

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
– PPGEC**

Floriano Augusto de Toledo Fernandes

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE  
GERENCIAMENTO PARA CONSERVAÇÃO DO PAVIMENTO  
DE VIAS URBANAS, ATRAVÉS DE UM SISTEMA DE  
INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil.

Florianópolis  
2011

## FICHA CATALOGRÁFICA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE  
GERENCIAMENTO PARA CONSERVAÇÃO DO PAVIMENTO  
DE VIAS URBANAS, ATRAVÉS DE UM SISTEMA DE  
INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)**

Floriano Augusto de Toledo Fernandes

Dissertação julgada adequada para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

---

Prof. Dr. Roberto Caldas de Andrade Pinto – Coordenador do PPGEC

---

Prof. Dr. Glicério Trichês – Orientador

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

Dr. Glicério Trichês – Moderador – ECV/UFSC

---

Dr. Washington Peres Núñez – ECV/UFSC

---

Dr. Antonio Fortunato Marcon – ECV/UFSC

---

Dr. Rafael Augusto dos Reis Higashi – ECV/UFSC



## **AGRADECIMENTOS**

Ao amigo Ricardo, pelo apoio na utilização das ferramentas desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Glicério, que sempre me estimulou para o término do trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcon, que sempre foi atencioso quanto às dúvidas levadas por mim.

Ao Prof. Dr. Washington, pela recepção na UFRGS e pela disponibilidade.

Aos outros professores do PPGECC, bem como à toda equipe de apoio.

Aos meus amigos sempre presentes.

Aos meus pais, irmãos e família.

À Deus.



## RESUMO

Este estudo relata o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento para conservação de pavimentos de vias urbanas, utilizando-se de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Para a validação e calibração da metodologia da pesquisa utilizou-se uma área piloto de uma cidade brasileira de médio porte (São José/SC). Para cadastrar as informações das vias urbanas e para avaliar as patologias das superfícies com revestimento asfáltico fez-se uso de uma ferramenta informatizada em campo (Palm Top), cujo processo traz velocidade e segurança ao sistema, uma vez que os dados a serem levantados são pré-determinados em escritório, e as informações coletadas em campo são repassadas automaticamente para um banco de dados relacional (Microsoft Access®). A aplicação de um SIG permite compatibilizar a gerência de conservação do pavimento com outros elementos da infraestrutura urbana, de modo que o acompanhamento visual das vias urbanas prioritárias às atividades de conservação possa ser realizado através de mapas temáticos levando em consideração a localização, condição do pavimento, condição dos demais elementos das vias, hierarquia viária em relação ao tráfego e custos das estratégias previstas. Como resultado, pode-se verificar que a geração de mapas temáticos auxilia a gestão dos tomadores de decisão, uma vez que facilita a visualização das necessidades da infraestrutura urbana, sendo que intervenções corretas poderão ser aplicadas em momentos oportunos, levando em consideração os recursos disponíveis do município, podendo também ser utilizado para justificar qualquer captação de financiamentos, visando manter o valor patrimonial da rede de pavimentos garantindo o conforto e a segurança aos usuários.

**Palavras-chave:** Gerência de Pavimentos, Sistemas de Informações Geográficas, Infraestrutura de Vias Urbanas.



## ABSTRACT

This study presents the development of a maintenance management system for urban road pavements, using a Geographic Information System (GIS). For validation and calibration of the research methodology, a pilot area for a midsize Brazilian city (São José / SC) was used. A computerized tool (Palm Top) was used to collect the urban roads data and to evaluate the pathologies of the asphalt-coated surfaces, a process that brings efficiency and accuracy to the system, since the data to be studied is pre-determined in the work environment. The information is then collected in the field and automatically transferred to the database (Microsoft Access®). The application of a compatible Geographic Information System (GIS) allows the management team to track the maintenance of the road pavement and other elements of the urban infrastructure. In addition, that visual monitoring of urban roads can be accomplished through thematic maps, taking into consideration the location, condition of the pavement, road hierarchy in relation to traffic and cost of planned strategies. As a result, the utilization of thematic maps assists decision makers in their day to day activities, the visualization of the urban infrastructure's necessities, where correct intervention could be applied at opportune moments, taking into consideration the municipality available resources. It may also be used as a cost efficient tool during the planning phase of the project while ensuring the safety and comfort to users.

**Key Words:** Pavement Management, Geographic Information Systems, Infrastructure of Urban Pathways.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Índice de serventia ao longo do tempo ou com o tráfego acumulado (ZANCHETTA, 2005). .....	29
Figura 2 – Trincamento FC-3 (Fonte: DAER/RS, 1978). .....	37
Figura 3 – Panela ou buraco (Fonte: DAER/RS, 1978). .....	37
Figura 4 – Afundamento na trilha de roda (Fonte: DAER/RS, 1978)	38
Figura 5 – Fluxograma das ferramentas.....	44
Figura 6 – Telas do <i>Palm Top</i> utilizado nos levantamentos de campo.	45
Figura 7 – Mapa de localização. ....	47
Figura 8 – Articulação da área piloto.....	47
Figura 9 – Divisão de segmentos por polígonos, enquadrando as interseções (esquinas).....	49
Figura 10 – Av. Brasil (Seção 740) revestida com mistura asfáltica ....	52
Figura 11 – Tela do Inventário em funcionamento no <i>Palm Top</i> .....	53
Figura 12 – Classificação segundo o Índice de Estado de Superfície (IES).....	58
Figura 13 – Tela do <i>Palm Top</i> em funcionamento na Avaliação Objetiva.....	59
Figura 14 – Tela do <i>Palm Top</i> em funcionamento na Avaliação Subjetiva.....	63
Figura 15 – Mapa Temático Tipo de Revestimento.....	66
Figura 16 – Dados do Tipo de Revestimento exportados para o Google Earth®. ....	67
Figura 17 – Mapa Temático Classe Funcional. ....	68
Figura 18 – Dados de Classe Funcional exportados para o Google Earth® .....	69
Figura 19 – Mapa Temático segundo o IES. ....	70

Figura 20 – Dados da Avaliação Objetiva exportados para o Google Earth®.....	71
Figura 21 –Mapa Temático segundo a existência do serviço de Transporte Coletivo.....	72
Figura 22 –Mapa Temático segundo o IP.....	73
Figura 23 –Dados da priorização exportados para o Google Earth® ...	74
Figura 24 –Mapa Temático Atividades de Conservação.....	75
Figura 25 – Dados das atividades de conservação exportados para o Google Earth®. ....	76
Figura 26 – Relatório Individual das Seções.....	79
Figura 27 – <i>Palm Top</i> para ser utilizado na avaliação da infraestrutura.	81

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Modelo da Planilha utilizada por Freitas (2002).....	38
Quadro 2 – Pesos atribuídos aos defeitos (FREITAS, 2002).....	39
Quadro 3 – Classificação das condições superficiais dos pavimentos (FREITAS, 2002).....	40
Quadro 4 – Comparação entre pesos feita por Matos (2004). ....	41
Quadro 5 – Novos intervalos de classificação, segundo Matos (2004). .....	42
Quadro 6 – Planilha com dados de inventário (ZANCHETTA, 2005). .....	50
Quadro 7 – Instruções para o preenchimento do inventário. ....	51
Quadro 8 – Parâmetros de avaliação objetiva de defeitos (HANSEN, 2008).....	57
Quadro 9 – Acompanhamento dos critérios da avaliação objetiva. ....	60
Quadro 10 – Modelo de Priorização, adaptado de Hansen (2008). ....	62
Quadro 11 – Estratégias e atividades de conservação. ....	63
Quadro 12 – Características da área piloto.....	65
Quadro 13 – Classe Funcional das seções revestidas com mistura asfáltica. ....	67
Quadro 14 – Resultados da Avaliação Objetiva.....	70
Quadro 15 – Índices de Prioridade (IP). ....	73
Quadro 16 – Resultados encontrados segundo as estratégias atribuídas. .....	74
Quadro 17 – Resultados encontrados segundo às atividades atribuídas. .....	75
Quadro 18 – Relação dos custos com as prioridades e hierarquia viária. .....	77

Quadro 19 – Relação dos custos com as atividades. ....	77
Quadro 20 – Relação dos custos com a hierarquia viária e avaliação objetiva. ....	77

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>19</b>
1.1	Objetivos	20
1.1.1	Objetivo geral	20
1.1.2	Objetivos específicos	21
1.2	Justificativa	21
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>22</b>
2.1	Sistemas de gerência de pavimentos (SGP)	22
2.1.1	Considerações iniciais	22
2.1.2	Objetivos de um SGP	23
2.1.3	Níveis de um SGP	25
2.1.4	Utilização de parâmetros de tráfego em estudos de dimensionamento e conservação de pavimentos	26
2.1.5	Avaliação de pavimentos flexíveis	27
2.1.5.1	Deterioração dos pavimentos	27
2.1.6	Avaliação funcional de pavimentos	28
2.1.7	Métodos de análise e avaliação dos defeitos de superfície	29
2.1.7.1	Manual de identificação de defeitos SHRP	30
2.2	Sistemas de Informações Geográficas (SIG)	30
2.3	Métodos de análise e avaliação dos defeitos de superfície implantados em sistemas de gerenciamento para conservação do pavimento de vias urbanas	33
2.3.1	Avaliação da Condição do Pavimento Urbano	35
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DA PESQUISA: APLICAÇÃO E CALIBRAÇÃO</b>	<b>42</b>
3.1	Ferramentas utilizadas	42
3.1.1	Sistema de Informação Geográfica – SIG	42
3.1.2	Banco de Dados	43
3.1.3	Conversores de dados <i>Access</i> (B. de Dados) para “ <i>pdb</i> ” (Arquivo <i>Palm Top</i> )	43
3.2	Definição da área piloto	46
3.3	Divisão das seções	48
3.4	Inventário	49
3.5	Avaliação objetiva	53

3.6	Priorização de intervenções das vias urbanas .....	61
3.7	Avaliação subjetiva .....	62
3.8	Planejamento orçamentário .....	64
3.9	Exportação dos dados para o google earth® e relatórios .....	64
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>65</b>
4.1	Tipo de revestimento .....	65
4.2	Classe funcional .....	67
4.3	Avaliação objetiva .....	69
4.4	Índice de prioridade (IP) .....	71
4.5	Atividades de conservação .....	74
4.6	Planejamento orçamentário e relatórios .....	76
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>80</b>
5.1	Conclusões .....	80
5.2	Recomendações .....	81
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>83</b>
	<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>89</b>
	<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>92</b>





# 1 INTRODUÇÃO

A falta do gerenciamento e planejamento urbano é o fator que mais contribui para conduzir os municípios a certo estágio de precariedade em sua infraestrutura. Com isso, verifica-se que o planejamento e o gerenciamento influem substancialmente na vida do cidadão morador deste ambiente urbano, pois ao negligenciar a infraestrutura urbana, estar-se-ia excluindo este cidadão da boa utilização dos bens públicos básicos, os quais ele patrocina com seus impostos (PRETTO *et al.*, 1996).

Um sistema pode ser definido como um conjunto de componentes que interagem mutuamente, afetados por fatores externos. O próprio pavimento, por exemplo, constitui um sistema cujos componentes (revestimento, base, sub-base, subleito) são submetidos a fatores externos, como o tráfego e as condições climáticas.

Um sistema gerencial de pavimentos tem como componentes que devem interagir mutuamente o planejamento, o projeto, a construção e a conservação dos pavimentos. Como principais fatores externos condicionantes de um sistema gerencial de pavimentos podem ser citados os recursos orçamentários, os dados necessários ao sistema e as diretrizes políticas e administrativas.

Os pavimentos viários representam um valioso patrimônio cuja conservação e restauração oportuna é essencial para sua preservação. Qualquer interrupção ou redução na intensidade ou frequência dos serviços necessários à conservação desse patrimônio implicará aumentos substanciais nos custos de operação dos veículos e da necessidade de investimentos cada vez mais vultosos para a recuperação da malha viária.

Estudos demonstram que um pavimento, quando restaurado no momento adequado, poderá exigir apenas uma camada delgada de recapeamento, sobreposta à estrutura atual, com um custo relativamente baixo. Entretanto, se restaurado quando atingir a condição mau/péssimo, o pavimento excessivamente deteriorado exigirá serviços cujos custos atingirão valores várias vezes superiores. A implantação e a manutenção de outros sistemas, como redes de água e esgoto, energia, drenagem, etc, também afetam significativamente o desempenho dos pavimentos urbanos.

Embora qualquer município tenha o interesse de manter sua malha viária em boas condições, o fato é que a correção dos defeitos causados pelo tráfego intenso dos veículos se direciona comumente a

atividades para solução somente dos problemas emergenciais. Além disso, na grande maioria das vezes, as soluções destes problemas somente são implementadas a partir de reivindicações (sucessivas, muitas vezes) da comunidade, pois não há um planejamento preventivo para estas atividades. Paralelamente, estas ações não conseguem quantificar a durabilidade das soluções adotadas de conservação, o desperdício dos recursos, e muito menos as dificuldades de circulação impostas a certa região pela falta de uma conservação regular e preventiva das vias.

Dessa forma, percebe-se que a racionalização da gestão de conservação destas vias passa, sem dúvida, pela implantação de um Sistema de Gerência que consiga não apenas realizar operações de conservação de caráter emergencial, mas também de caráter preventivo.

Portanto, é necessária a realização de levantamentos detalhados das vias da cidade, formando-se um banco de dados consistente sobre o sistema viário e que, através do cruzamento de diferentes atributos (sistemas), se possam mostrar em mapas digitais georreferenciados ao administrador da cidade, as condições em que se encontram os revestimentos das vias do município, além dos demais itens que estão ligados à sua conservação (redes de água, esgoto e drenagens, meio-fios, sinalizações, etc.), qual a prioridade para intervir em cada via, qual o serviço mais indicado, o quanto isso irá custar, entre outros.

Neste sentido, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) com sua capacidade de combinar informações geográficas (referenciadas espacialmente) e alfanuméricas (atributos) pode ser uma importante ferramenta no auxílio para as atividades de gerência de infraestrutura urbana.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver um sistema para gerenciar a conservação do pavimento de vias urbanas, que seja capaz de relacionar-se com a gerência de outras redes de serviços públicos, através do cruzamento de dados em um ambiente SIG que permita o estudo de mapas de priorização baseados em cenários desenvolvidos, admitindo-se diferentes opções de um sistema que possibilita cadastrar e manter atualizadas as informações referentes às condições da infraestrutura de vias urbanas.

Além disso, pretende-se fornecer subsídios, através de metodologia baseada em planejamento orçamentário, para que as prefeituras consigam ter um Sistema de Macro-planejamento para os serviços necessários de conservação destas vias urbanas.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar as metodologias já existentes para avaliação de defeitos nos pavimentos de vias urbanas, bem como definir a aplicação de um método prático e moderno com a utilização de ferramentas informatizadas;
- Definir uma área piloto, que servirá de base para este trabalho, de modo que a região ofereça os diversos tipos de cenários para todos os elementos de interesse deste estudo, e que a quantidade de vias analisadas ofereça a devida credibilidade para a pesquisa;
- Introduzir o uso de um *Palm Top* nos levantamentos de campo, de modo à facilitar a coleta e transferência de dados;
- Definir as Estratégias de Conservação, em nível de rede, que poderão ser selecionadas;
- Definir as Atividades de Conservação, em nível de projeto, que poderão ser selecionadas, cujos detalhamentos e dimensionamentos padrões já estarão criados;
- Gerar mapas temáticos da área piloto contendo informações relativas aos elementos de análise das vias;
- Propor um planejamento orçamentário simplificado de conservação, inclusive sua compatibilização com as restrições orçamentárias do município;
- Gerar relatórios individuais e globais, contendo informações do banco de dados. Além disso, pretende-se possibilitar a visualização rápida dos dados junto com as imagens no programa Google Earth®.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista que o Governo Federal está ampliando a oferta de crédito para obras de transporte urbano público e privado por meio da Caixa Econômica Federal, através do Programa de Infraestrutura de

Transporte e da Mobilidade Urbana – PRÓ TRANSPORTE, conforme Instrução Normativa nº 22 de 10 de maio de 2010 do Ministério das Cidades, é essencial que os municípios se organizem no sentido de elaborar um instrumento de planejamento que justifique os investimentos (item 4.1 – b), pré-requisito para enquadramento das propostas para obtenção de financiamentos.

Grande parte dos problemas nos pavimentos urbanos está associada à má qualidade dos serviços de reparos de outras infraestruturas, como a interferência de obras e serviços de água e esgoto, por exemplo. Estas obras quando executadas sem planejamento, seja por parte das concessionárias ou pela própria prefeitura, podem gerar inúmeros problemas, tais como:

- Desconforto e falta de segurança aos usuários;
- Aumento dos custos operacionais dos veículos;
- Diminuição da condição estrutural do pavimento.

Dessa forma é essencial que os municípios se organizem de modo a planejar qualquer tipo de intervenção ligada à pavimentação. A falta de comunicação entre as secretarias dos municípios, as concessionárias e outros, aliada à ausência de um sistema global como o SIG, dificultam o planejamento urbano, pois os dados são coletados de forma isolada. Havendo comunicação e compartilhamento dos dados, utilizando-se do geoprocessamento, será possível aplicar um sistema de logística da coleta e armazenamento dos dados. É importante que exista um boletim de cadastro completo e confiável, que contenha todas as informações necessárias para que possam ser utilizadas em momentos oportunos. Além disso, será possível quantificar a durabilidade das soluções adotadas, bem como fazer a prestação de contas à comunidade e ao agente financiador num próximo investimento.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 SISTEMAS DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS (SGP)**

#### **2.1.1 Considerações iniciais**

O crescimento das redes rodoviárias nos países mais desenvolvidos da Europa e nos Estados Unidos chegou à culminância a partir da Segunda Guerra Mundial. Nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, a ampliação de suas malhas viárias estava apenas começando.

Tem-se observado nas últimas décadas um aumento nas atividades de conservação e restauração e uma diminuição no ritmo de crescimento da rede rodoviária nos países em desenvolvimento, tendo em vista as enormes restrições financeiras sofridas pelos mesmos.

Esse conjunto de restrições financeiras, juntamente com as exigências dos organismos financeiros internacionais quanto à rentabilidade dos investimentos nas infraestruturas rodoviárias, obrigaram as administrações a adotar políticas mais voltadas para a conservação da rede existente, do que para a ampliação de sua extensão. Tais circunstâncias conduziram, tanto as administrações rodoviárias como os organismos ligados à pesquisa, ao estudo do comportamento dos pavimentos e das soluções destinadas a evitar as degradações aceleradas. Nascia, assim, a Gerência de Pavimentos, cujo objetivo primordial é melhorar a rentabilidade dos investimentos e preservar o patrimônio público.

Segundo Marcon (2005), o SGP engloba um conjunto de atividades destinado a ajudar na seleção de medidas mais adequadas de planejar, projetar, construir e manter pavimentos visando a melhor utilização dos recursos disponíveis.

O principal enfoque de um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) é “aumentar a eficiência das decisões tomadas pelos administradores de qualquer rede de vias, expandir suas extensões, proporcionar uma retroalimentação das conseqüências das decisões tomadas em diferentes níveis, dentro da mesma organização” (HAAS *et al.*, 1994).

Uma importante característica de um SGP é a capacidade de mostrar aos administradores de uma malha viária, o atual estado dos pavimentos, os locais onde as atividades de conservação ou restauração se mostram necessárias e as conseqüências que diferentes níveis orçamentários podem causar na condição futura da rede. Desta forma, um SGP é projetado para ser uma ferramenta de planejamento estratégico para os administradores e também, como uma alternativa para os tomadores de decisões técnicas, coordenando as atividades básicas necessárias (AASHTO, 1993).

### **2.1.2 Objetivos de um SGP**

Um SGP, segundo Haas *et al.* (1994), consiste de um elenco de atividades coordenadas, relacionadas com o planejamento, projeto,

construção, manutenção, avaliação e pesquisa de pavimentos, cujo objetivo principal é utilizar informações confiáveis e critérios de decisão para construir um programa de construção, manutenção e reabilitação de pavimentos que dê o máximo de retorno possível para os recursos disponíveis. Portanto, para atingir seu objetivo, um sistema de gerência de pavimentos deve ser capaz de comparar, priorizar e alocar os recursos de seu programa de manutenção e reabilitação entre todas as seções da rede viária.

As análises e funções de um Sistema de Gerência de Pavimentos focalizam questões relacionadas com a condição do pavimento, tráfego, necessidades de Manutenção e Reabilitação (M&R) e estimativa orçamentária. Estas questões representam cenários, tais como (SCHWARTZ *et al.*, 1991):

- Quais são as necessidades de M&R e os custos associados para os próximos 1, 5, 10 anos (ou mais), considerando dados sobre a condição atual do pavimento, tráfego, custos de construção e nível mínimo de desempenho?
- Quais são os impactos relativos ao baixo nível de qualidade do pavimento, os custos associados sobre as atividades de M&R e a condição do pavimento?
- Quais são os impactos relativos às mudanças de tráfego sobre as atividades de M&R e o desempenho do pavimento no futuro?
- Quais são os fatores de priorização de seções e as intervenções apropriadas para atender determinados níveis orçamentários e níveis de desempenho?

Mediante a utilização dos procedimentos de gerência de pavimentos, os organismos rodoviários ou prefeituras municipais podem avaliar a aplicação de várias estratégias de manutenção e reabilitação, simulando seus efeitos sobre a condição dos pavimentos e os custos associados.

O interesse em implementar um programa sistêmico de manutenção e reabilitação de pavimentos se justifica ao se observar alguns benefícios oferecidos pelo SGP:

- Desenvolvimento de inventário dos pavimentos da rede em termos de locação, tipo, classe funcional, geometria, área pavimentada, etc;
- Desenvolvimento de banco de dados com as informações organizadas e disponíveis sobre a condição do pavimento, acidentes, tráfego, construção e históricos de manutenção e reabilitação, além de qualquer outro tipo de dado que se julgue necessário;

- Avaliação da condição do pavimento com base em levantamentos estrutural e/ou funcional de toda a rede;
- Análise da condição futura do pavimento sob condições de tráfego e clima;
- Indicação dos investimentos necessários para realização das atividades de recuperação e conservação da rede e para mantê-los nos níveis de qualidade desejáveis;
- Indicação das necessidades de investimentos para manter a rede em níveis especificados de desempenho em termos plurianuais (5, 10 ou mais anos) dependendo do nível de sofisticação incluído no SGP;
- Desenvolvimento de programas anuais e plurianuais específicos, dependendo do horizonte de planejamento;
- Estabelecimento de metodologias e procedimentos para priorização de desembolsos quando os recursos disponíveis forem menores do que o necessário para atender aos objetivos de desempenhos específicos;
- Comparação entre diferentes estratégias de manutenção, reabilitação ou reconstrução dos pavimentos da rede;
- Estabelecimento de bases de comunicação entre as várias redes de infraestrutura urbana e rural, e entre grupos, tais como, legisladores, governantes locais, imprensa, usuários, concessionárias dos serviços públicos, etc.

### **2.1.3 Níveis de um SGP**

Segundo o Manual de Gerência de Pavimentos (DNIT, 2010), o processo decisório de um Sistema de Gerência de Pavimentos pode ser classificado de acordo com o seu nível de abrangência, podendo ser em nível de rede e em nível de projeto.

A gerência em nível de rede indica os trechos prioritários da malha rodoviária que devem ser objetos de investimentos em conservação, de forma que os recursos públicos alocados para um determinado período tenham um melhor retorno econômico. Por outro lado, a gerência em nível de projeto envolve atividades detalhadas do próprio projeto e da execução de obras em um trecho específico da malha, atividades estas que deverão confirmar e detalhar as recomendações da gerência em nível de rede e que normalmente deverão subsidiar orçamentos e programas de curto prazo.

No SGP em nível de rede, as informações necessárias devem ser mais simples e demandar um menor intervalo de tempo para a sua obtenção. Preocupa-se com a escolha da melhor estratégia (“o que fazer”), em indicar a atividade mais apropriada (“como fazer”), em selecionar as seções prioritárias (“onde fazer”), em definir a melhor época para execução dos serviços de conservação e a que custo aproximado (“quando fazer”).

No SGP em nível de projeto, observa-se mais detalhadamente um determinado trecho pavimentado. Os dados são coletados de forma mais aprofundada, com estudos de estrutura das camadas do pavimento, determinando, sempre que possível, as causas do aparecimento de defeitos e as conseqüências que estes poderão induzir em camadas adjacentes, procurando avaliar e selecionar o tipo e data de execução do serviço de conservação.

#### **2.1.4 Utilização de parâmetros de tráfego em estudos de dimensionamento e conservação de pavimentos**

Os estudos de tráfego consistem em importante etapa a ser realizada durante o processo de avaliação das condições de um pavimento. Estes estudos, contudo, demandam consideráveis recursos financeiros e de tempo. Devido a isso, quase sempre não são realizados adequadamente, sendo muitas vezes negligenciados e resultando em valores adulterados.

Um sistema de transporte rodoviário eficiente necessita que a estrutura do pavimento de suas vias seja bem dimensionada, de maneira a absorver as solicitações das cargas sobre elas aplicadas e propiciar boas condições de tráfego. Uma relação bem estruturada entre o número de veículos que trafega ao longo de determinada via e o projeto de dimensionamento desta mesma via, tanto no que concerne à estrutura física do pavimento, quanto em relação a sua capacidade de tráfego e nível de serviço, constitui-se num parâmetro de projeto fundamental.

O dimensionamento e a conservação de um pavimento dependem diretamente do tráfego que este pavimento irá suportar no decorrer da sua vida útil. Ao dimensionar o pavimento de uma determinada via, é necessário que inicialmente sejam realizados estudos de tráfego de modo a determinar certas variáveis como: o volume e a composição de tráfego, tráfego gerado, desviado, futuro e número N. De maneira análoga, estas variáveis, também, serão necessárias para a realização dos serviços de conservação de determinada via ao longo do tempo.

“O estudo da composição e a determinação do volume de tráfego são de vital importância para o amplo entendimento dos mecanismos, que regem a fluência do tráfego de veículos, ao longo de uma via. Estes dois fatores são preponderantes, também, para o processo de dimensionamento das espessuras das camadas de um pavimento, bem como à determinação de sua seção transversal” (DYNATEST, 1997).

Sendo assim, pode-se afirmar que o tráfego tem influência direta na determinação da viabilidade econômica de uma via, bem como no dimensionamento de sua seção transversal e da estrutura do pavimento.

### **2.1.5 Avaliação de pavimentos flexíveis**

A avaliação das condições de um pavimento é possível através da análise de uma série de parâmetros, tais como: análise dos defeitos de superfície, análise estrutural, análise funcional, análise da aderência entre o pneu do veículo e o pavimento, e análise da solicitação do tráfego.

Neste trabalho, apenas a análise das condições referentes aos revestimentos de mistura asfáltica foi abordada, tendo em vista que a avaliação de outros tipos de revestimento é pouco difundida. Os pavimentos rígidos, que por sua vez possuem diversos métodos de avaliação, não serão levados em consideração, pois os mesmos raramente são empregados em vias urbanas no Brasil.

#### **2.1.5.1 Deterioração dos pavimentos**

Antes de abordar os defeitos que possam vir a surgir em um pavimento é importante definir alguns conceitos e entender alguns mecanismos que regem a Mecânica dos Pavimentos. Ou seja, é importante analisar se o pavimento está desempenhando bem todas as suas funções, sejam elas funcionais ou estruturais.

O DNER (1998) define desempenho como sendo “o decréscimo ou incremento da condição de serventia do pavimento ao longo do tempo. O desempenho funcional refere-se à capacidade do pavimento em proporcionar uma superfície de rolamento com uma serventia adequada, com conforto e segurança. O desempenho estrutural, por seu

turno, consiste na capacidade do pavimento em manter sua integridade estrutural (física)”.

Os defeitos estruturais tendem a acarretar problemas de ordem funcional, enquanto os funcionalmente defeituosos podem estar estruturalmente sadios. Ou seja, caso um revestimento, por exemplo, apresente um afundamento em sua superfície, isso representa um mau desempenho da estrutura do pavimento e caso um veículo venha a passar sobre este afundamento, isto afetará a condição de conforto, custo e segurança de quem viaja no veículo, afetando assim, a funcionalidade do pavimento.

### **2.1.6 Avaliação funcional de pavimentos**

Na avaliação funcional do pavimento, o conforto e a segurança de rolamento são tratados prioritariamente, através da integridade superficial do pavimento, enquanto que o restante da estrutura é considerado secundário.

“Uma das principais realizações da pista experimental da AASHTO foi o desenvolvimento do conceito e dos métodos de avaliação do conforto e rolamento. O conforto ao rolamento foi desde então considerado o melhor parâmetro para exprimir a funcionalidade de um pavimento” (DNER, 1998).

O conceito de conforto, todavia, está atrelado a percepções extremamente subjetivas, o que torna difícil de mensurar ou quantificar. Para Marcon (2005), “o desempenho de um pavimento consiste na capacidade que esse pavimento tem de atender seus objetivos ao longo de sua vida útil”.

A condição que um pavimento tem de proporcionar uma superfície de rolamento que disponibilize economia, conforto e segurança, é denominada de serventia. Esta é a razão principal para a qual o pavimento foi concebido.

A variável mais significativa para determinar a serventia de uma via é a irregularidade longitudinal, sendo a grandeza física que melhor se relaciona com a qualidade do rolamento. Irregularidade longitudinal de um pavimento consiste no conjunto de desvios da superfície do pavimento em relação a um plano de referência. Sendo que, estes desvios afetam a qualidade do rolamento e a ação dinâmica das cargas

sobre a via (MARCON, 2005).

Segundo Zanchetta (2005), a Figura 1 mostra que as intervenções no pavimento aumentam sua vida útil, e que, se não for feito nada, a serventia diminuirá cada vez mais rápido e o custo será bem maior quando de uma intervenção.

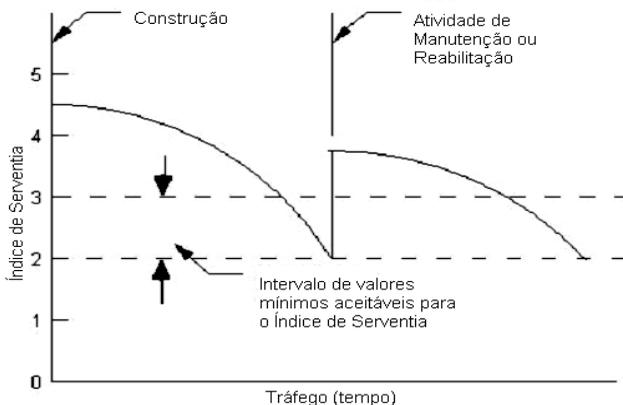


Figura 1 – Índice de serventia ao longo do tempo ou com o tráfego acumulado (ZANCHETTA, 2005).

### 2.1.7 Métodos de análise e avaliação dos defeitos de superfície

As avaliações da superfície de um pavimento flexível têm como finalidade:

- Determinar as condições atuais de um pavimento ou de uma rede de pavimentos para definir prioridades de manutenção;
- Elaborar curvas de previsão de deterioração para um conjunto de dados de levantamento de defeitos;
- Determinar a eficácia das alternativas de manutenção;
- Detecção de mudança de condições entre avaliações periódicas;
- Definição de trechos homogêneos para projetos e seleção de alternativas de manutenção.

A caracterização de um determinado tipo de defeito é obtida por meio de três requisitos principais, são eles:

- Tipo: identificação do defeito e mecanismo causador;
- Severidade: anotação do grau de deterioração;
- Densidade: avaliação da extensão relativa da área do pavimento atingida por cada defeito.

Existem diversos métodos de avaliação de defeitos de superfície sendo utilizados no Brasil e no mundo, destacando-se os seguintes: VIZIR, PARAGON, PCI, SHRP, entre outros. Os procedimentos normatizados pelo DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (antigo DNER) são: o DNIT 006/2003-PRO (antigo DNER PRO 008/94, que sofreu reformulação em 2003), o DNIT 007/2003-PRO (antigo DNER ES 128/83, também reformulado em 2003) e o DNIT 008/2003-PRO.

#### 2.1.7.1 Manual de identificação de defeitos SHRP

O Strategic Highway Research Program – SHRP - desenvolveu um manual a partir de seus estudos sobre o Desempenho de Pavimentos em Longo Prazo (Long Term Pavement Program - LTPP) em 1993 (SHRP, 1993). Este método de avaliação foi desenvolvido com o objetivo de fornecer ao Programa uma base uniforme para coletar dados sobre os defeitos e padronizar a linguagem para descrever suas diversas tipologias entre todos os órgãos que participam do programa.

É constituído por um catálogo que apresenta tipologias de defeitos em pavimentos flexíveis, revestidos com concreto asfáltico, e pavimentos rígidos, constituídos por placas de concreto de cimento Portland. São descritos a caracterização de cada tipo de defeito, os níveis de severidade e a forma de quantificação da extensão, identificando-os através de figuras e fotos.

No Apêndice A, são apresentados os defeitos do Strategic Highway Research Program (SHRP) encontrados no Manual de Identificação de Defeitos nos Pavimentos.

## 2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

O geoprocessamento engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, por meio de programas computacionais. Dentre essas tecnologias, destacam-se o sensoriamento remoto, a digitalização de dados, a automação de tarefas cartográficas, a utilização de sistemas de posicionamento global (GPS) e os sistemas de informações geográficas (SIG) (SANTOS *et al.*, 2000). Esse conjunto de tecnologias engloba vários tipos de sistemas e técnicas para tratamento da informação espacial e permite a visualização em forma de mapas,

tabelas e gráficos, constituindo-se ferramenta de análise e subsídio à tomada de decisão.

As tarefas de planejar, administrar e gerenciar um sistema viário urbano ou uma rede de rodovias são consideradas demasiadamente complexas, levando-se em conta o elevado número de fatores ou variáveis, que tem significativa relevância dentro de um sistema viário. Variáveis estas que, muitas vezes, são desconsideradas ou até mesmo ignoradas, devido à falta de uma metodologia adequada ao seu armazenamento e manuseio.

Uma solução que vem sendo adotada, em muitas situações, é a utilização de um Sistema de Informações Geográficas – SIG, objetivando propiciar uma melhor interação entre estes dados e o meio em que se encontram. Isto só é possível, devido à capacidade do SIG de armazenar, manipular e editar dados espaciais eficientemente, proporcionando uma melhor visualização, através de mapas, dos fenômenos ocorridos em um sistema viário urbano.

Genericamente, pode-se dizer que um SIG é composto por um hardware e um software, que precisam funcionar em harmonia, para que o sistema produza resultados esperados.

De acordo com Burrough (1994), um SIG é composto por uma unidade de processamento (CPU), que está ligada à unidade de disco; um dispositivo para a digitalização (mesa digitalizadora, scanner, ou outro), que é utilizado na conversão dos dados para o meio digital; uma unidade de visualização, ou seja, um monitor; uma unidade de impressão (impressora, ploter, ou outra) que apresente os resultados finais decorrentes do processamento dos dados; e uma fita magnética para a armazenagem dos dados.

Congalton e Green (1992) apontam seis importantes fatores a serem considerados na avaliação de um software gerenciador de SIG. São eles:

- Entrada de dados e edição – recuperação e pesquisa ágil de dados e ainda uma interface com o usuário que o encoraje a utilizar as tarefas de entrada de dados e edição mais difíceis;
- Funções de análise – ferramentas de análise cartográfica, como sobreposição de polígonos, medições lineares e de áreas e produção de novos mapas;
- Flexibilidade – habilidade do software em relacionar-se com diferentes sistemas operacionais e linguagens de programação de alto nível;
- Risco – depende do tempo e tipo de experiência do usuário com SIG, número de usuários, satisfação do cliente, etc;

- Custo – apesar do significativo decréscimo do custo nos últimos anos, o investimento inicial para a implantação e gerência de um SIG ainda é muito elevado;
- Sistema de gerenciamento de dados – normalmente hierárquico (mais comum) ou relacional (mais poderoso).

O módulo entrada de dados abrange todos os procedimentos relativos à captura e pré-processamento de informações. Esta etapa é considerada uma das mais caras e demoradas do processo, devido à enorme quantidade de dados comumente coletados, para gerar dados gráficos com precisão. Esta etapa cobre todos os aspectos de transformação dos dados obtidos, na forma de mapas existentes, observações de campo e sensores dentro de uma forma digital compatível.

Segundo Renúncio (1995), a etapa de armazenamento e gerenciamento dos dados se preocupa com a estruturação e organização dos dados quanto à posição, topologia e atributos, bem como, de que forma devem ser manipulados e como devem ser percebidos pelo usuário do sistema.

Eastman apud Wolski (1997), afirma que os dados espaciais e os dados alfanuméricos necessitam de um software de gerenciamento de banco de dados, onde os atributos das feições gráficas são representados por um identificador, que é responsável pela ligação entre outros dados espaciais e alfanuméricos.

A etapa de processamento dos dados consiste das operações realizadas sobre os dados, a fim de que sejam produzidas as informações que, posteriormente, servirão de subsídio às tomadas de decisão. Portanto, o processamento dos dados não é um fim em si mesmo, devendo transformar os dados de tal forma que, estes transmitam novas informações ao usuário, ajudando-o a planejar e tomar decisões.

O processamento pode operar sobre os aspectos espaciais ou não dos dados, separadamente ou combinando-os. Em um SIG, é possível integrar um banco de dados, contendo informações numéricas e/ou descritivas (alfanuméricas), provenientes de cadernetas de campo ou de outro banco de dados secundário. Estas informações podem ser digitalizadas (convertidas em mapas), melhorando sua visualização e o controle sobre sua fidelidade.

“Além da integração, conversão e processamento dos dados, um SIG deve estar apto para analisar quantitativa e qualitativamente os dados de

entrada (informações espaciais) e os resultantes do processamento, e a partir deles obter soluções. Também é possível, utilizar inter-relações conhecidas para modelar geograficamente, o resultado de uma determinada gama de condições. Essas são expressas em um SIG na forma de algoritmo ou fórmulas matemáticas” (SOUZA, 1994).

Um SIG reúne procedimento, análise e modelagem em duas classes distintas de operações: as necessárias para remoção dos erros dos dados, para atualizá-los com outros conjuntos de dados; e a ampla variedade de métodos de análise, que podem ser aplicados aos dados, a fim de achar as respostas às questões formuladas ao SIG.

Em relação à saída dos dados, ou seja, a comunicação visual, este é um dos mais importantes aspectos do SIG, a qual é realizada pela ampla gama de saídas possíveis de informações processadas, geradas e avaliadas. Pelo fato de se utilizar tecnologia digital em computadores, é permitido aos SIG's uma ampla variedade de saídas de informações, como por exemplo, saídas visuais (mapas, tabelas, figuras), plotagem, impressão, tela, imagem fotográfica ou mesmo um arquivo computacional.

### 2.3 MÉTODOS DE ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS DE SUPERFÍCIE IMPLANTADOS EM SISTEMAS DE GERENCIAMENTO PARA CONSERVAÇÃO DO PAVIMENTO DE VIAS URBANAS

Um sistema de gerenciamento para conservação de pavimentos urbanos consiste em uma sub-categoria de um sistema de gerenciamento, onde consideram-se apenas as atividades relativas à conservação dos pavimentos. Os principais objetivos dessas atividades são:

- Impermeabilizar revestimentos abertos, devido ao surgimento de trincas;
- Preservar a durabilidade dos revestimentos asfálticos;
- Prevenir o desenvolvimento prematuro das trincas;
- Recuperar a rugosidade superficial dos revestimentos desgastados.

De modo geral, Fernandes Jr. *et al.* (2006) afirma que as etapas para o desenvolvimento de um Sistema de Gerência de Pavimentos

Urbanos (SGPU) são:

- Inventário: coleta e organização dos dados necessários para a correta implementação e para o bom desempenho do sistema. O banco de dados pode conter descrição e identificação das seções (nome da rua, tipo de pavimento etc.), características geométricas (comprimento, largura, número de faixas etc.), histórico de construção, manutenção e reabilitação e custos associados, características e dados de tráfego (capacidade da via, tráfego diário médio etc.);
- Avaliação da condição do pavimento: a avaliação da condição atual das seções pode ser efetuada apenas por levantamento de defeitos no campo, ou seja, quantificar o tipo, a severidade e a extensão de cada uma das formas de deterioração normalmente encontradas na superfície do pavimento da rede a ser analisada;
- Priorização: adequação das necessidades aos recursos disponíveis;
- Programação das atividades de conservação de pavimentos: analisam-se, em nível de rede, diferentes estratégias de conservação como, por exemplo, não fazer nada, conservação corretiva rotineira etc. Feita a análise em nível de rede, passa-se à análise em nível de projeto, que consiste na definição das atividades de conservação conforme o tipo de deterioração apresentado e, quando for o caso, no dimensionamento dos reforços e da reconstrução;
- Implementação: funcionamento efetivo do sistema, utilização da estratégia selecionada e realimentação a partir das análises dos resultados obtidos.

Fernandes Jr. *et al.* (2006) assumem que a implementação de um sistema de gerência de pavimentos depende, principalmente, de três fatores: dados confiáveis, modelos realísticos para o processamento dos dados e programas amigáveis para a organização dos dados e apresentação dos resultados. Particularmente, os Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) devem utilizar apenas os dados realmente necessários e permitir a adaptação dos modelos de desempenho às formas de deterioração que efetivamente condicionam as atividades de conservação.

Segundo ABEDA (2001), as atividades de conservação se restringem às intervenções no revestimento do pavimento e podem ser divididos em dois grupos, os serviços de tapa buracos e selagem de trincas, e o rejuvenescimento de revestimentos asfálticos. A diferença

entre o primeiro e o segundo é que os serviços de tapa buraco e selagem de trincas visam apenas repor as condições de serventia do revestimento para níveis aceitáveis, através da conservação rotineira, enquanto que o rejuvenescimento de revestimentos asfálticos visa estabelecer as características originais de conforto e segurança do revestimento, através da conservação preventiva periódica.

### **2.3.1 Avaliação da Condição do Pavimento Urbano**

No trabalho de Freitas (2002), o desenvolvimento do Sistema de Gerenciamento para Manutenção de Pavimentos Urbanos (SGMPurb) proposto teve como principal parâmetro a definição da condição do revestimento, através do seu Índice Funcional do Pavimento (IFP), para a área piloto localizada no município de Joinville/SC. Por sua vez, o IFP tem como objetivo retratar a condição superficial do revestimento, no momento da avaliação, o qual será relacionado com as quantidades e os tipos de defeitos em um determinado segmento de via. Além disso, serviu para priorizar as vias que necessitam de manutenção urgente.

A obtenção do IFP resulta da aplicação da metodologia DNIT 006/2003 – PRO (Revisão da norma DNER-PRO 008/94). Freitas (2002) concluiu que para a aplicação da mesma em sua íntegra para vias urbanas teria que levar em conta o seguinte cenário:

- Para o efetivo funcionamento a que se propõe o Sistema há a necessidade de uma atualização constante (pelo menos uma vez a cada seis meses) do banco de dados relativos aos defeitos do pavimento das vias;
- O levantamento tem que ser contínuo. Não poderia acontecer de buracos existentes não serem levantados por não estarem em uma área amostral;
- Em geral, prefeituras de pequeno e médio porte não dispõem de técnicos especializados que pudessem aplicar a metodologia em sua íntegra. Por outro lado, acredita-se ser inviável para estas prefeituras, contratar empresas para tal finalidade. Assim, pressupõe que para a efetiva implementação do SGMPurb proposto haveria necessidade de engajamento de pelo menos um funcionário do quadro da prefeitura (o qual receberia um treinamento para gerenciar o sistema);
- Em face as escassez de recursos, os defeitos que geram demandas

por serviços de manutenção em vias urbanas são predominantemente buracos, afundamentos (originados por ruptura plástica de uma ou mais camadas, consolidação de camadas e depressões em valas mal aterradas) e trincamentos com erosão de bordas. Não haveria, portanto, a necessidade de se levantar todos os defeitos da metodologia DNER PRO 008/94.

Assim, como intuito de facilitar a avaliação do IFP do pavimento, Freitas (2002) elaborou, a partir da metodologia DNER PRO 008/94, um procedimento simplificado para a caracterização dos defeitos superficiais dos pavimentos. Esta avaliação foi feita pelo simples trajeto da rua a pé anotando-se o número de ocorrências em uma planilha especialmente elaborada para tal atividade.

Nesta planilha, o inventário de defeitos levou em consideração toda a área da pista de rolamento (100%) que ao contrário do método original, contemplava apenas 15% do total com a adoção de estações de ensaio a cada 20 metros. Outra mudança em relação ao primeiro método é que para o cálculo do IFP (Índice derivado do IGG – Índice de Gravidade Global) seria levado em consideração não somente a presença de cada tipo de defeito, mas também a quantidade de ocorrências dos mesmos na superfície dos segmentos avaliados (a metodologia original leva em consideração somente a sua ocorrência). Em relação à divisão da via em segmentos homogêneos, no método original, após o levantamento dos defeitos, a rodovia é subdividida em segmentos homogêneos, ou seja, com características semelhantes de deflexão, defeitos, etc. Para vias urbanas, a segmentação está definida, isto é, vai para o campo com os segmentos definidos pela distribuição espacial das ruas e também porque é necessária a divisão das vias em segmentos para gerar os mapas temáticos.

Vale ainda lembrar que para os defeitos considerados, os buracos foram divididos em três classes distintas variando de acordo com o seu tamanho. Para tipos de defeitos que se enquadrem nas classes de afundamentos plásticos (trilha de roda) e trincas do tipo FC3, foram quantificadas para o cálculo do Índice Funcional do Pavimento (IFP), sua área de abrangência e a medida das flechas. As Figuras 2, 3 e 4 representam os defeitos citados:



Figura 2 – Trincamento FC-3 (Fonte: DAER/RS, 1978).



Figura 3 – Panela ou buraco (Fonte: DAER/RS, 1978).



Figura 4 – Afundamento na trilha de roda (Fonte: DAER/RS, 1978).

O Quadro 1 mostra que na planilha de levantamento de defeitos colocou-se em ordem, da esquerda para a direita a coluna: “Nome da Rua”, seguido da numeração correspondente ao seu segmento representado pela coluna “ID” (identificadores), e também uma coluna para identificar o tipo do pavimento. São apresentadas as colunas referentes à extensão do segmento, ao inventário dos defeitos com as colunas “FC3” (Classe 1), “Afundamentos” (Classe 2), “Buracos” (Classe 1, Classe 2 e Classe 3, respectivamente).

Quadro 1 – Modelo da Planilha utilizada por Freitas (2002).

Nome da Rua	ID	Tipo Pav	Eseg	FC3	%Aplast<2,5cm	%Aplast>2,5cm	Ext.AP<2,5cm	Ext.AP>2,5cm	N<15x15cm	15x15<N<50x50	N>50x50cm	F. Ind.	Tráfego	Custo R\$	IFP	Condição

Onde,

- ID = Identificadores de cada segmento considerado  
 Eseg = Extensão (em metros) de cada segmento considerado  
 FC3 = Área (em m<sup>2</sup>) das trincas FC3 nos segmentos  
 %Aplast.<2,5cm = Porcentagem de Af. Plásticos < 2,5cm em cada pista de rolamento  
 %Aplast.>2,5cm = Porcentagem de Af. Plásticos > 2,5cm em cada pista de rolamento  
 Ext. AP<2,5cm = Porcentagem de Af. Plástico prof < 2,5cm Multiplicado pela Ext. do segmento (m)  
 Ext. AP>2,5cm = Porcentagem de Af. Plástico prof > 2,5cm Multiplicado pela

	Ext. do segmento (m)
N<15x15cm	= Buracos Classe 3 com lados <ou= à 15cm
15x15<N<50x50	= Buracos Classe 4 com medidas de lados entre 15 e 50cm
N<50x50cm	= Buracos Classe 5 com medidas de lados iguais ou superiores à 50cm
F. Ind.	= Fator Independente (corresponde a parcela de contribuição do I.F.P. da Classe 5)
Tráfego	= Volume de tráfego anual para cada segmento aqui considerado
Custo R\$	= Custo de reparo ou manutenção para cada segmento
IFP	= Índice Funcional do Pavimento (Indicador das condições de cada segmento)
Condição	= Atual estado do pavimento em cada segmento (Boa, Razoável, Ruim)

Os dados coletados em campo foram posteriormente inseridos no banco de dados. As colunas controle de “Tráfego” e “Custos” foram construídas a partir de dados fornecidos pela Prefeitura Municipal de Joinville/SC.

Ainda na pesquisa de Freitas (2002), para a definição do Índice Funcional do Pavimento (IFP), a sistemática de cálculo do IFP foi baseada na atribuição de pesos (conforme índices apresentados no Quadro 2), ou fatores de ponderação aplicáveis a cada evento mensurado (Trincas tipo FC3, Afundamentos, Buracos Classe 1, Classe 2 e Classe 3), tendo por base os pesos atribuídos aos defeitos conforme definido na metodologia DNER PRO 008/94. O tráfego foi considerado apenas como fator de tomada de decisão.

Quadro 2 – Pesos atribuídos aos defeitos (FREITAS, 2002).

Classe	Tipo de Defeito (cm)	Peso	
		Asfalto	Paralelepípedo
1	Trincas FC3	1,50	-
2	Afundamento c/ Prof. < 2,5cm	1,50	0,30
	Afundamento c/ Prof. > 2,5cm	4,00	
3	Buracos < 15x15cm	0,20	0,40
4	15x15 < Buracos < 50x50cm	1,00	1,30
5	Buraco >50cm	2,00	2,70

Para se obter o Índice Funcional do Pavimento (IFP) foi utilizada a Equação 1 para vias com revestimentos asfálticos e de pista simples (2 faixas de tráfego):

$$IFP = \left( \frac{A.FC3 \times 1,5}{L \times Ext.Seg} \right) + \left( \frac{E.Af.<2,5cm \times 1,5}{Ext.Seg.} \right) + \left( \frac{E.Af.>2,5cm \times 4,0}{Ext.Seg.} \right) + \left( \frac{NB<15 \times 15 \times 0,2}{Ext.Seg.} + \frac{15 \times 15 < NB < 50 \times 50 \times 1,0}{Ext.Seg.} + \frac{NB > 50 \times 50 \times 2,0}{Ext.Seg.} \right) \times 100$$

**Equação 1**

Onde,

IFP	= Índice Funcional do Pavimento
A.FC3	= Área de revestimento com defeito FC3 na seção avaliada (m <sup>2</sup> )
L	= Largura da pista (m)
E.Af.<2,5cm	= Extensão dos afundamentos com profundidade menor que 2,5cm no segmento inventariado em metros (nas 4 trilhas das duas faixas de tráfego)
E.Af.>2,5cm	= Extensão dos afundamentos com profundidade maior ou igual que 2,5cm no segmento inventariado em metros (nas 4 trilhas das duas faixas de tráfego)
NB<15x15	= Número de buracos com área inferior a 15x15cm
15x15<NB<50x50	= Número de buracos com área entre 15x15 e 50x50cm
NB>50x50	= Número de buracos com área superior a 50x50cm
Ext. Seg	= Extensão do segmento avaliado

Finalmente, pôde-se então avaliar as condições em que se encontram os segmentos pela análise do valor do IFP comparando com os valores da tabela de “Classificação das condições superficiais dos pavimentos”, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Classificação das condições superficiais dos pavimentos (FREITAS, 2002).

Índice (IFP)	Condição Funcional	Cor Representativa
IFP < 0,5	BOAS CONDIÇÕES	VERDE
0,5 < IFP < 2,0	CONDIÇÕES RAZOÁVEIS	AMARELO
IFP > 2,0	PÉSSIMAS CONDIÇÕES	VERMELHO

Com o intuito de testar os pesos dos defeitos adotados por Freitas (2002) em sua metodologia, na pesquisa de Matos (2004) resolveu-se utilizar a Equação 2, utilizando-se dos pesos especificados no método DNIT 006/2003 – PRO, conforme Quadro 4:

Quadro 4 – Comparação entre pesos feita por Matos (2004).

<b>Defeitos de Superfície</b>	<b>DNIT 006/2003 - PRO</b>	<b>FREITAS (2002)</b>
Trincamento	0,80	1,50
Afundamento Trilha <2,5cm	0,90	1,50
Afundamento Trilha >2,5cm	0,90	4,00
Buraco < 15x15cm	1,00	0,20
15x15 < Buraco < 50x50cm	1,00	1,00
Buraco > 50x50cm	1,00	2,00

O trabalho de Matos (2004) apresenta uma modificação para o cálculo do IFP, diferenciando-se em alguns detalhes, pois apenas é verificada a ocorrência do defeito, não importando a sua severidade. Ressalta-se que a área piloto utilizada nesta pesquisa foi a mesma utilizada por Freitas (2002), em Joinville/SC.

Entretanto, a equação utilizada para o cálculo do IFP é análoga àquela desenvolvida por Freitas (2002), contudo mais simplificada uma vez que não é levada em conta a diferenciação de gravidade do defeito, mas apenas a sua ocorrência (nos moldes do DNIT 006/2003 – PRO).

A Equação 2 encontra-se a seguir:

$$IFP = \left( \frac{A.FC3 \times P}{L \times Ext.Seg} \right) + \left( \frac{E.Af \times P}{Ext.Seg} \right) + \left( \frac{N.B \times P}{Ext.Seg} \right) \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

Onde,

IFP	= Índice Funcional do Pavimento
A.FC3	= Área de revestimento com defeito FC3 na seção avaliada (m <sup>2</sup> )
P	= Peso do defeito
L	= Largura da pista (m)
E.Af	= Extensão dos afundamentos no segmento inventariado em metros (nas 4 trilhas das duas faixas de tráfego)
NB	= Número de buracos
Ext. Seg	= Extensão do segmento avaliado

Face às inserções dos pesos oriundos DNIT 006/2003 – PRO, houve a necessidade de alteração dos intervalos de enquadramento do IFP, conforme demonstrado no Quadro 5.

Quadro 5 – Novos intervalos de classificação, segundo Matos (2004).

Índice (IFP)	Condição Funcional	Cor Representativa
IFP < 1,0	BOAS CONDIÇÕES	VERDE
1,0 < IFP < 4,0	CONDIÇÕES RAZOÁVEIS	AMARELO
IFP >4,0	PÉSSIMAS CONDIÇÕES	VERMELHO

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA: APLICAÇÃO E CALIBRAÇÃO

Os procedimentos que foram adotados para alcançar os objetivos propostos desta pesquisa são descritos a seguir.

#### 3.1 FERRAMENTAS UTILIZADAS

##### 3.1.1 Sistema de Informação Geográfica – SIG

Soluções utilizando a ferramenta SIG, promovendo a interação dos cadastros alfanuméricos através do georreferenciamento, possibilitam a criação de um banco de dados único e consistente, abrindo um novo horizonte de possibilidades, tanto em nível de visualização espacial quanto de identificação, qualificação e quantificação dos elementos da malha viária.

As principais razões para implantação de um sistema SIG na gerência de administração municipal são a necessidade da organização das informações com qualidade, confiabilidade, facilidade de atualização e acessibilidade, tornando-as úteis às ações de planejamento municipal. Um banco de dados comum ao SIG pode integrar dados de diversos setores de gestão de infra-estrutura urbana.

Dentre os diversos softwares de ambiente SIG disponíveis no mercado, o ArcGIS 9.2 da ESRI foi o escolhido para desenvolver o trabalho proposto por dois motivos básicos: o primeiro é a grande quantidade de ferramentas disponibilizadas pelo programa, que facilitam o manuseio dos dados dentro do ambiente SIG; o segundo é a interface permitida com o sistema operacional Windows.

Em resumo, o ArcGIS foi selecionado para esta compatibilização de sistemas por permitir correlação com sistemas de outros setores da gestão pública, como trânsito, coleta de lixo, zoneamento e uso do solo, entre outros tantos, tendo em vista que o objetivo proposto é o gerenciamento de grande parte de infraestrutura urbana.

Isso é possível por sua interface amigável e por permitir importar mapas georeferenciados de programas de desenho assistido por computador (*Computer Assisted Design – CAD*) em extensão do tipo *‘.dxf’*.

### **3.1.2 Banco de Dados**

Para o armazenamento de dados relacionais, foi usado o *Microsoft Office Access 2007*, sistema de gerenciamento de banco de dados da *Microsoft*, uma vez que é de fácil aprendizagem e de conhecimento dos usuários de banco de dados.

Para a conexão com o SIG foi usada a fonte de dados *ODBC* (*Open Data Base Connect*), que é um padrão para acesso a sistemas gerenciadores de banco de dados.

### **3.1.3 Conversores de dados Access (B. de Dados) para “.pdb” (Arquivo Palm Top)**

Foi utilizado um *Palm Top* para auxiliar a realização da coleta das informações em campo. Este processo traz muitas vantagens em relação à coleta dos dados em formulários de papel, entre as mais significativas estão a velocidade de coleta e as opções de preenchimento descritas na tela do *PalmTop* para o cadastrador, assim como a eliminação do trabalho de preenchimento de planilhas eletrônicas em escritório, pois os dados coletados serão repassados ao Banco de Dados automaticamente.

Quanto aos conversores de dados, foram utilizados o *CSV2PDB.EXE* e o *PDB2CSV.EXE*. A partir dos dados armazenados no banco de dados é gerado um arquivo em extensão *“.csv”* (Comma Separated Values) que é processado no *CSV2PDB.EXE* para criar um arquivo em extensão *“.pdb”*, arquivo lido pelo *Palm Top*. Após a edição de dados com o *Palm Top* em campo, sincroniza-se o *Palm Top* com o PC, onde este arquivo *“.pdb”* atualizado é novamente convertido em *“.csv”* para atualização do banco de dados. A Figura 5 demonstra a seqüência de operações das ferramentas.

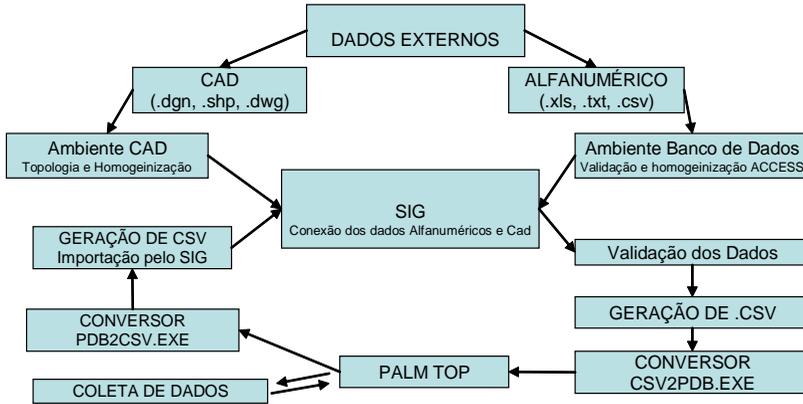


Figura 5 – Fluxograma das ferramentas.

A Figura 6 mostra as configurações do *Palm Top* a partir da inserção do banco de dados contendo as informações necessárias.

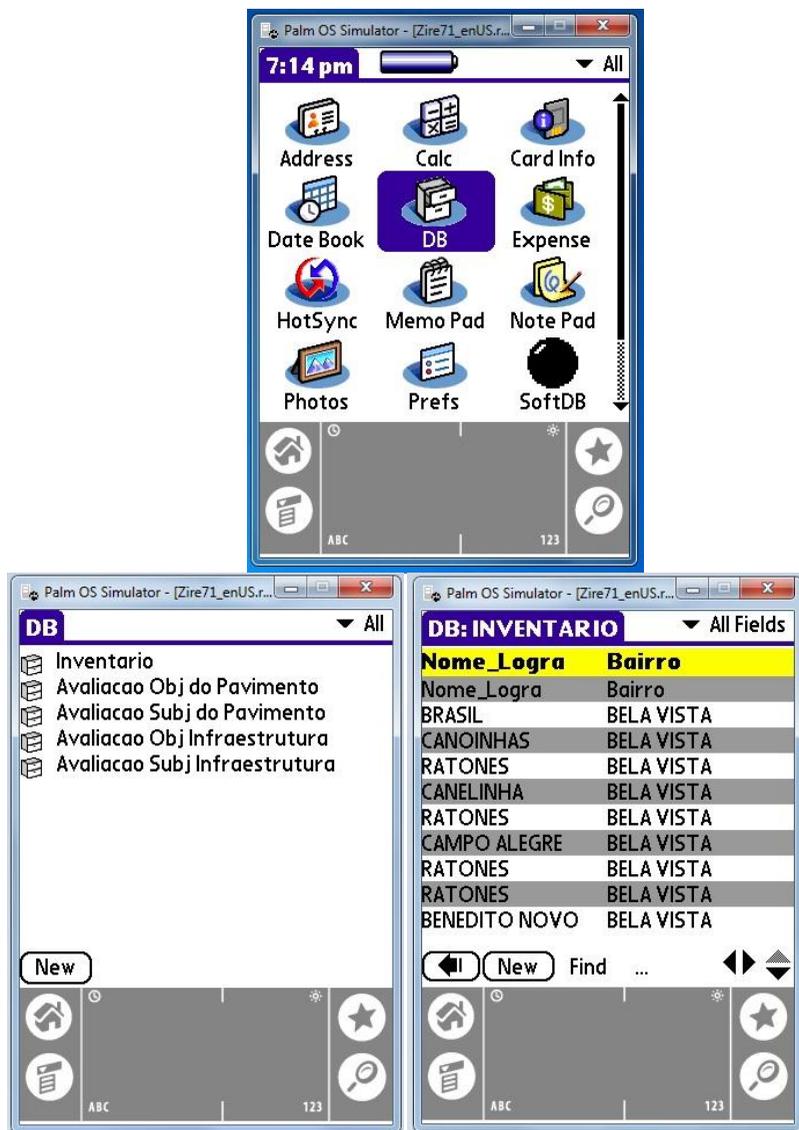


Figura 6 – Telas do *Palm Top* utilizado nos levantamentos de campo.

### 3.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA PILOTO

A área piloto selecionada para a realização deste estudo está inserida no município de São José, localizado no Estado de Santa Catarina. Esta cidade já integrou a extinta região metropolitana de Florianópolis, no litoral do estado, conurbando-se com a capital catarinense. São José é considerada uma cidade de médio porte, pois segundo dados do IBGE (estimativa 2009), tem 201.746 habitantes, o que destaca como o quarto mais populoso do estado. Possui uma extensão territorial de 113,6km<sup>2</sup>, é banhada pelas águas das baías norte e sul de Santa Catarina e é seccionada pela BR-101, rodovia de importância internacional.

Não há informações sobre a quantidade de vias pavimentadas ou não, nem da frota estimada do município. O órgão responsável pela conservação da infraestrutura da cidade é a Secretaria de Infraestrutura, que atualmente não conta com um processo de gerência de pavimentos coordenado de forma sistêmica (nem de infraestrutura urbana). Não constam dados a respeito do histórico de intervenções, e a avaliação é realizada visualmente, porém de forma aleatória, sem seguir um cronograma. As atividades de conservação correspondem somente a tapa-buracos e regularização dos revestimentos, e a priorização é ordenada segundo a quantidade de reclamações por parte dos moradores e usuários.

Este estudo foi aplicado no Bairro Belo Vista, cuja área foi escolhida meticulosamente, de forma a apresentar os diversos tipos de cenários e condições, possibilitando assim a aplicação e calibração da metodologia proposta. O mapa de localização é apresentado na Figura 7.

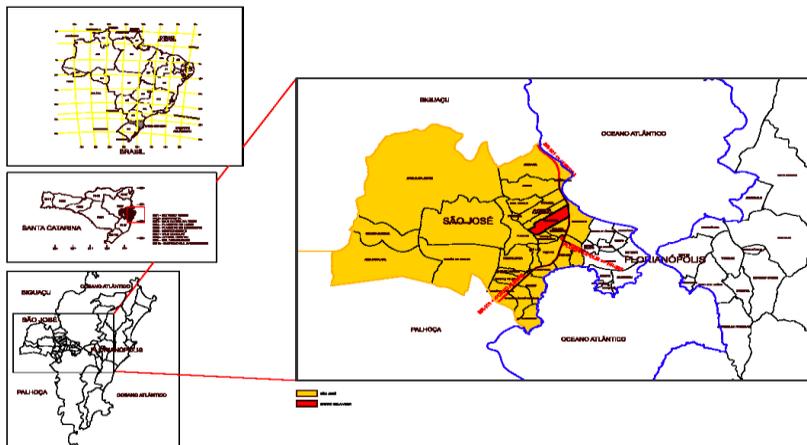


Figura 7 – Mapa de localização.

A prefeitura disponibilizou um mapa georreferenciado da área piloto em arquivo “.shp” (*SHAPE FILE*), que serviu de base para a aplicação ao SIG, facilitando o início dos trabalhos. Inicialmente, a área foi dividida em “folhas”, conforme Figura 8, para facilitar a coleta dos dados, identificada com letras (vertical) e números (horizontal), com a finalidade de se obter, em folhas tamanho A4, uma escala adequada de visualização quando do levantamento de campo, além de um controle melhor das áreas que estão sendo avaliadas e um melhor planejamento das equipes de avaliação.

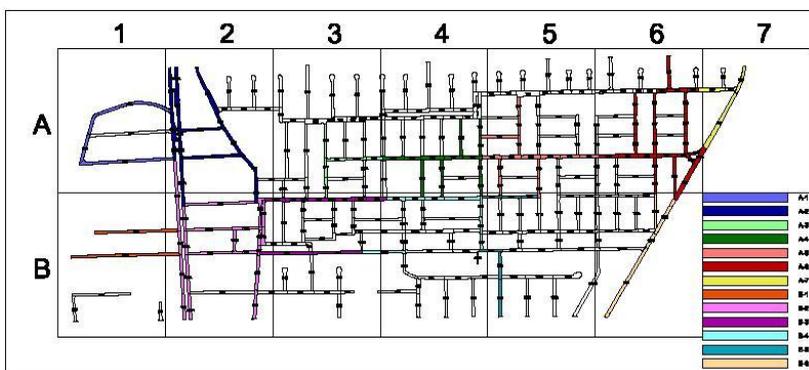


Figura 8 – Articulação da área piloto.

A partir da divisão da área piloto, foi realizado um levantamento prévio quanto aos tipos de revestimento existentes em cada uma das ruas, com o intuito de verificar se a quantidade total de vias revestidas com mistura asfáltica seria suficiente para atender o objetivo desta pesquisa. Após a confirmação positiva foi dado seqüência ao trabalho.

### 3.3 DIVISÃO DAS SEÇÕES

Nos arquivos disponibilizados pela prefeitura, foi constatado que as divisões de seções das vias já haviam sido realizadas, e que as mesmas foram feitas a partir do cruzamento ao longo do eixo das ruas, de nó a nó. As seções estavam divididas por quadras, conforme a prática constatada em outros trabalhos de avaliação de vias urbanas com a utilização de um SIG, como em Freitas (2002), Matos (2004), Zanchetta (2005) e Hansen (2008). Sempre que possível foram aproveitados os códigos já atribuídos às seções, bem como a divisão já efetuada, porém ressalta-se que adequações foram necessárias no sentido de corrigir algumas incoerências, como por exemplo, a falta de divisão em trechos específicos, etc. Assim, alguns trechos foram seccionados, e novos códigos foram atribuídos, padronizando o método de divisão, totalizando 304 seções nessa área piloto, sendo que 131 delas são revestidas com mistura asfáltica.

No início deste estudo, notaram-se dúvidas em relação às interseções (esquinas), no que tange ao enquadramento daquela área nas seções de cruzamento, uma vez que geralmente as divisões são feitas ao longo de um eixo, de nó a nó.

Por conta disso, as seções foram revisadas de acordo com a proposta apresentada por Hansen (2008), ou seja, primeiramente houve a necessidade de classificar as vias por hierarquia viária (arterial, coletora ou local) levando em consideração o tráfego atuante, para posteriormente serem determinadas as áreas das seções (polígonos), conforme Figura 9, sendo que as interseções foram incluídas no trecho detentor da maior classificação hierárquica.

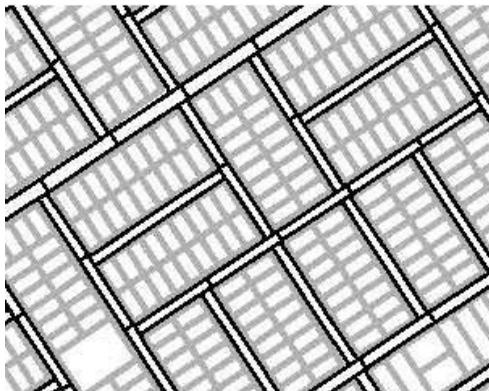


Figura 9 – Divisão de segmentos por polígonos, enquadrando as interseções (esquinas).

### 3.4 INVENTÁRIO

Para o cadastro das informações foram utilizados os mesmos dados da planilha citada no trabalho de Zanchetta (2005), que contempla diversas informações sobre as seções, das quais algumas são conhecidas antes da ida a campo (facilitando a vistoria, pois são visualizadas na tela do *Palm Top*), enquanto outros dados são obtidos no momento da avaliação, ou ficam para serem posteriormente incluídos. O Quadro 6 mostra o modelo e o Quadro 7 explica sobre o preenchimento.

Quadro 6 – Planilha com dados de inventário (ZANCHETTA, 2005).

<b>INVENTÁRIO DA REDE VIÁRIA URBANA</b>			
<b>ID da Seção:</b>	<b>Folha:</b>	<b>Código da Seção:</b>	
<b>Nome da Via:</b>			<b>Sentido:</b>
<b>Da:</b>			
<b>Até:</b>			
<b>Classe funcional:</b>	<b>Setor:</b>	<b>Quadra:</b>	
<b>Comprimento:</b>	<b>Largura:</b>	<b>N. de Faixas:</b>	
<b>Tipo de pavimento</b>	<b>Tipo de</b>	<b>Condição do Subleito</b>	<b>Tipo de Rota</b>
<b>Ano de Construção</b>	<b>Ano da última M&amp;R</b>	<b>Tipo da última M&amp;R</b>	
<b>Volume de Tráfego</b>	<b>Volume de Caminhões</b>	<b>Taxa de Crescimento</b>	
<b>Responsável:</b>		<b>Data:</b>	

### Quadro 7 – Instruções para o preenchimento do inventário.

1.	ID da seção: obtido do TransCAD.
2.	Folha: definida no AutoCAD e posteriormente transferida para o TransCAD.
3.	Código da Seção: Inclui classe funcional (A=arterial, C= coletora, L=local), número do setor (dois dígitos) e o número da quadra (do cadastro da prefeitura, com três dígitos).
4.	Nome da via: logradouro onde está localizada a seção avaliada.
5.	Da: logradouro que marca a esquina de início da seção.
6.	Até: logradouro que marca a esquina de término da seção.
7.	Sentido: sentido de fluxo do tráfego, a ser preenchido posteriormente no TransCAD.
8.	Classe funcional: arterial, coletora ou local.
9.	Setor: obtido do cadastro da Prefeitura Municipal.
10.	Quadra: obtida do cadastro da Prefeitura Municipal.
11.	Comprimento: extensão da seção, em metros.
12.	Largura: Largura da seção, em metros.
13.	N. de faixas: número de faixas de tráfego, função de estacionamento dos dois lados, por exemplo.
14.	Tipo de pavimento: F = flexível, R = rígido, P = paralelepípedo, N = não pavimentado.
15.	Tipo de estrutura: escolhida a partir da relação de estruturas típicas da Prefeitura Municipal. Observados quando possível.
16.	Condição do Subleito: tipo de subleito quanto a capacidade de suporte (F = fraco, M = médio, R = resistente).
17.	Tipo de rota: ocorrência de rotas especiais (O = ônibus, A = ambulância, C = caminhões de lixo).
18.	Ano de construção: é o próprio ano da construção.
19.	Ano da última Manutenção e Reabilitação (M&R): ano da última intervenção de manutenção e reabilitação (M&R) realizada.
20.	Tipo da última M&R: última atividade de M&R realizada: MP = manutenção preventiva, MC = manutenção corretiva, RF = reforço estrutural, RC = reconstrução.
21.	Volume de tráfego: VDM (volume médio diário) ou avaliação qualitativa (do muito leve ao muito pesado).
22.	Volume de caminhões: VDMc.
23.	Taxa de crescimento: em porcentagem (anual).
24.	Responsável: responsável ou responsáveis pelo preenchimento da planilha.
25.	Data: dia, mês e ano da atualização dos dados.

Um grande problema encontrado por Zanchetta (2005) em São Carlos/SP, e que certamente será encontrado em outros municípios, é que as prefeituras em geral não mantêm inventários atualizados da malha urbana, dificultando muito a identificação das seções a serem avaliadas. Os mapas disponíveis nem sempre estão atualizados quanto à pavimentação, sendo necessária a confirmação da existência da seção. Em relação aos campos “tipo de estrutura”, “ano de construção”, “ano da última Manutenção e Reabilitação (M&R)”, “tipo da última M&R”, “volume de tráfego”, “volume de caminhões” e “taxa de crescimento”, raramente estão disponíveis previamente, sendo na medida do possível levantados pelos avaliadores quando da ida ao campo. De qualquer forma, a implantação deste tipo de sistema enfatiza a importância dessas informações e como elas podem ser obtidas e, o que é mais importante, a necessidade de alimentação do banco de dados do SGP.

Visando padronizar o método de coleta das informações, todos os levantamentos seguiram um sentido de fluxo, acompanhando a numeração crescente das edificações existentes na rua. A Figura 10 mostra a Seção 740 da Av. Brasil, revestida com mistura asfáltica, bem como a Figura 11 retrata a metodologia de levantamento com o uso do *Palm Top*.



Figura 10 – Av. Brasil (Seção 740) revestida com mistura asfáltica.

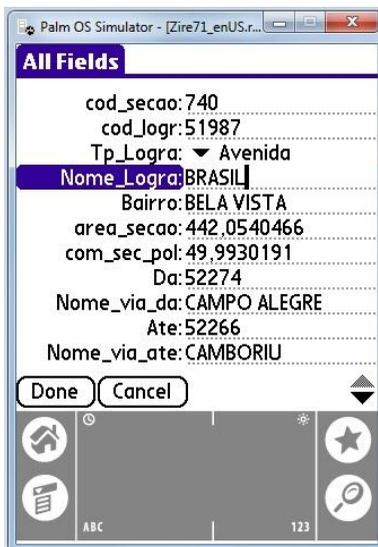


Figura 11 – Tela do Inventário em funcionamento no *Palm Top*.

### 3.5 AVALIAÇÃO OBJETIVA

Dentre os diversos métodos existentes para avaliação objetiva de pavimentos flexíveis, optou-se por utilizar uma forma adaptada daquela apresentada por Hansen (2008), que foi baseada no Manual de Identificação de Defeitos de Pavimentos do Strategic Highway Research Program (SHRP, 1993), por se adequar melhor ao levantamento de defeitos em pavimentos urbanos. Dentre os defeitos considerados na avaliação SHRP para revestimentos asfálticos foram considerados apenas os seguintes defeitos, segundo os critérios de severidade e frequência: corrugação, exsudação, remendo, desagregação, desgaste, buraco, afundamento em trilha de roda, trincas por fadiga e trincas isoladas.

No Apêndice B são apresentados os critérios definidos por Hansen (2008) para identificação destes defeitos, em diferentes graus de severidade e extensão, que foram baseados no manual SHRP (1993). Apenas os defeitos remendo e trinca por fadiga tiveram seus critérios de severidade adequados, visto que estava gerando dúvidas em relação à frequência.



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

Severidade	Baixa	Remendo existente em boas condições. Inclui remendos transversal e longitudinal de valas.
	Média	Remendos em condições regulares. Inclui remendos transversal e longitudinal de valas.
	Alta	Remendo em péssimas condições e que necessita de reparo. Inclui remendos transversal e longitudinal de valas.
Frequência	Ocasional	Menos de 3 remendos a cada 200m ou cada quadra.
	Frequente	De 3 a 5 remendos a cada 200m ou cada quadra.
	Extenso	Mais de 5 remendos a cada 200 metros ou cada quadra.



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

Severidade	Baixa	Poucas trincas conectadas e sem evidência de bombeamento.
	Média	Trincas conectadas, mas sem evidência de bombeamento.
	Alta	Movimentação dos blocos quando submetidos ao tráfego, e com evidência de bombeamento.
Frequência	Ocasional	Área atingida < 10%.
	Frequente	Área atingida entre 10% e 30%.
	Extenso	Área atingida > 30%.

O modelo matemático de avaliação proposto por Hansen (2008) tem como base o fato de que o pavimento parte de uma condição íntegra, tendo inicialmente uma condição ótima, equivalente a 100. Dessa forma, os defeitos superficiais interferem na integridade do pavimento, sendo contabilizados com fator decrescente, como expressa a Equação 3, denominado de Valor de Dedução Total (VDT).

$$IES = 100 - VDT$$

**Equação 3**

Onde,

IES = Índice de Estado da Superfície  
 VDT = Valor de Dedução Total

O Valor de Dedução Total corresponde ao somatório de fatores correspondente ao peso de cada tipo de defeito, relacionado com a severidade e frequência com que estes se apresentam, conforme Equação 4.

$$\text{VDT} = \sum \text{Peso} \times \text{Severidade} \times \text{Frequência} \quad \text{Equação 4}$$

O Quadro 8 elaborado por Hansen (2008) permite avaliar um defeito em estágios diferentes de severidade, e compor o efeito de vários defeitos de superfície, através do somatório dos Valores de Dedução Parcial (VDP). Os valores apresentados nas colunas: pesos, severidade e frequência, foram baseados em SHRP (1998), porém adaptados conforme necessidade de ajuste de cada parâmetro.

Quadro 8 – Parâmetros de avaliação objetiva de defeitos (HANSEN, 2008).

Defeito	Peso do Defeito	Severidade		Defeito X Severidade	Frequência / VDP					
					Ocasional		Frequente		Extenso	
					Fator	VDP	Fator	VDP	Fator	VDP
Corrugação	10	Baixa	0,40	<b>4</b>	0,50	<b>2,00</b>	0,80	<b>3,20</b>	1,00	<b>4,00</b>
		Média	0,80	<b>8</b>	0,50	<b>4,00</b>	0,80	<b>6,40</b>	1,00	<b>8,00</b>
		Alta	1,00	<b>10</b>	0,50	<b>5,00</b>	0,80	<b>8,00</b>	1,00	<b>10,00</b>
Exsudação	10	Baixa	0,60	<b>6</b>	0,60	<b>3,60</b>	0,90	<b>5,40</b>	1,00	<b>6,00</b>
		Média	0,80	<b>8</b>	0,60	<b>4,80</b>	0,90	<b>7,20</b>	1,00	<b>8,00</b>
		Alta	1,00	<b>10</b>	0,60	<b>6,00</b>	0,90	<b>9,00</b>	1,00	<b>10,00</b>
Remendo	12	Baixa	0,50	<b>6</b>	0,60	<b>3,60</b>	0,80	<b>4,80</b>	1,00	<b>6,00</b>
		Média	0,75	<b>9</b>	0,60	<b>5,40</b>	0,80	<b>7,20</b>	1,00	<b>9,00</b>
		Alta	1,00	<b>12</b>	0,60	<b>7,20</b>	0,80	<b>9,60</b>	1,00	<b>12,00</b>
Desagregação	12	Baixa	0,50	<b>6</b>	0,60	<b>3,60</b>	0,80	<b>4,80</b>	1,00	<b>6,00</b>
		Média	0,75	<b>9</b>	0,60	<b>5,40</b>	0,80	<b>7,20</b>	1,00	<b>9,00</b>
		Alta	1,00	<b>12</b>	0,60	<b>7,20</b>	0,80	<b>9,60</b>	1,00	<b>12,00</b>
Desgaste	15	Baixa	0,60	<b>9</b>	0,60	<b>5,40</b>	0,80	<b>7,20</b>	1,00	<b>9,00</b>
		Média	0,80	<b>12</b>	0,60	<b>7,20</b>	0,80	<b>9,60</b>	1,00	<b>12,00</b>
		Alta	1,00	<b>15</b>	0,60	<b>9,00</b>	0,80	<b>12,00</b>	1,00	<b>15,00</b>
Buraco	20	Baixa	0,40	<b>8</b>	0,60	<b>4,80</b>	0,80	<b>6,40</b>	1,00	<b>8,00</b>
		Média	0,80	<b>16</b>	0,60	<b>9,60</b>	0,80	<b>12,80</b>	1,00	<b>16,00</b>
		Alta	1,00	<b>20</b>	0,60	<b>12,00</b>	0,80	<b>16,00</b>	1,00	<b>20,00</b>
Afundamento em Trilha de Roda	15	Baixa	0,40	<b>6</b>	0,60	<b>3,60</b>	0,80	<b>4,80</b>	1,00	<b>6,00</b>
		Média	0,60	<b>9</b>	0,60	<b>5,40</b>	0,80	<b>7,20</b>	1,00	<b>9,00</b>
		Alta	1,00	<b>15</b>	0,60	<b>9,00</b>	0,80	<b>12,00</b>	1,00	<b>15,00</b>
Trinca por Fadiga	12	Baixa	0,50	<b>6</b>	0,50	<b>3,00</b>	0,70	<b>4,20</b>	1,00	<b>6,00</b>
		Média	0,75	<b>9</b>	0,50	<b>4,50</b>	0,70	<b>6,30</b>	1,00	<b>9,00</b>
		Alta	1,00	<b>12</b>	0,50	<b>6,00</b>	0,70	<b>8,40</b>	1,00	<b>12,00</b>
Trinca Isolada	12	Baixa	0,50	<b>6</b>	0,50	<b>3,00</b>	0,70	<b>4,20</b>	1,00	<b>6,00</b>
		Média	0,75	<b>9</b>	0,50	<b>4,50</b>	0,70	<b>6,30</b>	1,00	<b>9,00</b>
		Alta	1,00	<b>12</b>	0,50	<b>6,00</b>	0,70	<b>8,40</b>	1,00	<b>12,00</b>

Algumas modificações foram efetuadas nos parâmetros apresentados por Hansen (2008), na coluna dos pesos atribuídos a cada defeito, sendo que nesta pesquisa foi dado mais ênfase aos defeitos que prejudicam diretamente a estrutura do pavimento. Dessa forma foi considerado: Trinca por Fadiga – peso 35, Buraco – peso 20, Afundamento em Trilha de Roda – peso 13, Remendo – peso 10 e Trinca Isolada – peso 10, representando 88% do Valor de Dedução Total (VDT). Os demais defeitos ficaram com peso 3 cada.

Tal modificação foi julgada necessária tendo em vista a constatação da necessidade de enquadrar para a situação “REGULAR” qualquer seção que apresente o defeito Trinca por Fadiga em frequência e severidade máxima, ou seja, não dependeria da ocorrência de outros defeitos para ganhar essa situação.

A condição do pavimento das seções foram classificadas em 5 intervalos segundo o Índice de Estado de Superfície (IES), conforme a Figura 12, adaptada de Hansen (2008). A modificação neste caso visou simplificar o intervalo de avaliação, em que a condição “MUITO RUIM” foi suprimida e esse intervalo de avaliação entre 30 e 45 passou a ser classificado na condição “PÉSSIMO”, sendo que todas as seções que se enquadrarem neste intervalo entre 0 e 45 receberiam o mesmo tratamento.

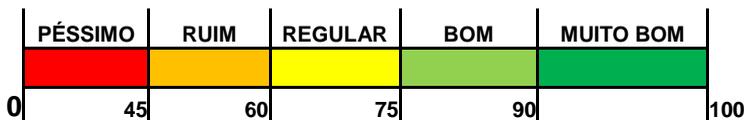


Figura 12 – Classificação segundo o Índice de Estado de Superfície (IES).

Após a calibração da metodologia proposta, todas as seções foram avaliadas objetivamente segundo a ocorrência, severidade e frequência do defeito, esse levantamento também permitiu que as áreas defeituosas fossem quantificadas e as vias fotografadas, sendo que todos os registros foram transferidos e arquivados no banco de dados.

A Figura 13 mostra o método de campo para realizar a avaliação objetiva com a utilização do *Palm Top*.

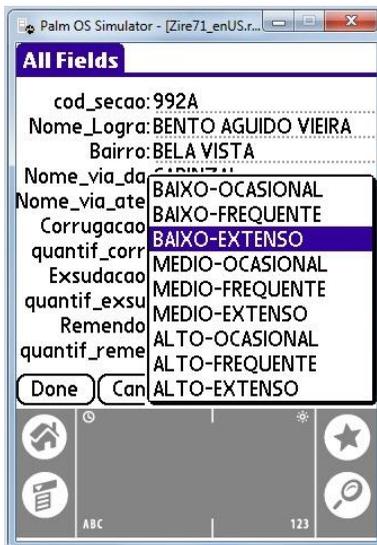


Figura 13 – Tela do *Palm Top* em funcionamento na Avaliação Objetiva.

O Quadro 9 mostra o processamento das informações coletadas na Seção 740 da Av. Brasil.

Quadro 9 – Acompanhamento dos critérios da avaliação objetiva.

TRECHO <b>BRASIL 740</b>		Data <b>6/6/2011</b>					
Avaliador <b>Floriano</b>							
Início <b>CAMPO ALEGRE</b>							
Final <b>CAMBORIU</b>							
<b>Defeito</b>	<b>Severidade</b>	<b>P x S</b>	<b>Ocasional</b>	<b>Frequente</b>	<b>Extenso</b>	<b>Somatório</b>	<b>DIMENSÃO</b>
Corrugação	Baixa					0,00	
	Média						
	Alta						
Exsudação	Baixa					0,00	
	Média						
	Alta						
Remendo	Baixa					0,00	
	Média						
	Alta						
Desagregação	Baixa					0,00	
	Média						
	Alta						
Desgaste	Baixa	1		1		1,44	
	Média						
	Alta						
Buraco	Baixa					0,00	
	Média						
	Alta						
Afundamento em Trilha de Roda	Baixa					0,00	
	Média						
	Alta						
Trinca por Fadiga	Baixa					0,00	
	Média						
	Alta						
Trinca Isolada	Baixa	1	1			2,50	
	Média						
	Alta						
				<b>VDT =</b>	<b>3,94</b>	<b>MUITO BOM</b>	
				<b>IES =</b>	<b>96,06</b>		

### 3.6 PRIORIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES DAS VIAS URBANAS

O Índice de Prioridade (IP) tem o objetivo de selecionar e hierarquizar projetos candidatos às atividades de conservação. Para isto é necessário considerar fatores que afetam o desempenho dos pavimentos.

O modelo de priorização proposto por Hansen (2008) levou em consideração os seguintes fatores:

- Hierarquia viária;
- IES – Índice do estado do pavimento;
- Transporte coletivo urbano.

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

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

Para oferecer o Índice de Prioridade (IP) de cada seção avaliada objetivamente, resolveu-se avaliar o modelo em forma de matriz desenvolvido por Hansen (2008), em que a entrada das colunas corresponde à classificação hierárquica (arterial, coletora ou local), as linhas correspondem à classificação do pavimento segundo o IES e uma entrada secundária nas colunas indica se a via atende ou não ao transporte coletivo, com indicação (+) ou (-), respectivamente. visto que consegue retratar de forma simples as seções que necessitam ou não de prioridade na conservação. Dessa maneira, foi necessário realizar uma

pequena adaptação no modelo visto que o intervalo das notas da avaliação objetiva foi alterado anteriormente, conforme o Quadro 10.

Quadro 10 – Modelo de Priorização, adaptado de Hansen (2008).

Estado de Superfície – IES	Arterial		Coletora		Local	
	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
<b>0 – 45 (PÉSSIMO)</b>	1	1	1	1	1	1
<b>46 – 60 (RUIM)</b>	1	1	1	2	1	2
<b>61 – 75 (REGULAR)</b>	1	2	2	2	2	3
<b>76 – 90 (BOM)</b>	2	3	2	3	3	4
<b>91 – 100 (MUITO BOM)</b>	3	4	3	4	3	4

Com esta definição, foi realizado o levantamento das rotas de ônibus atuantes na área piloto, e atualizando o banco de dados foi possível fazer o enquadramento das seções quanto à prioridade.

### 3.7 AVALIAÇÃO SUBJETIVA

Tendo em vista que a avaliação subjetiva foi criada para fornecer dados de base e fundamentação para a avaliação objetiva, buscou-se nesta etapa uma forma prática para oferecer as estratégias e atividades de conservação para cada seção. As estratégias de conservação seriam em nível de rede, que de acordo com o Manual de Conservação Rodoviária (DNIT, 2005), para conservação de pavimento, foram padronizadas as seguintes opções:

- NFN – Não Fazer Nada;
- CCR – Correção Corretiva Rotineira;
- CPP – Correção Preventiva Periódica; e
- RE – Reconstrução.

Para cada uma das estratégias, foram atribuídas algumas atividades básicas de conservação, com o simples objetivo de oferecer seqüência ao ciclo do Sistema de Gerência de Pavimentos, que se encerrará na execução e monitoramento dos serviços escolhidos, iniciando-se automaticamente um novo ciclo.

O Quadro 11 apresenta as atividades de conservação atribuídas de acordo com cada estratégia.

Quadro 11 – Estratégias e atividades de conservação.

ESTRATÉGIAS	ATIVIDADES DE CONSERVAÇÃO
NFN	
CCR	CCR-1: Selagem de trinca
	CCR-2: Tapa Buraco com PMF
	CCR-3: Remendo Superficial com demolição mecanizada
	CCR-4: Remendo Profundo com demolição mecanizada
CPP	CPP-1: Tratamento Superficial Simples
	CPP-2: Reforço com CBUQ esp=5cm
RE	RE-1: Fresagem de 5cm e recomposição CBUQ 5cm
	RE-2: Escavação 40cm, Sub-base macad. seco 20cm, B.G. 15 cm e CBUQ 5cm
	RE-3: Escavação 47,5cm, Sub-base macad. seco 20cm, B.G. 20cm e CBUQ 7,5cm

As opções do método proposto foram inseridas no *Palm Top* e a avaliação subjetiva de cada seção foi realizada. A Figura 14 apresenta o funcionamento da ferramenta em campo.

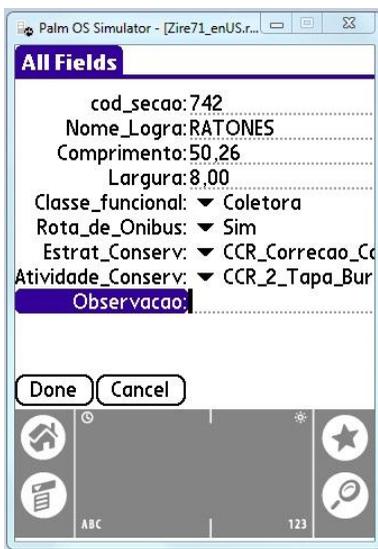


Figura 14 – Tela do *Palm Top* em funcionamento na Avaliação Subjetiva.

### 3.8 PLANEJAMENTO ORÇAMENTÁRIO

A próxima etapa consistiu em atribuir custos unitários a cada atividade de conservação definida, bem como foi necessário relacionar as quantidades das áreas defeituosas que necessitam de correções, levantadas na avaliação objetiva.

Ressalta-se que as atividades (serviços) e os custos unitários devem ser ajustados para o município se os mesmos no momento não espelham a realidade e prática local. Todavia servem para mostrar como funciona esta variável no sistema de gerenciamento ora desenvolvido.

Esta variável está inserida neste sistema para que o setor de planejamento, por exemplo, possa alocar os recursos necessários para as atividades de intervenção. Deste modo, depois de calculados os custos de reparo e conservação para cada segmento foi possível chegar a diversos resultados para a área de estudo.

Os valores totais obtidos, referentes aos trabalhos de manutenção deverão ser comparados com o total do orçamento do município para o setor. Se o saldo for positivo, o município poderá investir em novas pavimentações ou aplicar estes recursos disponíveis em outros elementos da infraestrutura urbana ou setores da administração. Isto, portanto, se mostra um gerenciamento eficaz, tanto da malha viária urbana propriamente dita como dos recursos requeridos por ela.

### 3.9 EXPORTAÇÃO DOS DADOS PARA O GOOGLE EARTH® E RELATÓRIOS

Com a utilização do software *Microsoft Office Access 2007* foi possível gerar relatórios contendo todas as informações coletadas e registradas no banco de dados, como por exemplo: dados de inventário, dados da avaliação objetiva e/ou registros fotográficos.

A utilização do SIG permitiu reunir as informações alfanuméricas e vetoriais de tal forma que foi possível exportá-las para o programa Google Earth®, onde o tomador de decisão pode verificar a situação de cada via da área piloto pela internet, de acordo com o assunto de interesse.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta as informações obtidas sobre as condições dos revestimentos asfálticos pelo método proposto em forma de resultados. As informações coletadas pelo *Palm Top* e processadas no banco de dados foram inseridas no ArcGIS para geração dos resultados da pesquisa e visualização nos mapas temáticos do sistema viário, das seções prioritárias para fins de intervenção de conservação. Além disso, o ArcGIS permitiu reunir as demais informações alfanuméricas e vetoriais de tal forma que foi possível exportar para o programa Google Earth®, onde o tomador de decisão pode visualizar pela internet a situação de cada seção avaliada da área piloto, em forma de mapa, bem como poderá consultar as informações do banco de dados clicando sobre a seção avaliada.

### 4.1 TIPO DE REVESTIMENTO

O Quadro 12 apresenta as características da área de estudo, que possui 304 seções, em 20.584,05m de vias e uma área de 145.273,79m<sup>2</sup>. Deste total, 131 seções são revestidas com mistura asfáltica, o que representa pouco mais de 9km.

Quadro 12 – Características da área piloto.

Tipo Revestimento	Seções	Compr. Total	Área Total	Porcentagem
Mistura Asfáltica	131	9.076,39m	65.125,10m <sup>2</sup>	44,83%
Lajota	135	8.935,77m	63.499,17m <sup>2</sup>	43,71%
Paralelepípedo	34	2.266,07m	14.879,27m <sup>2</sup>	10,24%
Terra	4	305,83m	1.770,26m <sup>2</sup>	1,22%
<b>TOTAIS</b>	<b>304</b>	<b>20.584,05m</b>	<b>145.273,79m<sup>2</sup></b>	<b>100,00%</b>

Neste estudo apenas as vias que possuem revestimento com mistura asfáltica foram analisadas quanto à qualidade e necessidades do pavimento, apesar da área piloto conter outros tipos de revestimentos como lajota e paralelepípedo. A Figura 15 apresenta o Mapa Temático Tipo de Pavimento gerado pelo ArcGIS.

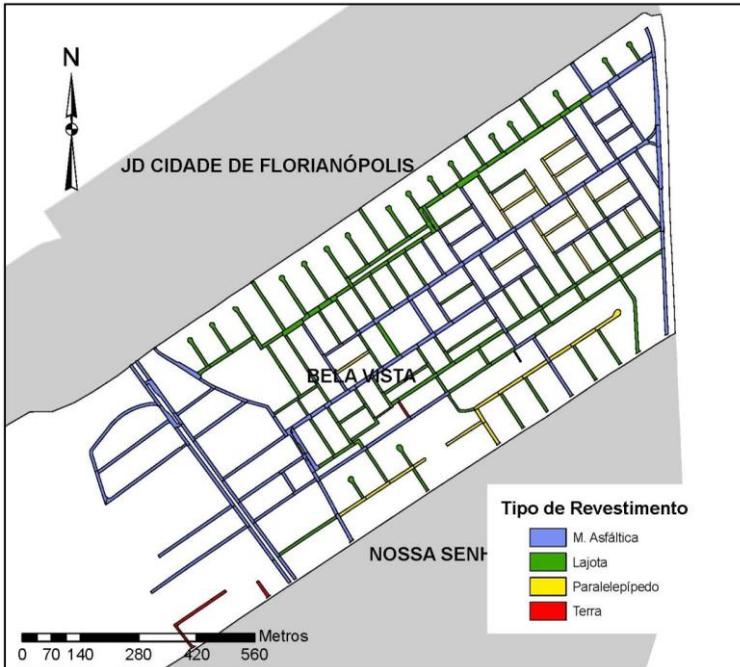


Figura 15 – Mapa Temático Tipo de Revestimento.

A Figura 16 contém as informações sobre o tipo de revestimento apresentadas pelo programa Google Earth®. Clicando sobre a seção de interesse, demais informações são apresentadas.

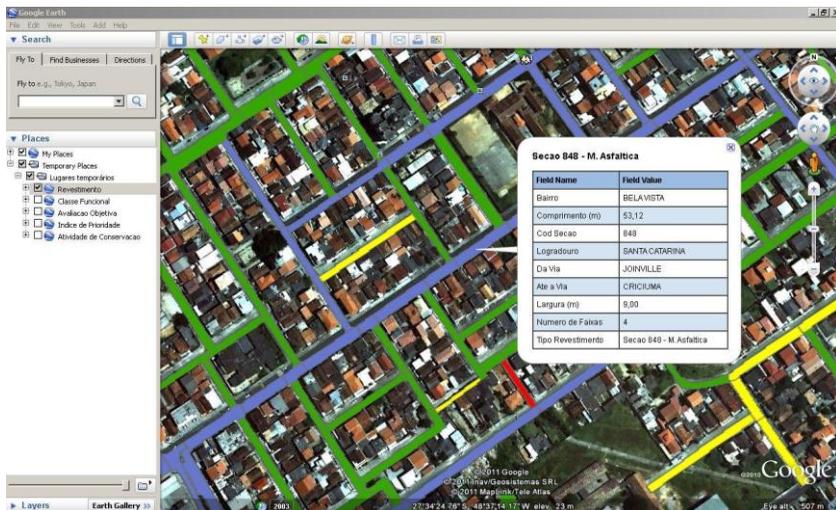


Figura 16 – Dados do Tipo de Revestimento exportados para o Google Earth®.

## 4.2 CLASSE FUNCIONAL

A classificação hierárquica foi o segundo levantamento realizado, visto a importância inicial desses dados para enquadramento das interseções nas seções, e conseqüentemente a criação de polígonos, adequação dos mapas e dados (comprimento, áreas etc.). O Quadro 13 apresenta os resultados das seções revestidas com mistura asfáltica.

Quadro 13 – Classe Funcional das seções revestidas com mistura asfáltica.

Classe Funcional	Seções	Compr. Total	Área Total	Porcentagem
<b>Arterial</b>	60	3.687,34m	29.808,51m <sup>2</sup>	40,63%
<b>Coletora</b>	37	2.313,15m	15.629,83m <sup>2</sup>	25,49%
<b>Local</b>	34	3.075,90m	19.686,76m <sup>2</sup>	33,89%
<b>TOTAIS</b>	<b>131</b>	<b>9.076,39m</b>	<b>65.125,10m<sup>2</sup></b>	<b>100,00%</b>

A Figura 17 apresenta o mapa temático contendo a classificação hierárquica, de acordo com a respectiva classe funcional das 131 seções (9.076,39m) revestidas com mistura asfáltica da área piloto, objeto deste estudo.

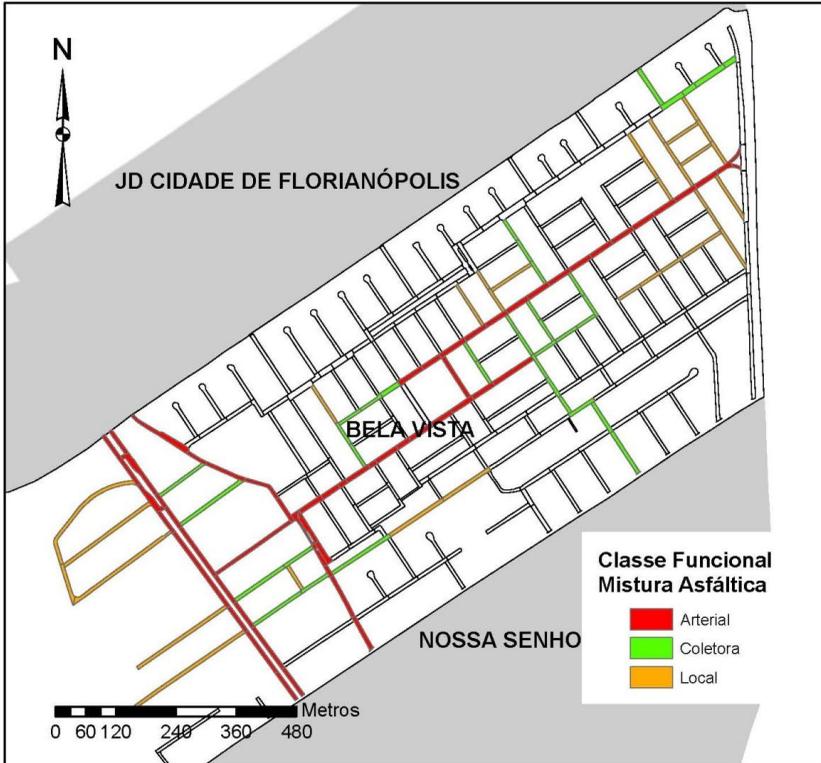


Figura 17 – Mapa Temático Classe Funcional.

As informações da área piloto foram inseridas no programa Google Earth® de tal forma que no canto esquerdo encontram-se os layers com os resultados. Conforme esses layers são acionados, os mapas e as informações da área piloto vão sobrepondo-se. A Figura 18 contém as informações sobre a Classe Funcional. Clicando sobre a seção de interesse as informações correspondentes são apresentadas.

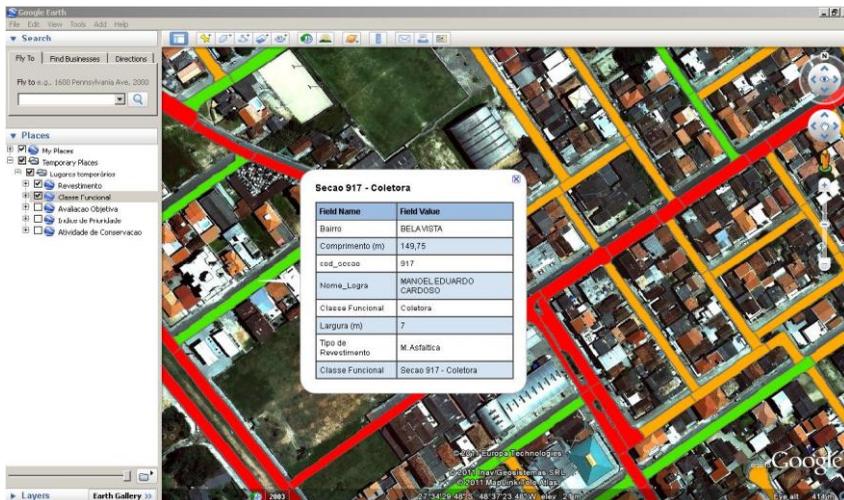


Figura 18 – Dados de Classe Funcional exportados para o Google Earth®.

### 4.3 AVALIAÇÃO OBJETIVA

Após a aplicação da metodologia proposta, adaptada de Hansen (2008), baseada no SHRP (1993), foi possível analisar a condição dos pavimentos da área piloto. Todas as ocorrências das patologias presentes nas vias revestidas com mistura asfáltica foram levantadas e classificadas segundo os critérios de severidade e frequência. O Quadro 14 apresenta os resultados obtidos com a avaliação objetiva das seções, notou-se que aproximadamente 65% das vias foram avaliadas como nas condições “MUITO BOM” e “BOM”, e que quase 28% das vias foram avaliadas como nas condições “RUIM” e “PÉSSIMO”.

Quadro 14 – Resultados da Avaliação Objetiva.

Seções	IES/Classe Func.	Arterial	Coletora	Local	TOTAIS	Porc.
15	<b>Péssimo</b>	229,94m	649,76m	730,42m	<b>1.610,12m</b>	<b>17,74%</b>
13	<b>Ruim</b>	290,53m	417,17m	156,91m	<b>864,61m</b>	<b>9,53%</b>
10	<b>Regular</b>	443,50m	92,23m	227,79m	<b>763,52m</b>	<b>8,41%</b>
39	<b>Bom</b>	941,26m	664,12m	691,24m	<b>2.296,62m</b>	<b>25,30%</b>
54	<b>Muito Bom</b>	1.782,11m	489,87m	1.269,54m	<b>3.541,52m</b>	<b>39,02%</b>
<b>131</b>	<b>TOTAIS</b>	<b>3.687,34m</b>	<b>2.313,15m</b>	<b>3.075,90m</b>	<b>9.076,39m</b>	<b>100,00%</b>

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

A Figura 19 representa o Mapa Temático da Avaliação Objetiva com os resultados segundo o Índice de Estado de Superfície (IES).

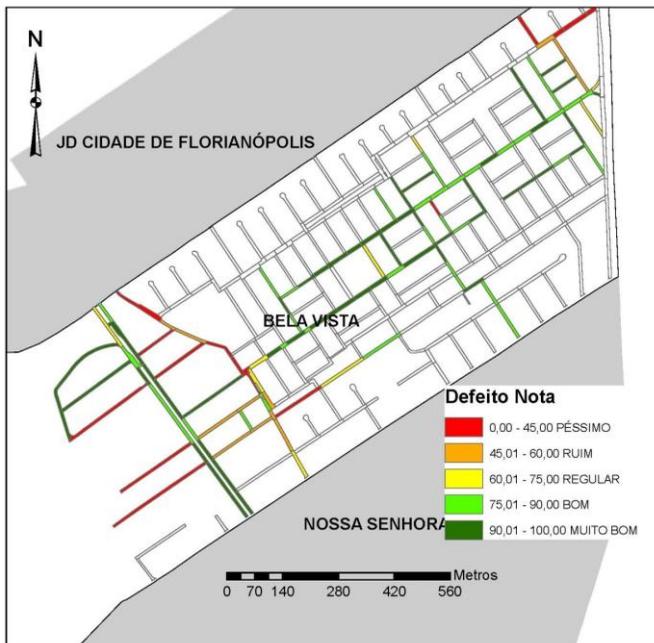


Figura 19 – Mapa Temático segundo o IES.

A Figura 20 contém as informações sobre a avaliação objetiva apresentadas pelo programa Google Earth®. Clicando sobre a seção de interesse as informações correspondentes são apresentadas.

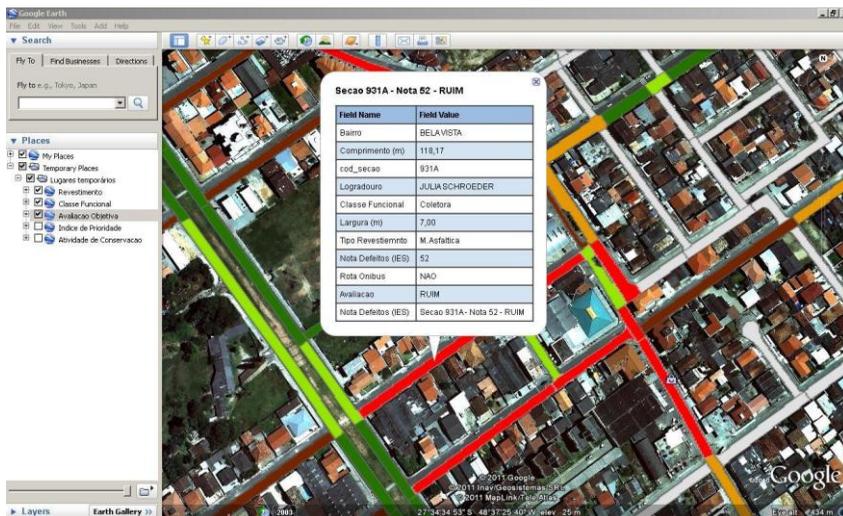


Figura 20 – Dados da Avaliação Objetiva exportados para o Google Earth®.

#### 4.4 ÍNDICE DE PRIORIDADE (IP)

Para a aplicação da metodologia de priorização escolhida, foi necessário utilizar as informações sobre a existência do serviço de Transporte Coletivo (TC), dessa maneira, as rotas e as linhas de ônibus de todas as companhias foram levantadas e as informações obtidas foram inseridas no banco de dados.

A Figura 21 mostra o mapa temático das seções que possuem serviço de Transporte Coletivo (TC).

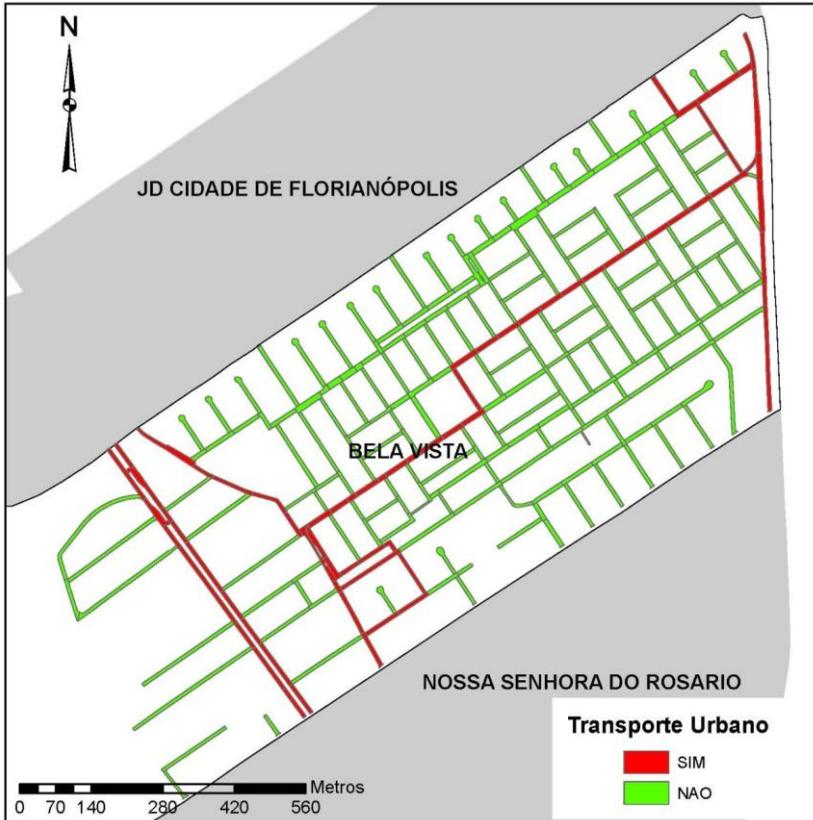


Figura 21 – Mapa Temático segundo a existência do serviço de Transporte Coletivo.

Relacionando as informações de Classe Funcional, Avaliação Objetiva e Transporte Coletivo no modelo em forma de matriz adaptado de Hansen (2008), foi possível oferecer o Índice de Prioridade (IP) para cada seção revestida com mistura asfáltica. O Quadro 15 apresenta os resultados obtidos, inclusive as quantidades de vias de acordo com a respectiva classificação hierárquica.

Quadro 15 – Índices de Prioridade (IP).

Seções	Prioridade (IP)	Arterial	Coletora	Local	TOTAIS	Porc.
30	1 - Máxima	963,97m	701,25m	887,33m	2.552,55m	28,13%
22	2 - Alta	890,77m	457,91m	-	1.348,68m	14,85%
38	3 - Média	1.440,91m	664,11m	227,79m	2.332,81m	25,70%
41	4 - Baixa	391,69m	489,87m	1960,78m	2.842,35m	31,32%
131	TOTAIS	3.687,34m	2.313,15	3.075,90m	9.076,39m	100,0%

A Figura 22 apresenta o Mapa Temático de acordo com as prioridades encontradas.

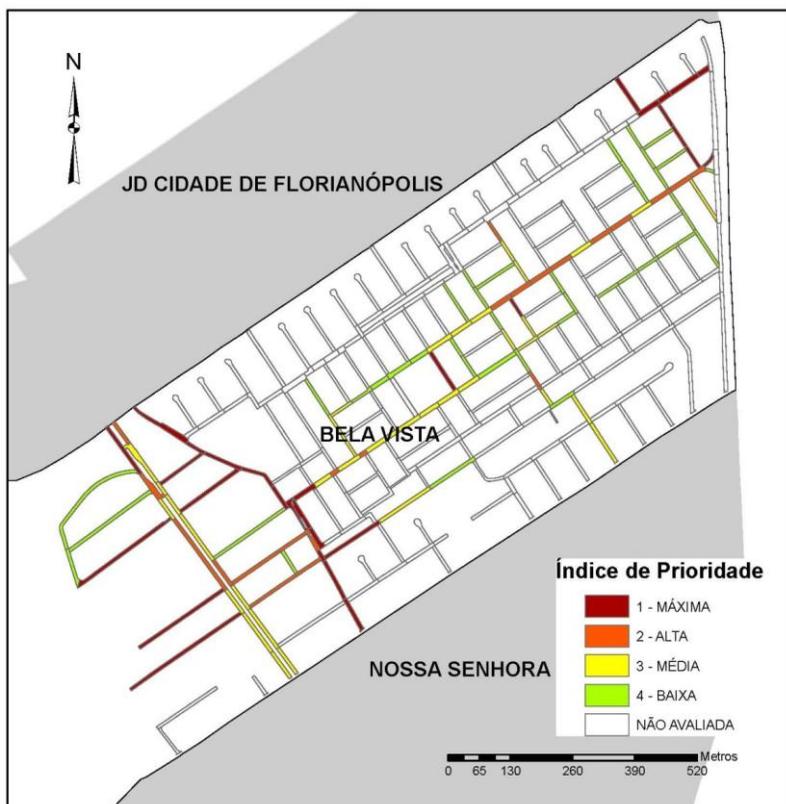


Figura 22 – Mapa Temático segundo o IP.

Exportando os dados para o programa Google Earth® foi possível elaborar um layer contendo essas informações, conforme pode ser observado na Figura 23.

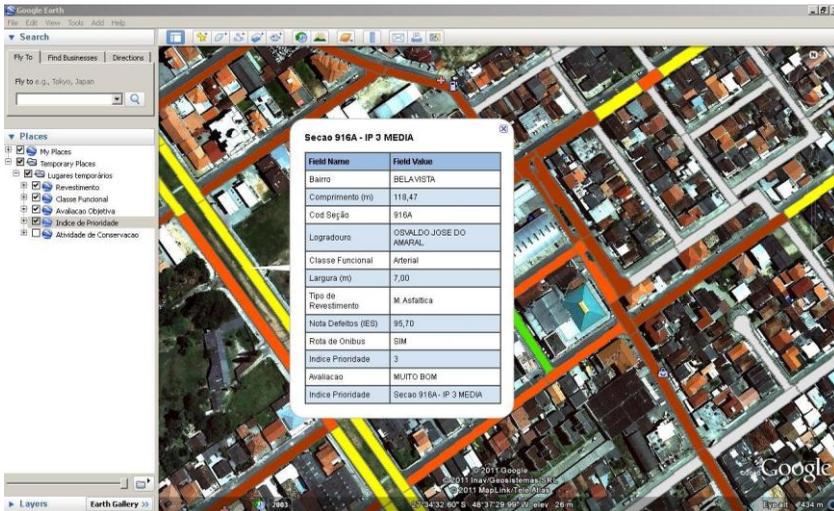


Figura 23 – Dados da priorização exportados para o Google Earth®.

#### 4.5 ATIVIDADES DE CONSERVAÇÃO

A avaliação subjetiva possibilitou enquadrar as seções segundo as estratégias e atividades de conservação anteriormente definidas. Buscou-se nessa etapa atribuir as medidas corretivas (atividades de conservação) que espelham a realidade e prática local.

Os Quadros 16 e 17 apresentam os resultados segundo a atribuição de estratégias e atividades de conservação das 131 seções avaliadas subjetivamente.

Quadro 16 – Resultados encontrados segundo as estratégias atribuídas.

Seções	Estratégias
71	NFN
30	CCR
1	CPP
29	RE
<b>131</b>	<b>TOTAL</b>

Quadro 17 – Resultados encontrados segundo às atividades atribuídas.

Seções	Atividades
0	CCR-1
0	CCR-2
2	CCR-3
28	CCR-4
0	CPP-1
1	CPP-2
1	RE-1
9	RE-2
19	RE-3
<b>60</b>	<b>TOTAL</b>

A Figura 24 apresenta o Mapa Temático contendo as seções da área piloto de acordo com as atividades de conservação atribuídas.

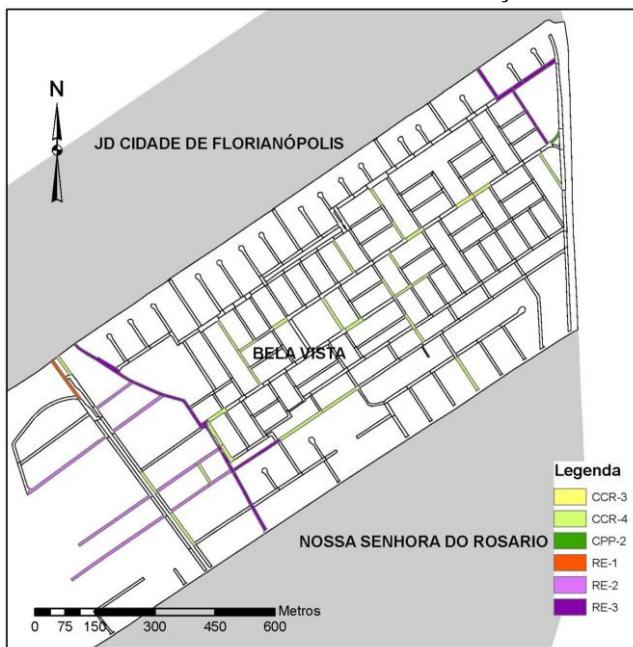


Figura 24 – Mapa Temático Atividades de Conservação.

Relacionando as estratégias e atividades de conservação atribuídas às seções, com as quantidades das áreas defeituosas foi possível levantar os valores necessários para corrigir as patologias de

cada uma das vias revestidas com mistura asfáltica da área piloto.

Novamente os dados puderam ser exportados para o Google Earth® de forma que todas as informações do banco de dados, bem como as informações gráficas foram visualizadas pela internet, conforme Figura 25. Ressalta-se que o arquivo contendo estes dados só seria disponibilizado para o tomador de decisão do município que implementou o sistema desenvolvido, e não ficaria disponível para qualquer usuário na web.

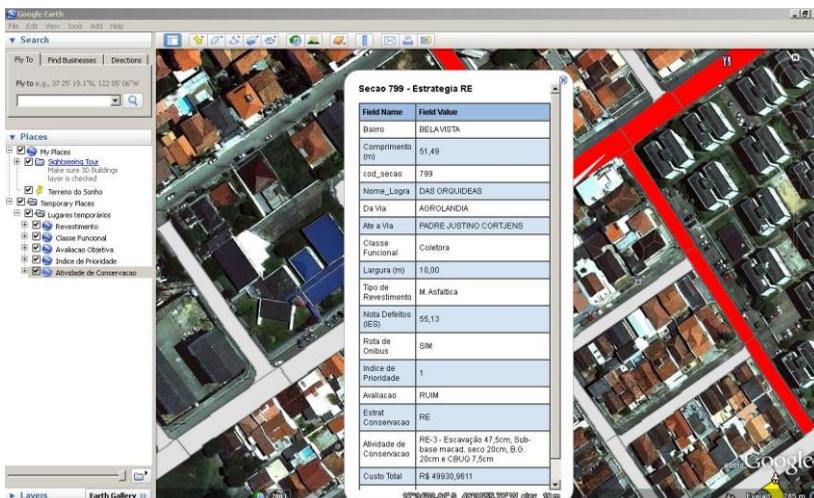


Figura 25 – Dados das atividades de conservação exportados para o Google Earth®.

#### 4.6 PLANEJAMENTO ORÇAMENTÁRIO E RELATÓRIOS

Os Quadros 18, 19 e 20 apresentam os resultados obtidos em diferentes modelos, levando em consideração a hierarquia viária, o índice de prioridade, a avaliação objetiva e as atividades de conservação.

Como resultado global, foi concluído que seria necessário o montante de aproximadamente R\$ 1,7 milhões para corrigir todas as patologias levantadas nas vias revestidas com mistura asfáltica da área piloto, sendo que as vias com prioridade máxima necessitariam de quase 85% deste recurso.

Quadro 18 – Relação dos custos com as prioridades e hierarquia viária.

IP	Classe Funcional (Custos – R\$)				Porcent.
	Arterial	Coletora	Local	TOTAIS	
<b>1 - Máxima</b>	497.449,19	465.778,61	466.560,92	<b>1.429.788,72</b>	84,42%
<b>2 - Alta</b>	40.946,29	191.853,58	-	<b>232.799,87</b>	13,75%
<b>3 - Média</b>	1.488,70	15.660,21	9.173,58	<b>26.322,48</b>	1,55%
<b>4 - Baixa</b>	-	80,47	4.667,26	<b>4.747,73</b>	0,28%
<b>TOTAIS</b>	<b>539.884,18</b>	<b>673.372,86</b>	<b>480.401,76</b>	<b>1.693.658,80</b>	<b>100,0%</b>

Quadro 19 – Relação dos custos com as atividades.

Atividades	Custos (R\$)
CCR-1	R\$ -
CCR-2	R\$ -
CCR-3	R\$ 1.002,96
CCR-4	R\$ 81.546,52
CPP-1	R\$ -
CPP-2	R\$ 5.607,49
RE-1	R\$ 14.811,30
RE-2	R\$ 679.678,33
RE-3	R\$ 911.012,21
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 1.693.658,80</b>

Quadro 20 – Relação dos custos com a hierarquia viária e avaliação objetiva.

IP	Classe Funcional (Custos – R\$)				Porcent.
	Arterial	Coletora	Local	TOTAIS	
<b>Péssimo</b>	236.336,54	415.847,65	369.607,92	<b>1.021.792,10</b>	60,33%
<b>Ruim</b>	167.252,00	230.999,80	96.953,00	<b>495.204,79</b>	29,24%
<b>Regular</b>	93.860,66	10.784,75	9.173,58	<b>113.818,99</b>	6,72%
<b>Bom</b>	41.026,76	15.660,21	4.667,26	<b>61.354,23</b>	3,62%
<b>Muito Bom</b>	1.408,23	80,47	-	<b>1.488,70</b>	0,09%
<b>TOTAIS</b>	<b>539.884,18</b>	<b>673.372,86</b>	<b>480.401,76</b>	<b>1.693.658,80</b>	<b>100,0%</b>

Com estes resultados é possível elaborar infinitas simulações para a aplicação de recursos, considerando que o tomador de decisão não disponha de toda a verba necessária. Por exemplo: supondo que o município dispõe de apenas R\$ 500.000,00, o tomador de decisão poderia optar em atender todas as vias arteriais cuja avaliação ficou abaixo de “BOM”.

O tomador de decisão poderia ainda criar alguns critérios como:

só é aceitável um limite de 20% de vias locais, 15% de vias coletoras e 10% de vias locais nas condições “PÉSSIMO” e “RUIM”.

Além disso, o uso contínuo desse sistema possibilita o desenvolvimento de novos critérios, visando definir uma sistemática de investimento, até que seja possível reduzir significativamente os defeitos causadores de acidentes e desconforto. Se alguma prefeitura conseguir atingir essa meta, ou seja, manter grande parte da malha viária municipal em boas condições de trafegabilidade, seria possível adequar as atividades de conservação de tal forma que passem a ser em sua maioria preventiva e não corretiva.

Foi possível ainda gerar relatórios individuais das seções, que servem de documento para relatar toda a situação da área analisada, conforme Figura 26.

Código da Seção	780		
Folha	A-7		
Nome da Via	DAS ORQUIDEAS		
Nome via da	FLOR DE NATAL	Nome via até	FLOR DE LIS
Classe funcional	Coletora	Bairro	BELA VISTA
Comprimento	69,28	Largura	10
		Número de faixas	4
Revestimento	Mistura Asfáltica	Estrutura	Condição do subleito
Ano de Construção	0	Ano última MR	0
		Tipo última MR	0
Volume de tráfego		Volume de caminhões	Taxa de crescimento
Rota de ônibus	SIM		
IMAGEM 1	IMAGEM 2	IMAGEM 3	
			
Corrugação	0,00	Desagregação	0,00
Exsudação	0,00	Desgaste	0,00
Remendo	9,60	Buracos	9,60
		Afund. de Trilha	12,00
		Trinca por Fadiga	12,00
		Trinca Isolada	0,00
Avaliação	RUIM	Aceitável	
Nota ES	56,8	Nota VD	43,2
Severidade	IP	1 - MÁXIMA	

Figura 26 – Relatório Individual das Seções.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 CONCLUSÕES

O sistema de gerenciamento para conservação do pavimento de vias urbanas desenvolvido é uma ferramenta que facilita a tomada de decisão, de maneira que o tempo e o custo sejam otimizados.

O procedimento de avaliação objetiva para os pavimentos flexíveis adotado nesta pesquisa, baseado no método SHRP (1993), mostrou-se adaptável para vias urbanas e conseguiu retratar as condições existentes. Além disso, esse método é muito conhecido internacionalmente, podendo assim, oferecer mais credibilidade a este trabalho.

O *Palm Top* se mostrou uma ferramenta muito eficaz e ágil para se fazer os levantamentos de campo, visto que ele pode carregar qualquer informação do banco de dados.

A aplicação da metodologia da pesquisa bem como o uso das ferramentas escolhidas possibilita que o tomador de decisão visualize os problemas existentes nas vias municipais, além disso, permite a visualização dos recursos necessários (em nível de rede) de toda a necessidade (ou parte dela). Dessa forma, estratégias poderão ser adotadas no sentido de aproveitar ao máximo os recursos disponíveis, escolhendo as áreas que necessitam de projetos executivos, bem como garantir uma vida útil maior do patrimônio público.

A pesquisa desenvolvida mostrou-se satisfatória, uma vez que conseguiu retratar a necessidade de um bairro todo. Se a aplicação desta metodologia fosse estendida para todo o município, a administração municipal estaria munida de informações para definir planos de investimento em áreas de diferentes interesses. Além disso, essa ferramenta serve de pré-requisito para obtenção de investimentos junto ao Governo Federal no Programa de Infraestrutura de Transporte e da Mobilidade Urbana – PRÓ TRANSPORTE, conforme Instrução Normativa nº 22 de 10 de maio de 2010 do Ministério das Cidades, visto que justifica a aplicação do recurso.

Com a criação e o armazenamento de dados coletados em períodos diferentes em um banco de dados confiável e consistente é possível, juntamente com as demais ferramentas, elaborar diversos cenários de investimentos como, por exemplo, quanto custaria para revestir com mistura asfáltica as vias urbanas coletoras atualmente com paralelepípedo, quanto custaria para substituir as lajotas existentes em

vias por revestimentos com mistura asfáltica ou analisar se valeu a pena revestir vias com mistura asfáltica sem remover as lajotas?

A parte do sistema que define as atividades de conservação poderá ser alterada em qualquer momento e com dados de qualquer município, incluindo aqueles serviços mais usados de cada região. Os custos unitários também poderão ser atualizados em qualquer momento.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES

Seguem algumas atividades que ainda poderão ser desenvolvidas.

- Avaliar as vias com outros tipos de revestimentos (lajota e paralelepípedos), de modo a verificar as patologias existentes e conseqüentemente as necessidades;
- Avaliar os demais elementos da infraestrutura (drenagem pluvial, sinalizações horizontal e vertical, meio-fio, calçada, etc.), enquadrando em 3 possíveis condições: “BOM” – Existe e está em bom estado, “REGULAR” – Existe e precisa de manutenção e “RUIM” – Não existe e precisa implantar (A Figura 27 mostra como poderão ser as coletas dessas informações com a utilização do *Palm Top*);

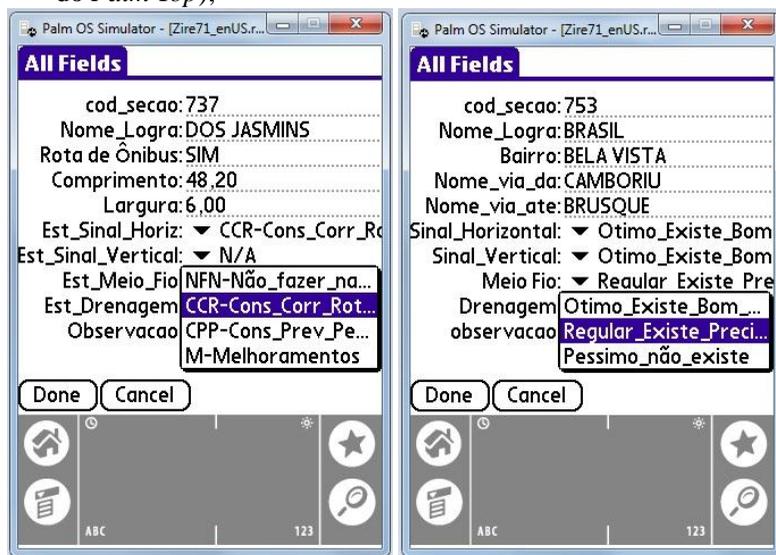


Figura 27 – *Palm Top* para ser utilizado na avaliação da infraestrutura.

- Todas as quantidades necessárias, de cada serviço disponível para aquele elemento, deverão computadas no momento desta avaliação, por exemplo: Meio-fio com avaliação RUIIM – serão anotadas as quantidades necessárias para resolver o problema;
- Após os levantamentos dos outros bairros do município, será possível fazer uma estimativa completa das necessidades do município.

## REFERÊNCIAS

- AASHTO. **Guidelines for Pavement Management System**. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D. C – EUA. 1993.
- ABEDA. **Manual Básico de Emulsões Asfálticas: soluções para pavimentar sua cidade**. Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto. Rio de Janeiro – RJ, 134 p., 2001.
- BALBO, J. T. **Análise de Tráfego para Finalidades de Projetos de Pavimentos**. Apostila do curso de Engenharia Civil – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Transportes. Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, p. 1 – 13, 1997.
- BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information System for Land Resources Assessment**. Oxford University Press, Oxford – UK, 193 p., 1994.
- CONGALTON, R.; GREEN, K. **The ABCs of GIS: An introduction to geographic information systems**. Journal of Forestry. Vol 90, Nº. 11, pp. 13-20, 1992.
- DER/BA. **SAM – Sistema de Administração da Manutenção**. Departamento de Estradas de Rodagem – Manuais DER-Ba / SAM / Volumes 3.0 a 3.5. Bahia, 1996.
- DER/SC. **Sistema de Gerência de Pavimentos: estudo de tráfego**. Departamento de Estradas de Rodagem – Manual de procedimentos. Florianópolis – SC, 1997.
- DER/SC. **Manual de Instrução de Serviços**. Departamento de Estradas de Rodagem. Florianópolis – SC, 20 p., 1998.
- DNER. **Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos**. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens. Rio de Janeiro – RJ, 242 p., 1998.
- DNIT 006/2003 – PRO: **Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos**. Rio de Janeiro – RJ, 2003.

**DNIT 007/2003 – PRO: Levantamento da Condição de Superfície de Segmentos-testemunha de Rodovias de Pavimentos Flexíveis ou Semi-rígido para Gerência de Pavimentos em Nível de Rede.** Rio de Janeiro – RJ, 2003.

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

**DNIT 009/2003 – PRO: Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos.** Rio de Janeiro – RJ, 2003.

**DNIT. Manual de Conservação Rodoviária.** Publicação IPR - 710. 2005.

**DNIT. Manual de Gerência de Pavimentos.** Publicação IPR - 745. 2011.

**DYNATEST. Manual do Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Dynatest.** São Paulo – SP, 49 p., 1997.

**FERNANDES JR, J. L; LIMA, J. P.; RAMOS, R. A. A Prática de Gestão de Pavimentos em Cidades Médias Brasileiras.** Anais: 2º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional Integrado e Sustentável. Braga – Portugal, setembro de 2006.

**FERNANDES JR, J. L; LIMA, J. P.; RAMOS, R. A. Estudo de Mapas de Priorização de Pavimentos Urbanos com o Uso de SIG e a Metodologia de Análise Multicritério.** Anais: 15ª Reunião de Pavimentação Urbana. Salvador – BA, maio de 2008.

**FERNANDES JR, J. L. MND – Métodos Não Destrutivos, Uma Cidade Sem Valas.** Slide 1 do III Congresso Brasileiro de MND. São Paulo – SP, fevereiro de 2008.

**FREITAS, E. S. Implantação de um Sistema de Gerenciamento para Manutenção de Pavimentos de Vias Urbanas – S.G.M.P.Urb, através de um S.I.G.. Aplicação à cidade de Joinville, SC.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2002.

GOLDNER, L. G. **Engenharia de Tráfego: Notas de aula**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 97 p., 2004.

HAAS, R. S., HUDSON, W. R., ZANEWSKI, J. **Modern Pavement Management**. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, USA, 1994.

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

LIMA, J. P. **Modelo de Decisão para a Priorização de Vias Candidatas às Atividades de Manutenção e Reabilitação de Pavimentos**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, 2007.

MARCON, A. F. **Gerenciamento e Avaliação de Pavimentos: Notas de aula**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2005.

MARCON, A. F. **Restauração e Conservação de Rodovias: Notas de aula**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2006.

MATOS, F. C. **Gerência da Manutenção da Superfície de Rolamento de Vias Urbanas Utilizando SIG**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2004.

NÓBREGA, L. M. et. al. **Uso de GPR para o Rastreamento das Espessuras dos Revestimentos que contém Escória de Ferroliga nos Pavimentos da Cidade de Salvador/BA**. Anais: 15ª Reunião de Pavimentação Urbana. Salvador – BA, 2008.

PRETTO, D. F. CORRÊA, M.; LOCH, C. **A Fotografia Aérea como Meio de Atualização Cadastral e Planejamento Urbano**. Anais: II Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico. Florianópolis – SC, 1996.

RENÚNCIO, L. E. **Integração do Cadastro Técnico Multifinalitário**

**a Sistemas de Informações Geográficas visando a Implantação de um Reservatório para Abastecimento de Água no Município de Cocal do Sul – SC.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 143 p., 1995.

SHAHIN, M. Y. **Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots.** Kluwer Academic Publishers. Massachusetts – USA, 1998.

SHAHIN, M. Y., KOHN, S. D. **Development of a Pavement Condition Rating Procedure for Roads, Streets and Parking Lots.** Vol. I: Condition Rating Procedure. United States Army Corps of Engineers – USA, 1979.

SHAHIN, M. Y., KOHN, S. D. **Development of a Pavement Condition Rating Procedure for Roads, Streets and Parking Lots.** Vol. II: Distress Identification Manual. United States Army Corps of Engineers – USA, 1979.

SHRP. **Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Studies.** The Strategic Highway Research Program. National Academy of Science. Washington, D. C., 1993.

SANTOS, M. S.; PINA, M. F.; CARVALHO, M. S. (Org.). **Conceitos de Sistemas de Informações Geográficas e Cartografia Aplicados à Saúde.** Brasília: Organização Panamericana de Saúde, 2000.

SOUZA, N. M. **Contribuição à Cartografia Geotécnica com Uso de Geoprocessamento: sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas.** Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos – SP, 1994.

SCHWARTZ, C. W.; RADA, G. R.; WITCZAK, M. W.; RABINOW, S.D. **GIS Applications in Airfield Pavement Management.** Transportation Research Record 1311. TRB. National Research Council. Washington, D.C. pp. 267-276, 1991.

ZANCHETTA, F. **Aquisição de Dados sobre a Condição dos Pavimentos visando a Implementação de Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos – SP, 2005.

**WOLSKI, M. S. Contribuição à Cartografia Geotécnica de Grandes Áreas com o Uso de Sistemas de Informações Geográficas: uma aplicação na região do médio Uruguai (RS).** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 1997.



## APÊNDICE A

DEFEITOS DO SHRP ENCONTRADOS NO MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO DE DEFEITOS NOS PAVIMENTOS		
Especificação dos defeitos, severidade e modo de medição.		
<b>Defeito</b>	<b>Trincas por Fadiga do Revestimento:</b> Áreas submetidas a cargas repetidas de tráfego. Forma: "couro de crocodilo" ou "tela de galinheiro". Espaçamento inferior a 30cm.	
Severidade	Baixa	Poucas trincas conectadas, sem erosão nos bordos e sem evidência de bombeamento.
	Média	Trincas conectadas e bordos levemente erodidos, mas sem evidência de bombeamento.
	Alta	Trincas erodidas nos bordos, movimentação dos blocos quando submetidos ao tráfego e com evidências de bombeamento.
Como medir	Registrar a área afetada (m <sup>2</sup> ) para cada nível de severidade.	
<b>Defeito</b>	<b>Trincas em Blocos:</b> Trincas que dividem o pavimento em pedaços aproximadamente retangulares. Tamanho dos blocos: 0,1 a 10 m <sup>2</sup> .	
Severidade	Baixa	Trincas com abertura média inferior a 6mm ou seladas com material selante em boas condições.
	Média *	Trincas com abertura média entre 6 a 19mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa.
	Alta *	Trincas com abertura média superior a 19mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta.
Como medir	Registrar a área afetada (m <sup>2</sup> ) para cada nível de severidade.	
* Os limites para as trincas são muito altos quando considerados para pavimentos brasileiros.		
<b>Defeito</b>	<b>Trincas Laterais:</b> Apenas para pavimentos com acostamentos não pavimentados. Dentro de uma faixa de 60cm a partir da extremidade do pavimento.	
Severidade	Baixa	Sem perda de material ou despedaçamento.
	Média	Perda de material e despedaçamento em até 10% da extensão afetada.
	Alta	Perda de material e despedaçamento em mais de 10% da extensão afetada.
Como medir	Registrar a extensão afetada (m) para cada nível de severidade.	
<b>Defeito</b>	<b>Trincas Longitudinais:</b> Trincas predominantemente paralelas ao eixo, podendo se localizar dentro ou fora das trilhas de roda.	
Severidade	Baixa	Trincas com abertura média inferior a 6mm ou seladas com material selante em boas condições.
	Média *	Trincas com abertura média entre 6 a 19mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa.
	Alta *	Trincas com abertura média superior a 19mm ou trincas com abertura média inferior a 19mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta.
Como medir	Registrar a extensão (m) das trincas longitudinais e os níveis de severidade correspondentes (nas trilhas de roda ou fora delas). Registrar a extensão com selante em boas condições.	
* Os limites para as trincas são muito altos quando considerados para pavimentos brasileiros.		
<b>Defeito</b>	<b>Trincas por Reflexão:</b> Reflexão de trincas ou juntas das camadas inferiores. Recapeamento ou pavimentos novos (contração da base).	
Severidade	Baixa	Trincas com abertura média inferior a 6mm ou seladas com material selante em boas condições.
	Média *	Trincas com abertura média entre 6 e 19mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa.
	Alta *	Trincas com abertura média superior a 19mm ou trincas com abertura média inferior a 19mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta.
Como medir	Registrar, em separado, as trincas transversais e longitudinais. Registrar o número de trincas transversais. Registrar a extensão das trincas e os níveis de severidade. Registrar a extensão com selante em boas condições.	
* Os limites para as trincas são muito altos quando considerados para pavimentos brasileiros.		

<b>Defeito</b>		<b>Remendos:</b> Porção da superfície do pavimento, maior que 0,1 m <sup>2</sup> , removida e substituída ou material aplicado ao pavimento após a construção inicial.
Severidade	Baixa	Função da severidade dos defeitos apresentados pelo remendo.
	Média	
	Alta	
Como medir		Registrar o número de remendos e a área afetada (m <sup>2</sup> ) para cada nível de severidade.
<b>Defeito</b>		<b>Panelas:</b> Buracos resultantes de desintegração localizada, sob ação do tráfego e em presença de água. Fragmentação, causada por trincas por fadiga ou desgaste, e remoção localizada de partes de revestimento.
Severidade	Baixa**	Profundidade menor que 25mm.
	Média**	Profundidade entre 25mm e 50mm.
	Alta**	Profundidade maior que 50mm.
Como medir		Registrar o número de panelas e a área afetada (m <sup>2</sup> ) para cada nível de severidade.
** Para pavimentos brasileiros, deve-se considerar também a área afetada.		
<b>Defeito</b>		<b>Deformação Permanente:</b> Depressão longitudinal nas trilhas de roda, em razão de densificação dos materiais ou ruptura por cisalhamento.
Severidade	Baixa	Substituídos pelas medidas da deformação permanente a cada 15m.
	Média	
	Alta	
Como medir		Registrar a máxima deformação permanente nas trilhas de roda.
<b>Defeito</b>		<b>Corrugação:</b> Deformação plástica caracterizada pela formação de ondulações transversais na superfície do pavimento. Causada por esforços tangenciais (frenagem ou aceleração).
Severidade	Baixa	Associados aos efeitos sobre a qualidade do rolamento.
	Média	
	Alta	
Como medir		Registrar o número de ocorrências e a área afetada (m <sup>2</sup> ).
<b>Defeito</b>		<b>Exsudação:</b> Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento.
Severidade	Baixa	mudança de coloração em relação ao restante do pavimento devido ao excesso de asfalto.
	Média	Perda de textura superficial.
	Alta	Aparência brilhante; marcas de pneus evidentes em tempo quente; agregados cobertos pelo asfalto.
Como medir		Registrar a área (m <sup>2</sup> ) afetada para cada nível de severidade.
<b>Defeito</b>		<b>Desgaste:</b> Perda de adesividade do ligante betuminoso e desalojamento dos agregados. Envelhecimento, endurecimento, oxidação, volatilização, intemperização.
Severidade	Baixa	Início do desgaste, com perda de agregados miúdos.
	Média	Textura superficial torna-se áspera, com perda de agregados miúdos e de alguns graúdos.
	Alta	Textura superficial muito áspera, com perda de agregados graúdos.
Como medir		Registrar a área (m <sup>2</sup> ) afetada para cada nível de severidade.

<b>Defeito</b>		<b>Trincas Transversais:</b> Trincas predominantemente perpendiculares ao eixo. Severidade de uma trinca: adotar a mais elevada, desde que represente pelo menos 10% da extensão.
Severidade	Baixa	Trincas com abertura média inferior a 6mm ou seladas com material selante em boas condições.
	Média*	Trincas com abertura média entre 6 e 19mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa.
	Alta*	Trincas com abertura média superior a 19mm ou trincas com abertura média inferior a 19mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta.
Como medir		Registrar o número de trincas, a extensão e os níveis de severidade. Registrar a extensão com selante em boas condições.
* Os limites para as trincas são muito altos quando considerados para pavimentos brasileiros.		
<b>Defeito</b>		<b>Agregados Polidos:</b> Polimento (desgaste) dos agregados e do ligante betuminoso e exposição dos agregados graúdos. Comprometimento da segurança: redução do coeficiente de atrito pneu-pavimento.
Severidade	Baixa	Níveis de polimento podem ser associados à redução no coeficiente de atrito pneu-pavimento.
	Média*	
	Alta*	
Como medir		Registrar a área afetada (m2).
<b>Defeito</b>		<b>Desnível (Degrau) entre pista e acostamento:</b> Diferença de elevação entre a faixa de tráfego e o acostamento; camadas sucessivas de revestimento asfáltico; erosão de acostamento não pavimentado; consolidação diferencial.
Severidade	Baixa	Substituídos pelas medições do desnível.
	Média	
	Alta	
Como medir		Registrar o desnível (mm) a cada 15m, ao longo da interface pista-acostamento.
<b>Defeito</b>		<b>Bombeamento:</b> Saída de água pelas trincas do pavimento sob ação das cargas de tráfego. Identificado pela deposição à superfície, de material carreado das camadas inferiores.
Severidade	Baixa	Não aplicáveis porque o bombeamento depende do teor de umidade das camadas inferiores do pavimento.
	Média	
	Alta	
Como medir		Registrar o nº de ocorrências e extensão afetada.

## APÊNDICE B



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

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



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

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



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

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



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

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



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

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



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

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



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

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



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

Severidade	Baixa	Área da trinca < 2,0m <sup>2</sup> .
	Média	Área da trinca entre 2,0 e 5,0m <sup>2</sup> .
	Alta	Área da trinca > 5,0m <sup>2</sup> .
Frequência	Ocasional	Área atingida < 10%.
	Frequente	Área atingida entre 10% e 30%.
	Extenso	Área atingida > 30%.



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

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