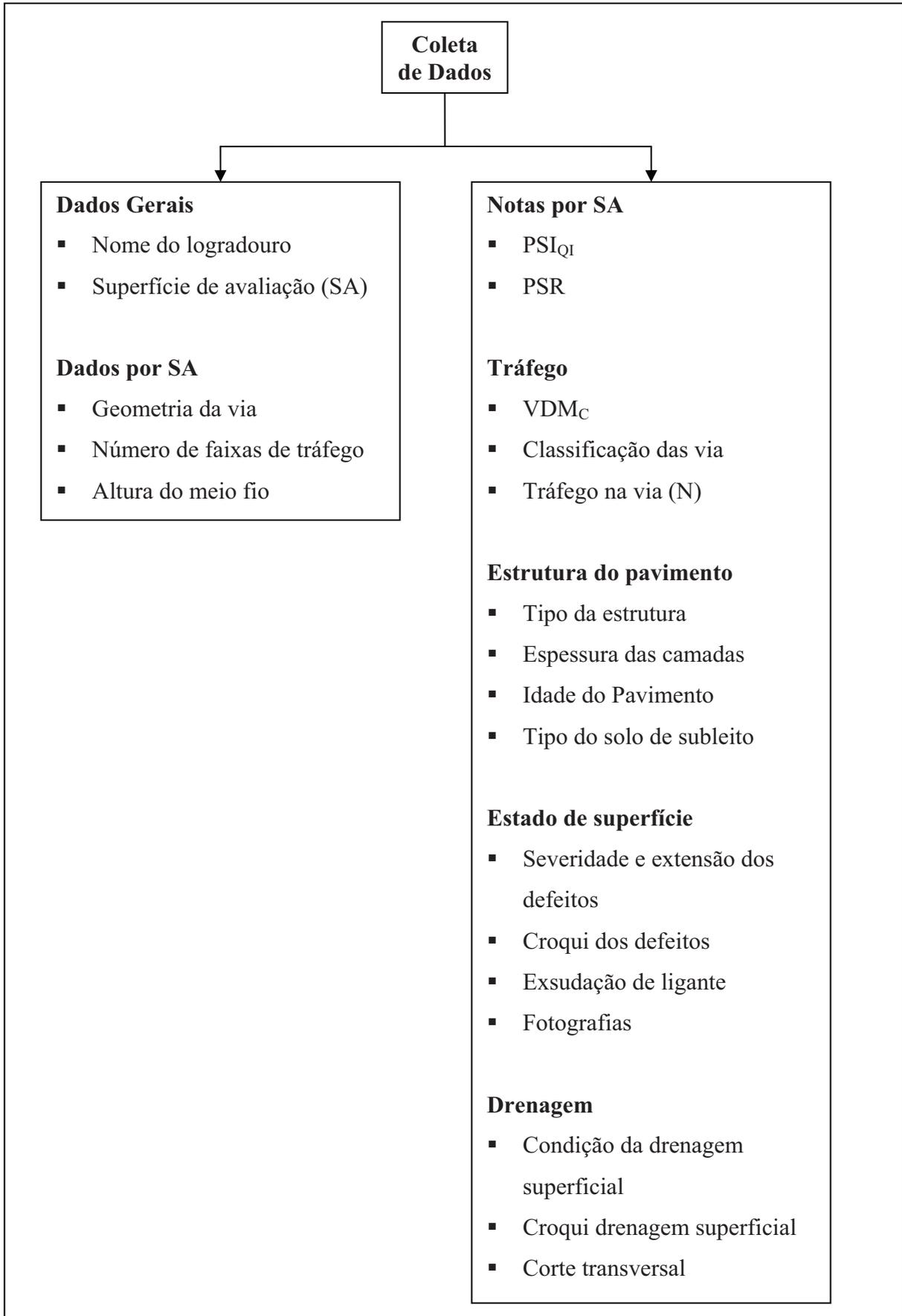


Figura 32 – Coleta de Dados (Adaptado de GONÇALVES et al., 1996)

4.2 CRITÉRIOS AUXILIARES

4.2.1 Drenagem superficial

O diagnóstico da drenagem pluvial das SAs é estabelecido através da análise dos seus dispositivos de drenagem superficial, preferencialmente em dias chuvosos. Sua classificação está prevista em três níveis: Ideal, Suficiente e Insuficiente.

Previamente, são apresentados os dispositivos de drenagem superficial que servem como referência para a classificação:

- **Poços de visita:** Dispositivo localizado em pontos convenientes, que permite a reunião de diversos coletores nos cruzamentos das vias, além de propiciar mudanças de direção, declividade e diâmetro. Recomenda-se espaçamento entre 120 e 180 m, de acordo com o diâmetro dos tubos.
- **Bocas-de-lobo:** Dispositivos localizados nas sarjetas, para a captação das águas das ruas (Figuras 33 e 34). Recomenda-se o espaçamento de, no máximo, 60 metros entre cada dispositivo, caso não seja analisada a capacidade da sarjeta.

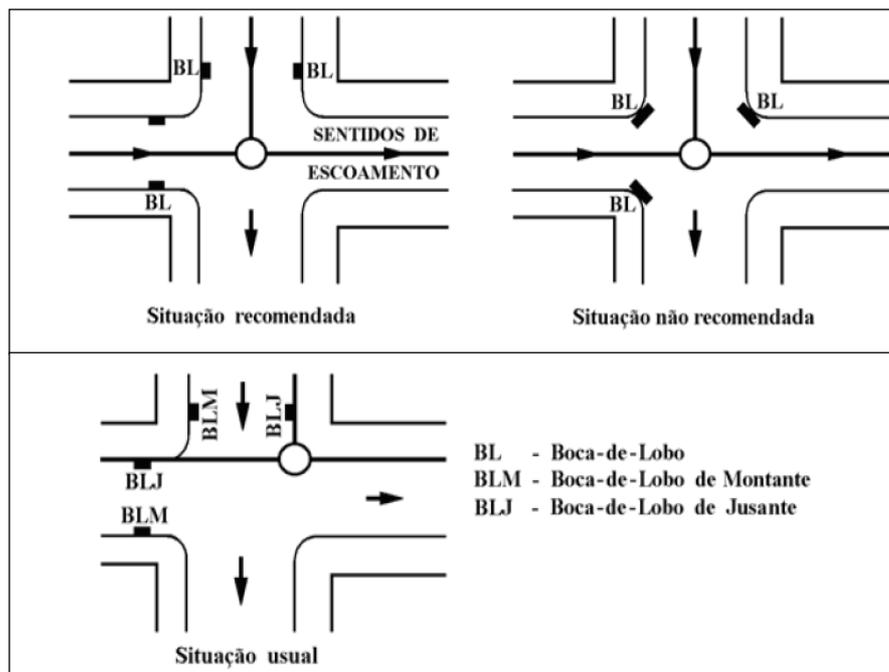


Figura 33 – Localização ideal das bocas-de-lobo (SILVEIRA, 2002)

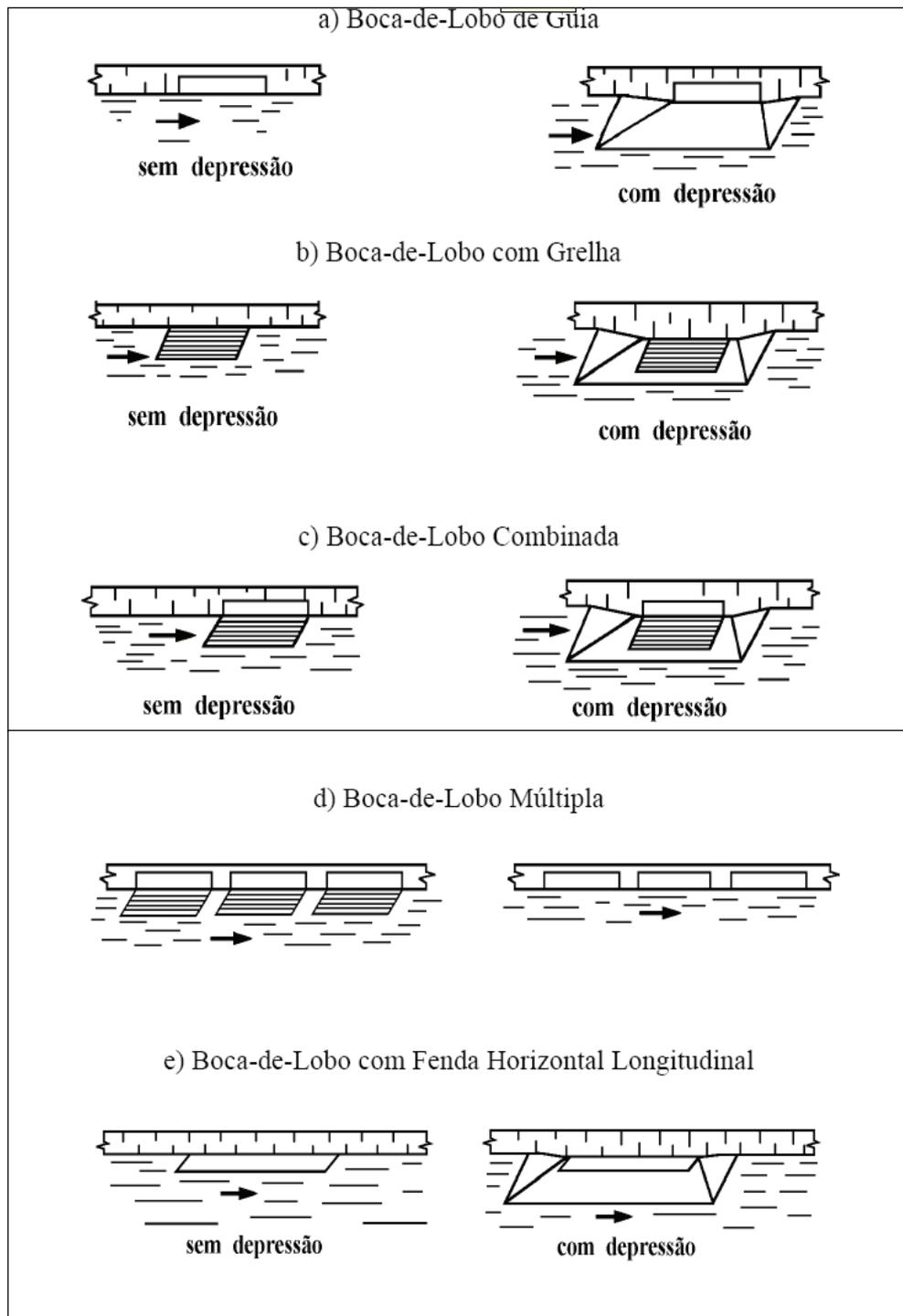


Figura 34 – Tipo de bocas-de-lobo (DAEE/CETESB)

- **Sarjetas:** É a calha formada para a recepção das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas, paralelas e vizinhas ao meio-fio (Figura 35).

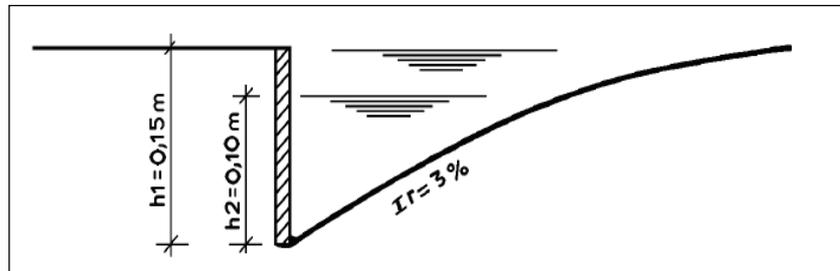


Figura 35 – Seção tipo de sarjetas (SILVEIRA, 2002)

Critérios para o diagnóstico:

- Ideal:

Bocas-de-lobo: Localizadas um pouco à montante das esquinas, se possível anteriores à faixa de pedestres, respeitando as questões topográficas. Espaçamento de, no máximo, 80 m entre elas.

Sarjetas: Calha de água de formatação de acordo com a seção tipo ideal, e que aparentemente suporte as vazões das águas pluviais.

Poços de visita: Possibilitam a inspeção e limpeza de suas tubulações, com facilidade. Espaçamento entre 120 e 180 m.

- Suficiente:

Bocas-de-lobo: Cumprem seu papel de captar a vazão das águas pluviais, mas sua localização, tipo ou espaçamento estão aquém do ideal.

Sarjetas: Cumprem o papel de conduzir as águas superficiais, mas apresentam seções fora daquelas consideradas ideais.

Poços de visita: Cumprem seu papel em relação ao desempenho de suas funções de maneira aceitável. Espaçamento maior que 180 m.

➤ Insuficiente:

Bocas-de-lobo: Quando não cumprem o propósito de absorver a vazão das águas pluviais.

Sarjetas: Não conseguem, por qualquer razão, cumprir o papel de conduzir as águas superficiais.

Poços de visita: Não conseguem desempenhar seu papel de possibilitar a inspeção e limpeza de suas tubulações.

A classificação da drenagem superficial deve ser anotada na Planilha 2, juntamente com o croqui de drenagem superficial e o corte transversal da pista.

4.2.2 Tráfego

A realização de um estudo de tráfego, de modo geral, implica na realização de contagens classificatórias e campanha de pesagem dos veículos circulantes nas vias. O critério desenvolvido neste trabalho pretende estabelecer a expectativa futura de solicitação no pavimento avaliado, exercida pelos veículos comerciais.

Para as aplicações iniciais propõe-se que sejam adotados os critérios da Instrução de Projeto - (IP-2) da Prefeitura Municipal de São Paulo, mas não se fazendo pesagens. A contagem dos veículos é realizada através do preenchimento da planilha 3 (apresentadas no anexo D desta dissertação).

A partir da contagem do VDM_C , faz-se o cálculo do número equivalente de operações acumuladas durante o período de projeto para o eixo rodoviário padrão (N_p). O valor de N_{ANO} é pré-requisito para o cálculo do N_p , e é dado por:

$$N_{ANO} = VDM_C \times F_V \times 365 \times Fr \quad (5)$$

onde ,

VDM_C = Volume Diário Médio de caminhões e ônibus;

F_V = Fator de veículo;

Fr = Fator climático regional. O Manual de Pavimentação do DNIT (2006) recomenda adotar $Fr = 1$.

Em relação aos fatores de veículo a serem adotados propõe-se que, num primeiro momento, sejam utilizados aqueles derivados do estudo da *AASHTO ROAD TEST* e apresentados a seguir:

| | |
|-------------------------------|--------------|
| Veículos com 2 eixos: | $F_V = 0,51$ |
| Veículos com 3 eixos: | $F_V = 2,24$ |
| Veículos com 4 eixos: | $F_V = 1,26$ |
| Veículos com 5 eixos: | $F_V = 11,1$ |
| Veículos com 6 eixos ou mais: | $F_V = 8,34$ |

De posse do N_{ANO} , calcula-se o valor de N_p , para um período de projeto estabelecido (geralmente 10 ou 12 anos), admitindo-se uma taxa anual para o crescimento do tráfego. Com o valor de N_p , pode-se então classificar o tráfego da via de acordo com os critérios propostos na Figura 12, onde é comparado com o valor do N .

4.3 AVALIAÇÃO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS URBANOS

Foi concebido através da observação das principais metodologias de avaliação de pavimentos existentes, tanto no âmbito rodoviário quanto no urbano. O produto desta pesquisa buscou a elaboração de uma metodologia mais direta e simplificada e que viesse ao encontro das particularidades dos pavimentos urbanos.

A metodologia desenvolvida inclui a realização de um LVC para superfície do pavimento, onde um engenheiro deverá percorrer a superfície, com o propósito de extrair as seguintes informações:

- O registro dos defeitos de superfície;
- A atribuição de um conceito (nota) à condição geral do pavimento, utilizando a escala do PSR da AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).
- A atribuição de uma nota que deva traduzir a condição funcional do pavimento, denominada PSI_{QI}, no que se refere ao conforto e segurança apresentados pelo pavimento. Também, para este caso, será utilizada a escala do PSR da AASHTO. Esta nota é baseada nos critérios adotados por Zimmerman et al., (1994) e pelas observações prévias de campo.
- Estabelecimento da classificação da drenagem superficial do pavimento avaliado.
- Registros fotográficos para a formação de um banco de dados de cada trecho do pavimento avaliado.

4.3.1 Superfície de avaliação

Para efeito de aplicação da metodologia considera-se como a Superfície de Avaliação (SA) o trecho compreendido entre a confluência de duas ruas paralelas e consecutivas ou o espaço de um quarteirão (em torno de 80 a 160m) (Figura 36).

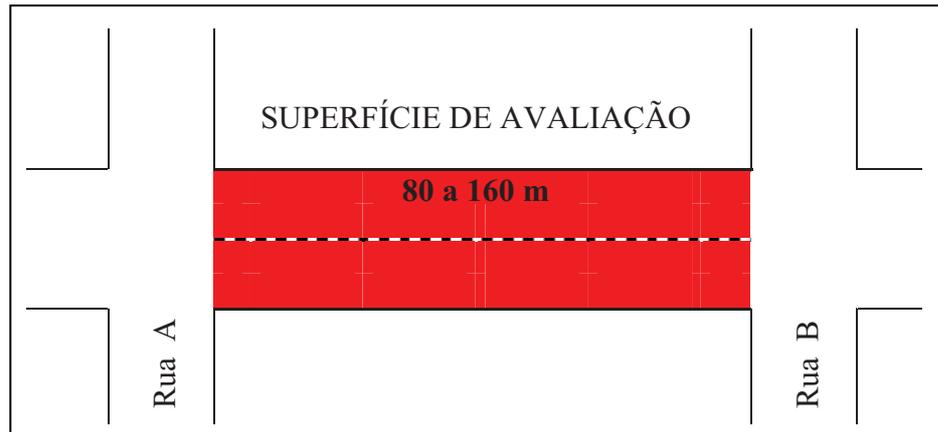


Figura 36 – Superfície de Avaliação

4.3.2 Avaliação subjetiva dos pavimentos – Determinação do PSR e do PSI_{QI}

A atribuição da nota referente ao PSR é baseada na adaptação dos procedimentos propostos por Gonçalves et al., (2004). Esta leva em consideração as condições de deterioração da superfície observada, de acordo com os valores de referência apresentados a seguir (Figura 37):

- PSR = 5 : Pavimento perfeito.
- PSR = 4,5 : Pavimento em condição excelente, praticamente isento de defeitos capazes de afetar a sua condição estrutural ou funcional, de modo a não exigir quaisquer intervenções.
- PSR = 4 : Pavimento em condições muito boas, com mínimos problemas referentes à sua condição funcional.
- PSR = 3,5 : Pavimento em bom estado de conservação. Presença de poucos defeitos, cuja extensão e severidade afetam pouco a condição funcional ou estrutural, de modo que se possa atribuir uma vida restante ao pavimento. Intervenções de conservação, de caráter corretivo ou preventivo, são cabíveis.
- PSR = 3 : O estado de conservação deste pavimento se encontra entre o bom e o regular. Presença de defeitos cujos níveis de serventia e extensão afetam moderadamente as condições funcionais e estruturais do pavimento.
- PSR = 2,5 : Nesta fase o pavimento pode requerer restauração, pois os defeitos existentes ocorrem em níveis de serventia e extensão capazes de afetar sensivelmente a condição estrutural e funcional do pavimento. O conforto ao rolamento pode estar chegando a níveis inaceitáveis.

- $PSR = 2$: O pavimento requer intervenção imediata, sendo o momento mais apropriado para sua restauração.
- $PSR = 1,5$: Nesta fase, o pavimento já ultrapassou o momento ideal para restauração, a ponto de requerer reconstrução parcial ou total.
- $PSR \leq 1$: A deterioração está tão acentuada que não há qualquer viabilidade técnica para sua restauração, devendo o pavimento ser reconstruído. A segurança do usuário está comprometida. Tráfego prejudicado por ter que reduzir drasticamente a velocidade.

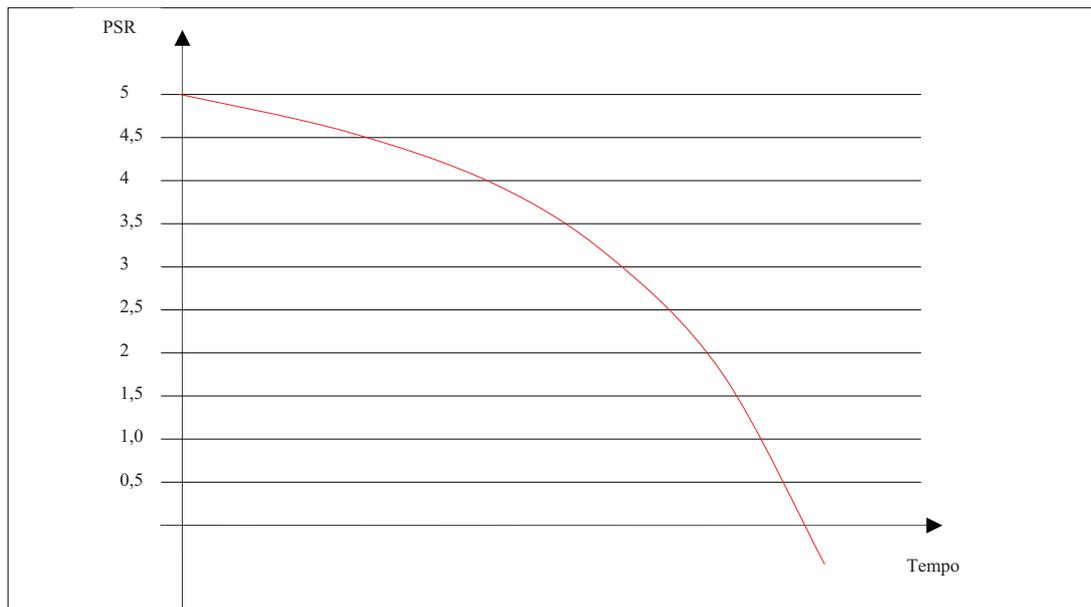


Figura 37 – Variação do PSR ao longo do tempo

Com relação à determinação da nota do PSI_{QI} , o grau da condição funcional também deverá ser representado por fases (Figura 38):

- $PSI_{QI} = 5$: Pavimento perfeito no que se refere ao conforto ao rolamento.
- $PSI_{QI} = 4,5$: O conforto ao rolamento se dá de maneira muito suave.
- $PSI_{QI} = 4$: O conforto ao rolamento se dá de maneira suave. As condições da superfície são muito boas, apresentando apenas pequenos problemas funcionais em área isoladas.
- $PSI_{QI} = 3,5$: O conforto ao rolamento, apesar de bom, começa a sofrer problemas pontuais, como a presença de trincamentos de severidade aceitável ou a presença de desintegrações do revestimento asfáltico, como pequenas panelas, desgaste superficial ou até a presença de remendos de severidade aceitável.

- $PSI_{QI} = 3,0$: O pavimento passa a apresentar deformações plásticas e trincamentos de severidades toleráveis, ainda que na maioria das vezes em baixas extensões. Pode-se verificar a presença de remendos e intervenções nas redes subterrâneas, interferindo no conforto ao rolamento.
- $PSI_{QI} = 2,5$: Nesta fase, a trafegabilidade já está bastante prejudicada, devido à deterioração acentuada do pavimento. Dificilmente trafega-se sem desviar de buracos e remendos de severidade tolerável, ou sem reduzir a velocidade durante o trajeto. A presença de remendos e intervenções nas redes subterrâneas passam a interferir substancialmente no conforto ao rolamento.
- $PSI_{QI} = 2$: A superfície do pavimento apresenta zonas em que não se distinguem quantos ou quais são os defeitos de superfície. Neste limite é visível que o pavimento já carece de intervenções de restauração.
- $PSI_{QI} = 1,5$: O conforto ao rolamento está ruim. O trincamento por fadiga é severo e as deformações plásticas estão presentes em quase a totalidade da via.
- $PSI_{QI} < 1,5$: Neste intervalo, a condição do tráfego no pavimento é muito ruim.

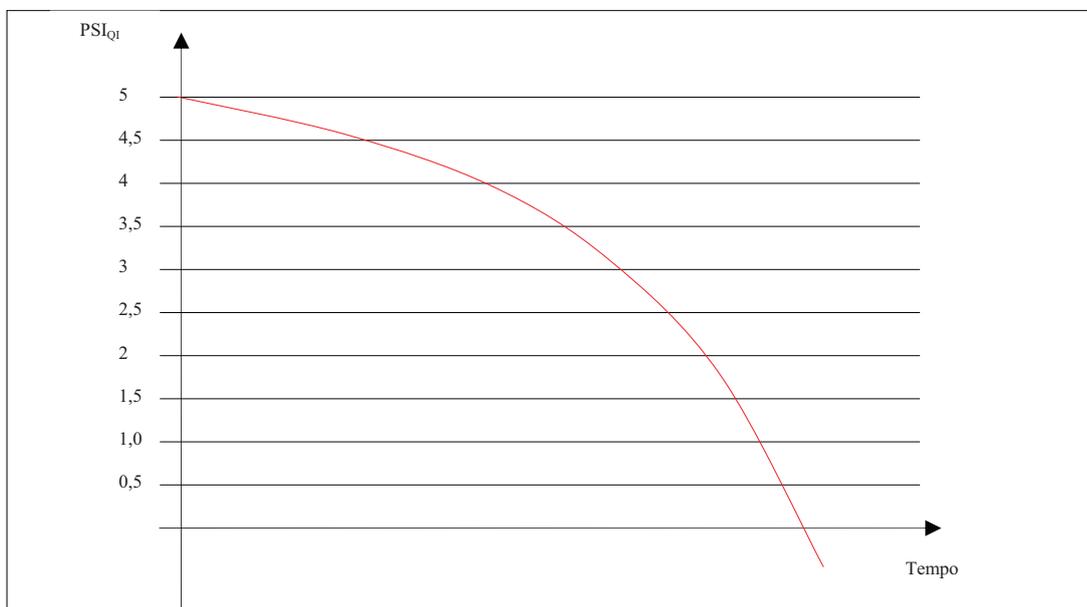


Figura 38 – Variação da condição funcional de um pavimento - PSI_{QI}

4.3.3 Defeitos de superfície

A avaliação através dos defeitos de superfície serve como complemento da avaliação subjetiva dos pavimentos urbanos. Nesta etapa foram desenvolvidos os critérios de classificação destes defeitos, de acordo com sua extensão e severidade, além de registros fotográficos (Figuras 39 a 58). É proposta a idéia de localizar, em croqui, o lugar exato onde os defeitos estão presentes. Para quantificação dos defeitos de superfície foi utilizada a metodologia adaptada de Gonçalves et al. (2004), desenvolvida para pavimentos rodoviários.

Nos pavimentos com revestimento asfáltico, cada tipo de defeito a ser registrado é categorizado em 3 níveis de severidade, conforme o grau de comprometimento da condição estrutural e funcional induzidos pelo defeito, devido a sua presença. Estes níveis de severidade são:

- 1 ==> aceitável
- 2 ==> tolerável
- 3 ==> intolerável

O nível 1 corresponde ao defeito em sua condição inicial de aparecimento. O nível 2 indica que se deve esperar velocidades progressivamente crescentes de aumento da severidade e da extensão do defeito. O nível 3 está associado a um grau de severidade onde uma intervenção imediata se faz necessária a fim de evitar danos à estrutura do pavimento e/ou ao usuário.

A cada registro de presença de um determinado tipo de defeito, na severidade que for predominante, deverá ser anotada, também, a extensão com que este se manifesta, utilizando-se os seguintes níveis:

- A ==> alta
- M ==> média
- B ==> baixa

As definições exatas de severidade e de extensão são específicas para cada tipo de defeito. Os defeitos considerados são:

CATEGORIA 1: Trincamento

- Trincamento por fadiga (TF)
- Trincamento em bloco (BL)
- Trincamento por reflexão (TR)
- Trincas transversais (TT)
- Trincas longitudinais (TL)
- Trincas de escorregamento (TE)
- Trincas de bordo (TB)

CATEGORIA 2: Desintegração

- Panelas (P)
- Desgaste (D)
- Desagregação superficial (DS)
- Erosão de bordo (EB)
- Bombeamento de finos (BF)
- Desplacamento de capa selante (DC)
- Remendos (R)

CATEGORIA 3: Deformações

Generalizadas:

- Afundamentos em trilha de roda (ATR)
- Corrugações (COR)

Localizadas:

- Escorregamento de Massa (EM)
- Depressões (DP)
- Expansão localizada (EL)
- Zona Mista (ZM)

Os defeitos que porventura não se enquadrem na relação acima, deverão ser anotados, separadamente, apenas quando comprometam seriamente a condição estrutural e/ou funcional do pavimento (ex: exsudação de água através de trincas, exsudação de asfalto, segregação em tratamentos superficiais, etc).

➤ Trincamento por Fadiga (TF)



Figura 39 – Trincamento por Fadiga

Consiste em trincamento associado à repetição das cargas do tráfego, razão pela qual se concentram nas trilhas de roda. Formam pequenos polígonos de lados não paralelos.

Em termos de severidade:

Severidade 1: fissuras capilares isoladas ou com pouca interconexão, localizadas nas trilhas de roda e sem erosão nos bordos das trincas;

Severidade 2: trincas de pequena abertura (menos de 2 mm) interconectadas em polígonos, com pouca ou nenhuma erosão nos bordos;

Severidade 3: os polígonos delimitam pedaços bem definidos do revestimento, com erosão nos bordos das trincas, e podendo apresentar deslocamentos.

Em termos de extensão:

Alta: mais de 50% da área das trilhas de roda é ocupada pelo trincamento;

Média: entre 10 e 50% da área das trilhas de roda é ocupada pelo trincamento;

Baixa: menos de 10% da área das trilhas de roda é ocupada pelo trincamento.

É comum que dois ou três níveis de severidade coexistam dentro de uma mesma área. Esses diferentes níveis devem ser anotados separadamente apenas se visualmente for possível separá-los. Caso contrário, toda a área que estiver trincada deverá ser registrada como se apenas o nível de severidade mais elevado estivesse presente.

➤ Trincamento em Bloco (BL)



Figura 40 – Trincamento em Bloco

Consiste em trincas interconectadas, formando uma série de grandes polígonos, causados principalmente pela retração do revestimento asfáltico e das bases, devido à variação dos teores de umidade ao longo do pavimento.

Em termos de severidade:

Severidade 1: as trincas têm abertura menor que 1 mm;

Severidade 2: as trincas têm abertura maior que 1 mm e menor que 3 mm, sem erosão nos bordos;

Severidade 3: as trincas não atendem aos requisitos para as severidades nível 1 e 2.

Em termos de extensão:

Alta: mais de 50% da extensão do segmento conta com a presença de trincas;

Média: entre 10 e 50% da extensão do segmento conta com a presença de trincas;

Baixa: menos de 10% da extensão do segmento conta com a presença de trincas.

➤ Trincas por Reflexão (TR)



Figura 41 – Trincamento por Reflexão

Trincamento que aparece no revestimento asfáltico, provindo das camadas inferiores do pavimento. Nos pavimentos urbanos é muito comum revestimentos asfálticos estarem assentados sobre pavimentos de pedras irregulares.

Em termos de severidade:

Severidade 1: as trincas têm abertura menor que 1 mm;

Severidade 2: as trincas têm abertura maior que 1 mm e menor que 3 mm, sem erosão nos bordos;

Severidade 3: as trincas não atendem aos requisitos das severidades dos níveis 1 e 2.

Em termos de extensão:

Alta: mais de 50% da extensão do segmento conta com a presença de trincas;

Média: entre 10 e 50% da extensão do segmento conta com a presença de trincas;

Baixa: menos de 10% da extensão do segmento conta com a presença de trincas.

➤ Trincas Transversais (TT)



Figura 42 – Trincamento Transversal

São trincas aproximadamente perpendiculares ao eixo da pista. Sua origem pode estar na reflexão de juntas ou trincas subjacentes (devido a movimentação térmica e ou cargas do tráfego) ou no trincamento por retração da própria camada asfáltica.

Em termos de severidade:

Severidade 1: trinca com abertura menor que 3 mm;

Severidade 2: trinca não selada com abertura entre 3 e 6 mm;

Severidade 3: trinca de abertura maior que 6 mm.

Em termos de extensão:

Alta: mais de 6 trincas por 30 m;

Média: entre 3 e 6 trincas por 30 m;

Baixa: menos de 3 trincas por 30 m.

➤ Trincas Longitudinais (TL)



Figura 43 – Trincamento Longitudinal

São trincas aproximadamente paralelas ao eixo da pista e afastadas de seus bordos. São geralmente causadas por reflexão de trincas ou juntas de camadas subjacentes ao revestimento, pela diferença da rigidez entre os dois lados da trinca ou até pela má execução da junta do revestimento asfáltico.

Em termos de severidade, classificam-se da mesma forma que as trincas transversais.

Em termos de extensão:

Alta: extensão total maior que 150 m dentro de um segmento com 30 m de extensão;

Média: extensão total entre 60 m e 150 m dentro de um segmento de 30 m;

Baixa: extensão total menor que 60 m dentro de um segmento de 30 m.

➤ Trincas de Escorregamento (TE)



Figura 44 – Trincas de Escorregamento

São trincas em formato de meia-lua ou parabólica, produzidas quando veículos sob frenagem, aceleração ou mudança de direção, exercem tensões tangenciais à sua direção.

Os critérios para extensão e severidade são os mesmos do trincamento em bloco.

➤ Trincas de Bordo (TB)



Figura 45 – Trincas de bordo

São trincas próximas aos bordos do pavimento, em geral paralelas ao eixo. Podem ser causadas por deficiência da espessura do revestimento ou por alguma outra deficiência

localizada como, por exemplo, o excesso de umidade nas camadas subjacentes ao revestimento, quando os acostamentos não são revestidos.

Em termos de severidade e de extensão, classificam-se como as trincas longitudinais.

➤ Painelas (P)



Figura 46 – Painelas

São buracos (usualmente com menos de 90 cm de diâmetro) produzidos pela abrasão do tráfego em áreas onde o revestimento se dividiu em pequenos pedaços. As painelas podem ter origem nas áreas com trincamento por fadiga de alta severidade, por deficiência da mistura asfáltica do revestimento, ou devido a pontos localizados de enfraquecimento estrutural nas camadas de base e /ou subleito.

Seus níveis de severidade estão apresentados no Quadro 14:

| Profundidade Média | Diâmetro < 20 cm | 20 < Diâmetro < 45 cm | Diâmetro > 45 cm |
|----------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| Prof. < 2,5 cm | 1 | 1 | 2 |
| 2,5 < Prof. < 5,0 cm | 1 | 2 | 3 |
| Prof. > 5,0 cm | 2 | 2 | 3 |

Quadro 14 – Níveis de Severidade

A sua extensão é quantificada por:

Alta: mais de 5 panelas por SA;

Média: entre 2 e 5 panelas por SA;

Baixa: menos de 2 panelas por SA.

➤ Desgaste (D)



Figura 47 – Desgaste

É o aumento gradual da textura superficial do revestimento, sujeito ao arrancamento dos agregados, quando em severidade elevada.

Em termos de severidade:

Severidade 1: Os agregados começam a ficar expostos, devido à perda de ligante. A textura superficial começa a se tornar um pouco mais rugosa que uma superfície nova;

Severidade 2: Grande parte dos agregados mais graúdos aparecem expostos na superfície, dos quais poucos são arrancados. Não há polimento de agregados e a textura superficial é rugosa;

Severidade 3: A desagregação (arrancamento de agregados da superfície) se torna preocupante em termos de segurança para os usuários da rodovia, de modo que a resistência à derrapagem começa a se tornar um item preocupante. A textura superficial é bastante rugosa. Trata-se de um fenômeno comum, a ser esperado em revestimentos cuja idade é avançada e/ou que tenham sido submetidos a tráfego acumulado significativo de veículos. É comum o aparecimento de agregados polidos na superfície do pavimento.

A sua extensão é avaliada por:

Alta: mais de 50% da área é afetada pelo defeito;

Média: entre 10 e 50% da área é afetada pelo defeito;

Baixa: menos de 10% da área é afetada pelo defeito.

➤ Desagregação Superficial (DS)



Figura 48 – Desagregação Superficial

Perda progressiva de agregados do revestimento, a partir da superfície, sob a ação da passagem das rodas dos veículos. Ocorre em misturas asfálticas onde há deficiência de ligante ou onde o asfalto foi super-oxidado durante a usinagem. Manifesta-se, em geral, pouco tempo após a abertura ao tráfego.

A sua severidade não é avaliada.

A extensão é medida da mesma forma que no caso do desgaste.

➤ Erosão de Bordo (EB)



Figura 49 – Erosão de Bordo

Consiste, em geral, do resultado último das trincas de bordo de severidade 3, quando nenhuma intervenção é aplicada. Não se registra sua severidade, mas apenas sua extensão, de acordo com:

Alta: mais de 50% da extensão do segmento conta com a presença do defeito;

Média: entre 10 e 50% da extensão do segmento conta com a presença do defeito;

Baixa: o defeito está presente em menos de 10% da extensão do segmento.

➤ Bombeamento de Finos (BF)



Figura 50 – Bombeamento de Finos

Pode ocorrer ao longo de trincas, em geral no padrão do trincamento por fadiga ou de reflexão. Consiste da ejeção de misturas de água, argila ou silte, e pode ser observado mais

nitidamente durante ou imediatamente após chuvas intensas, podendo não ser observável nas estações secas.

Não se avalia a sua severidade, mas apenas a sua extensão, de acordo com:

Alta: presente em mais de 50% da área trincada;

Média: presente entre 10 e 50% da área trincada;

Baixa: presente em menos de 10% da área trincada.

➤ Deslocamento de Capa Selante (DC)



Figura 51 – Deslocamento da Capa Selante

Defeito comum em Lama Asfáltica, após certa idade ou tráfego acumulado. As variações térmicas diárias têm um importante papel em acelerar este fenômeno, além de problemas na homogeneidade da mistura asfáltica que foi aplicada sobre o revestimento. O tráfego é o agente que aciona o deslocamento.

Não se avalia sua severidade, apenas sua extensão, de acordo com:

Alta: defeito ocorre em mais de 50% da extensão do segmento;

Média: defeito está presente entre 10 e 50% da extensão do segmento;

Baixa: defeito ocorre em menos de 10% da extensão do segmento.

➤ Remendos(R)



Figura 52 – Remendos

Um remendo consiste de um reparo aplicado a uma área localizada do pavimento. Deve ser considerado um defeito, independentemente de seu desempenho, na medida em que uma área remendada e/ou a área do pavimento no seu entorno não se comportam, em geral, tão bem quanto uma seção de pavimento original. Embora a sua execução leve a uma redução da irregularidade do pavimento, em relação à condição inicial, os próprios remendos introduzem certos níveis de irregularidade, em função da qualidade de sua execução.

Em termos de severidade:

Severidade 1: O remendo se encontra em boas condições e sua presença introduz pouca ou quase nenhuma irregularidade ao segmento avaliado;

Severidade 2: O remendo se encontra um pouco deteriorado e/ou sua presença introduz irregularidade significativa ao segmento avaliado;

Severidade 3: O remendo se encontra severamente deteriorado e/ou introduz muita irregularidade ao segmento avaliado. Requer substituição imediata.

Em termos de extensão:

Alta: os remendos ocupam mais de 50% da área do pavimento;

Média: os remendos ocupam entre 10 e 50% da área do pavimento;

Baixa: os remendos ocupam menos de 10% da área do pavimento.

Observações:

1) Caso um único remendo apresente áreas com diferentes severidades, cada uma delas deve ser considerada em separado.

2) Não devem ser registrados os defeitos porventura existentes dentro das áreas dos remendos.

3) Se uma grande porção do segmento é ocupada por um longo remendo, deve-se analisar a necessidade ou conveniência de se considerar essa área como um novo sub-trecho Homogêneo.

➤ Afundamento em Trilha de Roda (ATR)



Figura 53 – Afundamento em trilha de rodas

Depressão longitudinal localizada nas trilhas de roda. Trata-se de uma deformação permanente do pavimento, devido à ação repetida e canalizada das cargas do tráfego, que produzem deformações de consolidação volumétrica e distorção cisalhante em todas as camadas do pavimento. Elevações ao longo dos lados do afundamento podem ocorrer. Em muitos casos, os afundamentos podem ser observados apenas após uma chuva, ocasião em que há acúmulo de água nas trilhas de roda.

Em termos de severidade:

Severidade 1: afundamento médio entre 6 e 13 mm;

Severidade 2: afundamento médio entre 13 e 25 mm;

Severidade 3: afundamento médio maior que 25 mm.

Em termos de extensão:

Alta: defeito existe em mais de 50% da extensão do segmento;

Média: defeito existe entre 10 e 50% da extensão do segmento;

Baixa: defeito existe em menos de 10% da extensão do segmento.

➤ **Corrugações (COR)**



Figura 54 – Corrugações

Trata-se de uma série de vales e cristas transversais a intervalos regulares, que são causadas pelo tráfego devido a esforços horizontais em rampas ou em locais de frenagem ou aceleração. A mistura asfáltica do revestimento pode não ser resistente o bastante para essas condições mais severas de solicitação, ou a camada de base pode ser instável.

Em termos de severidade:

Severidade 1: afeta pouco o conforto ao rolamento, nas velocidades operacionais da via;

Severidade 2: afeta o conforto ao rolamento nas velocidades operacionais da via, mas não a segurança;

Severidade 3: afeta bastante o conforto ao rolamento e chega a comprometer a segurança do tráfego, de modo que reduções de velocidade se tornam recomendáveis.

Em termos de extensão:

Alta: defeito ocorre em mais de 50% da extensão do segmento;

Média: defeito ocorre entre 10 e 50% da extensão do segmento;

Baixa: defeito ocorre em menos de 10% da extensão do segmento

➤ Escorregamento de Massa (EM)



Figura 55 – Escorregamento de Massa

Formação de ondulações na superfície devido à instabilidade da mistura asfáltica sob as condições climáticas e de tráfego vigentes. Não há um padrão definido, exceto pela tendência de a massa asfáltica ser expulsa pelo tráfego para áreas fora das trilhas de roda. Em termos de severidade e de extensão, podem ser avaliadas da mesma forma que as corrugações.

➤ Depressões (DP)

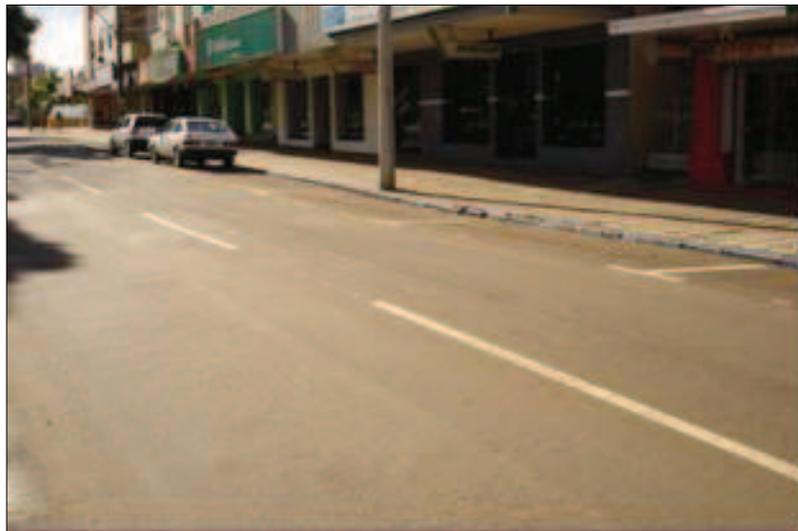


Figura 56 – Depressões

São áreas situadas abaixo da cota do pavimento em seu entorno. São criadas pelo recalque do solo da fundação, ou por deficiências na construção de alguma outra camada, podendo já existir desde a construção. Causam alguma irregularidade ao pavimento.

Em termos de severidade:

Severidade 1: afundamento máximo é menor que 25 mm. Em muitos casos, pode ser notada apenas após uma chuva, quando a água retida forma uma "banheira de passarinho";

Severidade 2: afundamento máximo está entre 25 e 50 mm;

Severidade 3: afundamento máximo acima de 50 mm.

Em termos de extensão:

Alta: mais de 3 depressões por SA;

Média: entre 1 a 3 depressões por SA;

Baixa: menos de 5 depressões por km.

➤ Expansão Localizada (EL)



Figura 57 – Expansão Localizada

Levantamento localizado da superfície do pavimento, formando uma onda de comprimento em geral maior que 3 m, causado por solo expansivo ou por distorção da estrutura produzida pela ação do tráfego no caso de um pavimento com uma ou mais camadas apresentando resistência muito baixa. Pode ser ou não acompanhada por trincamento.

Em termos de severidade e de extensão, utilizam-se os parâmetros já apresentados para as corrugações.

➤ Zona Mista (ZM)



Figura 58 – Zona mista

Área do pavimento onde coexistem dois ou mais defeitos de superfície sem, contudo, conseguir distingui-los. Na maioria dos casos, deformações plásticas se fazem presentes juntamente com processos de degradação e com ações de trincamento. Em termos de severidade e de extensão, podem ser avaliadas da mesma forma que as corrugações.

4.4 DIAGNÓSTICO DOS PAVIMENTOS URBANOS

O diagnóstico para os pavimentos urbanos visa estabelecer quais medidas de manutenção são necessárias para controlar os mecanismos de deterioração dos pavimentos. Para isto, são necessárias análises profundas dos critérios de avaliação, bem como o processamento dos dados coletados nas planilhas de campo.

Durante a etapa de coleta de dados obtém-se a classificação da via e seu tráfego, além do diagnóstico da drenagem superficial. Ainda, através das avaliações subjetivas, levantam-se as notas PSR e PSI_{QI} , que representam, respectivamente, a condição geral do pavimento e a sua condição funcional.

No escopo do trabalho, merece destaque o minucioso levantamento dos defeitos de superfície, que mensura sua severidade e extensão e registra, de forma gráfica (fotografias), os principais problemas na superfície do pavimento. Do complemento do diagnóstico fazem

parte a análise dos aspectos geométricos da via, coletados de maneira visual e em forma de croqui.

Como aspecto central do diagnóstico, as informações coletadas em campo são submetidas a árvores de decisão, com o objetivo de encaminhar soluções prévias de manutenção para os pavimentos.

4.4.1 Diagnóstico da condição funcional

Compreende os aspectos relacionados às questões que afetam mais diretamente ao usuário da via urbana, na forma de conforto ao rolamento, o qual é função de acúmulos de deformações plásticas no pavimento e na segurança do próprio usuário, refletida pela resistência ao atrito em pista molhada. O indicador utilizado para mensurar estas características é o PSI_{QI} , abordado no item 4.3.2 deste trabalho.

4.4.2 Diagnóstico dos defeitos de superfície

A partir do LVC acerca dos defeitos de superfície apresentados pelos pavimentos urbanos, é possível responder previamente a uma grande quantidade de informações:

- Tipos de defeitos de superfície apresentados pelo pavimento;
- Extensão e severidade destes defeitos;
- Se o pavimento apresenta problemas como desgaste, exsudação ou bombeamento de finos;
- Se o pavimento possibilita a elevação de sua cota, com vista a um possível recapeamento;
- Se existem interferências das redes do serviço público na qualidade do pavimento;
- Se existe alguma outra interferência imprevista, como a presença de raízes de árvores oriundas dos passeios ou canteiros centrais e que ajudam na deterioração.

Estas informações, contudo, são insuficientes para o estabelecimento de um diagnóstico definitivo. Algumas considerações devem ser adicionadas, buscando a possibilidade de correlacionar os defeitos de superfície apresentados com as possíveis medidas de manutenção requeridas pelo pavimento.

4.4.3 PSI_{IDS}

O estabelecimento de um índice que represente as condições da superfície para os pavimentos é de importância fundamental, na medida em que simplifica sua correlação com as possíveis soluções de manutenção. Para representar estas condições, será calculado o PSI_{IDS} (PEREIRA, 1979), de acordo com a seguinte expressão:

$$PSI_{IDS} = \frac{309,22 - 0,616 \times IDS}{61,844 + IDS} \quad (6)$$

O valor do PSI_{IDS} está relacionado com o inventário dos defeitos de superfície que o pavimento avaliado apresenta e é obtido pelo preenchimento, em campo, da Planilha 1. Deve representar a condição do pavimento sob o âmbito restrito dos defeitos de superfície, com valor “5” para pavimentos perfeitos e “0” para pavimentos totalmente deteriorados. O cálculo do Índice de Defeitos de Superfície (IDS) é pré-requisito para o cálculo do PSI_{IDS} e é representado pela equação a seguir:

$$IDS = \sum_{i=1}^n f_{pi} \times f_{1i} \times f_{2i} \quad (7)$$

onde,

n = número de tipos de defeitos existentes na superfície de avaliação (SA);

f_{pi} = fator de ponderação, estabelecido de acordo com o tipo de defeito;

f_{1i} = fator relativo à extensão do segmento atingida pelo defeito i ;

f_{2i} = fator relativo à severidade do defeito i .

Os parâmetros dos Quadros 15 e 16 foram atribuídos com base numa generalização da metodologia do Índice de Gravidade Global – IGG.

| TIPO DE DEFEITO | f_p |
|-----------------------------|-------|
| TRINCAS | 0.7 |
| DEF. PLÁST | 1 |
| DESINTEGRAÇÃO | – |
| Desgaste Exudação | 0.3 |
| Desp. Capa Sel. Remendos | 0.6 |
| Panelas Erosão bordo | 1 |

| EXTENSÃO | f_1 | SEVERIDADE | f_2 |
|----------|-------|-------------|-------|
| ALTA | 75 | ACEITÁVEL | 0.8 |
| MÉDIA | 30 | TOLERÁVEL | 1 |
| BAIXA | 5 | INTOLERÁVEL | 1.2 |

Quadros 15 e 16 – Fatores de ponderação

4.4.4 PSR

O valor do PSR representa o grau atual de deterioração geral da superfície do pavimento avaliado. Em conjunto com o PSI_{IDS} , estabelece um paralelo bastante importante entre o diagnóstico dos defeitos de superfície e as medidas corretivas para estes defeitos.

4.4.5 PSI

O estabelecimento do PSI (*Present Serviceability Index* ou Índice de Serventia Atual do pavimento), é produto da ponderação entre PSR, PSI_{QI} e PSI_{IDS} , representado na equação 8. O valor do PSI varia de "5", para pavimentos perfeitos, a "0", para pavimentos totalmente deteriorados. É composto por um misto de três fatores, da seguinte maneira:

$$PSI = \frac{PSR + PSI_{IDS} + PSI_{QI}}{3} \quad (8)$$

4.4.6 Árvores de decisão

Como medida complementar na busca do diagnóstico para a condição dos pavimentos urbanos, permitindo a realização de inferências acerca das necessidades de manutenção requeridas, foram utilizadas adaptações das árvores de decisão propostas por Gonçalves (1997) que, municiadas pelos dados coletados nas Planilhas 1 e 2, propiciam a geração de um diagnóstico (Quadros 17 a 24) para algumas situações complementares como:

A – Potencial para reflexão de trincas

A reflexão está relacionada com o trincamento da camada de recapeamento, devido ao trincamento do pavimento antigo, resultando no reaparecimento na sua superfície. O raciocínio de decisão está representado na Figura 59.

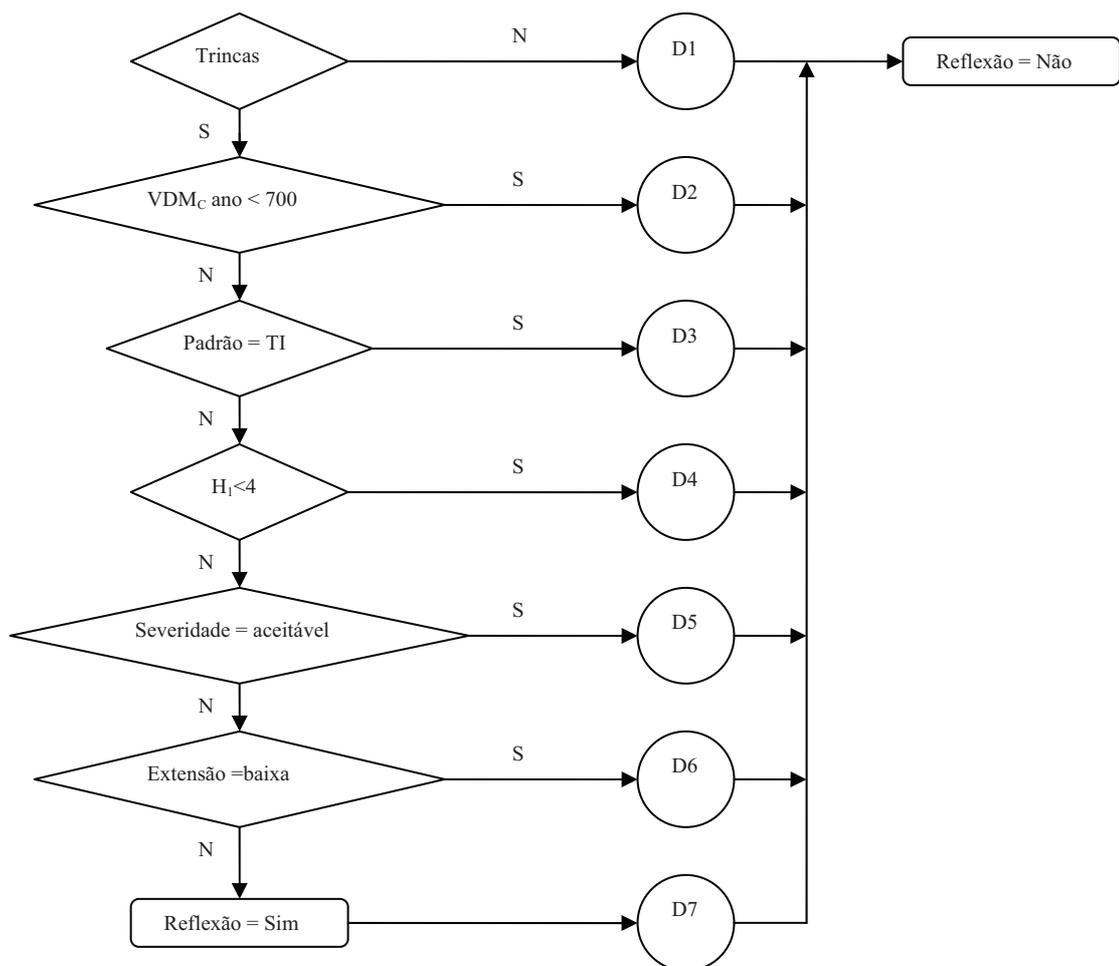


Figura 59 – Verificação do potencial para reflexão de trincas (adaptado de GONÇALVES, 1997)

| DIAGNÓSTICO | |
|-------------|--|
| D1 | A reflexão de trincas não se constitui em problemas para a restauração. |
| D2 | O potencial para reflexão de trincas em uma camada de recapeamento não é elevado por não haver tráfego pesado. |
| D3 | O potencial para reflexão de trincas em uma camada de recapeamento não é elevado principalmente devido ao tipo de trincamento predominante no segmento (trincas isoladas). |
| D4 | O potencial para reflexão de trincas em uma camada de recapeamento não é elevado principalmente devido à espessura do revestimento existente. |
| D5 | O potencial para reflexão de trincas em uma camada de recapeamento não é elevado principalmente devido à severidade das trincas existentes (pequena abertura). |
| D6 | Em princípio, não existem grandes preocupações quanto à reflexão de trincas em uma camada de recapeamento principalmente devido à baixa extensão trincada (menos de 10 %). |
| D7 | O potencial para reflexão de trincas em uma camada de recapeamento é elevado. |

Quadro 17 – Diagnóstico proveniente da Figura 59 (adaptado de GONÇALVES, 1997)

B – Impermeabilização da superfície

A necessidade de impermeabilização da superfície do pavimento é definida a partir da existência ou não de trincas no segmento analisado. Em caso afirmativo, convém identificar a extensão e a severidade do trincamento. A Figura 60 representa o processo de decisão com o propósito de verificar a necessidade de impermeabilizar a superfície do pavimento.

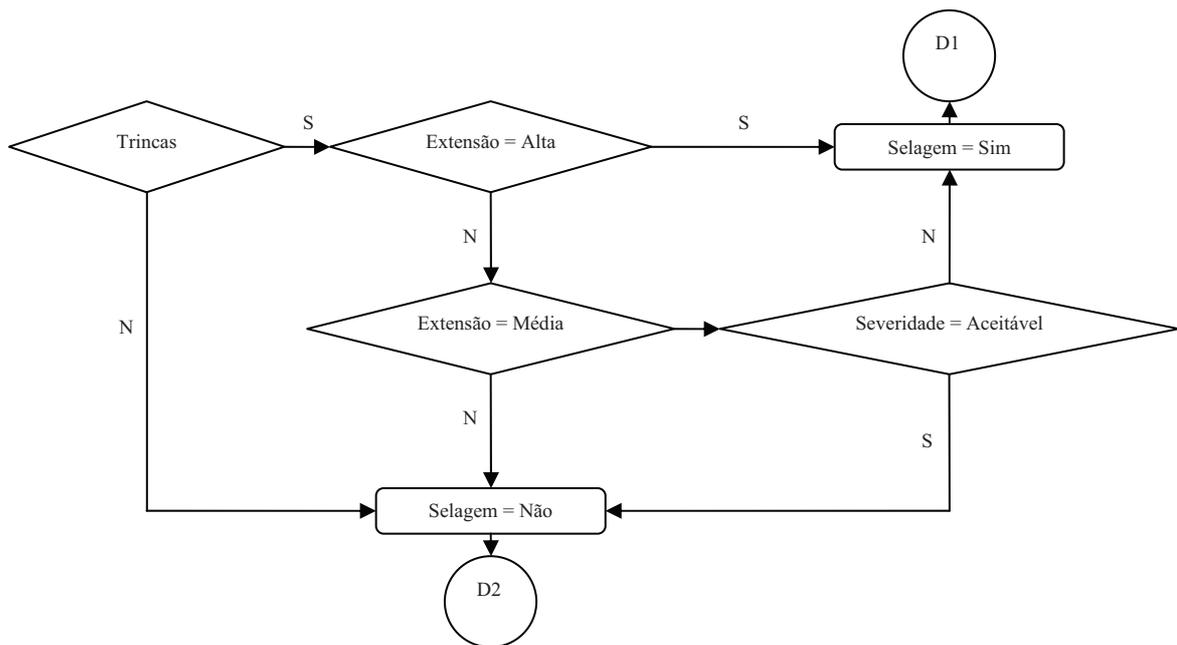


Figura 60 – Verificação da necessidade de impermeabilização da superfície (GONÇALVES, 1997)

| DIAGNÓSTICO | |
|-------------|--|
| D1 | É preciso impermeabilizar a superfície do pavimento. |
| D2 | Não há necessidade de impermeabilizar a superfície do pavimento. |

Quadro 18 – Diagnóstico proveniente da Figura 60 (GONÇALVES, 1997)

C – Regularização devido a deformações plásticas excessivas

A necessidade de regularização do pavimento é estabelecida em função da severidade e extensão das deformações plásticas existentes. O processo de decisão está representado na Figura 61.

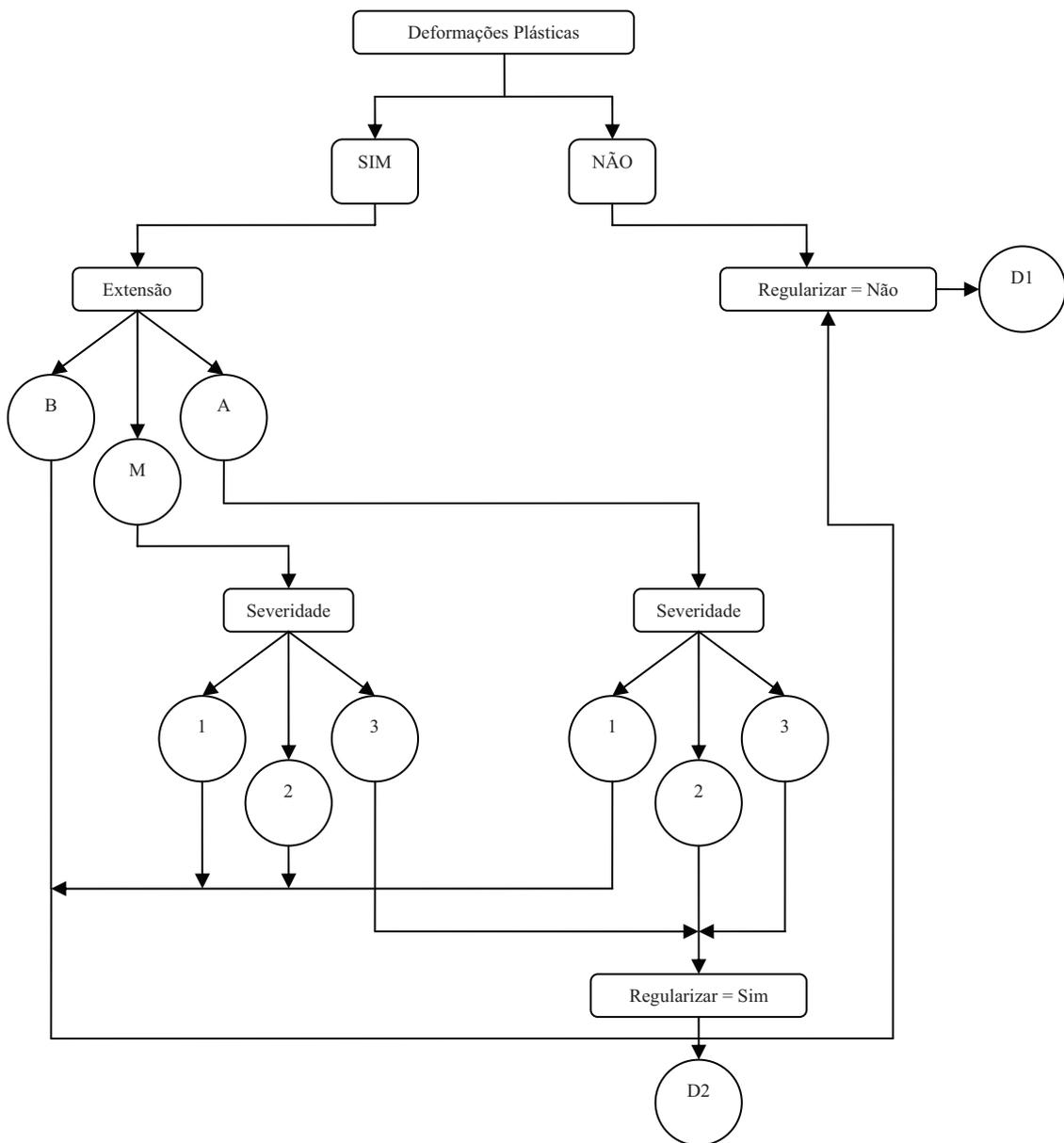


Figura 61 – Verificação da necessidade de regularização devido à presença de deformações plásticas (GONÇALVES, 1997)

| DIAGNÓSTICO | |
|-------------|--|
| D1 | Não há necessidade, em princípio, de se regularizar o pavimento. |
| D2 | Deve ser regularizada a superfície do pavimento. |

Quadro 19 – Diagnóstico proveniente da Figura 61 (GONÇALVES, 1997)

D – Ocorrência da descompactação da base

A busca da verificação dos indícios que permitam inferir sobre a descompactação da base é realizada de acordo com a Figura 62.

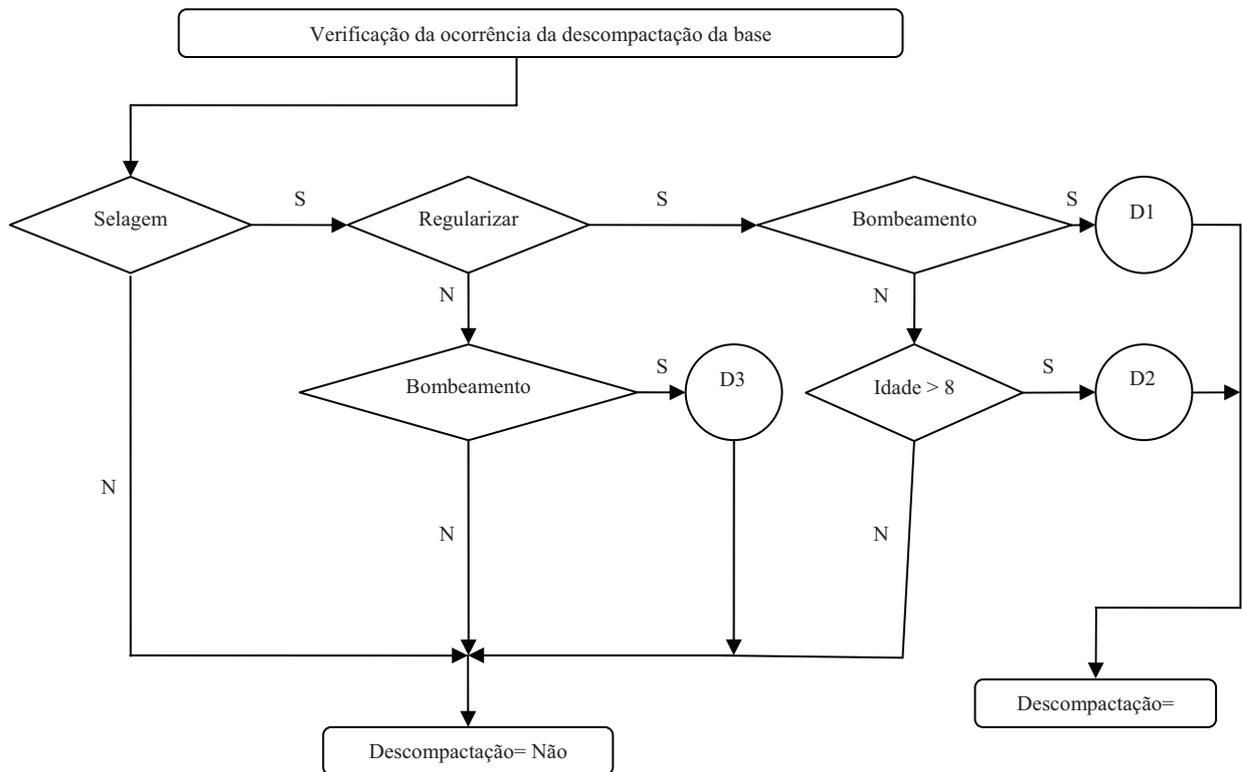


Figura 62 – Verificação da ocorrência da descompactação da base (adaptado de GONÇALVES, 1997)

| DIAGNÓSTICO | |
|-------------|--|
| D1 | A entrada de águas pluviais pelas trincas está comprometendo a capacidade de suporte da camada da base. |
| D2 | A camada de base do pavimento deve ter sido degradada pela prolongada exposição às águas pluviais infiltradas através das trincas. |
| D3 | A entrada das águas pluviais pelas trincas poderá vir a comprometer a capacidade de suporte da base dentro de algum tempo. |

Quadro 20 – Diagnóstico proveniente da Figura 62 (adaptado de GONÇALVES, 1997)

E – Reforço estrutural do pavimento

A verificação da necessidade de reforço estrutural em pavimentos asfálticos, em função do tráfego atuante, é realizada através da verificação dos seguintes parâmetros (Figura 63):

1. Verificação da necessidade de reforço quanto à geração de deformações plásticas:

a) Determinação da espessura total necessária para a proteção do subleito, em termos de material granular, contra as deformações excessivas (GOMES et al., 1988).

$$H_{Tnec} = 9,02 + (0,23 \log_{10} N_p + 0,05) \times \left[\left(7011 / CBR \right) - 234,33 \right]^{1/2} \quad (8)$$

Sendo:

H_{Tnec} = Espessura total necessária;

N_p = Número equivalente de solicitações do eixo padrão de 80 kN;

CBR = Valor do CBR do solo de subleito.

b) Espessura total existente

$$H_{Texist} = 2H_1 + H_g \quad (9)$$

Sendo:

H_{Texist} = Espessura total das camadas existentes;

H_1 = Espessura do revestimento existente;

H_g = Espessura total das camadas granulares.

c) Determinação da espessura de reforço necessária quanto à proteção do subleito em relação à ocorrência de deformações plásticas excessivas:

$$HR_{(DP)} = \frac{HTnec - HTexist}{2} \quad (10)$$

1. Verificação da necessidade de reforço quanto à proteção do revestimento asfáltico para a ocorrência de trincamento por fadiga:

a) Espessura mínima do revestimento:

| N_p^* | $H_{1 \text{ mín}} \text{ (cm)}$ |
|-----------------------|----------------------------------|
| < 50.000 | 2.5 |
| 50.001 – 150.000 | 5.0 |
| 150.001 – 500.000 | 6.4 |
| 500.001 – 2.000.000 | 7.6 |
| 2.000.001 – 7.000.000 | 8.9 |
| > 7.000.000 | 10.2 |

Quadro 21 – Espessura do revestimento em função do N_p^* (AASHTO, 1986)

Sendo:

N_p^* = Número de solicitações do eixo padrão (AASHTO);

$H_{1 \text{ mín}}$ = Espessura mínima do revestimento.

a) Determinação da espessura de reforço necessária

$$H_{R(F)} = H_{1 \text{ mín}} - H_1 \tag{11}$$

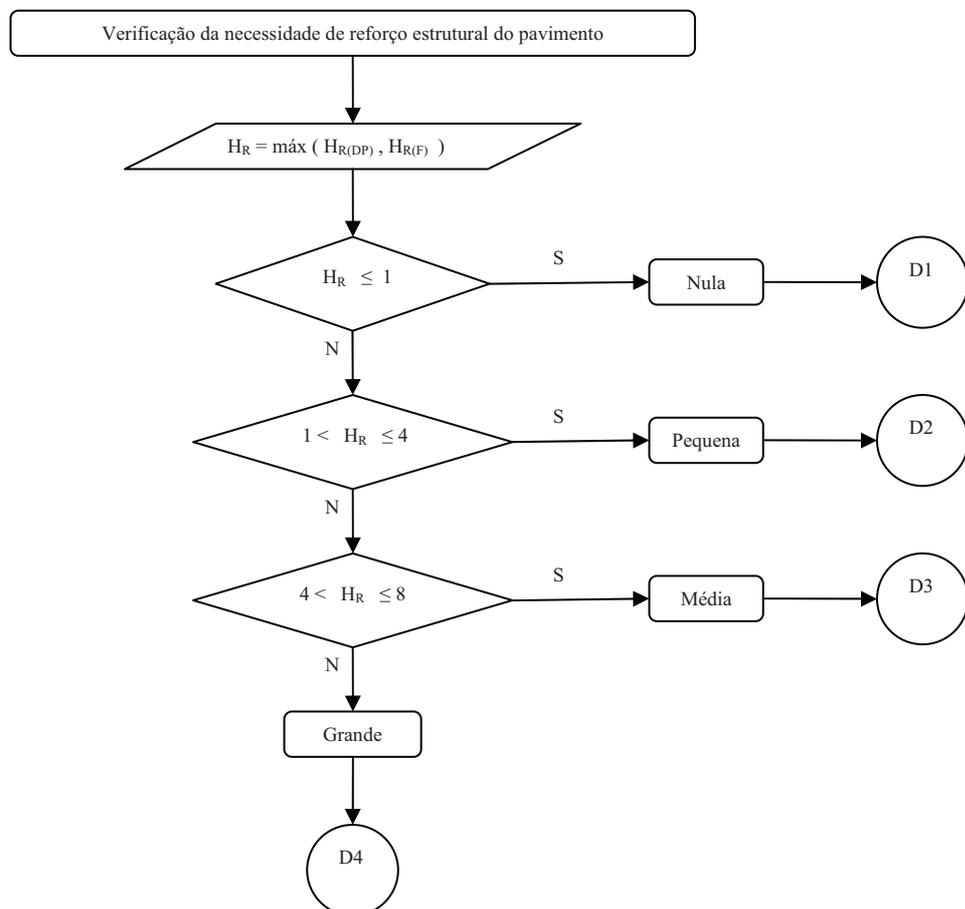


Figura 63 – Verificação da necessidade de reforço estrutural (GONÇALVES, 1997)

| DIAGNÓSTICO | |
|-------------|---|
| D1 | Não há necessidade de reforço estrutural. |
| D2 | Há uma pequena necessidade de reforço estrutural. |
| D3 | Há necessidade de reforço estrutural significativo. |
| D4 | Há uma grande necessidade de reforço estrutural. |

Quadro 22 – Diagnóstico proveniente da Figura 63 (GONÇALVES, 1997)

F – Ocorrência de deficiências construtivas ou de drenagem

O processo que visa permitir o estabelecimento de evidências sobre a probabilidade de encontrar-se deficiências construtivas ou de drenagem no pavimento avaliado está descrito na Figura 64.

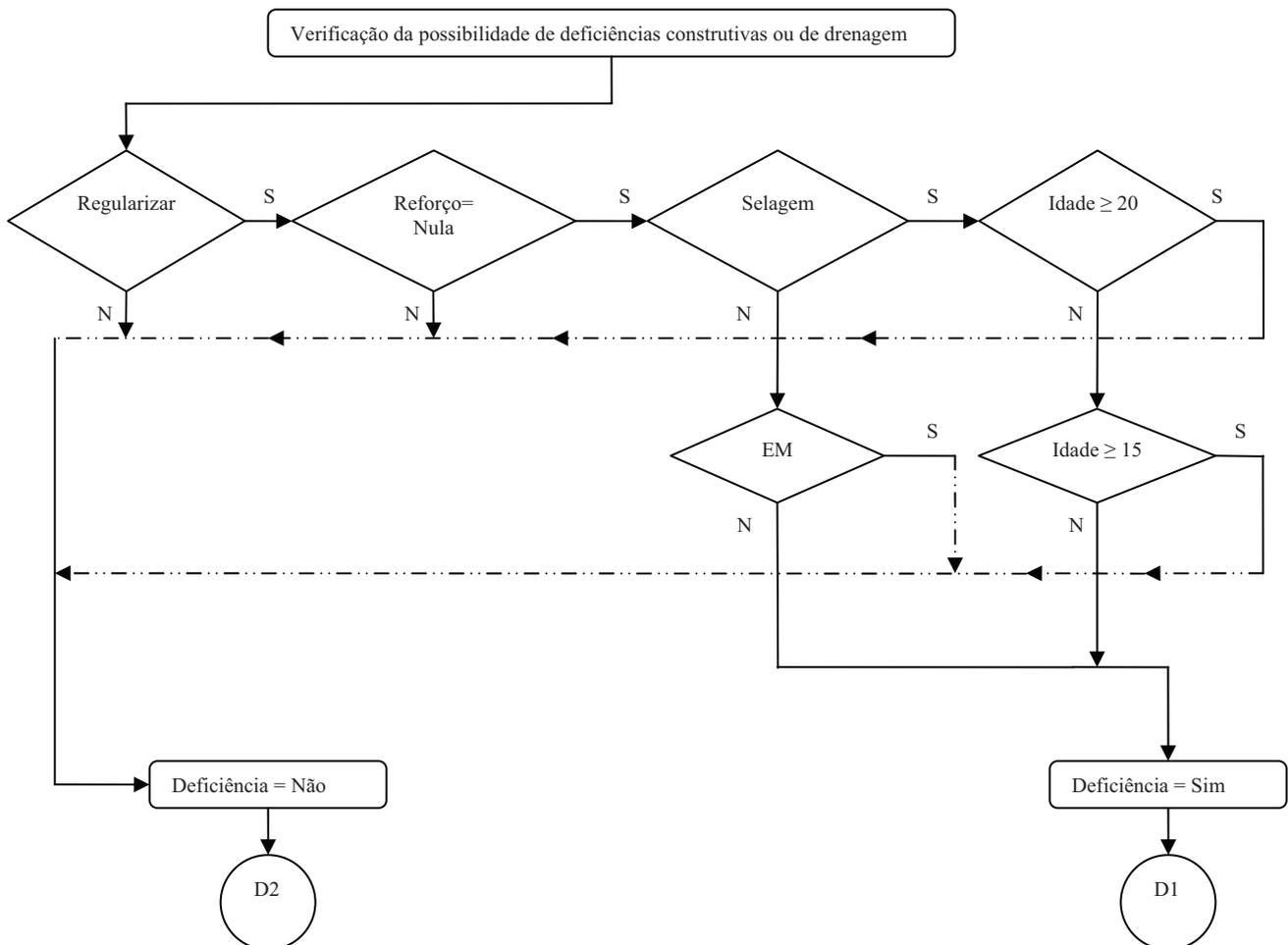


Figura 64 – Verificação da possibilidade de deficiências construtivas ou de drenagem (GONÇALVES, 1997)

| DIAGNÓSTICO | |
|-------------|--|
| D1 | É provável que apresente alguma deficiência construtiva ou de drenagem profunda. |
| D2 | É provável que não existam deficiências construtivas e/ ou de drenagem no pavimento. |

Quadro 23 – Diagnóstico proveniente da Figura 64 (GONÇALVES, 1997)

G – Correção do atrito

O processo de decisão, para estabelecer os parâmetros da necessidade de correção de atrito na superfície dos pavimentos, está representado na Figura 65.

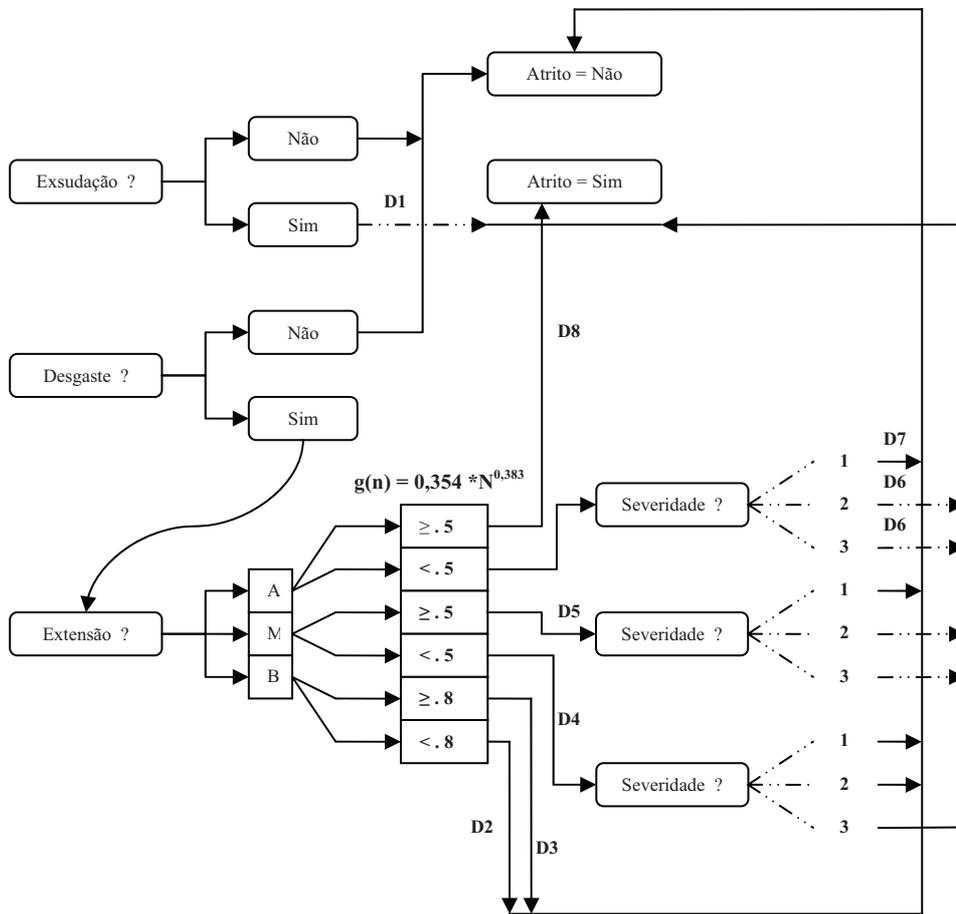


Figura 65 – Verificação da necessidade de correção do atrito (GONÇALVES, 1997)

| DIAGNÓSTICO | |
|-------------|---|
| D1 | A exsudação do ligante existente deve ser corrigida por reduzir a resistência à derrapagem. |
| D2 | A resistência à derrapagem deve se encontrar em níveis adequados. |
| D3 | A resistência à derrapagem poderá se reduzir a níveis críticos em breve. |
| D4 | A resistência à derrapagem poderá se reduzir a níveis críticos em breve. |
| D5 | A resistência à derrapagem deverá entrar em níveis críticos muito em breve. |
| D6 | A resistência à derrapagem poderá se reduzir a níveis críticos em breve. |
| D7 | A resistência à derrapagem não aparenta ser um problema, hoje. |
| D8 | A resistência à derrapagem deve se encontrar em níveis críticos. |

Quadro 24 – Diagnóstico proveniente da Figura 65 (GONÇALVES, 1997)

4.4.7 Diagnóstico dos critérios auxiliares

Visam complementar o banco de dados em relação a uma série de informações fundamentais, na busca do diagnóstico preciso.

A – Drenagem Superficial:

A classificação da drenagem superficial, apresentada no item 4.2.1, tem sua importância verificada como um indicador do desempenho dos pavimentos urbanos, visto que grande parte dos problemas apresentados pelos pavimentos decorrem da falta, insuficiência ou mau funcionamento dos dispositivos de drenagem existentes. Fica claro, porém, que o critério proposto tem a função qualitativa, ou seja, são necessários estudos complementares para verificação e dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial e se estes estão adequados em relação ao pavimento em estudo. O Quadro 25 apresenta a classificação da drenagem superficial correlacionada com os possíveis danos que as águas superficiais podem causar no pavimento.

| CLASSIFICAÇÃO DA DRENAGEM SUPERFICIAL | POSSIBILIDADE DE DANOS NO PAVIMENTO |
|--|---|
| IDEAL | O sistema de drenagem superficial não é catalisador no processo de deterioração dos defeitos apresentados pelo pavimento. |
| SUFICIENTE | O sistema de drenagem superficial pode estar interferindo no processo de deterioração dos defeitos apresentados pelo pavimento. |
| INSUFICIENTE | O sistema de drenagem superficial com certeza estará interferindo no processo de deterioração dos defeitos apresentados pelo pavimento. |

Quadros 25 – Drenagem superficial × Possibilidade de danos no pavimento

B – Tráfego:

O estudo do tráfego é importante para que se possam dimensionar as estruturas de reforço para os pavimentos urbanos. No item 4.2.2, é proposto o cálculo do tráfego atuante na via avaliada e a classificação da via em questão. É conveniente analisar estes dois critérios separadamente, ou seja, independentemente da classificação da via em questão, é imprescindível a determinação do tráfego atuante. De acordo com a IP-2 do Município de São Paulo, alguns dados de projetos podem ser obtidos de acordo com o Quadro 26.

| TIPO DE VIA | TRÁFEGO PREVISTO | VIDA DE PROJETO (ANOS) | VDM_C | N CARACTERÍSTICO |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|
| VIA LOCAL/ RESIDENCIAL | LEVE | 10 | 1 A 20 | 10^5 |
| VIA COLETORA SECUNDÁRIA | MÉDIO | 10 | 21 A 100 | 5×10^5 |
| VIA COLETORA PRINCIPAL | MEIO PESADO | 10 | 101 A 300 | 2×10^6 |
| VIA ARTERIAL | PESADO | 12 | 301 A 1000 | 2×10^7 |
| VIA EXPRESSA | MUITO PESADO | 12 | > 1000 | 5×10^7 |

Quadro 26 – Tipo de Vias e Parâmetros de tráfego (Prefeitura de São Paulo IP- 02)

4.4.8 Apresentação do diagnóstico

O diagnóstico está apresentado na forma de um quadro-resumo, abordando as principais considerações sobre:

- O estado de superfície dos pavimentos;
- Tráfego da via;
- Condições de drenagem superficial;
- Características geométricas da via;
- Quadro abordando uma série de questionamentos. Por exemplo: se existe possibilidade de recapeamento na via em questão; informações relativas aos materiais das camadas do pavimento; dados sobre a serventia do pavimento; informações complementares que tratam de questões como desgaste excessivo e exsudação do pavimento.
- Diagnóstico gerado pelas árvores de decisão;
- Tipos de Intervenção de manutenção aplicáveis (Sugestão de campo);
- Dados adicionais - Por exemplo: se o pavimento necessita de avaliações estruturais, destrutivas e/ou não destrutivas.

4.5 DEFINIÇÃO DE SOLUÇÕES PARA A MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS URBANOS

Neste item do trabalho está proposto um critério para a definição de soluções de manutenção para os pavimentos urbanos avaliados. Tal procedimento visa buscar a recuperação do pavimento a níveis compatíveis com a expectativa de serventia do usuário da via (Local, Coletora, Arterial e Expressa). A partir do diagnóstico dos trechos selecionados, é possível estabelecer os tipos de intervenções de manutenção para os pavimentos e também propor uma lista de soluções de manutenção.

4.5.1 Intervenções de manutenção

Para determinação dos tipos de intervenções de manutenção para os pavimentos urbanos avaliados, o ponto de partida está nos níveis de serventia (valores de referência do PSI) estabelecidos a priori para diferentes tipos de vias (Quadro 27). Portanto, de acordo com o valor do PSI diagnosticado, para cada trecho de uma determinada via, existe potencialmente um tipo de intervenção de manutenção que seja a mais adequada.

Em paralelo, todos os aspectos levantados no diagnóstico devem ser objeto de análise, de maneira a ratificar ou não a intervenção escolhida no Quadro 28.

| Tipo de via | Tipo de Intervenção | | | | | | |
|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| | PSI = 4,5 | PSI = 4,0 | PSI = 3,5 | PSI = 3,0 | PSI = 2,5 | PSI = 2,0 | PSI = 1,5 |
| Local | Conserva Rotineira | Conserva Rotineira | Conserva Rotineira | Conserva Leve | Conserva Leve ou Pesada | Restauração | Restauração |
| Coletora Secundária | Conserva Rotineira | Conserva Rotineira | Conserva Rotineira | Conserva Leve | Conserva Pesada | Restauração | Restauração |
| Coletora Principal | Conserva Rotineira | Conserva Rotineira | Conserva Leve | Conserva Leve ou Pesada | Conserva Pesada ou Restauração | Restauração | Restauração |
| Arterial | Conserva Rotineira | Conserva Rotineira | Conserva Leve | Conserva Pesada | Restauração | Reconstrução | Reconstrução |
| Expressa | Conserva Rotineira | Conserva Rotineira | Conserva Leve ou Pesada | Conserva Pesada | Restauração | Reconstrução | Reconstrução |

Quadro 27 – Intervenções de manutenção

Definido o tipo de intervenção de manutenção mais apropriado para os trechos avaliados, uma segunda etapa é iniciada: a definição das soluções de manutenção. O Quadro 28 apresenta, de acordo com o tipo de intervenção de manutenção, tipos genéricos de soluções de manutenção. É importante ressaltar que não é objetivo deste trabalho determinar a vida de serviço das soluções de manutenção, através de modelos desempenho, ou determinar seu custo no ciclo de vida (CCV). O foco central é, tão somente, indicar soluções que possibilitem melhorar o desempenho dos pavimentos urbanos avaliados.

A escolha de determinada solução de manutenção deve respeitar, de acordo com o diagnóstico, as seguintes considerações:

- Estrutura do pavimento;
- O estado da superfície do pavimento: severidade e extensão dos defeitos de superfície, apontando os padrões predominantes de trincamento, desintegração e deformação plástica;
- Localização dos defeitos de superfície (Croqui de defeitos);
- Se o pavimento possibilita recapeamento imediato;

- Se o pavimento necessita de regularização de suas seções transversais (Corte transversal da pista);
- Tipo de via e seu respectivo tráfego (Critério auxiliar);
- PSR;
- PSI_{QI} ;
- PSI_{IDS} ;
- PSI;
- Condição da drenagem superficial (Critério auxiliar);
- Localização dos dispositivos de drenagem superficial (Croqui drenagem superficial);
- Existência ou não de exsudação;
- Existência ou não de desgaste superficial;
- Verificar o potencial de reflexão de trincas (árvores de decisão);
- Necessidade de impermeabilização do pavimento (árvores de decisão);
- Necessidade de regularizar o pavimento (árvores de decisão);
- Ocorrência ou não da descompactação da base (árvores de decisão);
- Necessidade de reforço estrutural (árvores de decisão);
- Verificação da ocorrência de deficiências construtivas ou de drenagem (árvores de decisão);
- Necessidade da correção do atrito do pavimento (árvores de decisão);
- Medidas de manutenção aplicáveis – Solução de campo;
- Dados adicionais recomendáveis – Necessidade de ensaios destrutivos e/ou não destrutivos;

| TIPO DE INTERVENÇÃO | SOLUÇÕES DE MANUTENÇÃO |
|---------------------|---|
| Conserva Rotineira | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conserva Rotineira (CR) |
| Conserva Leve | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reparos Localizados Superficiais (RL_S) ▪ Reparos Localizados Profundos (RL_P) ▪ Selagem de Trincas (SL) |
| Conserva Pesada | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lama Asfáltica (LA) ▪ Microrrevestimento Asfáltico (MRA) ▪ Tratamentos Superficial Duplo (TSD) ▪ Reparos Localizados (RL_S ou RL_P) + MRA ▪ (FR parcial + RS fresado) + MRA |
| Restauração | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Recapeamento Simples (RS) ▪ Fresagem Parcial ou Total (FR) + RS ▪ (RL_S ou RL_P) + RS ▪ Remoção Completa do Revestimento (RRV) + RS |
| Reconstrução | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Remoção e Reconstrução Total do Pavimento (RRT) ▪ Remoção e Reconstrução Parcial do Pavimento (RRV) |

Quadro 28 – Soluções de manutenção

A espessura das camadas asfálticas, para as soluções adotadas, não será determinada, devido à necessidade de estudos complementares.

Quanto à estimativa da necessidade de recursos a serem alocados para a realização de remendos superficiais e profundos propõe-se que, na fase de realização do LVC, o avaliador anote as áreas que necessitam de reparos localizados.

5 APLICAÇÕES PRÁTICAS E ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesta etapa do trabalho são apresentados os resultados derivados das aplicações práticas dos critérios propostos no Capítulo 4 para os trechos selecionados nos município de Erechim e Santa Maria.

Com base nestes resultados, também é realizada uma análise crítica dos critérios de diagnóstico e definição de medidas de manutenção para os pavimentos urbanos selecionados.

5.1 RESULTADOS DAS APLICAÇÕES TESTE

Neste subitem são apresentados os resultados das aplicações práticas dos critérios propostos no Capítulo 4, visando encaminhar a solução de manutenção mais apropriada. Para os trechos avaliados (Figuras 66 a 73 e Figuras 76 a 78) são apresentados os seguintes itens:

- Tráfego atuante na via;
- Estado de superfície;
- Condição da drenagem superficial;
- Questionamentos: Série de informações fundamentais visando o encaminhamento das soluções de manutenção para os pavimentos urbanos;
- Diagnóstico complementar, fornecido pelas árvores de decisão;
- Dados adicionais recomendáveis;
- Fotografias dos principais defeitos de superfície apresentados;
- Planilhas de campo (apresentadas nos anexos B e C desta dissertação);
- Medidas de manutenção aplicáveis.

Vale a pena destacar que, embora os trechos escolhidos tanto em Santa Maria quanto em Erechim sejam contínuos e na mesma via, as soluções de manutenção apresentadas são distintas. Tal fato se justifica por três razões:

A primeira razão está fundamentada na questão didática do trabalho, ou seja, a de exercitar o maior número de vezes os procedimentos propostos na obtenção das soluções de manutenção. Fica claro, porém, que numa situação real não teríamos uma solução específica para cada trecho, mas a escolha de uma ou mais soluções que fossem exequíveis em campo e que propiciassem a manutenção da via como um todo.

A segunda, encontra explicação no seguinte fato: Tanto no caso de Santa Maria quanto no de Erechim, a ausência de informações sobre os pavimentos, em geral, são muito grandes. Foram escolhidos os trechos dos quais mais se dispunha de dados de projeto ou informações sobre a estrutura dos pavimentos.

A última, está calcada no seguinte questionamento: Como varia o desempenho dos diferentes trechos de uma mesma via, que teoricamente possuem a mesma estrutura de pavimento e o mesmo tráfego, em função do tempo? A resposta a este questionamento, justifica a escolha de soluções de manutenção diferenciadas para cada trecho avaliado.

5.1.1 Aplicações teste no município de Santa Maria

| APLICAÇÃO TESTE TRECHO 1 B - C | | | | |
|--------------------------------|--|----------------|------------|------------|
| Estrutura do pavimento | | | | |
| 18 cm | CUBQ | | | |
| 21 cm | Pav. Intertravado (Pedras Irregulares) | | | |
| | Subleito | XXXXX | | |
| Tráfego | | | | |
| VDMc | 720 | Tráfego (Nano) | 2,1 x 10E5 | |
| Estado de Superfície | | | | |
| Defeito | Presença | Tipo | Extensão | Severidade |
| Trincas | Sim | TL, TR, TF | B, B, B | 3, 3, 2 |
| Def. Plásticas | Sim | ZM | B | 2 |
| Desintegrações | Sim | P, R | B, M | 3, 2 |
| Exudação | Sim | | | |
| Drenagem Superficial | | | | |
| Condição | SUFICIENTE | | | |

| Questionamentos | Respostas |
|---|--------------------|
| Código do segmento | Trecho 1 B - C |
| PSR | 2,5 |
| PSI _{0r} | 2,5 |
| PSI _{ins} | 2,76 |
| PSI | 2,6 |
| Classificação do Tráfego | Meio Pesado |
| Velocidade operacional da via (km/h) | 50 |
| Tipo da camada do revestimento | CUBQ |
| Tipo de material da base | Pedras Irregulares |
| CBR subleito | 10 |
| Condição da Drenagem Superficial | Suficiente |
| Espessura da camada de revestimento (cm) | 18 |
| Espessura da Base (cm) | 21 |
| Idade do pavimento (anos) - último recapeamento | 8 |
| O pavimento apresenta trincas | Sim |
| Extensão do trincamento | M |
| Severidade do Trincamento | 3 |
| Padrão Predominante do Trincamento | TL, TR, TF |
| O pavimento apresenta Deformações Plásticas | Sim |
| Extensão das Deformações Plásticas | B |
| Severidade das Deformações Plásticas | 2 |
| Padrão Predominante das Def. Plásticas | ZM |
| O pavimento apresenta Desintegrações | Sim |
| Extensão das Desintegrações | M |
| Severidade das Desintegrações | 2 |
| Padrão Predominante das Desintegrações | P, R |
| Existe Bombeamento de Finos | Sim |
| Existe Desgaste | Não |
| Existe Exudação | Sim |
| O Pavimento permite Recapeamento | Sim |

| Árvores de Decisão | |
|---------------------------|--|
| D7 | O Potencial para abertura de trincas é elevado. |
| D1 | É preciso impermeabilizar a superfície do pavimento. |
| D1 | Não há necessidade, em princípio, de regularizar a superfície do pavimento. |
| D3 | A entrada de águas pluviais pelas trincas, poderá vir a comprometer a capacidade de suporte da base dentro de algum tempo. |
| D2 | Há uma pequena necessidade de reforço estrutural. |
| D2 | É provável que não hajam deficiências construtivas ou de drenagem no Pavimento. |
| D1 | A exsudação do ligante deve ser corrigida por reduzir a resistência à derrapagem. |
| Intervenção de Manutenção | Dados Adicionais Recomendáveis |
| Restauração | VBK + Ensaios Destrutivos |



Figura 66 – Resultados do trecho 1 B – C , Av. Presidente Vargas - Santa Maria

| APLICAÇÃO TESTE TRECHO 1 C - B | | | | |
|--------------------------------|--|----------------|------------|------------|
| Estrutura do pavimento | | | | |
| 18 cm | CUBQ | | | |
| 21 cm | Pav. Intertravado (Pedras Irregulares) | | | |
| Subleito | | | XXXXX | |
| Tráfego | | | | |
| VDMc | 720 | Tráfego (Nano) | 2,1 x 10E5 | |
| Estado de Superfície | | | | |
| Defeito | Presença | Tipo | Extensão | Severidade |
| Trincas | Não | | | |
| Def. Plásticas | Sim | ATR | B | 1 |
| Desintegrações | Sim | P, R, DS | B, B, B | 1, 2 |
| Exudação | Não | | | |
| Drenagem Superficial | | | | |
| Condição | INSUFICIENTE | | | |

| Questionamentos | Respostas |
|---|--------------------|
| Código do segmento | Trecho 1 C - B |
| PSR | 4 |
| PSI _{ot} | 4 |
| PSI _{ins} | 4,15 |
| PSI | 4,05 |
| Classificação do Tráfego | Meio Pesado |
| Velocidade operacional da via (km/h) | 50 |
| Tipo da camada do revestimento | CUBQ |
| Tipo de material da base | Pedras Irregulares |
| CBR subleito | 10 |
| Condição da Drenagem Superficial | Insuficiente |
| Espessura da camada de revestimento (cm) | 18 |
| Espessura da Base (cm) | 21 |
| Idade do pavimento (anos) - último recapeamento | 8 |
| O pavimento apresenta trincas | Não |
| Extensão do trincamento | — |
| Severidade do Trincamento | — |
| Padrão Predominante do Trincamento | — |
| O pavimento apresenta Deformações Plásticas | Sim |
| Extensão das Deformações Plásticas | B |
| Severidade das Deformações Plásticas | 1 |
| Padrão Predominante das Def. Plásticas | ATR |
| O pavimento apresenta Desintegrações | Sim |
| Extensão das Desintegrações | B |
| Severidade das Desintegrações | 2 |
| Padrão Predominante das Desintegrações | P, R |
| Existe Bombeamento de Finos | Não |
| Existe Desgaste | Não |
| Existe Exudação | Não |
| O Pavimento permite Recapeamento | Sim |

| Árvores de Decisão | |
|--------------------|---|
| D1 | A reflexão de trincas não se constitui problema para a restauração. |
| D2 | Não há necessidade de impermeabilizar a superfície do pavimento. |
| D1 | Não há necessidade, em princípio, de regularizar a superfície do pavimento. |
| — | Não está ocorrendo a descompactação da base. |
| D2 | Há uma pequena necessidade de reforço estrutural. |
| D2 | É provável que não hajam deficiências construtivas ou de drenagem no Pavimento. |
| — | Não há necessidade na correção de atrito deste pavimento. |

| Intervenção de Manutenção | Dados Adicionais Recomendáveis |
|---------------------------|--------------------------------|
| Conserva Rotineira | VBK |



Figura 67 – Resultados do trecho 1 C – B, Av. Presidente Vargas - Santa Maria

| APLICAÇÃO TESTE TRECHO 2 B - C | | | | |
|--------------------------------|--|----------------|------------|------------|
| Estrutura do pavimento | | | | |
| 18 cm | ————— CBUQ ————— | | | |
| 21 cm | ————— Pav. Intertravado (Pedras Irregulares) ————— | | | |
| | Subleito | XXXXX | | |
| Tráfego | | | | |
| VDMc | 720 | Tráfego (Nano) | 2,1 x 10E5 | |
| Estado de Superfície | | | | |
| Defeito | Presença | Tipo | Extensão | Severidade |
| Trincas | Sim | TF, TR, TL, TE | B, B, B, B | 2, 2, 2, 3 |
| Def. Plásticas | Sim | ZM | B | 2 |
| Desintegrações | Sim | R | B | 2 |
| Exudação | Não | | | |
| Drenagem Superficial | | | | |
| Condição | SUFICIENTE | | | |

| Questionamentos | Respostas |
|---|--------------------|
| Código do segmento | Trecho 2 B - C |
| PSR | 3 |
| PSI _{at} | 3 |
| PSI _{ms} | 3,49 |
| PSI | 3,16 |
| Classificação do Tráfego | Meio Pesado |
| Velocidade operacional da via (km/h) | 50 |
| Tipo da camada do revestimento | CBUQ |
| Tipo de material da base | Pedras Irregulares |
| CBR subleito | 10 |
| Condição da Drenagem Superficial | Suficiente |
| Espessura da camada de revestimento (cm) | 18 |
| Espessura da Base (cm) | 21 |
| Idade do pavimento (anos) - último recapeamento | 8 |
| O pavimento apresenta trincas | Sim |
| Extensão do trincamento | M |
| Severidade do Trincamento | 2 |
| Padrão Predominante do Trincamento | TF, TR, TL, TE |
| O pavimento apresenta Deformações Plásticas | Sim |
| Extensão das Deformações Plásticas | B |
| Severidade das Deformações Plásticas | 2 |
| Padrão Predominante das Def. Plásticas | ZM |
| O pavimento apresenta Desintegrações | Sim |
| Extensão das Desintegrações | B |
| Severidade das Desintegrações | 2 |
| Padrão Predominante das Desintegrações | R |
| Existe Bombeamento de Finos | Não |
| Existe Desgaste | Não |
| Existe Exudação | Não |
| O Pavimento permite Recapeamento | Sim |

| Árvores de Decisão | |
|--------------------|---|
| D7 | O potencial para reflexão de trincas é elevado, nos locais que apresentam TE |
| D1 | É preciso impermeabilizar a superfície do pavimento. |
| D1 | Não há necessidade, em princípio, de regularizar a superfície do pavimento. |
| — | Não está ocorrendo a descompactação da base |
| D2 | Há uma pequena necessidade de reforço estrutural |
| D2 | É provável que não hajam deficiências construtivas ou de drenagem no Pavimento. |
| — | Não há necessidade na correção de atrito deste pavimento. |

| Intervenção de Manutenção | Dados Adicionais Recomendáveis |
|---------------------------|--------------------------------|
| Conserva Pesada | VBK |



Figura 68 – Resultados do trecho 2 B – C, Av. Presidente Vargas - Santa Maria

| APLICAÇÃO TESTE TRECHO 2 C - B | | | | |
|--------------------------------|--|----------------|------------|------------|
| Estrutura do pavimento | | | | |
| 18 cm | CBUQ | | | |
| 21 cm | Pav. Intertravado (Pedras Irregulares) | | | |
| | Subleito | XXXXX | | |
| Tráfego | | | | |
| VDMc | 720 | Tráfego (Nano) | 2,1 x 10E5 | |
| Estado de Superfície | | | | |
| Defeito | Presença | Tipo | Extensão | Severidade |
| Trincas | Sim | TF, TE | B, B | 3, 2 |
| Def. Plásticas | Sim | ZM, ATR | B, B | 2, 1 |
| Desintegrações | Sim | R, D, BF | B, M, B | 2, 1 |
| Exudação | Não | | | |
| Drenagem Superficial | | | | |
| Condição | INSUFICIENTE | | | |

| Questionamentos | Respostas |
|---|--------------------|
| Código do segmento | Trecho 2 C - B |
| PSR | 3 |
| PSI ₀₁ | 3 |
| PSI ₀₅ | 3,38 |
| PSI | 3,13 |
| Classificação do Tráfego | Meio Pesado |
| Velocidade operacional da via (km/h) | 50 |
| Tipo da camada do revestimento | CBUQ |
| Tipo de material da base | Pedras Irregulares |
| CBR subleito | 10 |
| Condição da Drenagem Superficial | insuficiente |
| Espessura da camada de revestimento (cm) | 18 |
| Espessura da Base (cm) | 21 |
| Idade do pavimento (anos) - último recapeamento | 8 |
| O pavimento apresenta trincas | Sim |
| Extensão do trincamento | B |
| Severidade do Trincamento | 3 |
| Padrão Predominante do Trincamento | TF, TE |
| O pavimento apresenta Deformações Plásticas | Sim |
| Extensão das Deformações Plásticas | B |
| Severidade das Deformações Plásticas | 2 |
| Padrão Predominante das Def. Plásticas | ZM, ATR |
| O pavimento apresenta Desintegrações | Sim |
| Extensão das Desintegrações | M |
| Severidade das Desintegrações | 1 |
| Padrão Predominante das Desintegrações | D |
| Existe Bombeamento de Finos | Sim |
| Existe Desgaste | Sim |
| Existe Exudação | Não |
| O Pavimento permite Recapeamento | Sim |

| Árvores de Decisão | |
|---------------------------|---|
| D6 | Em princípio, não existem grandes preocupações quanto à reflexão de trincas em uma camada de recapeamento devido a baixa extensão da área trincada. |
| D2 | Não há necessidade de impermeabilizar a superfície do pavimento. |
| D1 | Não há necessidade, em princípio, de regularizar a superfície do pavimento. |
| — | Não está ocorrendo a descompactação da base |
| D2 | Há uma pequena necessidade de reforço estrutural. |
| D2 | É provável que não hajam deficiências construtivas ou de drenagem no pavimento. |
| D2 | A resistência à derrapagem deve se encontrar em níveis adequados. |
| Intervenção de Manutenção | Dados Adicionais Recomendáveis |
| Conserva Leve ou Pesada | VBK |



Figura 69 – Resultados do trecho 2 C – B, Av. Presidente Vargas - Santa Maria

| APLICAÇÃO TESTE TRECHO 3 B - C | | | | |
|--------------------------------|--|----------------|------------|------------|
| Estrutura do pavimento | | | | |
| 18 cm | CBUQ | | | |
| 21 cm | Pav. Intertravado (Pedras Irregulares) | | | |
| | Subleito | XXXXX | | |
| Tráfego | | | | |
| VDMc | 720 | Tráfego (Nano) | 2,1 x 10E5 | |
| Estado de Superfície | | | | |
| Defeito | Presença | Tipo | Extensão | Severidade |
| Trincas | Sim | TR, TT, TL | B, B, B | 2, 1, 1 |
| Def. Plásticas | Sim | ZM | B | 2 |
| Desintegrações | Sim | R | M | 3 |
| Exudação | Não | | | |
| Drenagem Superficial | | | | |
| Condição | INSUFICIENTE | | | |

| Questionamentos | Respostas |
|---|--------------------|
| Código do segmento | Trecho 3 B - C |
| PSR | 3 |
| PSI ₀₁ | 2,5 |
| PSI ₀₅ | 2,94 |
| PSI | 2,81 |
| Classificação do Tráfego | Meio Pesado |
| Velocidade operacional da via (km/h) | 50 |
| Tipo da camada do revestimento | CBUQ |
| Tipo de material da base | Pedras Irregulares |
| CBR subleito | 10 |
| Condição da Drenagem Superficial | insuficiente |
| Espessura da camada de revestimento (cm) | 18 |
| Espessura da Base (cm) | 21 |
| Idade do pavimento (anos) - último recapeamento | 8 |
| O pavimento apresenta trincas | Sim |
| Extensão do trincamento | B |
| Severidade do Trincamento | 2 |
| Padrão Predominante do Trincamento | TR, TT, TL |
| O pavimento apresenta Deformações Plásticas | Sim |
| Extensão das Deformações Plásticas | B |
| Severidade das Deformações Plásticas | 2 |
| Padrão Predominante das Def. Plásticas | ZM |
| O pavimento apresenta Desintegrações | Sim |
| Extensão das Desintegrações | M |
| Severidade das Desintegrações | 3 |
| Padrão Predominante das Desintegrações | R |
| Existe Bombeamento de Finos | Não |
| Existe Desgaste | Não |
| Existe Exudação | Não |
| O Pavimento permite Recapeamento | Não |

| Árvores de Decisão | |
|--------------------------------|--|
| D3 | O potencial para reflexão de trincas em uma camada de recapeamento não é elevado |
| D1 | É preciso impermeabilizar a superfície do pavimento. |
| D1 | Não há necessidade, em princípio, de regularizar a superfície do pavimento. |
| — | Não está ocorrendo a descompactação da base |
| D2 | Há uma pequena necessidade de reforço estrutural. |
| D2 | É provável que não hajam deficiências construtivas ou de drenagem no pavimento. |
| — | Não há necessidade em se corrigir o atrito deste pavimento |
| Intervenção de Manutenção | Dados Adicionais Recomendáveis |
| Conserva Pesada ou Restauração | VBK |



Figura 70 – Resultados do trecho 3 B – C, Av. Presidente Vargas - Santa Maria

| APLICAÇÃO TESTE TRECHO 3 C - B | | | | |
|--------------------------------|--|----------------|------------|------------|
| Estrutura do pavimento | | | | |
| 18 cm | ————— CBUQ ————— | | | |
| 21 cm | ————— Pav. Intertravado (Pedras Irregulares) ————— | | | |
| Subleito | | | | XXXXX |
| Tráfego | | | | |
| VDMc | 720 | Tráfego (Nano) | 2,1 x 10E5 | |
| Estado de Superfície | | | | |
| Defeito | Presença | Tipo | Extensão | Severidade |
| Trincas | Sim | TT | B | 1 |
| Def. Plásticas | Não | | | |
| Desintegrações | Sim | P, D, R, DS | B, M, B, B | 1, 1, 2 |
| Exudação | Não | | | |
| Drenagem Superficial | | | | |
| Condição | INSUFICIENTE | | | |

| Questionamentos | Respostas |
|---|--------------------|
| Código do segmento | Trecho 3 C - B |
| PSR | 3,5 |
| PSI ₀₄ | 3,5 |
| PSI ₀₅ | 3,79 |
| PSI | 3,60 |
| Classificação do Tráfego | Meio Pesado |
| Velocidade operacional da via (km/h) | 50 |
| Tipo da camada do revestimento | CBUQ |
| Tipo de material da base | Pedras Irregulares |
| CBR subleito | 10 |
| Condição da Drenagem Superficial | insuficiente |
| Espessura da camada de revestimento (cm) | 18 |
| Espessura da Base (cm) | 21 |
| Idade do pavimento (anos) - último recapeamento | 8 |
| O pavimento apresenta trincas | Sim |
| Extensão do trincamento | B |
| Severidade do Trincamento | 1 |
| Padrão Predominante do Trincamento | TT |
| O pavimento apresenta Deformações Plásticas | Não |
| Extensão das Deformações Plásticas | — |
| Severidade das Deformações Plásticas | — |
| Padrão Predominante das Def. Plásticas | — |
| O pavimento apresenta Desintegrações | Sim |
| Extensão das Desintegrações | M |
| Severidade das Desintegrações | 1 |
| Padrão Predominante das Desintegrações | D |
| Existe Bombeamento de Finos | Não |
| Existe Desgaste | Sim |
| Existe Exudação | Não |
| O Pavimento permite Recapeamento | Não |

| Árvores de Decisão | |
|--------------------|---|
| D3 | O potencial para reflexão de trincas em uma camada de recapeamento, não é elevado devido ao tipo de trincamento presente (TT) |
| D2 | Não há necessidade de impermeabilizar a superfície do pavimento. |
| D1 | Não há necessidade, em princípio, de regularizar a superfície do pavimento. |
| — | Não está ocorrendo a descompactação da base. |
| D2 | Há uma pequena necessidade de reforço estrutural. |
| D2 | É provável que não hajam deficiências construtivas ou de drenagem no pavimento. |
| D4 | A resistência à derrapagem poderá se reduzir a níveis críticos em breve. |

| Intervenção de Manutenção | Dados Adicionais Recomendáveis |
|---------------------------|--------------------------------|
| Conserva Leve | VBK |



Figura 71 – Resultados do trecho 3 C – B, Av. Presidente Vargas - Santa Maria

| APLICAÇÃO TESTE TRECHO 4 C - B | | | | |
|--------------------------------|--|----------------|------------|------------|
| Estrutura do pavimento | | | | |
| 18 cm | CBUQ | | | |
| 21 cm | Pav. Intertravado (Pedras Irregulares) | | | |
| | Subleito | XXXXX | | |
| Tráfego | | | | |
| VDMc | 720 | Tráfego (Nano) | 2,1 x 10E5 | |
| Estado de Superfície | | | | |
| Defeito | Presença | Tipo | Extensão | Severidade |
| Trincas | Sim | TT, TL, TR | B, B, B | 2, 2, 1 |
| Def. Plásticas | Não | | | |
| Desintegrações | Sim | DS | B | |
| Exudação | Não | | | |
| Drenagem Superficial | | | | |
| Condição | SUFICIENTE | | | |

| Questionamentos | Respostas |
|---|--------------------|
| Código do segmento | Trecho 4 C - B |
| PSR | 4 |
| PSI ₀₁ | 4 |
| PSI ₀₅ | 4,23 |
| PSI | 4,08 |
| Classificação do Tráfego | Meio Pesado |
| Velocidade operacional da via (km/h) | 50 |
| Tipo da camada do revestimento | CBUQ |
| Tipo de material da base | Pedras Irregulares |
| CBR subleito | 10 |
| Condição da Drenagem Superficial | insuficiente |
| Espessura da camada de revestimento (cm) | 18 |
| Espessura da Base (cm) | 21 |
| Idade do pavimento (anos) último recapeamento | 8 |
| O pavimento apresenta trincas | Sim |
| Extensão do trincamento | B |
| Severidade do Trincamento | 2 |
| Padrão Predominante do Trincamento | TT, TL, TR |
| O pavimento apresenta Deformações Plásticas | Não |
| Extensão das Deformações Plásticas | — |
| Severidade das Deformações Plásticas | — |
| Padrão Predominante das Def. Plásticas | — |
| O pavimento apresenta Desintegrações | Sim |
| Extensão das Desintegrações | B |
| Severidade das Desintegrações | — |
| Padrão Predominante das Desintegrações | DS |
| Existe Bombeamento de Finos | Não |
| Existe Desgaste | Não |
| Existe Exudação | Não |
| O Pavimento permite Recapeamento | Não |

| Árvores de Decisão | |
|---------------------------|---|
| D3 | O potencial para reflexão de trincas em uma camada de recapeamento, não é elevado devido ao tipo de trincamento presente (TT) |
| D2 | Não há necessidade de impermeabilizar a superfície do pavimento. |
| D1 | Não há necessidade, em princípio, de regularizar a superfície do pavimento. |
| — | Não está ocorrendo a descompactação da base. |
| D2 | Há uma pequena necessidade de reforço estrutural. |
| D2 | É provável que não hajam deficiências construtivas ou de drenagem no pavimento. |
| — | Não é necessária a correção do atrito deste pavimento |
| Intervenção de Manutenção | Dados Adicionais Recomendáveis |
| Conserva Rotineira | VBK |



Figura 72 – Resultados do trecho 4 C – B, Av. Presidente Vargas - Santa Maria

| APLICAÇÃO TESTE TRECHO 4 B - C | | | | |
|--------------------------------|--|----------------|------------|------------|
| Estrutura do pavimento | | | | |
| 18 cm | CUBQ | | | |
| 21 cm | Pav. Intertravado (Pedras Irregulares) | | | |
| Subleito | | | XXXXX | |
| Tráfego | | | | |
| VDMc | 720 | Tráfego (Nano) | 2,1 x 10E5 | |
| Estado de Superfície | | | | |
| Defeito | Presença | Tipo | Extensão | Severidade |
| Trincas | Sim | TR, TT, TL | B, B, B | 3, 2, 2 |
| Def. Plásticas | Não | ZM | B | 2 |
| Desintegrações | Sim | BF, R | B, B | 3 |
| Exudação | Não | | | |
| Drenagem Superficial | | | | |
| Condição | SUFICIENTE | | | |

| Questionamentos | Respostas |
|---|--------------------|
| Código do segmento | Trecho 4 B - C |
| PSR | 3 |
| PSI ₀₁ | 3,5 |
| PSI ₀₅ | 3,63 |
| PSI | 3,38 |
| Classificação do Tráfego | Meio Pesado |
| Velocidade operacional da via (km/h) | 50 |
| Tipo da camada do revestimento | CUBQ |
| Tipo de material da base | Pedras Irregulares |
| CBR subleito | 10 |
| Condição da Drenagem Superficial | insuficiente |
| Espessura da camada de revestimento (cm) | 18 |
| Espessura da Base (cm) | 21 |
| Idade do pavimento (anos) - último recapeamento | 8 |
| O pavimento apresenta trincas | Sim |
| Extensão do trincamento | B |
| Severidade do Trincamento | 3 |
| Padrão Predominante do Trincamento | TT, TL, TR |
| O pavimento apresenta Deformações Plásticas | Sim |
| Extensão das Deformações Plásticas | B |
| Severidade das Deformações Plásticas | 2 |
| Padrão Predominante das Def. Plásticas | ZM |
| O pavimento apresenta Desintegrações | Sim |
| Extensão das Desintegrações | B |
| Severidade das Desintegrações | 3 |
| Padrão Predominante das Desintegrações | BF, R |
| Existe Bombeamento de Finos | Sim |
| Existe Desgaste | Não |
| Existe Exudação | Não |
| O Pavimento permite Recapeamento | Sim |

| Árvores de Decisão | |
|---------------------------|---|
| D3 | O potencial para reflexão de trincas em uma camada de recapeamento, não é elevado devido ao tipo de trincamento presente (TT, TL) |
| D2 | Não há necessidade de impermeabilizar a superfície do pavimento. |
| D1 | Não há necessidade, em princípio, de regularizar a superfície do pavimento. |
| — | Não está ocorrendo a descompactação da base. |
| D2 | Há uma pequena necessidade de reforço estrutural. |
| D2 | É provável que não hajam deficiências construtivas ou de drenagem no pavimento. |
| — | Não é necessária a correção do atrito deste pavimento |
| Intervenção de Manutenção | Dados Adicionais Recomendáveis |
| Conserva Leve ou Pesada | VBK |



Figura 73 – Resultados do trecho 4 B – C, Av. Presidente Vargas - Santa Maria

A partir dos resultados obtidos nas aplicações práticas, foi possível identificar a variação do trincamento, deformações plásticas e desintegrações para os trechos avaliados (Figura 74)

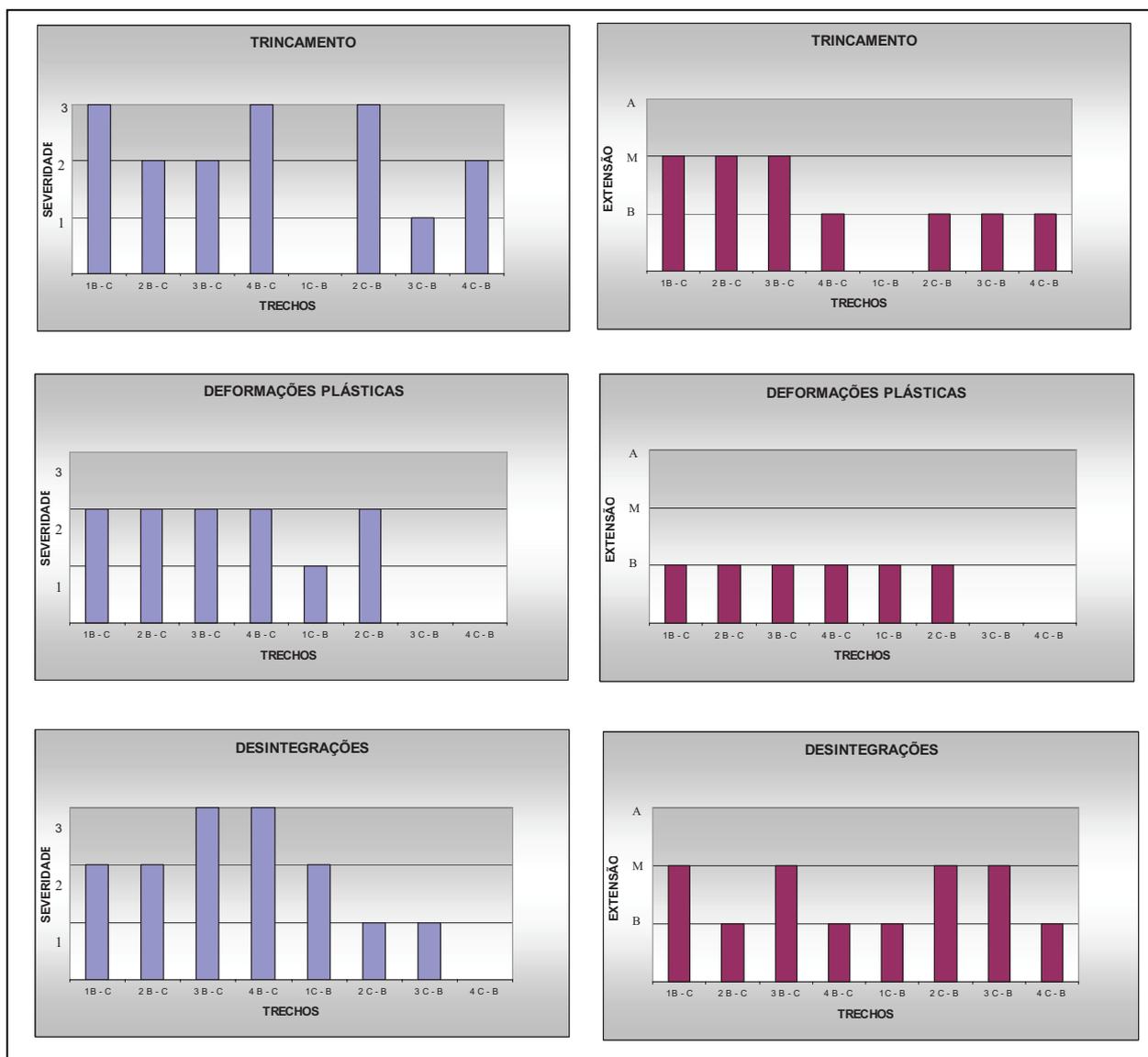


Figura 74 – Severidade e extensão para cada trecho avaliado

Na Figura 75 são apresentados as variações dos índices PSR, PSI_{QI} , PSI_{IDS} e PSI, no decorrer dos trechos avaliados.

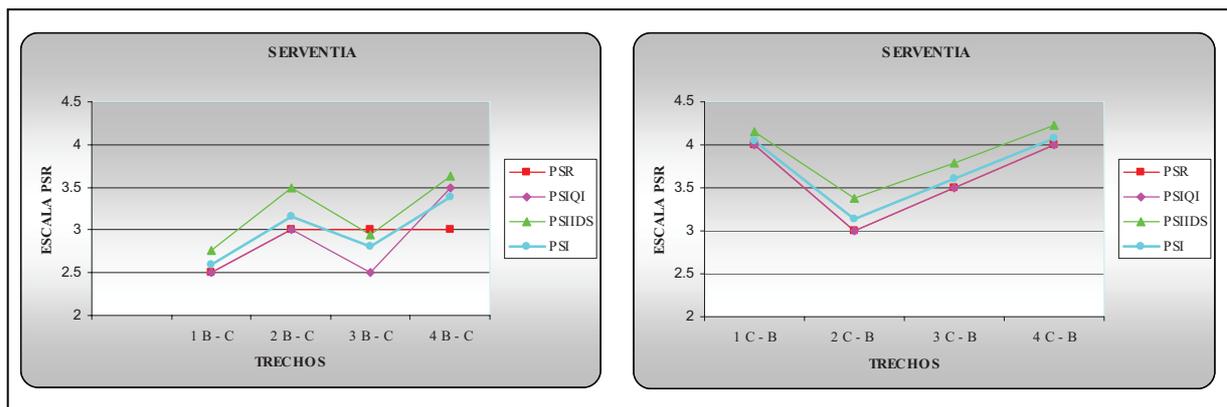


Figura 75 – Variação do PSR, PSI_{QI}, PSI_{IDS} e PSI no decorrer dos trechos avaliados

No Quadro 29 são apresentados os resultados das soluções de manutenção requeridos pelo diagnóstico dos trechos avaliados na Avenida Presidente Vargas, em Santa Maria.

| TRECHOS | INTERVENÇÃO DE MANUTENÇÃO | SOLUÇÃO DE MANUTENÇÃO |
|---------|--------------------------------|---|
| 1 B – C | Restauração | <ul style="list-style-type: none"> ▪ SL + (RL_S ou RL_P) + RS ou ▪ FR parcial + RS |
| 1 C – B | Conserva Rotineira | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Atividades de Conserva Rotineira |
| 2 B – C | Conserva Pesada | <ul style="list-style-type: none"> ▪ (FR parcial + RS fresado) + MRA |
| 2 C – B | Conserva Pesada | <ul style="list-style-type: none"> ▪ (FR parcial + RS fresado) + MRA |
| 3 B – C | Conserva Pesada ou Restauração | <ul style="list-style-type: none"> ▪ (RL_S ou RL_P) + MRA ou ▪ (RL_S ou RL_P) + RS |
| 3 C – B | Conserva Leve | <ul style="list-style-type: none"> ▪ RL_S |
| 4 B – C | Conserva Leve | <ul style="list-style-type: none"> ▪ (RL_S ou RL_P) |
| 4 C – B | Conserva Rotineira | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Atividades de Conserva Rotineira |

Quadro 29 – Soluções de Manutenção para os trechos da Av. Presidente Vargas

5.1.2 Aplicações teste no município de Erechim

| APLICAÇÃO TESTE TRECHO SA 1 | | | | |
|-------------------------------|----------------------------|----------------|-------------|------------|
| Estrutura do pavimento | | | | |
| 6.5 cm | CUBQ | | | |
| 20 cm | Paralelepípedos de basalto | | | |
| | Subleito | XXXXXX | | |
| Tráfego | | | | |
| VDMc | 256 | Tráfego (Nano) | 1,88 x 10E5 | |
| Estado de Superfície | | | | |
| Defeito | Presença | Tipo | Extensão | Severidade |
| Trincas | Não | | | |
| Def. Plásticas | Não | | | |
| Desintegrações | Sim | P, D | B, M | 2, 2 |
| Exudação | Não | | | |
| Drenagem Superficial | | | | |
| Condição | INSUFICIENTE | | | |

| Questionamentos | Respostas |
|---|----------------------------|
| Código do segmento | Trecho SA 1 |
| PSR | 3,5 |
| PSI ₀₁ | 3,5 |
| PSI ₀₂ | 3,96 |
| PSI | 3,65 |
| Classificação do Tráfego | Meio Pesado |
| Velocidade operacional da via (km/h) | 50 |
| Tipo da camada do revestimento | CUBQ |
| Tipo de material da base | Paralelepípedos de Basalto |
| CBR subleito | 8 |
| Condição da Drenagem Superficial | insuficiente |
| Espessura da camada de revestimento (cm) | 6,5 |
| Espessura da Base (cm) | 21 |
| Idade do pavimento (anos) - último recapeamento | 3 |
| O pavimento apresenta trincas | Não |
| Extensão do trincamento | |
| Severidade do Trincamento | |
| Padrão Predominante do Trincamento | |
| O pavimento apresenta Deformações Plásticas | Não |
| Extensão das Deformações Plásticas | |
| Severidade das Deformações Plásticas | |
| Padrão Predominante das Def. Plásticas | |
| O pavimento apresenta Desintegrações | Sim |
| Extensão das Desintegrações | M |
| Severidade das Desintegrações | 2 |
| Padrão Predominante das Desintegrações | D |
| Existe Bombeamento de Finos | Não |
| Existe Desgaste | Não |
| Existe Exudação | Não |
| O Pavimento permite Recapeamento | Não |

| Árvores de Decisão | |
|---------------------------|---|
| D1 | A reflexão de trincas não se constitui em problemas para a restauração. |
| D2 | Não há necessidade de se impermeabilizar a superfície do pavimento. |
| D1 | Não há necessidade, em princípio, de regularizar a superfície do pavimento. |
| - | Não está acontecendo a descompactação da base. |
| D4 | Há uma grande necessidade de reforço estrutural |
| D2 | É provável que não hajam deficiências construtivas ou de drenagem no pavimento. |
| D4 | A resistência à derrapagem poderá se reduzir a níveis críticos em breve |
| Intervenção de Manutenção | Dados Adicionais Recomendáveis |
| Conserva Pesada | VBK + Ensaios destrutivos |



Figura 76 – Resultados do trecho SA 1, Perimetral Norte - Erechim

| APLICAÇÃO TESTE TRECHO SA 2 - S2 | | | | |
|----------------------------------|------------------------|----------------|-------------|------------|
| Estrutura do pavimento | | | | |
| 4 cm | CBUQ | | | |
| 20 cm | Base de brita graduada | | | |
| 20 cm | Sub base de macadame | | | |
| Subleito | | | | XXXXX |
| Tráfego | | | | |
| VDMc | 256 | Tráfego (Nano) | 1,88 x 10E5 | |
| Estado de Superfície | | | | |
| Defeito | Presença | Tipo | Extensão | Severidade |
| Trincas | Sim | TL | B | 1 |
| Def. Plásticas | Sim | DP | B | 1 |
| Desintegrações | Sim | DS | B | |
| Exudação | Não | | | |
| Drenagem Superficial | | | | |
| Condição | SUFICIENTE | | | |

| Questionamentos | Respostas |
|---|------------------------|
| Código do segmento | Trecho SA 2 - S2 |
| PSR | 4 |
| PSI ₀₁ | 4 |
| PSI ₀₅ | 4,27 |
| PSI | 4,09 |
| Classificação do Tráfego | Meio Pesado |
| Velocidade operacional da via (km/h) | 50 |
| Tipo da camada do revestimento | CBUQ |
| Tipo de material da base | Base de brita graduada |
| CBR subleito | 8 |
| Condição da Drenagem Superficial | suficiente |
| Espessura da camada de revestimento (cm) | 4 |
| Espessura da Base (cm) | 20 |
| Idade do pavimento (anos) - último recapeamento | 3 |
| O pavimento apresenta trincas | Sim |
| Extensão do trincamento | B |
| Severidade do Trincamento | 1 |
| Padrão Predominante do Trincamento | TL |
| O pavimento apresenta Deformações Plásticas | Sim |
| Extensão das Deformações Plásticas | B |
| Severidade das Deformações Plásticas | 1 |
| Padrão Predominante das Def. Plásticas | DP |
| O pavimento apresenta Desintegrações | Sim |
| Extensão das Desintegrações | B |
| Severidade das Desintegrações | |
| Padrão Predominante das Desintegrações | DS |
| Existe Bombeamento de Finos | Não |
| Existe Desgaste | Não |
| Existe Exudação | Não |
| O Pavimento permite Recapeamento | Sim |

| Árvores de Decisão | |
|---------------------------|--|
| D3 | O potencial para reflexão de trincas em uma camada de recapeamento não é elevado devido ao padrão de trincamento isolado do pavimento. |
| D2 | Não há necessidade de se impermeabilizar a superfície do pavimento. |
| D1 | Não há necessidade, em princípio, de regularizar a superfície do pavimento. |
| - | Não está acontecendo a descompactação da base. |
| D2 | Há uma pequena necessidade de reforço estrutural |
| D2 | É provável que não hajam deficiências construtivas ou de drenagem no pavimento. |
| - | Não é necessário a correção do atrito. |
| Intervenção de Manutenção | Dados Adicionais Recomendáveis |
| Conserva Rotineira | VBK |



Figura 77 – Resultados do trecho SA 2 - S2, Perimetral Norte - Erechim

| APLICAÇÃO TESTE TRECHO SA 2 - S3 | | | | |
|----------------------------------|------------------------|----------------|-------------|------------|
| Estrutura do pavimento | | | | |
| 4 cm | CBUQ | | | |
| 20 cm | Base de brita graduada | | | |
| 20 cm | Sub base de macadame | | | |
| Subleito | | | | |
| XXXXX | | | | |
| Tráfego | | | | |
| VDMc | 256 | Tráfego (Nano) | 1,88 x 10E5 | |
| Estado de Superfície | | | | |
| Defeito | Presença | Tipo | Extensão | Severidade |
| Trincas | Sim | TT | B | 1 |
| Def. Plásticas | Sim | DP, ATR | B, M | 1,1 |
| Desintegrações | Não | | | |
| Exudação | Não | | | |
| Drenagem Superficial | | | | |
| Condição | INSUFICIENTE | | | |

| Questionamentos | Respostas |
|---|------------------------|
| Código do segmento | Trecho SA 2 - S3 |
| PSR | 3,5 |
| PSI ₀₁ | 3,5 |
| PSI ₀₅ | 3,13 |
| PSI | 3,38 |
| Classificação do Tráfego | Meio Pesado |
| Velocidade operacional da via (km/h) | 50 |
| Tipo da camada do revestimento | CBUQ |
| Tipo de material da base | Base de brita graduada |
| CBR subleito | 8 |
| Condição da Drenagem Superficial | suficiente |
| Espessura da camada de revestimento (cm) | 4 |
| Espessura da Base (cm) | 20 |
| Idade do pavimento (anos) - último recapeamento | 3 |
| O pavimento apresenta trincas | Sim |
| Extensão do trincamento | B |
| Severidade do Trincamento | 1 |
| Padrão Predominante do Trincamento | TT |
| O pavimento apresenta Deformações Plásticas | Sim |
| Extensão das Deformações Plásticas | M |
| Severidade das Deformações Plásticas | 1 |
| Padrão Predominante das Def. Plásticas | ATR |
| O pavimento apresenta Desintegrações | Não |
| Extensão das Desintegrações | |
| Severidade das Desintegrações | |
| Padrão Predominante das Desintegrações | |
| Existe Bombeamento de Finos | Não |
| Existe Desgaste | Não |
| Existe Exudação | Não |
| O Pavimento permite Recapeamento | Sim |

| Árvores de Decisão | |
|---------------------------|--|
| D3 | O potencial para reflexão de trincas em uma camada de recapeamento não é elevado devido ao padrão de trincamento isolado do pavimento. |
| D2 | Não há necessidade de se impermeabilizar a superfície do pavimento. |
| D1 | Não há necessidade, em princípio, de regularizar a superfície do pavimento. |
| - | Não está acontecendo a desconpactação da base. |
| D2 | Há uma pequena necessidade de reforço estrutural |
| D2 | É provável que não hajam deficiências construtivas ou de drenagem no pavimento. |
| - | Não é necessário a correção do atrito. |
| Intervenção de Manutenção | Dados Adicionais Recomendáveis |
| Conserva Leve | VBK |



Figura 78 – Resultados do trecho SA 2 - S3, Perimetral Norte - Erechim

A partir dos resultados obtidos nas aplicações práticas, foi possível a identificação da variação do trincamento, das deformações plásticas e da desintegração para os trechos avaliados (Figura 79).

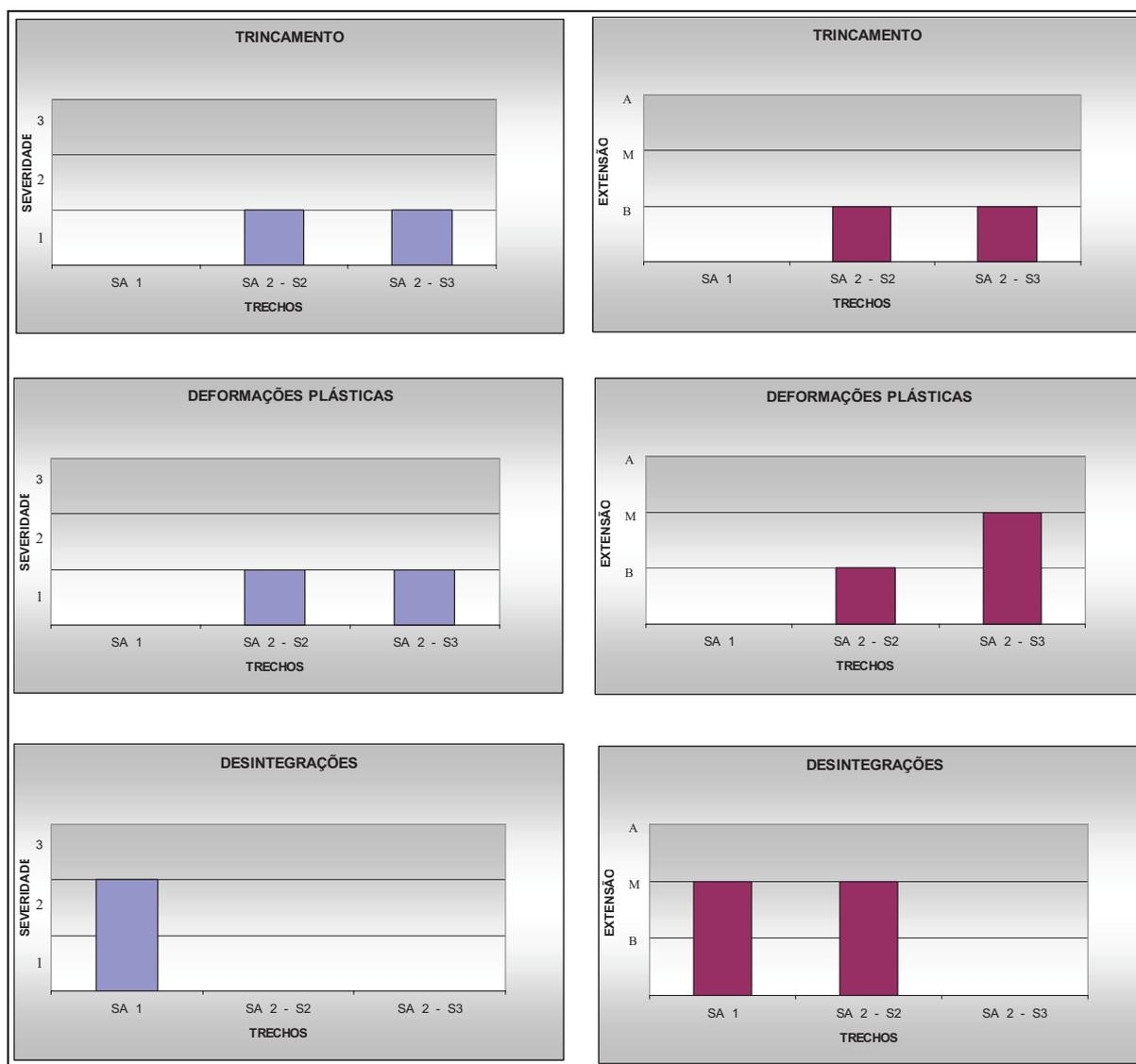


Figura 79 – Severidade e extensão para cada trecho avaliado

Na figura 80 estão apresentadas as variações dos índices PSR, PSI_{QI} , PSI_{IDS} e PSI, no decorrer dos trechos avaliados.

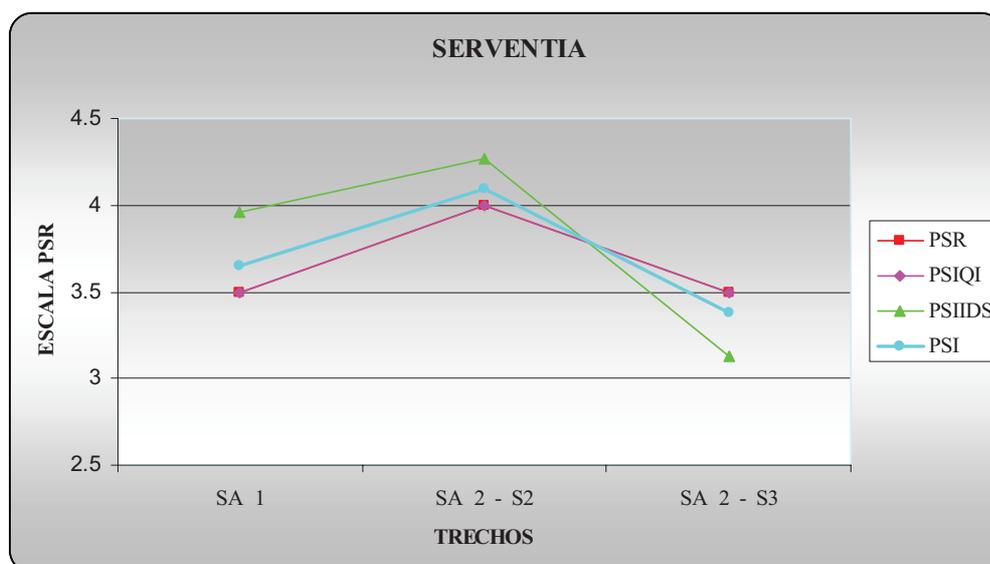


Figura 80 – Variação do PSR, PSIQI, PSI_{IDS} e PSI no decorrer dos trechos avaliados

No Quadro 30 são apresentados os resultados das soluções de manutenção requeridos pelo diagnóstico dos trechos avaliados na Perimetral Norte, em Erechim.

| TRECHOS | INTERVENÇÃO DE MANUTENÇÃO | SOLUÇÃO DE MANUTENÇÃO |
|-----------|---------------------------|---|
| SA 1 | Conserva Pesada | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lama asfáltica (LA) ou ▪ Microrrevestimento asfáltico (MRA) |
| SA 2 – S2 | Conserva Rotineira | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Atividades de Conserva Rotineira |
| SA 2 – S3 | Conserva Leve | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Atividades de Conserva Leve |

Quadro 30 – Soluções de Manutenção para os trechos da Perimetral Norte

5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base na análise dos dados obtidos nas aplicações práticas, podem-se estabelecer as seguintes considerações principais:

1 – No que se refere ao conjunto de procedimentos definidos para o levantamento de informações de campo (LVC), verifica-se que as técnicas de busca de dados propostas nas

planilhas foram suficientes, fornecendo um panorama bastante claro e abrangente da situação atual dos pavimentos avaliados. O critério proposto para a realização do levantamento dos defeitos de superfície em termos de sua presença, severidade e extensão, mostrou-se adequado nas aplicações testes realizadas. Em complemento a este aspecto, os croquis e os registros fotográficos ajudaram a situar os defeitos nas superfícies de avaliação, possibilitando auxiliar no planejamento das atividades de manutenção que venham a ser adotadas para corrigi-los.

2 – O critério auxiliar de drenagem superficial possibilita encaminhar soluções prévias para a correção de problemas no escoamento e captação das águas superficiais. A planilha de dados gerais (anexo A) mostra a localização aproximada dos dispositivos de drenagem e fornece uma noção sobre seção transversal do pavimento. Fica claro, porém, que estudos complementares deverão ser efetuados para o dimensionamento de novos dispositivos de drenagem, que porventura venham a ser construídos, visando à correção dos problemas.

3 – O critério auxiliar de tráfego serviu para classificar as vias através dos parâmetros N e VDM_C , visando estabelecer o impacto do tráfego atuante nos pavimentos em estudo. Ressalte-se que o estudo do tráfego possibilita, ainda, preparar possíveis projetos de restauração e realizar estudos de previsão de desempenho para estes pavimentos.

4 – Com relação à geração do diagnóstico para os pavimentos, optou-se por uma formatação no estilo quesito-resposta, denominada “Questionamentos” (Figuras 66 a 78). Nesta fase, diversas perguntas pertinentes foram realizadas na busca de resultados objetivando a determinação de possíveis estratégias de manutenção. O resultado forneceu respostas acerca das características dos materiais componentes do pavimento, bem como resumo relacionado aos defeitos de superfície e o estabelecimento de índices da condição do pavimento.

5 – A complementação do diagnóstico, pela utilização das árvores de decisão, apresentou resultados bastante próximos às impressões de campo, no momento das aplicações práticas. Como parâmetro na certificação do funcionamento das árvores de decisão, comparou-se o quesito “Questionamento” com o resultado das árvores de decisão.

6 – Nas aplicações práticas não ocorreram diferenças significativas entre os índices PSR e PSI_{QI} , mostrando ser difícil a dissociação da avaliação dos pavimentos, quando observados quer sob a ótica geral, no caso do PSR, quer em relação à questão funcional, representada pelo PSI_{QI} (Figura 75 e Figura 80).

7 – A busca por aprimorar os critérios de avaliação dos pavimentos acabou gerando um diagnóstico baseado no cruzamento de informações, no qual se destaca o extenso banco de dados formado. Esta característica acabou por conferir ao trabalho certa dose de subjetividade, quando avaliados os resultados do diagnóstico. Significa dizer que as

abordagens em relação à definição das medidas de manutenção para os pavimentos poderiam ser um pouco diferentes, conforme quem as estivesse avaliando. A proposta visando à definição de medidas para a manutenção dos pavimentos urbanos avaliados procurou uniformizar critérios, buscando minimizar os efeitos da subjetividade na análise.

8 – O diagnóstico focou principalmente as considerações decorrentes da análise da superfície do pavimento. Constatou-se, porém, no decorrer dos trabalhos, que realizações de avaliações estruturais podem oferecer informações importantes para complementar o diagnóstico dos pavimentos.

9 – A proposta para a definição das medidas de manutenção, aplicáveis aos pavimentos avaliados, mostrou-se coerente, na medida em que as soluções previstas para cada trecho respondem com um incremento de seu desempenho (Quadros 29 e 30). Como aspecto complementar, estudos de modelos de desempenho que estimem a vida de serviço das soluções de manutenção, possibilitariam o cálculo do custo no ciclo de vida (CCV) e, conseqüentemente, uma otimização dos recursos disponíveis para a manutenção destes pavimentos.

10 – Nas aplicações práticas, nos municípios de Erechim e Santa Maria, foram encontrados diferentes diagnósticos para trechos que teoricamente teriam a mesma estrutura de pavimento. Os fatores que podem explicar este tipo de comportamento são:

- A grande variação longitudinal dos materiais e espessuras no curso da via avaliada;
- Variação do pavimento, no que se refere às redes de infra-estrutura.

11 – As planilhas de obtenção dos dados (anexo A) sofreram mudanças significativas até suas versões finais. Seu foco central ficou restrito à caracterização dos defeitos de superfície e à localização e caracterização da drenagem superficial. De modo geral, funcionaram de maneira adequada, retratando de maneira fiel as condições encontradas no campo.

12 – Não aconteceu uma completa coerência entre as avaliações da drenagem superficial e o valor do PSI. Esperava-se maior interferência da condição da drenagem superficial sobre a qualidade do pavimento avaliado. Nas Figuras 63 a 73 e 76 a 78, pode-se observar que trechos de pavimentos com elevado valor de PSI possuem avaliação de drenagem “INSUFICIENTE”, e o contrário também acontece. Conclui-se que outros fatores estão influenciando de maneira mais representativa na degradação dos pavimentos. Convém, portanto, revisar alguns parâmetros com o objetivo de aprimorar, em futuros trabalhos, o critério de drenagem superficial.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1 CONCLUSÕES

Com base nos estudos realizados, podem-se destacar as seguintes conclusões principais:

- Os critérios que visam estabelecer o diagnóstico e as soluções de manutenção para pavimentos urbanos, mostraram-se adequados para a caracterização da serventia atual das vias. A escassez de trabalhos semelhantes, todavia, dificulta a análise comparativa no sentido da verificação dos níveis de sucesso apresentados pela dissertação. Contudo, atingiram-se os objetivos propostos no início dos trabalhos;
- No que se refere aos custos envolvidos na fase de coleta de dados de campo, verificou-se uma elevada atratividade nos procedimentos propostos, o que torna a metodologia importante em se tratando de serviços públicos recorrentes;
- O resultado deste diagnóstico é útil, na medida em que auxilia os gestores públicos municipais na compreensão dos problemas apresentados pelos pavimentos e nas suas possíveis soluções;
- O fato de não gerar interrupções no tráfego, também foi identificado como um ponto importante para as aplicações práticas;
- O apontamento de possíveis soluções de manutenção aplicáveis, associado a estudos de dimensionamento dos pavimentos, permitem a geração de orçamentos compatíveis com a necessidade de intervenção a ser definida na fase de contratação de obras e geração de Planos Plurianuais de Investimentos.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para a continuidade dos estudos da presente pesquisa, sugere-se:

- Incorporação de estudos que venham contribuir com o diagnóstico apresentado, principalmente em relação à avaliação estrutural, com o intuito de permitir o estabelecimento de soluções mais adequadas para os pavimentos urbanos;
- Estudo de modelos de previsão de desempenho adequados para a problemática urbana dos pavimentos;
- Aprimoramento das medidas de manutenção possíveis de serem aplicadas aos pavimentos urbanos.
- Novos estudos para verificação do impacto das condições da drenagem superficial em relação aos pavimentos urbanos.

REFERÊNCIAS

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials. **Guide for design of pavements structures**. Washington: 1993.

_____. **Guide for design of pavements structures**. Washington: 1986.

APS, M.; BALBO, J. T.; SEVERI, A. A. **Avaliação superficial de pavimentos asfálticos em vias urbanas utilizando o método do PCI**. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 31, 1998, São Paulo. **Anais...** Rio de Janeiro: ABPV, 1998.

ABEDA – Associação das Empresas Brasileiras Distribuidoras de Asfalto. **Manual básico de emulsões asfálticas**. Rio de Janeiro: ABEDA, 2001.

AUTRET, Paul. **VIZIR – Método com apoio de computador para a estimativa das necessidades na conservação de uma rede rodoviária**. dez. 1991.

BALBO, J. T. **Restauração de pavimentos urbanos – Dificuldades e diretrizes para soluções**. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 8, 1997, São Carlos. **Anais...** Rio de Janeiro: ABPV, 1997.

BOMFIM, V. **Fresagem de pavimentos asfálticos**. São Paulo: Fazendo Arte Editorial, 2001.

BRONDANI, V. **Análise do comportamento estrutural de pavimentos rodoviários e urbanos construídos na região de Santa Maria**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria: 2003.

CALTRANS – California Department of Transportation. Disponível em: www.dot.ca.gov/hq/maint/mtag/ch7_slurry_surfacing.pdf. Acesso em: 20 maio 2007.

DAEE/CETESB, 1980. **Drenagem urbana: Manual de projeto**. 2. ed. corr. São Paulo.

DANIELESKI, M. L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos**: Aplicação à rede viária de Porto Alegre. 2004. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre: 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER. **Manual de pavimentação**. Rio de Janeiro: 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. NORMA DNIT 006/2003-PRO. **Avaliação objetiva de pavimentos flexíveis e semi-rígidos** – Procedimento. Rio de Janeiro: 2003.

FERNANDES Jr, J. L.; ODA, S.; SÓRIA, M. H. A.; **Caracterização e levantamento das estradas municipais para fins de gerências de vias**. In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA – RPU - 7, 1996, São José dos Campos. **Anais...** Rio de Janeiro: ABPV,1996.

GOMES, A.; MIRANDA, J.; TULCHINSKI, A. – **Ajustagem do método de dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNER**. 23ª Reunião Anual de Pavimentação, pp. 751 – 77, Florianópolis, out. 1988.

GONÇALVES, Fernando Pugliero. **O diagnóstico e a manutenção dos pavimentos**. Notas de Aula, out. 1999.

_____. **Avaliação do estado de superfície dos pavimentos**. Notas de Aula, out. 2005.

GONÇALVES, F. J. P. **Utilização de expert systems na manutenção de pavimentos**. 1997. Tese (Mestrado em Ciência na Área de Infra-Estrutura de Transportes) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, São Paulo: 1997.

GONÇALVES, F. P.; RODRIGUES, R. M. SIGMA – **Um Sistema especialista para manutenção de pavimentos urbanos**. In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA – RPU - 7, 1996, São José dos Campos. **Anais...** Rio de Janeiro: ABPV,1996.

GONÇALVES, F. J. P.; RODRIGUES, R. M.; PINTO, P. R.; OLIVEIRA, J. A. **Um sistema para geração de estratégias de manutenção dos pavimentos em redes rodoviárias**. Revista Estradas, Porto Alegre: p. 58 – 64, 2004.

HAAS, R.; HUDSON, W. R.; **Pavement management system**. McGraw- Hill, 1978.

HALLACK, A.; **Dimensionamento de pavimentos com revestimento de peças de pré-moldadas de concreto para áreas portuárias e industriais**. Tese de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo: 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acesso em: 19 maio 2006.

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

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/bit/trodo/ESTATISTICA/tabelas>. Acesso em: 15 dez. 2005.

MÜLLER, R. M. **Avaliação de transmissão de esforços em pavimentos intertravados de blocos de concreto**. 2005. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro: 2005.

NAKAHARA, S. M. **Estudo do desempenho de reforços de pavimentos asfálticos em via urbana sujeita a tráfego comercial pesado**. Doutorado em Engenharia – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo: 2005.

PAIVA, C. E. L; PEDRAZZI, T. B. **Modelo de ranqueamento para intervenções em vias urbanas**. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO - RAPv, 36, 2005, Curitiba. **Anais...** Rio de Janeiro: ABPV, 2005.

PEREIRA, A. M. **Considerações sobre o procedimento de avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos normalizado pelo DNER. Fundamentos metodológicos. Algumas modificações possíveis**. Simpósio Internacional de Avaliação de Pavimentos e Projeto de Reforço, Anexos, Rio de Janeiro, 9 a 14 set., ABPV, 1979.

PUPPI, I. C. **Estruturação sanitária das cidades**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná/São Paulo, CETESB, 1981.

PREFEITURA DE MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **IP-02: Classificação das vias urbanas**. Disponível em: http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/infraestruturaurbana/pavimentacao_comunitaria/normas/0001. Acesso em: 6 dez. de 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. **Levantamento das ruas no município de Santa Maria** – Prefeitura de Santa Maria, Santa Maria/RS: 2006.

PRESTES, M. P. **Métodos de avaliação visual de pavimentos flexíveis** –Um Estudo Comparativo. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre: 2001.

RODRIGUES, R. M. **Projeto e gerência de pavimentos**. Instituto Tecnológico da Aeronáutica – ITA- São José dos Campos: 1996.

SHAIN, M. Y.; KHON, S. D. **Development of a pavement condition rating procedure for roads, streets and parking lot** . Distress Identification Manual. CERL-TR-M-268, U.S. Army, 1979, v. 2.

SHAIN, M. Y. **Pavement management for airports, roads, and parking lots**. Chapman & Hall, 1994.

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

SILVEIRA, A.L.L. **Drenagem urbana** – Gestores regionais de recursos hídricos. Curso Preparado pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2002.

STRATEGIC HIGHWAY RESEARCH PROGRAM - SHRP. **Distress identification manual for the long-term pavement performance project**. SHRP-P-338. Washington, DC: 1993.

STUCHI, E. T; LOPES, S. B; JÚNIOR J. L. F. **Interferências de obras de serviços de água e esgoto sobre os desempenhos dos pavimentos urbanos**. In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA, 13, 2006, Maceió. **Anais...** Rio de Janeiro: ABPV, 2006.

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

ZMITROWICZ, W.; NETO, G. A. **Infra-estrutura Urbana**. Texto Técnico, Escola Politécnica da USP, 1997.

ANEXO A - Modelo final para as planilhas de coleta de dados

Planilha 1 – Planilha de coleta de dados – Defeitos de superfície e geometria da via.

| PLANILHA DE CAMPO (INSPEÇÃO VISUAL) | | | | | | | |
|---|--------------------------|---|--------------------------|-----|--------------------------|-------------------|----------------------|
| Trecho | | | | | | | |
| Data | | | | | | | |
| Nome do avaliador | | | | | | | |
| Nome do logradouro | | | | | | | |
| Início do trecho | | | | | | | |
| Fim do Trecho | | | | | | | |
| Tempo de aplicação | | | | | | | |
| GEOMETRIA DA VIA | | | | | | | |
| Comprimento | | | | | | | |
| Largura da pista | | | | | | | |
| Largura da calçada | | LE: | LD: | | | | |
| Nº de Faixas | | | | | | | |
| Canteiros centrais | | | | | | | |
| PSR | | CROQUI DE DEFEITOS LOCALIZADOS | | | | | |
| | | LE | | | LD | | |
| T R I N C A S | TF | | | | | | |
| | TR | | | | | | |
| | BL | | | | | | |
| | TT | | | | | | |
| | TL | | | | | | |
| | TE | | | | | | |
| | TB | | | | | | |
| D E S I N T E G R A Ç Ã O | P | | | | | | |
| | D | | | | | | |
| | DS | | | | | | |
| | EB | | | | | | |
| | BF | | | | | | |
| | DC | | | | | | |
| | R | | | | | | |
| D E F O R M A Ç Õ E S | ATR | | | | | | |
| | COR | | | | | | |
| | EM | | | | | | |
| | DP | | | | | | |
| | ZM | | | | | | |
| | EL | | | | | | |
| PSI _{QI} | | | | | | | |
| OBSERVAÇÕES | | LEGENDA | | | | | |
| | | Possibilidade de Recapeamento S() N() | | | | | |
| TF | Trincamento por fadiga | TE | Trincas desconregamento | EB | Erosão de bordo | COR | Corrugações |
| TR | Trincamento por reflexão | TB | Trincas de bordo | BF | Bombeamento de finos | EM | Escorregamento massa |
| BL | Trincamento em bloco | P | Panelas | DC | Desplacamento capa sel. | DP | Depressão |
| TT | Trincamento transversal | D | Desgaste | R | Remendos | ZM | Zona mista |
| TL | Trincamento longitudinal | DS | Desagregação superficial | ATR | Afundamento trilha rodas | EL | Expansão localizada |
| LE | Lado esquerdo da pista | LD | Lado direito da pista | PSR | Serventia atual | PSI _{QI} | Condição funcional |

ANEXO B - Planilhas para a coleta de dados dos defeitos de superfície e geometria da via, encontrados nas SAs, para os municípios de Santa Maria e Erechim.

Trecho 2 B – C - Santa Maria

| PLANILHA DE CAMPO (INSPEÇÃO VISUAL) | | | | |
|---|---|--------------------------------|----|--|
| Trecho | 2 B - C | | | |
| Data | 22/11/2006 | | | |
| Nome do avaliador | Marcelo Scaranto | | | |
| Nome do logradouro | Av. Presidente Vargas | | | |
| Início do trecho | 163,5 m | | | |
| Fim do Trecho | 318,5 m | | | |
| Tempo de aplicação | 15 min | | | |
| GEOMETRIA DA VIA | | | | |
| Comprimento | 155 m | | | |
| Largura da pista | 7,2 m | | | |
| Largura da calçada | LE: 3,5 m | LD: 1,8 m | | |
| Nº de Faixas | 2 | | | |
| Canteiros centrais | Sim | | | |
| PSR | | CROQUI DE DEFEITOS LOCALIZADOS | | |
| | 3,0 | LE | LD | |
| T R I N C A S | TF | 2 B | | |
| | TR | 2 B | | |
| | BL | | | |
| | TT | | | |
| | TL | 2 B | | |
| | TE | 3 B | | |
| | TB | | | |
| D E S I N T E G R A Ç Ã O | P | | | |
| | D | | | |
| | DS | | | |
| | EB | | | |
| | BF | | | |
| | DC | | | |
| | R | 2 B | | |
| D E F O R M A Ç Õ E S | ATR | | | |
| | COR | | | |
| | EM | | | |
| | DP | | | |
| | ZM | 2 B | | |
| | EL | | | |
| PSI _{qt} | 3,0 | | | |
| OBSERVAÇÕES | Possibilidade de Recapeamento S (X) N () | | | |

Trecho 2 C – B - Santa Maria

| PLANILHA DE CAMPO (INSPEÇÃO VISUAL) | | | |
|---|---|--------------------------------|----|
| Trecho | 2 C - B | | |
| Data | 22/11/2006 | | |
| Nome do avaliador | Marcelo Scaranto | | |
| Nome do logradouro | Av. Presidente Vargas | | |
| Início do trecho | 163,5 m | | |
| Fim do Trecho | 318,5 m | | |
| Tempo de aplicação | 15 min | | |
| GEOMETRIA DA VIA | | | |
| Comprimento | 155 m | | |
| Largura da pista | 7,2 m | | |
| Largura da calçada | LE:1,8 m | LD:3,5 m | |
| Nº de Faixas | 2 | | |
| Canteiros centrais | Sim | | |
| PSR | | CROQUI DE DEFEITOS LOCALIZADOS | |
| | 3,0 | LE | LD |
| T R I N C A S | TF | 2 B | |
| | TR | | |
| | BL | | |
| | TT | | |
| | TL | | |
| | TE | 2 B | |
| | TB | | |
| D E S I N T E G R A Ç Ã O | P | | |
| | D | | |
| | DS | | |
| | EB | | |
| | BF | | |
| | DC | | |
| | R | 1 M | |
| D E F O R M A Ç Õ E S | ATR | 1 B | |
| | COR | | |
| | EM | | |
| | DP | | |
| | ZM | B 2 | |
| | EL | | |
| PSI _{qt} | 3,0 | | |
| OBSERVAÇÕES | Possibilidade de Recapeamento S(X) N() | | |

Trecho 3 B – C - Santa Maria

| PLANILHA DE CAMPO (INSPEÇÃO VISUAL) | | | |
|---|---|--------------------------------|----|
| Trecho | 3 B - C | | |
| Data | 22/11/2006 | | |
| Nome do avaliador | Marcelo Scaranto | | |
| Nome do logradouro | Av. presidente Vargas | | |
| Início do trecho | 318,5 m | | |
| Fim do Trecho | 456,5 m | | |
| Tempo de aplicação | 10 min | | |
| GEOMETRIA DA VIA | | | |
| Comprimento | 138 m | | |
| Largura da pista | 7,2 m | | |
| Largura da calçada | 3,5 m | LD:1,8 m | |
| Nº de Faixas | 2 | | |
| Canteiros centrais | Sim | | |
| PSR | | CROQUI DE DEFEITOS LOCALIZADOS | |
| | 3,0 | LE | LD |
| T R I N C A S | CR | | |
| | TR | 2 B | |
| | BL | | |
| | TT | 1 B | |
| | TL | 1 B | |
| | TE | | |
| | TB | | |
| D E S I N T E G R A Ç Ã O | P | | |
| | D | | |
| | DS | | |
| | EB | | |
| | BF | | |
| | DC | | |
| | R | 3 M | |
| D E F O R M A Ç Õ E S | ATR | | |
| | COR | | |
| | EM | 2 B | |
| | DP | | |
| | ZM | 2 B | |
| | EL | | |
| PSI _{qt} | 2,5 | | |
| OBSERVAÇÕES | Possibilidade de Recapeamento S() N(X) | | |

Trecho 3 C – B - Santa Maria

| PLANILHA DE CAMPO (INSPEÇÃO VISUAL) | | | |
|---|---|--------------------------------|----|
| Trecho | 3 C - B | | |
| Data | 22/11/2006 | | |
| Nome do avaliador | Marcelo Scaranto | | |
| Nome do logradouro | Av. Presidente Vargas | | |
| Início do trecho | 318,5 m | | |
| Fim do Trecho | 456,8 m | | |
| Tempo de aplicação | 10 min | | |
| GEOMETRIA DA VIA | | | |
| Comprimento | 138 m | | |
| Largura da pista | 7,2 m | | |
| Largura da calçada | LE: 1,8 m | LD:3,5 m | |
| Nº de Faixas | 2 | | |
| Canteiros centrais | Sim | | |
| PSR | | CROQUI DE DEFEITOS LOCALIZADOS | |
| | 3,5 | LE | LD |
| T R I N C A S | TF | | |
| | TR | | |
| | BL | | |
| | TT | 2 B | TT |
| | TL | | |
| | TE | | |
| | TB | | |
| D E S I N T E G R A Ç Ã O | P | 2 B | |
| | D | 1 M | D |
| | DS | B | |
| | EB | | |
| | BF | | |
| | DC | | R |
| | R | 2 B | |
| D E F O R M A Ç Õ E S | ATR | | |
| | COR | | |
| | EM | | |
| | DP | | R |
| | ZM | | R |
| | EL | | |
| PSI _{qt} | 3,5 | | |
| OBSERVAÇÕES | Possibilidade de Recapeamento S() N(X) | | |

Trecho 4 C – B - Santa Maria

| PLANILHA DE CAMPO (INSPEÇÃO VISUAL) | | | |
|---|-----|---|-----------|
| Trecho | | 4 C - B | |
| Data | | 22/11/ 2006 | |
| Nome do avaliador | | Marcelo Scaranto | |
| Nome do logradouro | | Av. presidente Vargas | |
| Início do trecho | | 456,8 m | |
| Fim do Trecho | | 599,8 m | |
| Tempo de aplicação | | 10 min | |
| GEOMETRIA DA VIA | | | |
| Comprimento | | 143 m | |
| Largura da pista | | 7,2 m | |
| Largura da calçada | | LE: 1,8 m | LD: 3,5 m |
| Nº de Faixas | | 2 | |
| Canteiros centrais | | Sim | |
| PSR | | CROQUI DE DEFEITOS LOCALIZADOS | |
| 4,0 | | LE | LD |
| T R I N C A S | TF | | |
| | TR | | |
| | BL | | |
| | TT | 2 B | |
| | TL | 2 B | |
| | TE | | |
| | TB | | |
| D E S I N T E G R A Ç Ã O | P | | |
| | D | | |
| | DS | | |
| | EB | | |
| | BF | | |
| | DC | | |
| | R | | |
| D E F O R M A Ç Õ E S | ATR | | |
| | COR | | |
| | EM | | |
| | DP | | |
| | ZM | | |
| | EL | | |
| PSI _{qt} | | 4,0 | |
| OBSERVAÇÕES | | Possibilidade de Recapeamento S() N(X) | |

Trecho 4 B – C - Santa Maria

| PLANILHA DE CAMPO (INSPEÇÃO VISUAL) | | | | |
|---|----------------------|---|--|----|
| Trecho | 4 B - C | | | |
| Data | 22/11/2006 | | | |
| Nome do avaliador | Marcelo Scaranto | | | |
| Nome do logradouro | Av Presidente Vargas | | | |
| Início do trecho | 456,8m | | | |
| Fim do Trecho | 599,8 m | | | |
| Tempo de aplicação | 10 min | | | |
| GEOMETRIA DA VIA | | | | |
| Comprimento | 143 m | | | |
| Largura da pista | 7,2m | | | |
| Largura da calçada | LE:3,5 m | LD:1,8 m | | |
| Nº de Faixas | 2 | | | |
| Canteiros centrais | Sim | | | |
| PSR | | 3,0 | CROQUI DE DEFEITOS LOCALIZADOS | |
| | | | LE | LD |
| T R I N C A S | TF | | <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">TR</div> | |
| | TR | 3 B | | |
| | BL | | | |
| | TT | 1 B | | |
| | TL | 1 B | | |
| | TE | | | |
| | TB | | | |
| D E S I N T E G R A Ç Ã O | P | | <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">ZM</div> | |
| | D | | | |
| | DS | | | |
| | EB | | | |
| | BF | | | |
| | DC | | | |
| | R | 3 B | | |
| D E F O R M A Ç Õ E S | ATR | | <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> | |
| | COR | | | |
| | EM | | | |
| | DP | | | |
| | ZM | 1 B | | |
| | EL | | | |
| PSI _{qt} | 3,5 | | <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">TL</div> | |
| | | | | |
| OBSERVAÇÕES | | Possibilidade de Recapeamento S(X) N() | | |

Trecho SA 1 – Erechim

| PLANILHA DE CAMPO (INSPEÇÃO VISUAL) | | | | |
|---|---|---|-----|--|
| Código do segmento | SA 1 | | | |
| Data | 29/06/2006 | | | |
| Nome do avaliador | Marcelo Scaranto | | | |
| Nome do logradouro | Perimetral Norte - Rua Germano Hoffmann | | | |
| Início do trecho | 0 m | | | |
| Fim do Trecho | 157,85m | | | |
| Tempo de aplicação | 15 min | | | |
| GEOMETRIA DA VIA | | | | |
| Comprimento | 157,85m | | | |
| Largura da pista | 15,7 m | | | |
| Largura da calçada | LE: 4 m | LD: 3,8m | | |
| Nº de Faixas | 4 | | | |
| Canteiros centrais | Não | | | |
| PSR | | CROQUI DE DEFEITOS LOCALIZADOS | | |
| | 3,5 | LE | LD | |
| T R I N C A S | CR | <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 50px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">P</div> <div style="margin-left: 20px;">D</div> </div> | | |
| | TR | | | |
| | BL | | | |
| | TT | | | |
| | TL | | | |
| | TE | | | |
| | TB | | | |
| D E S I N T E G R A Ç Ã O | P | | 2 B | |
| | D | | 2 M | |
| | DS | | | |
| | EB | | | |
| | BF | | | |
| | DC | | | |
| | R | | | |
| D E F O R M A Ç Õ E S | ATR | | | |
| | COR | | | |
| | EM | | | |
| | DP | | | |
| | ZM | | | |
| | EL | | | |
| PSI _{qt} | 3,5 | | | |
| OBSERVAÇÕES | Possibilidade de Recapeamento S() N(X) | | | |

Trecho SA 2 – S2

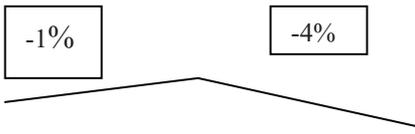
| PLANILHA DE CAMPO (INSPEÇÃO VISUAL) | | | | |
|---|---|--------------------------------|----------|-----|
| Código do segmento | SA 2 - S2 | | | |
| Data | 29/06/2006 | | | |
| Nome do avaliador | Marcelo Scaranto | | | |
| Nome do logradouro | Perimetral Norte - Rua Germano Hoffmann | | | |
| Início do trecho | 157,85m | | | |
| Fim do Trecho | 274,89m | | | |
| Tempo de aplicação | 15 min | | | |
| GEOMETRIA DA VIA | | | | |
| Comprimento | 117,04m | | | |
| Largura da pista | 16,17 m | | | |
| Largura da calçada | LE: 3,7 m | LD: 3,8m | | |
| Nº de Faixas | 4 | | | |
| Canteiros centrais | Não | | | |
| PSR | | CROQUI DE DEFEITOS LOCALIZADOS | | |
| | 4 | LE | LD | |
| T R I N C A S | CR | DS | DP DS | |
| | TR | | | |
| | BL | | | |
| | TT | | | |
| | TL | | | 1B |
| | TE | | | |
| | TB | | | |
| D E S I N T E G R A Ç Ã O | P | TL | | |
| | D | | | |
| | DS | | | B |
| | EB | | | |
| | BF | | | |
| | DC | | | |
| | R | | | |
| D E F O R M A Ç Õ E S | ATR | | | |
| | COR | | | |
| | EM | | | |
| | DP | | | 1 B |
| | ZM | | | |
| | EL | | | |
| PSI _{qt} | 4 | | | |
| OBSERVAÇÕES | Possibilidade de Recapeamento S(X) N() | | | |

Trecho SA 2 – S3

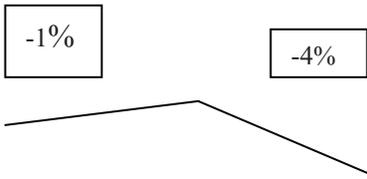
| PLANILHA DE CAMPO (INSPEÇÃO VISUAL) | | | | |
|---|---|-------------------------------|--------------------------------|-------------|
| Código do segmento | SA 2 - S3 | | | |
| Data | 29/06/2006 | | | |
| Nome do avaliador | Marcelo Scaranto | | | |
| Nome do logradouro | Perimetral Norte - Rua Germano Hoffmann | | | |
| Início do trecho | 274,84m | | | |
| Fim do Trecho | 394,19m | | | |
| Tempo de aplicação | 15 min | | | |
| GEOMETRIA DA VIA | | | | |
| Comprimento | 119,35m | | | |
| Largura da pista | 16,25 m | | | |
| Largura da calçada | LE: 4 m | LD: 3,8m | | |
| Nº de Faixas | 4 | | | |
| Canteiros centrais | Não | | | |
| PSR | | 3,5 | CROQUI DE DEFEITOS LOCALIZADOS | |
| | | | LE | LD |
| T R I N C A S | CR | | DP | ATR |
| | TR | | | |
| | BL | | | |
| | TT | 1B | | |
| | TL | | | |
| | TE | | | |
| | TB | | | |
| D E S I N T E G R A Ç Ã O | P | | | |
| | D | | | |
| | DS | | | |
| | EB | | | |
| | BF | | | |
| | DC | | | |
| | R | | | |
| D E F O R M A Ç Õ E S | ATR | 1 M | | |
| | COR | | | |
| | EM | | | |
| | DP | 1 B | | |
| | ZM | | | |
| | EL | | | |
| PSI _{qt} | | 3,5 | | |
| OBSERVAÇÕES | | Possibilidade de Recapeamento | | S(X) N() |

ANEXO C - Planilhas para a coleta de dados gerais, dados de tráfego e drenagem, encontrados nas SAs, para os municípios de Santa Maria e Erechim.

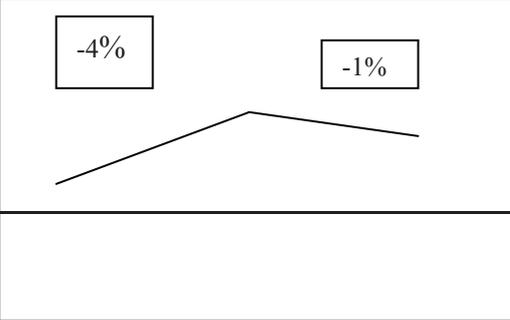
Trecho 2 B – C - Santa Maria

| DADOS GERAIS | Respostas | Observações |
|---|---|---------------------|
| Nome do Logradouro | Av. Pres. Vargas | |
| Número da Superfície de Avaliação (SA) | 2 B - C | |
| Dados por SA | | |
| Largura da pista | 7,2 m | |
| Número de faixas de tráfego | 2 | |
| Extensão da SA | 155 m | |
| Largura das faixas de tráfego | 2,5 m | |
| Altura média do meio fio | 15 cm | |
| Rampa média | baixa | |
| Tráfego | Meio Pesado | |
| Estrutura do Pavimento | | |
| Tipo de estrutura | Flexível | |
| Espessura das camadas | 6+6 CBUQ, 6 PMF | +21 paralelepípedos |
| Idade | 60 anos | |
| Tipo de solo do subleito | Arenito | CBR = 10 % |
| Condições de drenagem | Suficiente | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| <p>Croqui drenagem Superficial Dispositivos de drenagem</p> <p>Corte Transversal da pista</p>  | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">BL</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">BL</div> </div> | |
| | LE | LD |

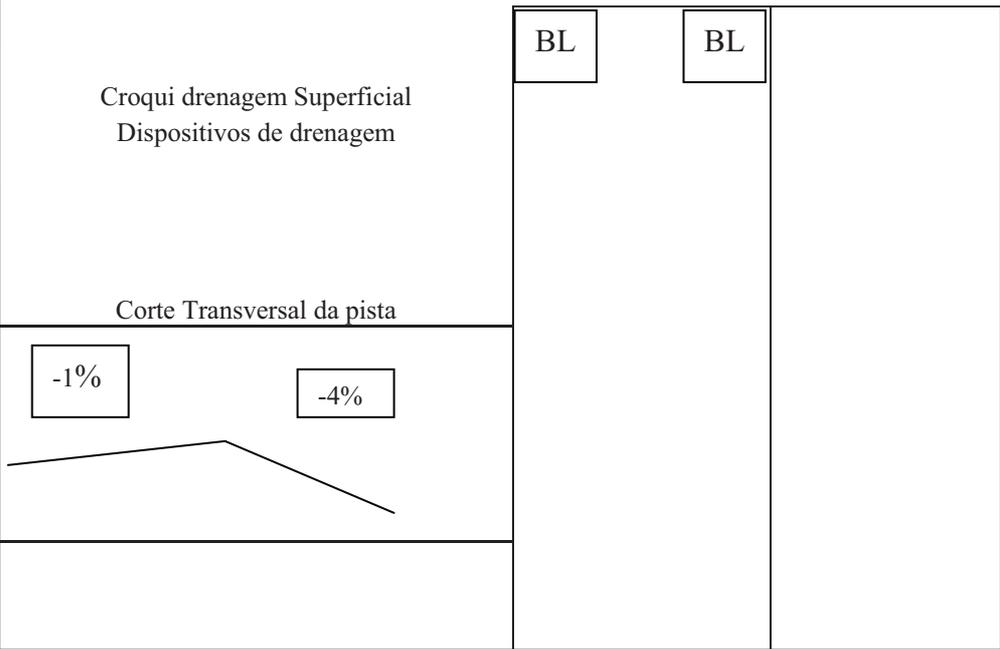
Trecho 3 B – C - Santa Maria

| DADOS GERAIS | Respostas | Observações |
|---|------------------|---------------------|
| Nome do Logradouro | Av. Pres. Vargas | |
| Número da Superfície de Avaliação (SA) | 3 B - C | |
| Dados por SA | | |
| Largura da pista | 7,2 m | |
| Número de faixas de tráfego | 2 | |
| Extensão da SA | 138 m | |
| Largura das faixas de tráfego | 2,5 m | |
| Altura média do meio fio | 10 cm | |
| Rampa média | baixa | |
| Tráfego | Meio Pesado | |
| Estrutura do Pavimento | | |
| Tipo de estrutura | Flexível | |
| Espessura das camadas | 6+6 CBUQ, 6 PMF | +21 paralelepípedos |
| Idade | 60 anos | |
| Tipo de solo do subleito | Arenito | CBR = 10 % |
| Condições de drenagem | Insuficiente | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| <p>Croqui drenagem Superficial Dispositivos de drenagem</p> <p>Corte Transversal da pista</p>  | | |
| | LE | LD |

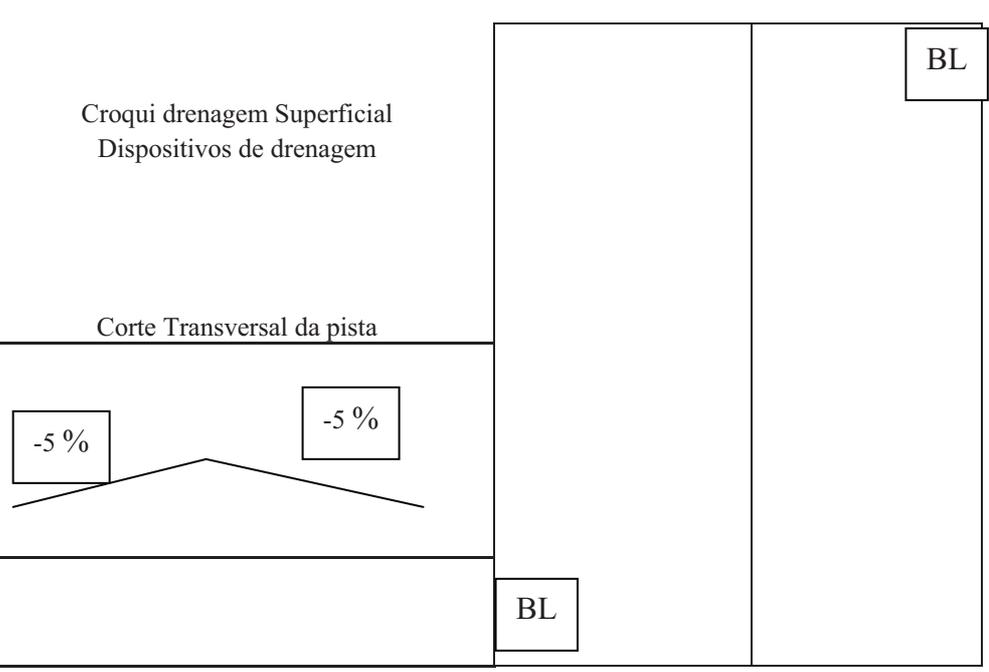
Trecho 4 C – B - Santa Maria

| DADOS GERAIS | Respostas | Observações |
|---|------------------|---|
| Nome do Logradouro | Av. Pres. Vargas | |
| Número da Superfície de Avaliação (SA) | 4 C - B | |
| Dados por SA | | |
| Largura da pista | 7,2 m | |
| Número de faixas de tráfego | 2 | |
| Extensão da SA | 143 m | |
| Largura das faixas de tráfego | 2,5 m | |
| Altura média do meio fio | 10 cm | |
| Rampa média | baixa | |
| Tráfego | Meio Pesado | |
| Estrutura do Pavimento | | |
| Tipo de estrutura | Flexível | |
| Espessura das camadas | 6+6 CBUQ, 6 PMF | +21 paralelepípedos |
| Idade | 60 anos | |
| Tipo de solo do subleito | Arenito | CBR = 10 % |
| Condições de drenagem | Suficiente | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| <p>Croqui drenagem Superficial Dispositivos de drenagem</p> <p>Corte Transversal da pista</p>  | | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">BL</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">BL</div> </div> |
| | LE | LD |

Trecho 4 B – C - Santa Maria

| DADOS GERAIS | Respostas | Observações |
|--|---------------------|---------------------|
| Nome do Logradouro | Av. Pres. Vargas | |
| Número da Superfície de Avaliação (SA) | 4 B - C | |
| Dados por SA | | |
| Largura da pista | 7,2 m | |
| Número de faixas de tráfego | 2 | |
| Extensão da SA | 143 m | |
| Largura das faixas de tráfego | 2,5 m | |
| Altura média do meio fio | 15 cm | |
| Rampa média | baixa | |
| Tráfego | Meio Pesado | |
| Estrutura do Pavimento | | |
| Tipo de estrutura | Flexível | |
| Espessura das camadas | 6+6 CBUQ, 6 PMF | +21 paralelepípedos |
| Idade | 60 anos | |
| Tipo de solo do subleito | Arenito | CBR = 10 % |
| Condições de drenagem | Suficiente | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| <p>Croqui drenagem Superficial Dispositivos de drenagem</p> <p>Corte Transversal da pista</p>  | <p>BL</p> <p>BL</p> | |
| | LE | LD |

Trecho SA 1 – Erechim

| DADOS GERAIS | Respostas | Observações |
|---|---------------------------|-------------------------------|
| Nome do Logradouro | Germano Hoffmann | |
| Número da Superfície de Avaliação (SA) | SA 1 | |
| Dados por SA | | |
| Largura da pista | 15,7 m | |
| Número de faixas de tráfego | 4 | |
| Extensão da SA | 157,85 m | |
| Largura das faixas de tráfego | 2,8 m | |
| Altura média do meio fio | 12 cm | Locais com meio fio na cota 0 |
| Rampa média | baixa | |
| Tráfego | | |
| | Meio Pesado | |
| Estrutura do Pavimento | | |
| Tipo de estrutura | Flexível | |
| Espessura das camadas | H _{CBUQ} = 6,5cm | + paralelepípedos = 20cm |
| Idade | 3 anos | |
| Tipo de solo do subleito | Argila A ₇₋₅ | CBR = 8 % |
| Condições de drenagem | | |
| | Insuficiente | |
| <p>Croqui drenagem Superficial Dispositivos de drenagem</p> <p>Corte Transversal da pista</p>  <p>The diagram illustrates a cross-section of a road with a 5% slope on both sides. A drainage structure labeled 'BL' is shown on the right side of the road. The road is labeled 'LE' and 'LD' at the bottom.</p> | | |
| | LE | LD |

Trecho SA 2 – S2 – Erechim

| DADOS GERAIS | Respostas | Observações |
|--|---------------------------|-------------------------------|
| Nome do Logradouro | Germano Hoffmann | |
| Número da Superfície de Avaliação (SA) | SA 2 - S2 | |
| Dados por SA | | |
| Largura da pista | 16,17 m | |
| Número de faixas de tráfego | 4 | |
| Extensão da SA | 117,04 m | |
| Largura das faixas de tráfego | 2,8 m | |
| Altura média do meio fio | 20 cm | |
| Rampa média | baixa | |
| Tráfego | Meio Pesado | |
| Estrutura do Pavimento | | |
| Tipo de estrutura | Flexível | |
| Espessura das camadas | $H_{CBUQ} = 6,5\text{cm}$ | + base= 20cm + sub-base= 20cm |
| Idade | 3 anos | |
| Tipo de solo do subleito | Argila A ₇₋₅ | CBR = 8 % |
| Condições de drenagem | Suficiente | |
| <p>Croqui drenagem Superficial Dispositivos de drenagem</p> <p>Corte Transversal da pista</p> <p>LE LD</p> | | |
| <p>BL BL</p> <p>BL</p> | | |

ANEXO D – Modelo de Planilha para contagem do tráfego

ANEXO E – Planilhas para a contagem de tráfego nos municípios de Santa Maria e Erechim.

