

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
AMBIENTAL**

**IMPACTO DO MÉTODO DA AQUISIÇÃO DE  
DADOS NO CUSTO DE MANUTENÇÃO DE DE  
PAVIMENTOS URBANOS EM VALPARAÍSO (GO)**

**VITOR PAIVA MORAIS**

**ORIENTADOR: FÁBIO ZANCHETTA**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL  
EM ENGENHARIA CIVIL**

**BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO/2020**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E**  
**AMBIENTAL**

**Impacto do método da aquisição de dados no custo de  
manutenção de pavimentos urbanos em Valparaíso de Goiás**

**VITOR PAIVA MORAIS**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.**

**APROVADA POR:**

---

**FÁBIO ZANCHETTA, Doutor, UnB**  
**(ORIENTADOR)**

---

**PASTOR WILLY GONZALES TACO, Doutor, (UnB)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**MICHELLE ANDRADE, Doutora, (UnB)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: BRASÍLIA/DF, 7 de dezembro de 2020.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

MORAIS, VITOR PAIVA

Impacto do método da aquisição de dados no custo de manutenção de pavimentos urbanos em Valparaíso de Goiás, 2020.

vi, 62 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2020)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Pavimentos urbanos

2. Sistema de Gerência de Pavimentos

3. Avaliação de Campo

4. Custo de Manutenção

5. Valparaíso de Goiás

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MORAIS, V. P. (2020). Impacto do método da aquisição de dados no custo de manutenção de pavimentos urbanos em Valparaíso de Goiás. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 62 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Vitor Paiva Morais

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Impacto do método da aquisição de dados no custo de manutenção de pavimentos urbanos em Valparaíso de Goiás.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2020.

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Vitor Paiva Morais

RUA 06 CH 249 CASA 30, VICENTE PIRES

72006-485 – Brasília/DF – Brasil

## RESUMO

O investimento em uma malha viária pavimentada representa um grande custo da sociedade, e é esperado que essas vias sofram uma deterioração natural ao longo do tempo. Por isso um Sistema de Gerência de Pavimentos - SGP é uma importante ferramenta para gerir a aplicação de recursos, promovendo melhores soluções de manutenção e reabilitação no período da vida útil da malha planejada, implantada e pavimentada. Com um SGP é possível ter uma etapa de tomada de decisões com critérios mais mensuráveis e estruturados. Esse estudo tem como objetivo avaliar o impacto da forma de coleta dos dados em campo no custo de manutenção, dentro do SGP. Para isso são analisadas diferentes estratégias de M&R sugeridas para os diferentes tipos de dados obtidos em campo e verificados os custos de manutenção de acordo com as estratégias de M&R sugeridas para um trecho estudado de uma via na cidade do Valparaíso (GO). Os dados analisados nesta monografia foram coletados em um trecho pré-selecionado de 7840 m na cidade de Valparaíso (GO), no primeiro semestre de 2019. Os resultados indicam que os diferentes métodos utilizados na aquisição de dados interferem de forma significativa no orçamento final, representando aproximadamente 15% do valor referente as atividades de manutenção e reabilitação sugeridas para os segmentos de pista.

**Palavras chave:** Pavimentos urbanos, Sistema de Gerência de Pavimentos, Avaliação de Campo, Custo de manutenção.

## SUMÁRIO

1. Introdução	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Justificativa	3
1.3 Metodologia	3
2. Revisão bibliográfica	4
2.1 Conceito de gerência de pavimentos	4
2.2 Estrutura do SGP	6
2.3 Avaliação do pavimento	12
2.3.1 Avaliação funcional	12
2.3.2 Avaliação estrutural	14
2.3.3 Avaliação de textura	16
2.4. Avaliação de defeitos	16
2.5 Tipos de defeitos	17
2.6. Desempenho	24
2.7. Manutenção e reabilitação (estratégias técnico financeiras de intervenção no pavimento)	24
2.8. Avaliação econômica	28
3. Materiais e Métodos	31
3.1 Etapas	31
3.2 Tabelas auxiliares na análise econômica	32
3.3 Local de estudo	35
3.4 Coleta de dados	37
4. Apresentação e análise de resultados	39
4.1 Análise de dados	39
4.2 Dados dos segmentos	40
4.3.1 Comparação de M&R e obtenção de Preço Total	43
4.3.2 Comparação de M&R	45
5. Conclusões e sugestões para trabalhos futuros	51
Referência bibliográfica	53
Anexos	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Dados relevantes para a criação de um bando de dados (Fonte adaptada: Haas <i>et al</i> , 1994)	11
Tabela 2.2: Classificação da irregularidade superficial (Fonte: adaptada de MGP – DNIT, 2001 p.78)	13
Tabela 2.3: Frequência de defeitos do LVC (Fonte: adaptada do DNIT 008-2003-PRO)	13
Tabela 3.1: Resumo dos custos unitários e área de cada M&R em função de cada defeito. Valores conforme TPU DER-SP Dez 2016 (Fonte: Zanchetta, 2017)	32
Tabela 3.2: Composição dos serviços com base no TPU DER-SP JUL 2019 (Fonte: autor)	34
Tabela 4.1: Dados a serem preenchidos pelos métodos de caminhamento e vídeo registro (Fonte: autor)	40
Tabela 4.2: Porcentagem da área do segmento de pista que o trabalho de M&R efetivamente será aplicado (Fonte: autor)	40
Tabela 4.3: Segmentos percorridos pelo avaliador (Fonte: Pedroza, 2019)	42
Tabela 4.4: Tabela preenchida com dados obtidos por caminhamento (Fonte: autor)	43
Tabela 4.5: Tabela preenchida com dados obtidos por vídeo registro (Fonte: autor)	44
Tabela 4.6: Atividades de M&R resultantes da tabela preenchida com dados de caminhamento (Fonte: autor)	45
Tabela 4.7: Atividades de M&R resultantes da tabela preenchida com dados de vídeo registro (Fonte: autor)	45
Tabela 4.8: Diferença em % das M&R pelo método de avaliação (Fonte: autor)	46
Tabela 4.9: Soma do Preço Total dos métodos de avaliação geral (Fonte: autor)	47
Tabela 4.10: Comparativo entre M&R e Preço Total pelo método de avaliação (Fonte: autor)	48

Anexo 1 – Tabela com dados obtidos por Caminhamento – Parte 1	57
Anexo 2 – Tabela com dados obtidos por Caminhamento – Parte 2	58
Anexo 3 – Tabela com dados obtidos por Caminhamento – Parte 3	59
Anexo 4 - Tabela com dados obtidos por Vídeo registro – Parte 1	60
Anexo 5 - Tabela com dados obtidos por Vídeo registro – Parte 2	61
Anexo 6 - Tabela com dados obtidos por Vídeo registro – Parte 3	62

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Fluxograma Básico de um SGP (Fonte: DNIT/IPR 2011)	6
Figura 2.2: Atividades do SGP que interagem com o banco de dados (Fonte: Cardoso, 1994)	10
Figura 2.3: Deformações (deflexões no pavimento) (Fonte: DNIT,2006)	15
Figura 2.4: Trincas por fadiga (Fonte: DNIT 005/2003 - TER 2003)	18
Figura 2.5: Trincas por fadiga (Fonte: DER/SP)	18
Figura 2.6: Desgaste (Fonte: DNIT 005/2003 - TER 2003)	19
Figura 2.7: Buraco ou panela (Fonte: DNIT 005/2003 - TER 2003)	20
Figura 2.8: Remendo executado (Fonte: BERNUCCI, 2007)	20
Figura 2.9: Deformação permanente nas trilhas de roda (Fonte: DNIT 005/2003 - TER 2003)	21
Figura 2.10: Corrugação em dispositivos de acesso à rodovia (Fonte: ARQUIVO DER/SP)	22
Figura 2.11: Ocorrências de exsudação (Fonte: DNIT 005/2003 - TER 2003 E BERNUCCI, 2007)	22
Figura 2.12: Defeitos de superfície em pavimentos asfálticos (Fonte: DNIT 005/2003 - TER 2003)	23
Figura 2.13: Fatores que influenciam no desempenho do pavimento (Adaptado, DNIT 2011)	25
Figura 2.14: Inter-relação entre o desempenho dos pavimentos, estratégia de manutenção e reabilitação, data de intervenção e custos (Fonte: FERNANDES 2006)	26
Figura 2.15: Índice de serventia ao longo do tempo ou com tráfego acumulado (Fonte: HAAS <i>et al.</i> , 1994)	29
Figura 3.1: Localização do Valparaíso – 1 (Fonte: Google Maps, 2019)	35
Figura 3.2: Localização do Valparaíso – 2 (Fonte: Google Maps, 2019)	36

Figura 3.3: Todos os 150 segmentos analisados pelo grupo de pesquisa (Fonte: GOOGLE MAPS, 2019)	36
Figura 3.4: Planilha de avaliação de condição de seção (Fonte: Zanchetta, 2017)	38
Figura 4.1: Rotas dos percursos para obtenção das avaliações de 78 segmentos (Fonte: PEDROZA, 2019)	41
Figura 4.2: Diferenças das M&Rs para cada método (Fonte: AUTOR)	46
Figura 4.3: Gráfico de coluna SG x P.T. (Fonte: AUTOR)	49

## 1. INTRODUÇÃO

Tendo-se em vista que o modo rodoviário é o principal no Brasil, a malha viária pavimentada representa um grande investimento da sociedade. As vias pavimentadas dessa malha sofrem uma deterioração natural e esperada ao longo do tempo, por conta do próprio uso e de condições climáticas. Portanto, faz-se necessário a aplicação de medidas de manutenção e reabilitação do pavimento a fim de aumentar a eficiência e vida útil deste.

Apesar dessa necessidade inerente dos pavimentos, pode-se observar que os procedimentos adotados pela maioria das prefeituras municipais brasileiras para conservação de sua malha pavimentada se resumem a basicamente duas opções: operações tapa-buracos e recapeamentos. Essas opções resultam em pavimentos com alto custo para a sociedade e muitas vezes sem a qualidade devida.

Diante desse cenário, um Sistema de Gerência de Pavimentos - SGP se apresenta como um importante recurso para gerir a aplicação de recursos e promover melhores soluções de manutenção e reabilitação ao longo da vida útil da malha planejada, implantada e pavimentada. Um SGP pode ser aplicado a todas as fases do ciclo de vida de uma rede rodoviária, começando no processo de planejamento, programação de investimento e projeto até a construção, manutenção, avaliação e controle regular das rodovias que compõem a rede (VISCONTI, 2000).

Sabendo-se, ainda, que as obras relacionadas a esse tipo de infraestrutura são bastante onerosas e que isso acaba sendo bastante representativo no orçamento nacional, a administração com o SGP de uma rede ou trecho rodoviário, seja por uma empresa concessionária ou de uma organização pública, se apresenta como solução ótima para o direcionamento e melhor aproveitamento dos investimentos e dos recursos públicos.

Sem o SGP, a alocação de recursos para manutenção e reabilitação de vias acontece sem critérios pré-definidos prejudicando a eficiência no longo prazo. Por exemplo, pode-se observar que no Brasil a priorização das obras geralmente é feita de acordo com as

reclamações de usuários (sem técnica e com falta de expertise). Lembrem, ainda, os autores Bodi e Balbo (1998), que deve ser dada atenção para essa situação que ocorria na maioria das malhas viárias do país, sobretudo aquelas sob jurisdição municipal. De modo geral, a imprensa também representa um importante motivador para a tomada de decisão dos administradores públicos. Também é possível constatar que muitos profissionais, diretores e gerentes da área de manutenção rodoviária, simplesmente não tinham interesse pela efetiva implantação de um SGP (BODI & BALBO, 1998), ainda que na década de 70 algumas iniciativas com objetivo de tornar mais eficientes os investimentos em Infraestrutura rodoviária brasileira tenham ocorrido (DNIT/IPR, 2011). E esse tipo de comportamento ainda persiste.

Em países da Europa e Estados Unidos, os SGPs são desenvolvidos e vendidos no mercado de acordo com as necessidades dos usuários, ou contratados por meio de licitações. As instituições públicas ou concessionárias que administram trechos rodoviários com ajuda do SGP no Brasil podem optar entre uma série de sistemas, que podem ou não ser desenvolvidos especificamente para suas necessidades. Mesmo assim, há muitas dificuldades na implementação e operação dos sistemas.

Desde meados de 1964, o Sistema de Gerência de Pavimentos é uma ferramenta comum na maior parte dos departamentos de transporte estaduais dos Estados Unidos, pois as agências se deram conta dos benefícios do sistema de apoio a decisões gerenciais na busca por estratégias mais efetivas na administração de suas redes rodoviárias (NCHRP, 2004).

Com um SGP é possível se passar para a etapa de tomada de decisões com critérios mais sólidos e estruturados, uma vez que as atividades de M&R (Manutenção e Reabilitação) não serão realizadas com uma agenda de urgência simplesmente de resolver os piores casos. Ao contrário, com uma análise econômica será possível avaliar melhor os resultados dessas atividades, logo, as decisões tomadas serão mais efetivas.

## **1.1 OBJETIVOS**

Geral: Avaliar o impacto do método de avaliação dos dados coletados no custo de manutenção e reabilitação, dentro do SGP.

Específico:

- Analisar as diferentes estratégias de M&R sugeridas de acordo com os diferentes tipos de dados obtidos em campo,
- Verificar os custos de manutenção de acordo com as estratégias de M&R sugeridas.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

Tendo em vista que o orçamento para as intervenções de manutenção e reabilitação nas vias urbanas pavimentadas costuma ser inferior às necessidades, é necessário utilizar ferramentas de apoio à decisão que tornem a tomada de decisão mais eficiente. A melhor alternativa é a implantação e uso continuado de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos – SGPU.

Dessa forma, este estudo busca apresentar a diferença nos custos de manutenção e reabilitação em função de diferentes métodos de aquisição de dados: caminhamento e vídeo registro, dentro de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU).

## **1.3 METODOLOGIA**

O projeto integra parte de uma pesquisa em andamento proposta em edital universal do CNPq, em busca de analisar e propor uma metodologia de avaliação de pavimentos para implementação de um SGPU em municípios carentes de organização, estrutura e estudos nesse aspecto.

Após revisão da literatura a respeito do SGP, foi realizada compatibilização dos dados coletados por outros estudantes do projeto de pesquisa a fim de se analisar a precificação do total de medidas de manutenção e reabilitação de cada método, a fim de se comparar a diferença entre eles.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONCEITO DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

De acordo com Hudson *et al.* (1994), o problema de infraestrutura viária pode crescer por vários motivos, dentre eles tem-se: falta de um bom sistema de gerenciamento, planejamento financeiro a longo prazo, por parte do governo, bastante ineficiente, incapacidade de reação à deterioração do sistema viário, falta de conhecimento técnico em tomadas de decisão referentes a atividade de manutenção e reabilitação. O sistema de gerência de pavimentos, SGP, surge como uma ferramenta para a possível solução desse problema. Esse é representado pela seguinte série de ações: planejamento, projeto, construção, manutenção e reabilitação do pavimento. No que se refere a manter as condições do pavimento em bom estado por um certo período de tempo, esse sistema representa uma metodologia organizada e eficiente no processo de tomada de decisões de um profissional. Em linhas gerais, a função do SGP é melhorar a eficiência nesse processo de decisão, além de possibilitar a realimentação dos dados, indicar os prazos e a ordem de prioridade que as ações devem suceder.

Os pavimentos precisam ser gerenciados, contudo, é difícil se observar um entendimento de que a gerência de pavimento pode ser apresentada como uma solução até mesmo financeira no longo prazo, existe somente um entendimento imediatista, e isso é parafraseado pelo lema: “invista agora ou pague muito mais depois” (SHAHIN, 1994).

De acordo com Gschwendt (2018), existe um número de atividades que são conectadas entre si em uma análise sistemática relacionada a gerência de pavimentos, e as principais são:

- Diagnóstico de pavimentos (pesquisas das condições visuais, medidas de parâmetros).
- Análise dos resultados das medidas e a evolução da condição do pavimento.
- Aplicação de modelos de degradação, proposta de soluções e seleção de uma solução otimizada (tanto técnica quanto econômica)
- construção e aplicação de procedimentos tecnológicos.

Os Sistemas de gerência de pavimentos possibilitam uma abordagem racional e efetiva em termos de custo para as operações de manutenção. Os sistemas avaliam várias alternativas e possibilitam uma análise do impacto esperado pelas ações de manutenção e reabilitação no desempenho futuro. Além disso, também são fornecidas informações necessárias sobre os recursos financeiros necessários bem como as justificativas necessárias para implantação dos programas de manutenção (HUANG, 2004).

A gestão de pavimentos é constituída pela observação do pavimento construído; tendo como um dos seus alvos de análise o acompanhamento de sua deterioração; avaliando sua qualidade ao longo do tempo. É possível se observar que o pavimento rodoviário em uso apresenta uma queda de desempenho que pode ser mensurada ao longo do tempo de uso, e sua representação é denominada de curva ou modelo de desempenho. Para ser possível se prever a vida de serviço dos pavimentos em termos da evolução dos seus mecanismos de deterioração devem ser estabelecidos critérios e modelos de estimativa de desempenho (GONÇALVES, 2002).

Vale se ressaltar, entretanto, que apesar de ser uma boa ferramenta, o SGP ainda tem muito a evoluir. Mesmo que pesquisas têm sido realizadas ao longo do tempo a fim de aprimorar o SGP, como por exemplo Hairder *et al.* (2011) que explora em sua pesquisa o efeito da frequência de monitoramento das coletas de dados da condição do pavimento na previsão de desempenho e consequentes decisões ao SGP, alguns dos seus problemas, como alguns dos apontados por Finn (1997) não foram solucionados definitivamente. Na época foram citados os seguintes problemas:

- Confiabilidade e credibilidade dos modelos de previsão de desempenho;
- Grau de incerteza a ser incorporado nos sistemas;
- Variabilidade da previsão de custos com base no uso de dados desatualizados do pavimento;
- Variabilidade das considerações de orçamento;
- Credibilidade das alternativas de intervenção indicadas pelo SGP;
- Consistência das medidas e Adequação dos fatores de performance.

Além disso, as principais dificuldades na implantação de um SGP passam por questões institucionais, como a falta de compromisso no longo prazo com a implementação do sistema como parte de uma infraestrutura geral de gerência e o uso limitado do Sistema

de Gerência de Pavimentos somente como preparação de recursos financeiros e não como auxílio na tomada de decisões (FINN, 1997).

## 2.2 ESTRUTURA DE SGP

De uma forma geral, o Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) pode ser definido como uma ferramenta que auxilia no processo de tomada de decisões a respeito dos investimentos rodoviários (SHOJI, 2000). A Figura 2.1 apresenta como pode ser ilustrado o fluxograma do SGP.

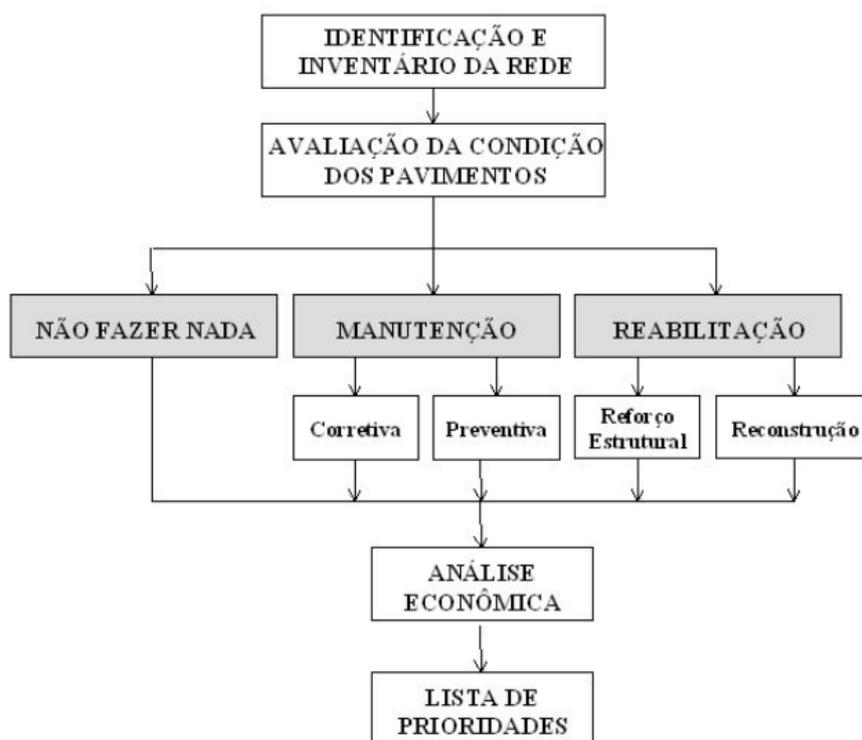


Figura 2.1 Fluxograma básico de um SGP (Fonte: DNIT/IPR 2011)

De forma geral, de acordo com Fontenele *et al.* (2013) pode-se resumir o SGP da seguinte forma:

- Inventário: coleta e organização de dados;
- Avaliação da condição do pavimento: pode ser de forma subjetiva (de acordo com a opinião do usuário) e de forma objetiva (ensaios e instrumentos);
- Priorização: a partir dos resultados da avaliação das condições do pavimento e das suas necessidades, é estabelecido uma lista de prioridades, tendo-se em vista que geralmente os recursos disponíveis são menores que as necessidades;

- Programação das atividades de manutenção e reabilitação: definidas as prioridades, pode-se traçar diferentes estratégias de M&R para manutenção do pavimento;
- Implementação: é justamente a fase de execução das atividades de M&R indicadas. De acordo com Hosten *et al.* (2013), todos municípios de pequeno e médio porte deveriam considerar a implementação do SGP.

É possível se conduzir as atividades dentro do gerenciamento de pavimento em dois níveis principais: nível de rede e nível de projeto (HAAS *et al.*, 1994).

O nível de rede contém uma visão mais geral da infraestrutura, como de um estado providenciando o planejamento e orçamento gerais e o nível de projeto tem como cerne um limitado trecho da rede, contudo, é possível se obter planos de manutenção mais detalhados (HUANG, 2004).

Para Hudson (1994), a gerência de pavimentos é dividida em dois níveis, o de rede e o de projeto, distintos e ao mesmo tempo integrados. O nível de rede possui um escopo de criar um inventário, um cadastro da malha viária, contendo informações como: localização dos problemas, tipos de necessidades e deficiências; presentes e futuras; alternativas estratégicas de manutenção e reabilitação, prioridades, programas, cronogramas.

De acordo com Haas *et al.* (1994), o nível de Gerência em Rede pode ser subdividido em duas categoriais:

- de seleção do projeto: identificar quais grupos de projetos têm prioridade e planejar o ano que cada grupo deve ser executado;
- de programa: estabelecer e alocar os itens do orçamento na totalidade da rede.

Os autores mencionam ainda, a importância do inter-relacionamento entre as duas subcategorias.

O guia de Sistema de Gerência de Pavimentos da AASHTO (2001) determina que um SGP em Nível de Rede inclua:

- estabelecimento de programas de conservação de pavimentos;

- identificação de prioridades;
- estimativa das necessidades de investimentos;
- alocação de capitais para manutenção;
- restauração e reconstrução.

A gerência de pavimentos em nível de rede inclui a definição de estratégias de intervenção, identificação das necessidades da malha rodoviária, programação das atividades de intervenção. Neste nível, considera-se um conjunto de trechos rodoviários, por exemplo, a malha rodoviária de um determinado Estado (ALBUQUERQUE, 2007).

Pode-se dizer que a decisão em nível de rede é essencialmente de planejamento, programação e orçamento visando otimizar os recursos disponíveis. Nesse nível prevalece a quantidade de informação em detrimento ao detalhamento desta, oferecendo uma perspectiva mais macro do sistema. A prioridade nessa etapa é definir classes de condições das vias com o propósito de classificar esses segmentos avaliados, resultando em uma distribuição técnica e financeira condizente com as intervenções do período (SILVA, 2017).

O tipo de análise depende da estratégia de intervenção no Nível de Rede e no Nível de Projeto. A abordagem do Nível de Rede é definida pela lógica “de cima para baixo” e tem como alvo a otimização das alocações orçamentárias para a rede de manutenção em termos de médio e longo prazo. A abordagem do Nível de Projeto prevê a continuidade do processo de tomada de decisão com foco na melhora da condição da rede implementando atividades de manutenção e reabilitação. Tanto em nível de rede quanto em nível de projeto, os componentes do SGP devem prover todos os elementos para planejar qualquer tipo de ação em superfícies pavimentadas, ou seja, deve ser possível escolher o “como”, “onde” e “quando” a ação de intervenção no pavimento deverá ser aplicada (HAAS *et al.* 1994).

O SGP em Nível de Projeto (AASHTO, 2001) seleciona atividades específicas de manutenção, restauração e reconstrução em segmentos definidos de pavimentos.

Os procedimentos iniciais a serem realizados na gerência em Nível de Rede são: a segmentação do trecho rodoviário e a obtenção de dados de cada segmento. As principais

informações relevantes neste nível de administração são: dados de tráfego, dados geométricos, dados de perfil, indicadores das condições superficiais e estruturais do pavimento. Uma vez obtidos esses dados em campo, é realizado um processamento para configurar o banco de dados do órgão da administração; pública ou privada; responsável por determinada rede rodoviária (HAAS, *et al.* 1994)

A coleta de dados é uma atividade fundamental do SGP, haja vista que esses representam o conjunto de informações disponíveis em relação à malha viária. A sua importância advém do fato de que todas as análises e decisões necessárias são baseadas nas informações e dados coletados. Logo, esses dados devem ser objetivos, confiáveis e atualizados (AASHTO, 1990).

O inventário das rodovias possui um importante papel no controle geométrico da plataforma rodoviária existente, no controle das obras executadas e datas das intervenções para dar suporte na segmentação e dimensionamento das soluções de manutenção e reabilitação (ALBUQUERQUE, 2007).

As consequências da manutenção na qualidade do pavimento e seus custos devem ser conhecidos para que se escolha a opção mais eficiente dentre as diferentes possibilidades. A primeira etapa é conhecer a condição atual e formar um banco de dados, com avaliações da estrutura, da aderência e dos defeitos da superfície. As atividades de manutenção e reabilitação tem como objetivo a melhoria do pavimento em três aspectos: segurança, conforto e estrutura (HELEVEN E DIRCKX, 1992).

De acordo com Haas *et al.* (1994) a aquisição e processamento de dados é a base principal da gerência de pavimentos. Tais informações são fundamentais para o estabelecimento das curvas de desempenho dos pavimentos a curto, médio e longo prazo. Esses dados armazenados de cada segmento rodoviário são:

- Informações históricas da construção e manutenção (Exemplos: data das obras, solução adotada, materiais e espessuras das camadas do pavimento);
- Cadastro geométrico, contendo larguras, inclinações, raios de curvas;
- Inventário de dispositivos de drenagem, sinalização, interseções, obras-de-arte, defensas, guarda-corpos;

- Informações estruturais e funcionais de levantamentos de campo e laboratório; Dados de tráfego, como VMDa (volume médio diário acumulado) e fatores de correção sazonais;
- Custos unitário de referência do local ou região;
- Dados climáticos (distribuição e volumes de chuva, temperaturas máximas e mínimas observadas no segmento).

De acordo com Cardoso (1994), o banco de dados (Figura 2.2) é uma ferramenta importantíssima utilizada no SGP. Esse deve ser bem estruturado, conter dados confiáveis e também deve interagir com as demais partes integrantes de um SGP. Também é possível se observar na figura a seguir, destacado no quadrado vermelho aonde se localizam os métodos de aquisição de dados a serem avaliados nesse projeto.

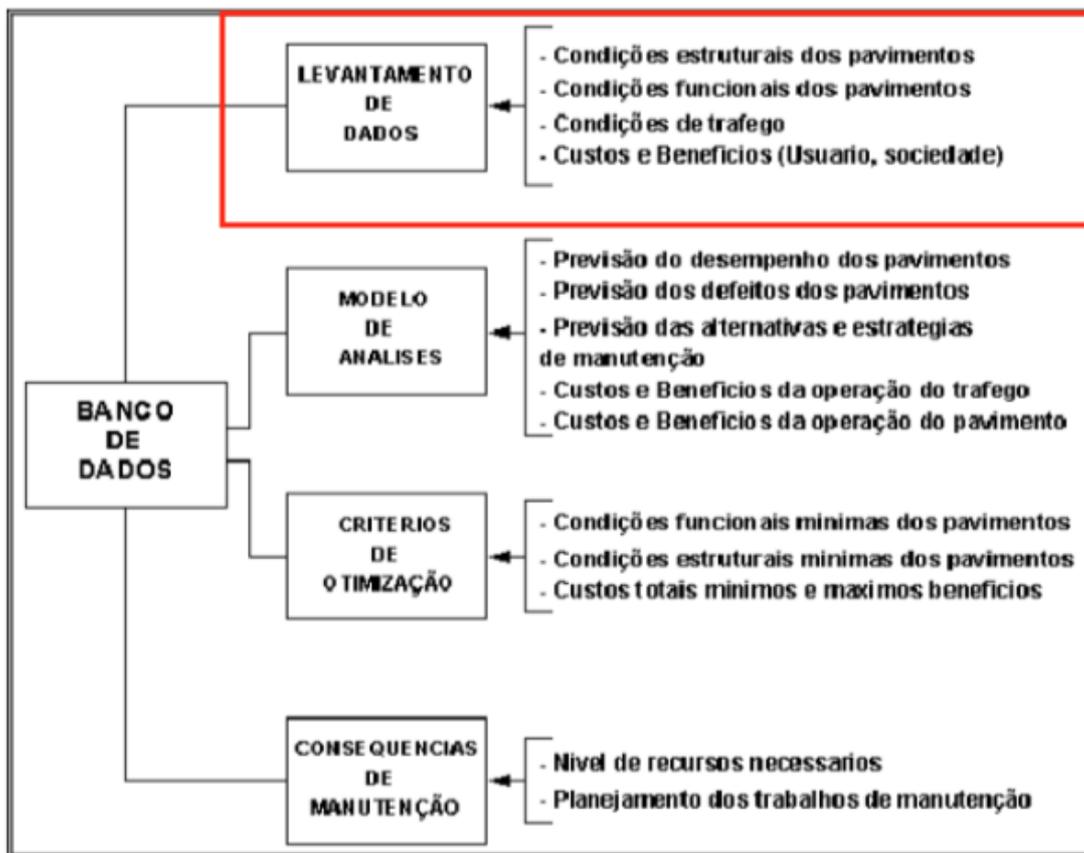


Figura 2.2: Atividades do SGP que interagem com o banco de dados (Fonte: CARDOSO,1994)

É necessário a constante atualização das informações do banco de dados, a fim de assegurar maior segurança na tomada de decisões mantendo este banco apto a realizar modelagens futuras e previsões (SOUZA, 2015).

Além disso, de acordo com Haas *et al.* (1994), outros dados também devem ser coletados e levados em consideração para a obtenção de um banco de dados mais completo. Dentre eles, é importante considerar, por exemplo: o levantamento de características da rodovia, informações da faixa de rolamento, das camadas de pavimento, do tráfego, as características ambientais da região, e parâmetros do pavimento. Conforme é informado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Dados relevantes para a criação de um banco de dados

<b>1. Dados relacionados ao desempenho</b>	<b>Utilização</b>	<b>4. Dados relacionados à geometria</b>	<b>Utilização</b>
Irregularidade	R	Dimensões de seções	R
Desgaste da superfície	R + M	Curvatura vertical	R
Deflexão	R + M	Curvatura longitudinal	R
Atrito	R	Espessura de camada	R
Propriedades das camadas	R	Greide	R

<b>2. Dados relacionados ao histórico</b>	<b>Utilização</b>	<b>5. Dados relacionados aos custos</b>	<b>Utilização</b>
Manutenção	R + M	Construção	R
Construção	R + M	Manutenção	R + M
Tráfego	R + M	Reabilitação	R
Acidentes	R + M	Custos ao usuário	R

<b>3. Dados relacionados à política</b>	<b>Utilização</b>	<b>6. Dados relacionados ao meio ambiente</b>	<b>Utilização</b>
Orçamentos	R + M	Drenagem	R + M
Disponibilidades e alternativas	R + M	Clima	R

R - reabilitação; M - manutenção

(Fonte adaptada: Haas *et al.*, 1994)

Os Sistemas de Informações Geográficas, SIG (GIS - *Geographic Information Systems*) e outras tecnologias de análise e gerenciamento de dados espaciais são particularmente

apropriados para interação, administração, coleta, seleção, análise e representação de dados como os do Sistema de Gerência de Pavimentos (NCHRP, 2004).

O Sistema de Informações Geográficas dinamiza alguns processos dos sistemas de gerência, haja vista que o SIG possibilita a representação da relação entre um extenso banco de dados e uma base cartográfica, facilitando a visualização dos segmentos analisados e a associação de dados de mesma posição geográfica. E isso, ocorre tendo-se em vista a integração dos cadastros por georeferenciamento, proporcionando um banco de dados único e consistente que auxilia a visualização, identificação, qualificação e quantificação dos elementos da malha viária (HANSEN, 2008).

## **2.3 AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO**

Diferentes métodos de avaliação de pavimentos resultam em diferentes decisões de gerenciamento. Por isso, a seleção de um método para analisar a condição do pavimento é relevante, haja vista que esse é a base de todas as recomendações. E por essa razão, é crítico selecionar um objetivo e um procedimento passível de repetição para que as recomendações sejam confiáveis e os resultados das avaliações não variem muito entre os inspetores responsáveis pelo preenchimento dos formulários (TRC, 2008).

### **2.3.1 Avaliação funcional**

A avaliação funcional é a determinação da capacidade de desempenho funcional momentânea, conhecida como serventia, que o pavimento proporciona ao usuário, ou seja, o conforto em termos de qualidade de rolamento. O desempenho funcional refere-se à capacidade do pavimento de cumprir sua função principal: fornecer uma superfície com serventia adequada em termos de qualidade de rolamento (DER/SP, 2006).

Os indicadores funcionais mensuráveis mais comuns atualmente que atestam as condições de trafegabilidade da superfície do pavimento são as medidas de irregularidade transversal e longitudinal, resultando no Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI), na Tabela 2.2 é possível se verificar os limites de classificação de irregularidade superficial sugeridos pelo Manual de Gerência de Pavimentos do DNIT (2011).

Tabela 2.2: Classificação da irregularidade superficial

<b>IRI x Condições de trafegabilidade</b>	
Boa	$2,7 \geq \text{IRI}$
Regular	$2,7 < \text{IRI} \leq 3,5$
Ruim	$3,5 < \text{IRI} \leq 5,5$
Péssima	$\text{IRI} \geq 5,5$

(Fonte: adaptada de MGP – DNIT, 2001 p.78)

De acordo com o DNIT, a serventia é um parâmetro subjetivo que indica a qualidade do pavimento em relação ao conforto no rolamento para o usuário, expresso como Valor da Serventia Atual (VSA), com escala de 0 a 5, média de notas atribuída por técnicos avaliadores (DNIT, 2011). Contudo, atualmente os parâmetros subjetivos mais adotados resultam do LVC (Levantamento Visual Contínuo) da Superfície de Pavimento Flexível e Semirrígido, cujo procedimento consta na norma DNIT 006/2003 PRO. Neste procedimento as notas subjetivas são posteriormente convertidas em valores, estabelecidos na norma citada, conforme a Tabela 2.3.

Tabela 2.3: Frequência de defeitos do LVC

<b>Panelas (P) e Remendos (R)</b>		
Código	Frequência	Quant./km
A	alta	$\geq 5$
M	média	2 - 5
B	baixa	$\leq 2$
<b>Demais defeitos</b>		
Código	Frequência	% por km
A	alta	$\geq 50$
M	média	50 - 10
B	baixa	$\leq 10$

(Fonte: adaptado do DNIT 008-2003-PRO)

### 2.3.2 Avaliação estrutural

A avaliação da condição do pavimento é considerada o passo mais importante na seleção com base nos parâmetros de efetividade e custo a fim de se escolher as melhores estratégias de manutenção e/ou manutenção. Comumente, fatores não estruturais como estresses na face do pavimento e qualidade de trânsito têm sido utilizados como os principais indicadores para as condições de serviço dos pavimentos. Contudo, uma pesquisa recente descobriu que existe uma baixa correlação estatística entre a condição estrutural do pavimento e a condição funcional deste. E por isso, muitas agências estão trabalhando na implementação de indicadores de capacidade estrutural em seus SGP e no seu processo de tomada de decisão (MOSTAFA & ELBAGATI, 2017)

A capacidade de carga de uma estrutura de pavimento e sua vida de serviço sob determinadas condições de tráfego são possibilitadas por uma análise estrutural. O principal parâmetro para a avaliação estrutural é a obtenção da deflexão do pavimento representada pela resposta das camadas estruturais e do subleito perante a aplicação do carregamento. Quando uma carga é aplicada em um ponto da superfície do pavimento, todas as camadas fletem devido às tensões e às deformações geradas pelo carregamento. Os pavimentos mais saudáveis estruturalmente fletem menos do que outros pavimentos mais debilitados. A diferença na resposta entre os pavimentos saudáveis e debilitados indica os efeitos no desempenho estrutural. Dessa forma, pavimentos com deflexões mais baixas suportam um maior número de solicitações de tráfego (DNER, 1998).

A bacia de deflexão representa a deformação que o pavimento terá ao se passar repetidas cargas por sua superfície, resultando em um deslocamento devido à esse carregamento. Sua ilustração se encontra na Figura 2.3, por meio desta figura, é possível se observar o comportamento das deformações em cada camada e como elas se distribuem ao longo de sua profundidade. Também é importante saber que o parâmetro  $d_0$  indica a deflexão máxima da estrutura; ou seja; ela reflete sua deformabilidade (resiliência) global, logo, quanto maior  $d_0$  mais resiliente (elástica) será a estrutura (DNIT, 2006).

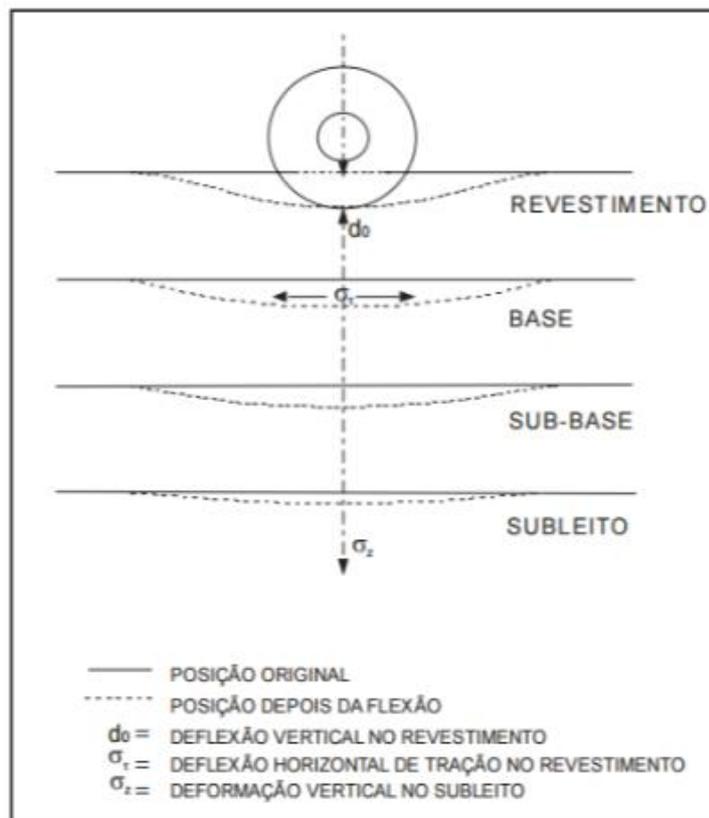


Figura 2.3: Deformações - deflexões no pavimento (Fonte: DNIT,2006)

A condição estrutural do pavimento (capacidade de suporte) é usualmente medida pela viga Benkelman ou pelo *Falling Weight Deflectometer* – *FWD*. A viga Benkelman é um equipamento medidor das deflexões da camada sob a ação da carga do eixo de um caminhão (mais detalhes podem ser verificados na Especificação DNER ME 024/94). Já o *FWD* é um equipamento servido por um sistema que aplica uma carga no pavimento e o impacto causa deformações que são medidas por geofones instalados em distâncias determinadas, esse equipamento possibilita se avaliar a capacidade de suporte de várias camadas da estrutura do pavimento (os procedimentos deste ensaio podem ser encontrados na Especificação DNER PRO 273/96).

Os defeitos a seguir podem demonstrar indicativos de comprometimento estrutural através de valores, como (DNIT, 2006):

- Trincamento por fadiga > 20% da área;
- Afundamento nas trilhas de roda > 1,2 cm.

### 2.3.3 Avaliação de textura

A avaliação da textura do pavimento caracteriza a superfície do pavimento do ponto de vista da segurança do usuário, a qual depende da capacidade de frenagem do veículo associada ao atrito entre a superfície de rolamento e o pneu. É possível se relacionar o atrito entre o pneu e o pavimento com sua macrotextura e microtextura. Para medir a microtextura do pavimento pode-se utilizar o pêndulo britânico ASTM E 303/93 (2003). Outro equipamento é o *MU-Meter*, muito utilizado em pavimentos de aeroportos, onde um reboque é puxado por um veículo com suas rodas em ângulo oblíquo e a medição do atrito é por meio de célula de carga ASTM E 670/94 (2000). Já a macro textura é aferida pelo ensaio de mancha de areia ASTM E 965/96 (1996).

## 2.4. AVALIAÇÃO DE DEFEITOS

Existem alguns documentos referências para a avaliação da condição da superfície de um pavimento e identificação de seus defeitos. Entre eles, os mais conhecidos são:

- *Strategic Highway Research Program SHRP (1993). Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement performance Studies. The Strategic Highway Research Program. National Academy of Science. Washington, D.C.*, com quinze de defeitos, nome, descrição, fotos, níveis de severidade e extensão e como medir.
- *American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO (1986); Apêndice K*; com dezessete tipos de defeitos, nome, descrição, níveis de severidade e como medir.
- *Pavement Condition Index (PCI)*. O *PCI*, conforme apresentado pelo Manual Técnico PCI TM 5-623 (1982) considera dezenove tipos de defeitos para pavimentos asfálticos e apresenta os procedimentos para os identificar e medir. Este método, além de ser um manual de identificação de defeitos da superfície dos pavimentos, ainda apresenta uma metodologia para obtenção de um indicador de condição do pavimento, o Índice de Condição do Pavimento, ICP.

De acordo com o Aps *et al.* (1998), o método PCI é o mais consistente e completo, refletindo melhor a condição de conforto ao tráfego. No Brasil foi realizada uma

adaptação do método PCI, que foi normatizado pela DNIT 006/2003 - PRO e recebeu o nome de Índice de Gravidade Global (IGG).

Existe um desafio em se padronizar o procedimento para a identificação e registro de defeitos presentes na superfície do pavimento, e além disso, um desafio em se definir quais são de fato os parâmetros; em relação a esses defeitos; realmente necessários. E todo esse desafio ainda não apresenta um consenso, logo, pode-se observar que em diferentes manuais as dimensões de o que é considerado trincas por fadiga e seus diferentes níveis de severidade variam (LEE, 1992).

Levando-se em consideração esses desafios em relação a dificuldade no levantamento de dados feitos de forma manual, surgiram algumas pesquisas defendendo a implantação de sistemas de inspeção automática de defeitos no pavimento. Pesquisas como de Chamorro *et al.* (2010) que analisa resultados obtidos da aplicação de adequadas tecnologias automatizadas para a avaliação da condição do pavimento, ou como de Ho *et al.* (2012) que apresenta um método novo para classificar e armazenar em um banco de dados as imagens de defeitos de pavimentos.

## **2.5 TIPOS DE DEFEITOS**

De acordo com o DNIT (2006), os seguintes defeitos devem ser considerados quando há o objetivo de se obter a deflagração de intervenções de restauração:

- Trincamento (principalmente por fadiga);
- Desgaste;
- Buraco (Panela);
- Remendos;
- Deformação permanente (afundamento nas trilhas de roda);
- Irregularidade funcional (associa-se a ondulação ou corrugação e escorregamento);
- Resistência à derrapagem (associa-se a exsudação).

O defeito por trincamento é associado a aberturas que surgem na superfície asfáltica. Em algumas bibliografias são citadas as fissuras quando a abertura é perceptível a olho nu apenas à distância inferior a 1,5m e as trincas quando a abertura é superior à da fissura

(BERNUCCI et al., 2007 e DNIT-005/2003-TER, 2003). As Figuras 2.4 e 2.5 ilustram defeitos do tipo trinca, vale ressaltar que o objeto circular, nessas figuras, possui diâmetro de 15 cm.



Figura 2.4: Trincas por fadiga (Fonte: DNIT 005/2003 - TER 2003)



Figura 2.5: Trincas por Fadiga (Fonte: DER/SP)

O desgaste pode ser causado pelo deslocamento de partículas de agregados e perda de adesividade do ligante asfáltico. Esse pode evoluir de perda de finos para perda de algum agregado graúdo, assim, evoluindo para perdas mais significativas de agregado. Isso ocorre devido ao envelhecimento, endurecimento, oxidação, volatilização e intemperização. Quanto mais adequada é feita a mistura asfáltica (dosagem ou temperatura de execução) e, posteriormente, a aplicação da mesma (boas condições meteorológicas no momento da aplicação, correta compactação, tempo adequado para liberação ao tráfego), melhor a adesividade entre agregados e ligante asfáltico, o que diminui a probabilidade da ocorrência do desgaste precoce. A Figura 2.6, ilustra o aparecimento do Desgaste.



Figura 2.6: Desgaste (Fonte: DNIT 005/2003 - TER 2003)

Os remendos e os buracos são agrupados como defeitos semelhantes (FHWA, 1993). O remendo é um tipo de defeito, apesar de estar relacionado a uma conservação da superfície, que se caracteriza pelo preenchimento de panelas ou de qualquer outro orifício ou depressão com massa asfáltica. Já a panela ou buraco é uma cavidade que surge no revestimento asfáltico e que pode ou não atingir camadas subjacentes (BERNUCCI *et al.*, 2007). Figuras 2.7 e 2.8 é possível se observar esse defeito e uma correção com remendo.



Figura 2.7: Buraco ou panela (Fonte: DNIT 005/2003 - TER 2003)



Figura 2.8 : Remendo executado (Fonte: Bernucci *et al.*, 2007)

A deformação permanente é um tipo de distorção que se manifesta sob a forma de depressões longitudinais, sendo decorrente da densificação dos materiais ou de ruptura por cisalhamento (ODA, 2014), logo, é uma depressão longitudinal das trilhas de roda.

A Deformação Permanente surge no caminho das rodas, ou trilha de rodas. É um afundamento longitudinal que acompanha o trajeto percorrido pelas rodas dos veículos. Usualmente ocorre devido à densificação dos materiais ou à ruptura por cisalhamento. Pode ser um resultado de: dimensionamento inadequado das espessuras das várias camadas, dosagem inadequada da mistura asfáltica, compactação inadequada e posterior consolidação pela ação do tráfego, falha na drenagem. No caso da ruptura por cisalhamento, o afundamento nas trilhas de roda é acompanhado por elevação nas laterais, paralelamente ao tráfego (FHWA ,1993 e FERNANDES, 2006). A Figura 2.9 ilustra a deformação permanente nas trilhas de roda.



Figura 2.9: Deformação permanente nas trilhas de roda (Fonte: DNIT 005/2003 - TER 2003)

Irregularidade funcional, ilustrada na Figura 2.10, apresenta-se como um deslocamento longitudinal do pavimento, ocasionando ondulações transversais na sua superfície. Normalmente esse deslocamento é causado por frenagem ou aceleração dos veículos, e

acontece em razão de dosagem inadequada da mistura asfáltica, fraca ligação entre base e revestimento, e estrutura insuficiente. Geralmente é localizado em curvas, intersecções, aclives ou declives (FHWA ,1993 e FERNANDES, 2006).



Figura 2.10: Corrugação em dispositivo de acesso à rodovia (Fonte: Arquivo DER/SP)

A Exsudação ocorre quando existe excesso de material betuminoso na superfície do pavimento, em geral na trilha de roda. Pode-se apresentar como um asfalto com alteração de sua coloração normal ou perda de sua textura comum. Muitas vezes o agregado mostra esse excesso de material betuminoso com sua coloração mais escura, a superfície do pavimento é mais brilhante e, ocasionalmente, pegajosa. Podem aparecer marcas de pneus com temperaturas mais altas e pode propiciar a redução do atrito pneu- pavimento. Esse defeito normalmente resulta de mistura asfáltica inadequada, baixo índice de vazios (FHWA ,1993 e FERNANDES, 2006), ilustrado na Figura 2.11.



Figura 2.11: Ocorrências de exsudação (Fonte: DNIT 005/2003 - TER 2003 e Bernucci *et al.*, 2007)

De forma geral, tem-se na Figura 2.12 a ilustração desses defeitos explicitados acima.

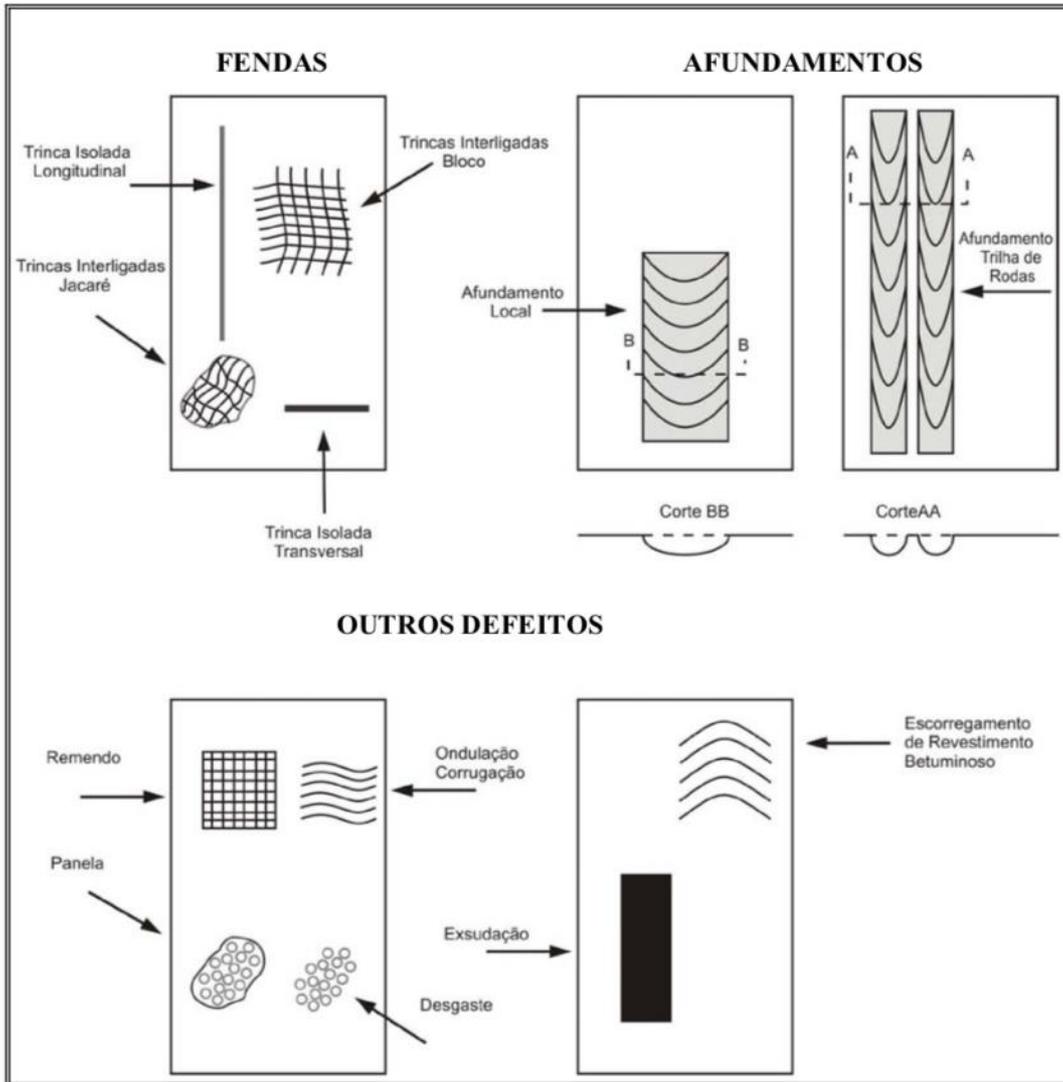


Figura 2.12: Defeitos de superfície em pavimentos asfálticos (Fonte: DNIT 005/2003 - TER 2003)

## **2.6. DESEMPENHO**

De acordo com Haas *et al.* (1994) os modelos de desempenho podem ser classificados em quatro categorias:

- Puramente mecânico: tendo a base em respostas estruturais, tais como tensão, deformação ou deflexão do pavimento;
- Empírico–mecânico: relacionam respostas estruturais com a deterioração funcional ou estrutural através de equações de regressão;
- Empírico ou de regressão: nesse caso, as variáveis dependentes, funcionais e estruturais, são relacionadas a uma ou mais variáveis independentes, como a capacidade de suporte do subleito, aplicações de carga por eixo, características e espessuras das camadas do pavimento, fatores ambientais e suas interações;
- Subjetivo: com base nas experiências de profissionais é formalizada através de processos de transição, possibilitando a obtenção de modelos de desempenho sem a necessidade de séries históricas.

## **2.7. MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO (ESTRATÉGIAS TÉCNICO FINANCEIRAS DE INTERVENÇÃO NO PAVIMENTO)**

A conservação dos pavimentos pode ser definida como sendo um conjunto de serviços destinados à preservação do pavimento nas condições em que ele foi originalmente construído ou no estado em que foi posteriormente restaurado. Dessa forma, a conservação apenas contribui para que a rodovia continue a desempenhar de maneira satisfatória o seu papel durante sua vida útil. As atividades de Manutenção e Reabilitação (M&R) são tipos de intervenção e devem ser executadas com certa periodicidade, sendo a segunda já definida no planejamento do projeto. Essas atividades são desenvolvidas a fim de solucionar os problemas identificados no pavimento em questão, seja por conta das cargas de tráfego ou por intempéries ambientais. A Figura 2.13 mostra um desenho esquemático desse processo (DNIT, 2006).



Figura 2.13: Fatores que influenciam no desempenho do pavimento (Fonte adaptada: DNIT 2011)

Ainda de acordo com o DNIT (2006), é possível se observar que essas atividades possuem três finalidades principais:

- Prolongar a vida útil das rodovias;
- Reduzir o custo de operação dos veículos;
- Contribuir para que as rodovias se mantenham permanentemente abertas ao tráfego, além de permitir uma maior regularidade, pontualidade e segurança aos serviços de transporte.

As atividades de manutenção têm como objetivo preservar ou manter o período de projeto do pavimento, aumentando um pouco o nível de serventia e evitando a deterioração precoce. Já as atividades de reabilitação tem como alvo prolongar a vida em serviço do pavimento, aumentando o nível de serventia para próximo ao valor máximo e criando condições para um novo ciclo de deterioração, por ser um investimento consideravelmente maior, essa solução acaba sendo mais onerosa, contudo, acaba

trazendo um resultado de maior qualidade (ODA, 2014). A Figura 2.14 exemplifica o que foi explanado neste parágrafo.

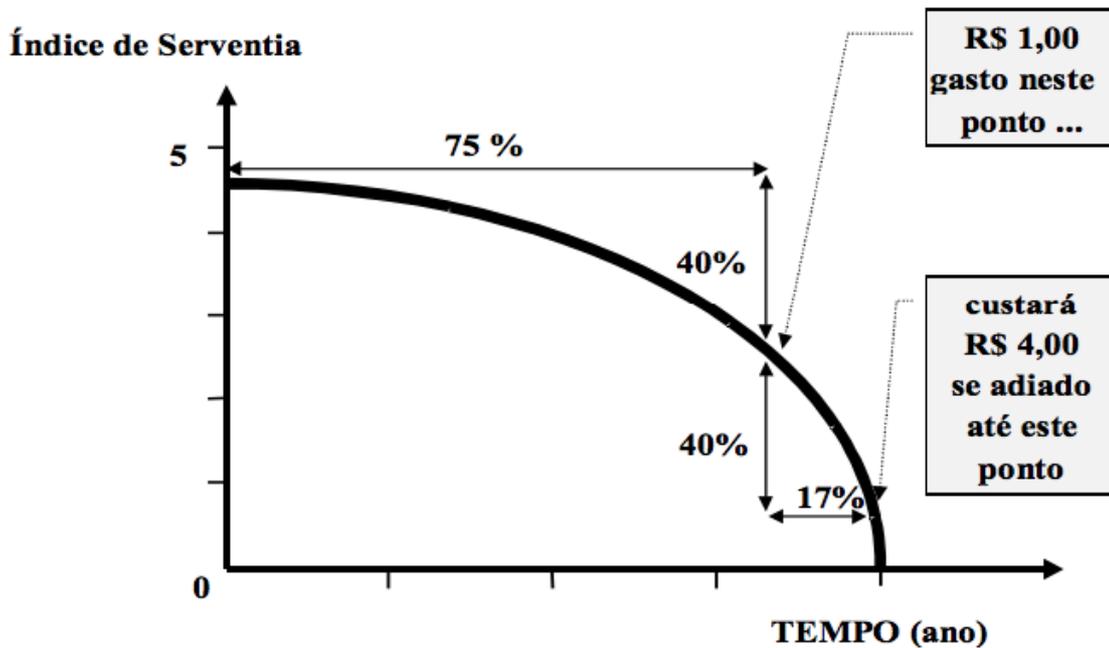


Figura 2.14: inter-relação entre o desempenho dos pavimentos, estratégia de manutenção e reabilitação, data de intervenção e custos (Fonte: FERNANDES Jr., 2006)

O guia de gerência de pavimentos da AASHTO (1990) especifica o seguinte procedimento para apoio a decisão na escolha de alternativas em um SGP em nível de rede:

- Avaliação da Condição Geral da Rede: Os pavimentos devem ser avaliados em conceitos qualitativos (muito bom, bom, médio, ruim e péssimo), isso associado a índices quantitativos (pontuação);
- Estabelecimento de Estratégias de Manutenção, Reabilitação e Reconstrução (MR&R);
- Custos Requeridos: O SGP fornecerá uma estimativa dos custos requeridos para preservar a rede pavimentada nos níveis de desempenho desejáveis;
- Determinação de Prioridades: Sendo 5 os métodos mais utilizados, Método da Matriz; Método do Índice de Condição; Razão Benefício/Custo; Custo Efetivo e Maximização dos Benefícios.

Ainda de acordo com o guia AASHTO (1990), existem 4 métodos de avaliação para estabelecimento de estratégias de MR&R:

- Método da Matriz, que correlaciona um defeito específico com uma estratégia apropriada de MR&R. A associação entre o problema e a estratégia deve ser fundamentada na experiência acumulada;
- Árvore de Decisão, onde variáveis importantes tais como tipos específicos de degradação, tráfego e classes funcionais de rodovias, podem ser consideradas na seleção de estratégias MR&R;
- Método do Custo do Ciclo-de-Vida, que seleciona estratégias de MR&R baseado nos custos do ciclo-de-vida de uma combinação de estratégia requeridas num período de análise (construção, manutenção, restauração);
- Método de Otimização, que relaciona a maximização dos benefícios aos usuários, a maximização do padrão de desempenho da rede e a minimização dos custos presentes totais.

A partir de um programa de priorização é possível se analisar as várias alternativas de intervenção, inclusive a estratégia base (realizar intervenção na rodovia quando o pavimento estiver na sua condição limite). O que se deseja é comparar o custo benefício de cada estratégia concorrente, tendo como objetivo se manter a malha rodoviária em um nível de condição desejável ao longo do tempo em um panorama técnico e econômico mais favorável (Hajek *et al.*, 2004).

De acordo com Misra *et al.* (2003), alguns fatores devem ser levados em consideração no processo de priorização de intervenções:

- O Índice de Condição do Pavimento (*Pavement Condition Index – PCI*);
- O Volume Médio Diário (VDM), onde uma quantidade mais elevada de tráfego deve ter uma prioridade relativa mais elevada, embora dois pavimentos possam ter o mesmo PCI;
- A Classificação Funcional da Rodovia, em que a avaliação da prioridade deve favorecer uma rodovia que pertença a uma classe funcional mais importante;
- A Localização da Rodovia, favorecendo-se trechos de rodovias próximos às áreas urbanas;
- O Histórico de Intervenções (custo/km), favorecendo as rodovias com maior custo de manutenção para a agência;

- A Qualidade de Rolamento do Pavimento (*Pavement Riding Quality – PQR*), ressaltando-se que o PQR é correspondente ao Valor de Serventia Atual, VSA, utilizado no Brasil.

Vale ressaltar que no Brasil, vias urbanas podem apresentar uma classificação quanto a sua funcionalidade, onde se considerada a importância relativa de um agrupamento de vias para a cidade em geral, seus tipos de usuários e o uso do solo. E, de acordo com essa classificação, governos municipais determinam a prioridade das manutenções (LIMA, 2007).

## **2.8. AVALIAÇÃO ECONÔMICA**

A melhor alternativa de conservação é a implantação de um SGP, ou seja, ter um inventário da infraestrutura, avaliar a condição existente e se obter uma previsão futura de condição, determinar os recursos necessários para manter a rede em um nível aceitável, identificar os trabalhos necessários, priorizar projetos e otimizar os gastos com as atividades de manutenção e reabilitação (SHAHIN,1994).

É possível dizer que a avaliação econômica consiste no conjunto de procedimentos a serem executados com o objetivo de determinar; possuindo conhecimentos de matemática financeira e do comportamento real ou previsível de determinadas variáveis; quais serão, dentre uma série de alternativas disponibilizadas, as mais interessantes economicamente. Também vale se ressaltar que é sempre necessário definir o ponto de vista sob o qual a análise deve ser feita, pois o que representa ônus para uma pessoa pode significar bônus para outra, e vice-versa (DNIT, 2006).

A alocação dos investimentos na administração rodoviária depende da busca por modelos e políticas economicamente acessíveis além da previsão de condição do pavimento ao longo do tempo (PATERSON, 1987).

A Figura 2.15 mostra que as intervenções no pavimento aumentam sua vida útil, e que, sem uma manutenção adequada, a serventia diminui cada vez mais rápido e o custo atrelado a uma intervenção é cada vez maior.

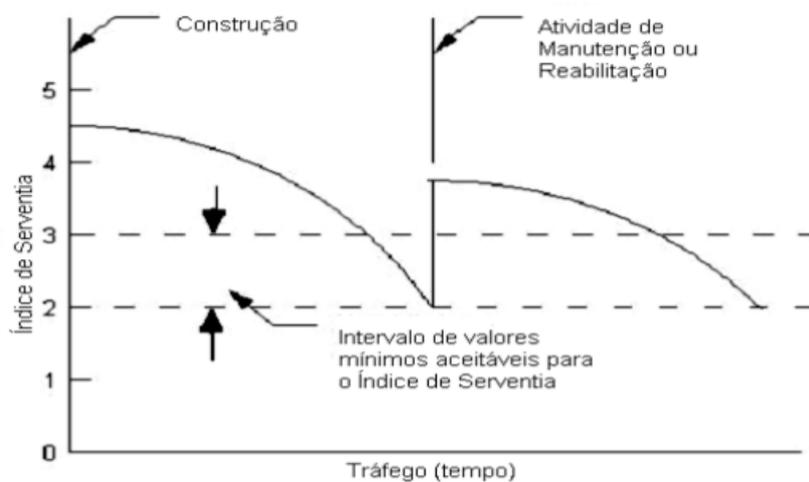


Figura 2.15: Índice de serventia ao longo do tempo ou com tráfego acumulado (Fonte: Haas *et al.*, 1994)

Um dos princípios fundamentais na matemática financeira diz respeito à necessidade de se levar em consideração o fato de que o dinheiro muda de valor com o decorrer do tempo. Esse fato deve ser lembrado sempre que seja preciso comparar dois ou mais projetos alternativos de investimento, haja vista que cada projeto representa simplesmente um conjunto de desembolsos e recebimentos com uma determinada distribuição temporal. E, isso possibilita que a comparação entre diversos projetos de investimento só seja viável se esses desembolsos e recebimentos forem trasladados a um instante comum no tempo (DNIT, 2006).

De acordo com o DNIT (2006), grande parte dos princípios de Engenharia Econômica e dos Métodos de Avaliação Econômica são aplicáveis nos projetos de restauração e podem ser listados da seguinte forma:

1. o nível de gerência deve ser claramente identificado para a avaliação a ser executada, para planejamento a nível de rede ou para definir uma solução de projeto, que requer uma maior quantidade de detalhes;
2. a avaliação econômica fornece apenas informações para a tomada de decisão. Outros critérios devem ser elaborados antes da consideração dos resultados da avaliação econômica;
3. todas as alternativas que satisfazem as restrições temporais e orçamentárias devem ser consideradas;

4. para um mesmo período de análise, as alternativas devem ser comparadas entre si, de forma que os fatores considerados possam ser definidos com razoável confiabilidade;
5. a avaliação econômica deve incluir: custos para o órgão rodoviário e custos para o usuário.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 ETAPAS**

Com a implantação e uso sistematizado do SGP pelas administrações, seria possível obter a economia de recursos e a manutenção das condições do pavimento, deixando-o em faixa de qualidade positiva de uso. Para isso, é necessário viabilizar a conscientização dos administradores em relação às potencialidades de um SGP, e a qualificação da mão de obra para operação desses SGPs. Além disso, para que seja possível sucesso no uso de um SGP, é necessário trabalhar com um bom planejamento financeiro para realizar as atividades de manutenção e reabilitação dessas previstas.

O primeiro passo no uso apropriado de um SGP é a coleta de dados. E os dados avaliados nesta monografia foram os obtidos de outros estudantes revisados por pesquisadores do grupo de pesquisa de Gerência de Pavimentos da UnB no âmbito do projeto aprovado no CNPq. O trecho da via que constitui o objeto de pesquisa está localizado na área urbana do Valparaíso de Goiás.

Os dados foram obtidos com bases em avaliações de campo por meio de dois métodos de reconhecimento de defeitos: caminhamento e vídeo registro. O método de caminhamento prevê a avaliação do trecho de forma visual com preenchimento de uma planilha com os defeitos observados durante uma caminhada na via em análise. Já o método de vídeo registro, consiste em realizar uma filmagem do trecho a ser avaliado, com posterior preenchimento de uma planilha com os defeitos observados no filme gravado.

Com esses dados disponíveis, é possível fazer a avaliação econômica de quais seriam as soluções mais indicadas para a M&R da via. Para essa análise, foram usadas composições de custo com base na tabela de preços unitários do DER/SP (Tabelas 3.1 e 3.2).

#### **3.2 TABELAS AUXILIARES NA ANÁLISE ECONÔMICA**

O custo unitário para cada M&R considerado é referente a Tabela de Preços Unitários do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, data base de dezembro

de 2016 (TPU – DER/SP Dez 2016). É importante se ressaltar que a análise para justificar a escolha da M&R deve ser com base na vida útil do pavimento e não apenas no custo inicial. E isso pode ser verificado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Resumo dos custos unitários e área de cada M&R em função de cada defeito.

<b>TRINCAS POR FADIGA</b>									
<b>SEVERIDADE</b>									
<b>EXTENSÃO</b>	<b>BAIXA (B)</b>			<b>MÉDIA (M)</b>			<b>ALTA (A)</b>		
	B	M	A	B	M	A	B	M	A
<b>M&amp;R</b>	NF	MP	RF	MC	MP	RF	MC	RF	RC
<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	0	800	800	50	800	800	50	800	800
<b>R\$/m<sup>2</sup></b>	0	7,01	75,92	113,5	7,01	75,92	113,5	75,92	128,4
<b>PANELAS</b>									
<b>SEVERIDADE</b>									
<b>EXTENSÃO</b>	<b>BAIXA (B)</b>			<b>MÉDIA (M)</b>			<b>ALTA (A)</b>		
	B	M	A	B	M	A	B	M	A
<b>M&amp;R</b>	MC	MC	RF	MC	RF	RC	MC	RF	RC
<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	10	60	800	10	800	800	10	800	800
<b>R\$/m<sup>2</sup></b>	113,5	113,5	75,91	113,5	75,92	128,4	113,5	75,92	128,4
<b>REMENDOS</b>									
<b>SEVERIDADE</b>									
<b>EXTENSÃO</b>	<b>BAIXA (B)</b>			<b>MÉDIA (M)</b>			<b>ALTA (A)</b>		
	B	M	A	B	M	A	B	M	A
<b>M&amp;R</b>	NF	NF	MP	NF	MP	MP	MC	RF	RF
<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	0	0	800	0	800	800	50	800	800
<b>R\$/m<sup>2</sup></b>	0	0	7,01	0	7,01	7,01	113,5	75,92	75,92
<b>DESGASTE</b>									
<b>SEVERIDADE</b>									
<b>EXTENSÃO</b>	<b>BAIXA (B)</b>			<b>MÉDIA (M)</b>			<b>ALTA (A)</b>		
	B	M	A	B	M	A	B	M	A
<b>M&amp;R</b>	NF	NF	MP	NF	NF	MP	MC	MP	MP
<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	0	0	800	0	0	800	50	800	800
<b>R\$/m<sup>2</sup></b>	0	0	7,01	0	0	7,01	113,5	7,01	7,01
<b>DEFORMAÇÃO PERMANENTE</b>									
<b>SEVERIDADE</b>									
<b>EXTENSÃO</b>	<b>BAIXA (B)</b>			<b>MÉDIA (M)</b>			<b>ALTA (A)</b>		
	B	M	A	B	M	A	B	M	A
<b>M&amp;R</b>	NF	NF	MP	MC	MP	RF	MC	RF	RC
<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	0	0	800	50	800	800	50	800	800
<b>R\$/m<sup>2</sup></b>	0	0	7,01	113,5	7,01	75,92	113,5	75,92	128,4

(Fonte: Zanchetta, 2017)

É importante, também, chamar atenção para o fato de que na análise econômica não deve existir sobreposição de custos de M&R no mesmo segmento de pista. Por exemplo, em

um segmento que sejam identificadas panelas com severidade média e extensão baixa, a M&R indicada, é a Manutenção Corretiva, porém, se no mesmo segmento forem identificadas deformação permanente com extensão alta e severidade alta, a M&R indicada é a Reconstrução. Nesse caso, deve-se apenas considerar os custos da M&R da Reconstrução, sem somar os custos manutenção corretiva, pois as panelas serão reparadas pela Reconstrução.

Na Tabela 3.2, tem-se a composição dos serviços de cada atividade de M&R e os preços unitários de cada item. Os preços unitários têm como base a Tabela de Preços Unitários do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (TPU/DER – SP) com data base de julho de 2019. A camada de base do pavimento poderá ser escolhida de acordo com o subleito e demais características locais. Para a composição do M&R Reconstrução (RC) foi utilizada como camada de base a Brita Graduada Simples – BGS.

Tabela 3.2: Composição dos serviços com base no TPU DER-SP JUL 2019

DER/SP	SERVIÇOS - TPU DER/SP JUNHO 2019	UNID	QUANT	PREÇOS (R\$)	
				para 1 m <sup>2</sup>	P.U. P.T.
<b>NADA A FAZER (NF)</b>			não se aplica		
<b>MANUTENÇÃO PREVENTIVA (MP)</b>					
23.06.05.99	tratamento superficial com lama asfáltica	m <sup>2</sup>	1	10,72	<b>10,72</b>
<b>MICRORREVESTIMENTO A FRIO (MRF)</b>					
23.06.04.99	MRF com polímero e fibra	m <sup>2</sup>	1	27,42	<b>27,42</b>
<b>MANUTENÇÃO CORRETIVA (MC)</b>					
23.10.01.99	fresagem de capa (e=7cm)	m <sup>3</sup>	0,07	189,05	13,2335
37.02.25.99	transporte mat. 1a/2a categ. até 15 km**	m <sup>3</sup> xkm	1,26	1,87	2,3562
23.05.02.99	pintura de ligação	m <sup>2</sup>	1	3,95	3,95
37.03.15.99	camad rolam. panos s/dop e=7cm CBUQ	m <sup>3</sup>	0,07	1378,99	96,5293
	(serviço descontínuo)				<b>116,069</b>
37.03.01.99	remendo pré mist. quente e=7cm	m <sup>3</sup>	0,07	2176	<b>152,32</b>
	(serviço descontínuo)				
<b>REFORÇO ESTRUTURAL (RF)</b>					
23.10.01.99	resagem da capa (e=7cm)	m <sup>3</sup>	0,07	189,05	13,2335
37.02.25.99	transporte mat. 1a/2a categ. até 15 km**	m <sup>3</sup> xkm	1,26	1,87	2,3562
23.05.02.99	pintura de ligação	m <sup>2</sup>	1	3,95	3,95
23.08.03.03.99	camada rolamento (fx C com dop)	m <sup>3</sup>	0,07	1304,93	91,3451
					<b>110,8848</b>
<b>RECONSTRUÇÃO (RC)</b>					
23.10.01.99	fresagem da capa (7cm)	m <sup>3</sup>	0,07	189,5	13,265
37.02.25.99	transporte mat. 1a/2a categ. até 15 km**	m <sup>3</sup> xkm	1,26	1,87	2,3562
21.05.07	Demolição de pavimento flexível com transporte	m <sup>3</sup>	0,2	38,91	7,782
23.04.03.01.99	BGS	m <sup>3</sup>	0,2	199,57	39,914
23.05.01.99	pintura impermeabilização	m <sup>2</sup>	1	10,97	10,97
23.05.02.99	pintura de ligação	m <sup>2</sup>	1	3,95	3,95
23.08.03.03.99	camada rolamento (fx C com dop) 7cm	m <sup>3</sup>	0,07	1304,93	91,3451
<b>** empeotamento do fresado = 20%</b>					<b>169,5823</b>

(Fonte: autor)



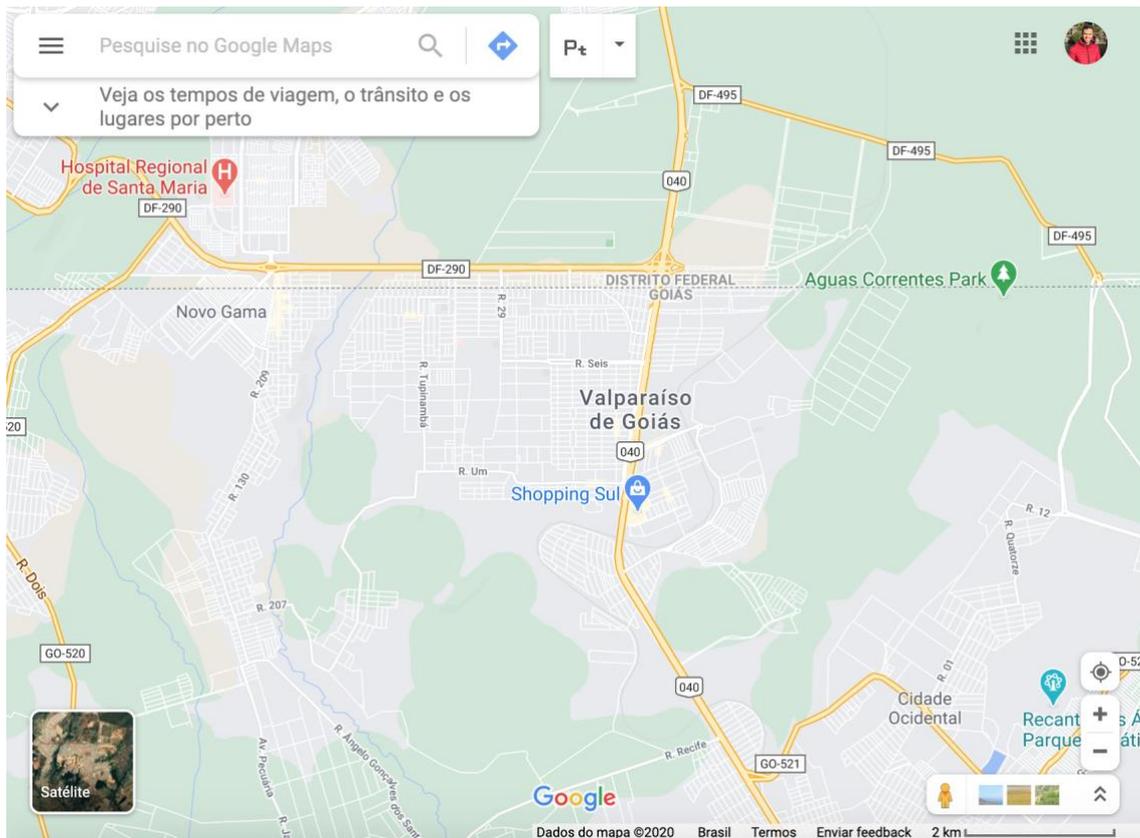


Figura 3.2 Localização do Valparaíso - 2 (Fonte: Google Maps, 2019)

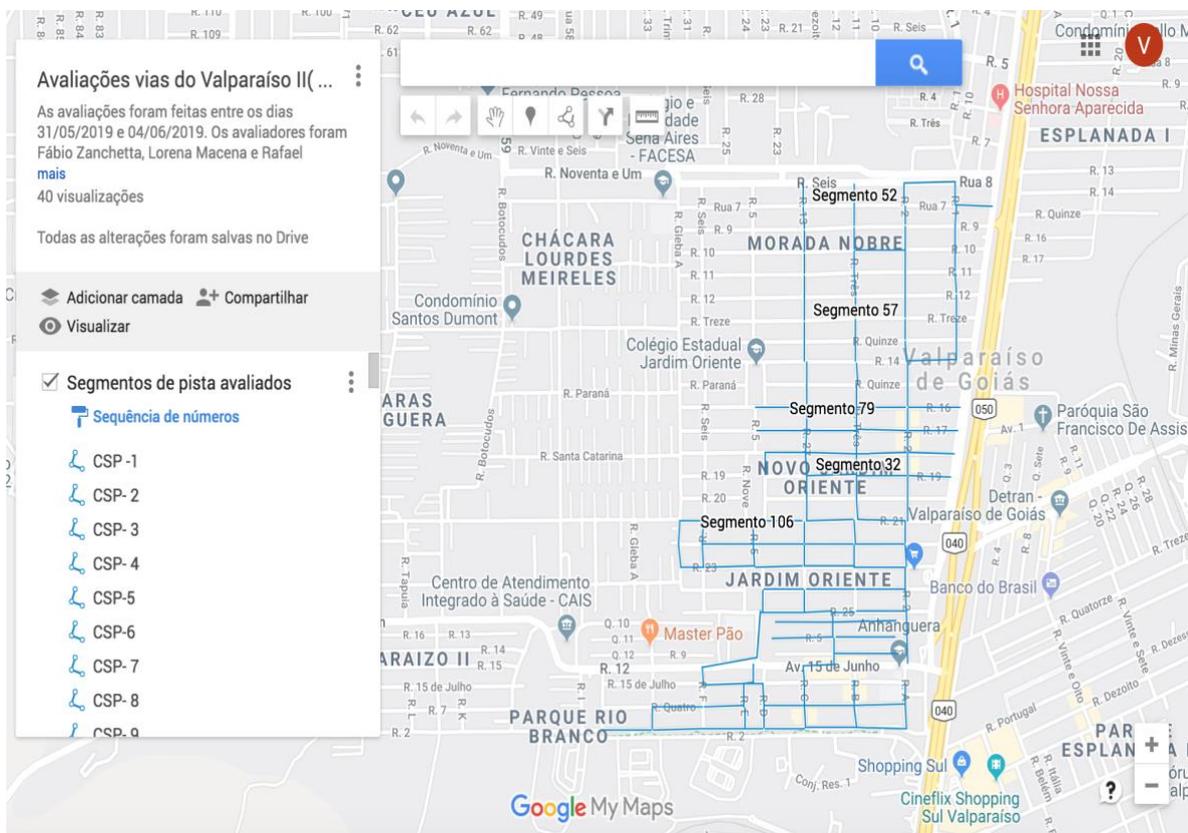


Figura 3.3: Todos os 150 segmentos analisados pelo grupo de pesquisa (Fonte: Google Maps, 2019)

### 3.4 COLETA DE DADOS

Os dados coletados foram obtidos das seguintes formas: método do caminharmento e método de vídeo registro. Ambos têm o procedimento parecido, onde os segmentos de pistas são analisados de forma visual a fim de se identificar qual tipo de defeito presente, sua severidade e extensão.

Para a utilização do método de avaliação por caminharmento foi realizado previamente um treinamento com os alunos pelo professor a fim de se estabelecer uma noção básica a respeito dos critérios de avaliação. Esse método consiste em se avaliar superficialmente os defeitos do pavimento de cada seção delimitada (considerando patologias relatadas pelo manual DNIT-005-TER (2003)). Essa avaliação se dá pelo preenchimento da ficha de avaliação ilustrada na Figura 3.4.

E essa ficha de avaliação é composta basicamente por:

1. Identificação da seção;
2. Avaliador;
3. Data de avaliação em campo;
4. Espaço para observações relevantes;
5. De acordo com os defeitos descritos (15 tipos de defeitos) existe um espaço para se preencher qual a severidade dele encontrado em campo (baixo, médio ou alto)
6. Uma coluna para pontos descontados dos respectivos defeitos;
7. ICP Objetivo e ICP subjetivo;
8. Espaço para se indicar qual M&R sugerida pelo avaliador em relação ao trecho em questão, e dentre as opções tem-se: nada a fazer (NF), manutenção corretiva (MC), manutenção preventiva (MP), reforço estrutural (RF), reconstrução (RC).

Já o levantamento realizado pelo vídeo registro consiste em gravar vídeos com um veículo de teste trafegando nos trechos selecionados com velocidades médias de 20 km/h, 30km/h e 40km/h (utilizando como material uma câmera GoPro presa a frente do carro por um suporte fixo), armazenar esses vídeos no computador e por meio de observação visual destes vídeos preencher o formulário ilustrado na Figura 3.4.

AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DA SEÇÃO					
Segmento de Pista:		Data Avaliação:		Pontos Dedutíveis	
				BOA 1 a 3 Pontos	
				REGULAR 4 a 6 Pontos	
				RUIIM 7 a 10 Pontos	
TIPO DE DEFEITO	SEVERIDADE			Pontos Dedutíveis 0 - 10	
	Baixa	Média	Alta		
1. Trincas por Fadiga (m <sup>2</sup> )					
2. Trincas em Blocos (m <sup>2</sup> )					
3. Defeitos nos Bordos (m)					
4. Trincas Longitudinais (m)					
5. Trincas por Reflexão (m <sup>2</sup> )					
6. Trincas Transversais (m)					
7. Remendos (m <sup>2</sup> )					
8. Painelas (m <sup>2</sup> )					
9. Deformação permanente (m <sup>2</sup> )					
10. Corrugação (m <sup>2</sup> )					
11. Exsudação (m <sup>2</sup> )					
12. Agregados Polidos (m <sup>2</sup> )					
13. Desgaste (%)					
14. Desnível Pista Acostamento (m)					
15. Bombeamento (m <sup>2</sup> )					
<input type="checkbox"/> Muito Ruim 0 a 30	<input type="checkbox"/> Ruim 30 a 50	<input type="checkbox"/> Regular 50 a 70	<input type="checkbox"/> Bom 70 a 90	<input type="checkbox"/> Muito Bom 90 a 100	ICP Subjetivo:
Aceitável: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		M & R Prevista: <input type="checkbox"/> NF <input type="checkbox"/> MC <input type="checkbox"/> MP <input type="checkbox"/> RF <input type="checkbox"/> RC			
Observações:					
Avaliação Compl.: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		Responsável:			

Figura 3.4: Ficha de avaliação da condição da seção (Fonte: Zanchetta, 2017)

## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISE DE DADOS

Para a análise de dados será necessário se preencher uma tabela no Excel com os seguintes dados:

- SP: Segmentos de pistas enumerados de 1 a 78 de acordo com a compatibilização anterior
- Comprimento: representa o comprimento do segmento de pista avaliado. Vale ressaltar que cada comprimento foi retirado do *Google Maps* de acordo com a identificação de cada segmento.
- Largura: representa a largura de cada segmento de pista analisado (como esse dado não foi medido em campo, adotou-se para efeitos de cálculo o valor médio de 7 metros)
- Área: essa coluna da tabela representa justamente a multiplicação entre o comprimento e a largura.
- M&R: essa coluna apresenta as atividades de manutenção e reabilitação sugeridas para cada tipo de defeito encontrado.
- Área da M&R aplicada: representa a porcentagem da área do segmento de pista que o trabalho de M&R efetivamente será aplicado. A Tabela 4.2 abaixo ilustra esses valores em porcentagem de área.
- P.U. (R\$): representa o preço unitário, para 1 metro quadrado, para cada serviço de M&R indicado. Esses valores foram obtidos da Tabela 3.2 com preços atualizados. Vale ressaltar que o valor da atividade de MP será o do MRF (microrrevestimento a frio) com polímero e fibra e não a MP que aplica a lama asfáltica simplesmente.
- P.T. (R\$): representa o preço total do serviço considerando a área do segmento de pista multiplicado pela área da M&R aplicada multiplicada pelo P.U.

Dessa forma, o modelo de tabela a ser preenchido está exemplificado de forma geral na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Dados a serem preenchidos pelos métodos de caminhamento e vídeo registro

SP	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	M&R	Área da M&R aplicada (m <sup>2</sup> )	P.U.(R\$)	P.T. (R\$)
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.

(Fonte: autor)

Tabela 4.2: Porcentagem da área do segmento de pista que o trabalho de M&R efetivamente será aplicado

M&R	área aplicada
NF	0%
MC	15% da área total
MP	100%
RF	100%
RC	100%

(Fonte: autor)

O objetivo é se fazer uma análise econômica do impacto do método de obtenção de dados, seja por caminhamento ou por vídeo registro para o orçamento final. Logo, será necessário o preenchimento da tabela 3.3 duas vezes, uma vez com os dados obtidos por caminhamento e a outra vez com os dados obtidos por vídeo registro. Com essa dupla avaliação, espera-se que exista uma diferença no que diz respeito a M&R sugerida para cada defeito, e dessa forma, haverá também um impacto no orçamento.

Com todos esses dados obtidos, espera-se que seja possível julgar se a diferença no orçamento final proveniente de cada método de avaliação é de fato relevante, exigindo assim, uma maior atenção do responsável técnico na hora de se escolher um desses métodos.

## 4.2 DADOS DOS SEGMENTOS

O objetivo deste trabalho é analisar a diferença do orçamento de possíveis M&R de acordo com o método de obtenção de dados, seja por caminhamento ou por vídeo registro, e somente 78 segmentos dos 150 totais apresentam informações suficiente para a análise

em questão, logo, toda a análise desse projeto será realizada com esses 78 segmentos. Na Figura 4.1 é possível se verificar quais são os trechos dessa intersecção que representam os 78 segmentos que representam 7840 m no total.



Figura 4.1: Rotas dos percursos para obtenção das avaliações de 78 segmentos (fonte: Pedroza, 2019)

Como a atividade de coleta de dados não foi feita de maneira coordenada desde o início, a compatibilização dos dados obtidos pelos diferentes integrantes do grupo de pesquisa foi dificultada. Com o uso de alguma tecnologia SIG esse tipo de trabalho teria sido facilitado e diminuído a margem de erro na identificação dos trechos avaliados.

Tem-se na Tabela 4.3 os segmentos de pista identificados pela rua e esquina que foram utilizados para fazer a compatibilização e a identificação no mapa ilustrado pela Figura 4.1.

Tabela 4.3: Segmentos percorridos pelo avaliador

Segmento	Identificação	Segmento	Identificação	Segmento	Identificação
1	Rua 2 c/ esq. rua25	27	Rua 1 c/ esq. Rua 11	53	Rua 13 c/ esq. Rua 13
2	Rua 2 c/ esq. rua24	28	Rua 1 c/ esq. Rua 12	54	Rua 13 c/ esq. Rua 14
3	Rua 2 c/ esq. rua23	29	Rua 1 c/ esq. Rua 13	55	Rua 27 c/ esq. Rua 15
4	Rua 2 c/ esq. rua22	30	Rua 14 c/ esq. Rua 1	56	Rua 27 c/ esq. Rua 16
5	Rua 2 c/ esq. rua21	31		57	Rua 27 c/ esq. Rua 17
6	Rua 2 c/ esq. rua20	32		58	Rua 27 c/ esq. Rua 18
7	Rua 2 c/ esq. rua19	33	Rua 3 c/ esq. Rua 21	59	Rua 27 c/ esq. Rua 19
8	Rua 2 c/ esq. rua18	34	Rua 3 c/ esq. Rua 20	60	Rua 27 c/ esq. Rua 20
9	Rua 2 c/ esq. rua17	35	Rua 3 c/ esq. Rua 19	61	Rua 21 c/ esq. Rua 27
10	Rua 2 c/ esq. rua16	36	Rua 3 c/ esq. Rua 17	62	Rua 19 c/ a comercial
11	Rua 2 c/ esq. rua15	37	Rua 3 c/ esq. Rua 16	63	Rua 19 c/ R. 3
12	Rua 2 c/ esq. rua14	38	Rua 3 c/ esq. Rua 15	64	Rua 19 c/ R.27
13	Rua 2 c/ esq. rua13	39	Rua 3 c/ esq. Rua 13	65	Rua 10
14	Rua 2 c/ esq. rua12	40	Rua 3 c/ esq. Rua 12	66	Rua 18 c/ Rua 10
15	Rua 2 c/ esq. rua11	41	Rua 3 c/ esq. Rua 18	67	Rua 18 c/ Rua 27
16	Rua 2 c/ esq. rua10	42	Rua 3 c/ esq. Rua 11	68	Rua 18 c/ rua 3
17	Rua 2 c/ esq. rua9	43	Rua 3 c/ esq. Rua 10	69	Rua 18 c/ rua 2
18	Rua 2 c/ esq. rua8	44	Rua 3 c/ esq. Rua 9	70	Rua 17 c/ comercial
19	Rua 2 c/ esq. rua7	45	Rua 3 c/ esq. Rua 8	71	Rua 17 c/ rua 2
20	Rua 2 c/ esq. rua6	46	Rua 7 c/ esq. Rua 3	72	Rua 17 c/ rua 3
21	Rua 6 c/ esq. rua2	47	Rua 13 c/ esq. Rua 7	73	Rua 17 c/ rua 27
22	Rua 1 c/ esq. Rua6	48	Rua 13 c/ esq. Rua 8	74	Rua 5
23	Rua 1 c/ esq. Rua7	49	Rua 13 c/ esq. Rua 9	75	Rua 16 c/ rua 5
24	Rua 1 c/ esq. Rua8	50	Rua 13 c/ esq. Rua 10	76	Rua 16 c/ rua 27
25	Rua 1 c/ esq. Rua9	51	Rua 13 c/ esq. Rua 11	77	Rua 16 c/ rua 3
26	Rua 1 c/ esq. Rua10	52	Rua 13 c/ esq. Rua 12	78	Rua 16 c/ rua 27

(Fonte: Pedroza, 2019)

### 4.3.1 Comparação de M&R e obtenção de Preço Total.

Com essa compatibilização de dados foi possível se preencher as Tabelas 4.4 e 4.5 (nos anexos de 1 a 6 tem-se estas tabelas completas) de acordo com cada método de avaliação, seja por caminhamento ou vídeo registro.

Tabela 4.4: Tabela preenchida com dados obtidos por Caminhamento

SG	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	M&R	Área da M&R aplicada (m <sup>2</sup> )	P.U.(R\$)	P.T.
1	171	7	1197	RF	100%	110,9	132729,1
2	64	7	448	MC	15%	152,3	10235,9
3	66	7	462	MC	15%	152,3	10555,8
4	70	7	490	NF	0%	0	0
5	67	7	469	NF	0%	0	0
6	70	7	490	NF	0%	0	0
7	71	7	497	NF	0%	0	0
8	71	7	497	NF	0%	0	0
9	68	7	476	NF	0%	0	0
10	72	7	504	NF	0%	0	0
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
70	188	7	1316	MC	15%	152,3	30068
71	191	7	1337	MC	15%	152,3	30547,8
72	184	7	1288	MC	15%	152,3	29428,2
73	193	7	1351	MC	15%	152,3	30867,6
74	153	7	1071	MC	15%	152,3	24470,2
75	195	7	1365	RF	100%	110,9	151357,8
76	187	7	1309	MP	100%	27,4	35892,8
77	184	7	1288	MC	15%	152,3	29428,2
78	186	7	1302	MP	100%	27,4	35700,8
<b>TOTAL</b>							<b>2102370,4</b>

(Fonte: autor)

Tabela 4.5: Tabela preenchida com dados obtidos por vídeo registro

SG	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	M&R	Área da M&R aplicada (m <sup>2</sup> )	P.U.(R\$)	P.T.	
<b>1</b>	171	7	1197	MP	100%	27,4	32821,7	
<b>2</b>	64	7	448	MC	15%	152,3	10235,9	
<b>3</b>	66	7	462	MP	100%	27,4	12668	
<b>4</b>	70	7	490	NF	0%	0	0	
<b>5</b>	67	7	469	NF	0%	0	0	
<b>6</b>	70	7	490	NF	0%	0	0	
<b>7</b>	71	7	497	NF	0%	0	0	
<b>8</b>	71	7	497	NF	0%	0	0	
<b>9</b>	68	7	476	NF	0%	0	0	
<b>10</b>	72	7	504	NF	0%	0	0	
.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	
<b>70</b>	188	7	1316	MC	15%	152,3	30068	
<b>71</b>	191	7	1337	MC	15%	152,3	30547,8	
<b>72</b>	184	7	1288	MC	15%	152,3	29428,2	
<b>73</b>	193	7	1351	MP	100%	27,4	37044,4	
<b>74</b>	153	7	1071	MC	15%	152,3	24470,2	
<b>75</b>	195	7	1365	MC	15%	152,3	31187,5	
<b>76</b>	187	7	1309	MP	100%	27,4	35892,8	
<b>77</b>	184	7	1288	MC	15%	152,3	29428,2	
<b>78</b>	186	7	1302	MP	100%	27,4	35700,8	
<b>TOTAL</b>								<b>1722029,7</b>

(Fonte: autor)

### 4.3.2 Comparação de M&R

De acordo com essas Tabelas 4.4 e 4.5 é possível se obter tabelas mais enxutas para efeitos de análise e comparação como as Tabelas 4.6 e 4.7.

Tabela 4.6: Atividades de M&R resultantes da tabela preenchida com dados de caminhamento

<b>Caminhamento</b>	<b>M&amp;R</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Porcentagem</b>
Nada a fazer (NF)	NF	32	41,03%
Manutenção Preventiva (MP)	MP	15	19,23%
Manutenção Corretiva (MC)	MC	18	23,08%
Reforço Estrutural (RF)	RF	12	15,38%
Reconstrução (RC)	RC	1	1,28%
<b>TOTAL</b>		<b>78</b>	<b>100,00%</b>

(Fonte: autor)

Tabela 4.7: Atividades de M&R resultantes da tabela preenchida com dados de vídeo registro

<b>Caminhamento</b>	<b>M&amp;R</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Porcentagem</b>
Nada a fazer (NF)	NF	33	42,31%
Manutenção Preventiva (MP)	MP	16	20,51%
Manutenção Corretiva (MC)	MC	23	29,49%
Reforço Estrutural (RF)	RF	4	5,13%
Reconstrução (RC)	RC	2	2,56%
<b>TOTAL</b>		<b>78</b>	<b>100,00%</b>

(Fonte: autor)

De acordo com as Tabelas 4.10 e 4.11, pode-se observar que as quantidades de indicação de NF, MP e RC foram bastante similares, apresentando uma diferença de no máximo 1,28% do valor total entre elas. A atividade de MC apresentou uma diferença um pouco maior entre os métodos, totalizando 6,41% do valor total. Já a atividade de reforço estrutural representa a M&R que mais apresentou diferença entre os métodos de avaliação, totalizando 10,26% do valor total, o que mesmo assim não representa uma

diferença tão expressiva. A Tabela 4.8 informa essas diferenças em porcentagem e o gráfico representado na Figura 4.2 (com destaque para maior diferença) ilustra essa diferença em unidades.

Tabela 4.8: Diferença em % das M&R pelo método de avaliação

M&R	Caminhamento (i)	vídeo registro (ii)	diferença (i-ii)
NF	41,03%	42,31%	1,28%
MP	19,23%	20,51%	1,28%
MC	23,08%	29,49%	6,41%
RF	15,38%	5,13%	-10,26%
RC	1,28%	2,56%	1,28%

(Fonte: autor)

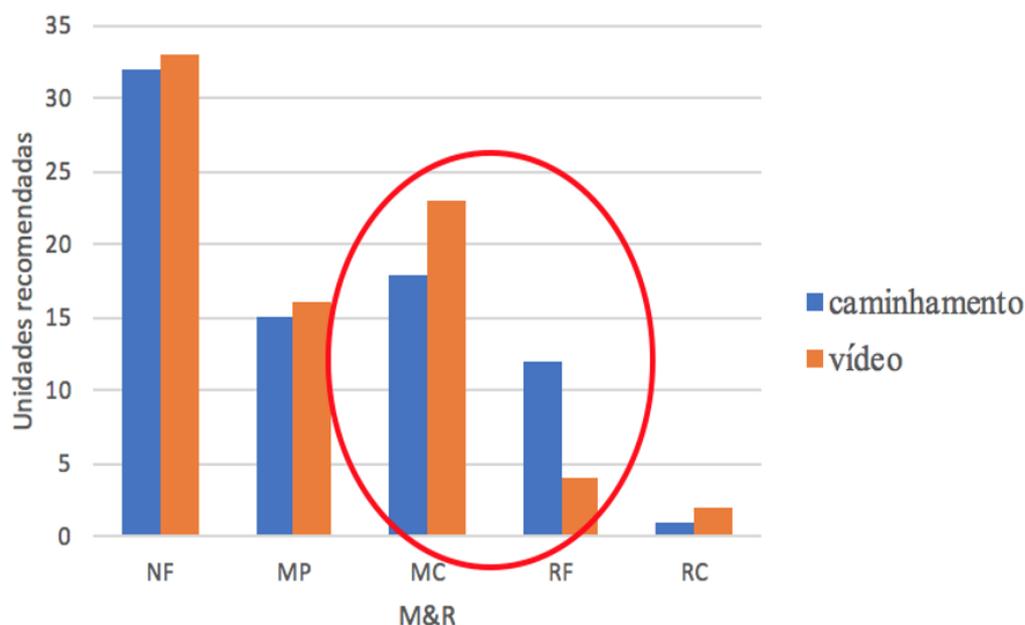


Figura 4.2: Diferenças das M&Rs para cada método (Fonte: autor)

Logo, é possível se observar que a maior diferença entre as quantidades de M&R está na distribuição das atividades MC e RF. A MC não representa a M&R mais cara, consistindo em R\$152,32 (cento e cinquenta e dois reais e trinta e dois centavos) por metro cúbico, contudo, ela apresenta uma diferença de R\$ 41,44 (quarenta e um reais e quarenta e quatro

centavos) por metro cúbico da RF, que consiste em R\$ 110,88 (cento e dez reais e oitenta e oito centavos) conforme Tabela 3.2.

E mesmo essa diferença não sendo tão grande, o valor final do orçamento apresentou uma diferença de R\$ 303.414,22 (trezentos e três mil e quatrocentos e quatorze reais e 22 centavos), o que é um valor bastante expressivo levando-se em consideração que o orçamento total ficou entre aproximadamente R\$ 1.722.029,74 (um milhão setecentos e vinte e dois mil e vinte e nove reais e setenta e quatro centavos) e R\$ 2.028.488,96 (dois milhões e vinte e oito mil e quatrocentos e oitenta e oito reais e noventa e seis centavos) assim como ilustrado na tabela 4.9 de forma resumida e na Tabela 4.10 de forma detalhada.

Tabela 4.9: Soma do Preço Total dos métodos de avaliação geral

<b>Método de avaliação</b>	<b>Soma do P. T. (R\$)</b>
Caminhamento	R\$ 2.028.488,96
Vídeo Registro	R\$ 1.722.029,74

(Fonte: autor)

Tabela 4.10: Comparativo entre M&amp;R e Preço Total. pelo método de avaliação

Segmento de pista	Caminhamento		Video registro		Segmento de pista	Caminhamento		Video registro	
	M&R	P.T.	M&R	P.T.		M&R	P.T.	M&R	P.T.
1	RF	132729,1056	MP	32821,74	40	MP	12668,04	MP	12668,04
2	MC	10235,904	MC	10235,904	41	MP	14779,38	NF	0
3	MC	10555,776	MP	12668,04	42	NF	0	MP	12476,1
4	NF	0	NF	0	43	MP	13435,8	MP	13435,8
5	NF	0	NF	0	44	MP	12668,04	MP	12668,04
6	NF	0	NF	0	45	MP	13435,8	MP	13435,8
7	NF	0	NF	0	46	MP	14011,62	NF	0
8	NF	0	NF	0	47	MP	14011,62	NF	0
9	NF	0	NF	0	48	NF	0	NF	0
10	NF	0	NF	0	49	NF	0	NF	0
11	MP	13243,86	NF	0	50	NF	0	NF	0
12	NF	0	NF	0	51	NF	0	NF	0
13	NF	0	NF	0	52	NF	0	NF	0
14	MP	12859,98	MC	10715,712	53	NF	0	MP	11708,34
15	NF	0	NF	0	54	RF	55109,7456	MC	11355,456
16	NF	0	NF	0	55	RF	58214,52	MC	11995,2
17	MC	11835,264	MC	11835,264	56	MC	11515,392	MC	11515,392
18	NF	0	NF	0	57	MC	11675,328	MP	14011,62
19	NF	0	NF	0	58	MP	13819,68	MP	13819,68
20	NF	0	NF	0	59	MC	11995,2	MC	11995,2
21	NF	0	MC	31507,392	60	MC	11035,584	MP	13243,86
22	NF	0	NF	0	61	NF	0	NF	0
23	NF	0	MC	10235,904	62	MP	35892,78	RC	221983,2307
24	NF	0	NF	0	63	RC	218422,0024	RC	218422,0024
25	NF	0	NF	0	64	MC	23830,464	MC	23830,464
26	NF	0	NF	0	65	RF	145148,2032	RF	145148,2032
27	NF	0	NF	0	66	RF	145924,3968	RF	145924,3968
28	NF	0	NF	0	67	RF	135057,6864	RF	135057,6864
29	NF	0	NF	0	68	RF	145924,3968	RF	145924,3968
30	RF	142043,4288	MC	29268,288	69	NF	0	NF	0
31	MC	11355,456	MC	11355,456	70	MC	30067,968	MC	30067,968
32	RF	52004,9712	MC	10715,712	71	MC	30547,776	MC	30547,776
33	RF	59766,9072	MC	12315,072	72	MC	29428,224	MC	29428,224
34	RF	53557,3584	MC	1986,579	73	MC	30867,648	MP	37044,42
35	MC	12155,136	MP	14587,44	74	MC	24470,208	MC	24470,208
36	MC	10875,648	MC	10875,648	75	RF	151357,752	MC	31187,52
37	MC	11355,456	MC	11355,456	76	MP	35892,78	MP	35892,78
38	MP	15163,26	MP	15163,26	77	MC	29428,224	MC	29428,224
39	MP	26295,78	NF	0	78	MP	35700,84	MP	35700,84

(Fonte: autor)

Com a Tabela 4.10, foi possível criar o gráfico ilustrado na Figura 4.3 para ilustrar essa diferença de P.T. de acordo com cada segmento.

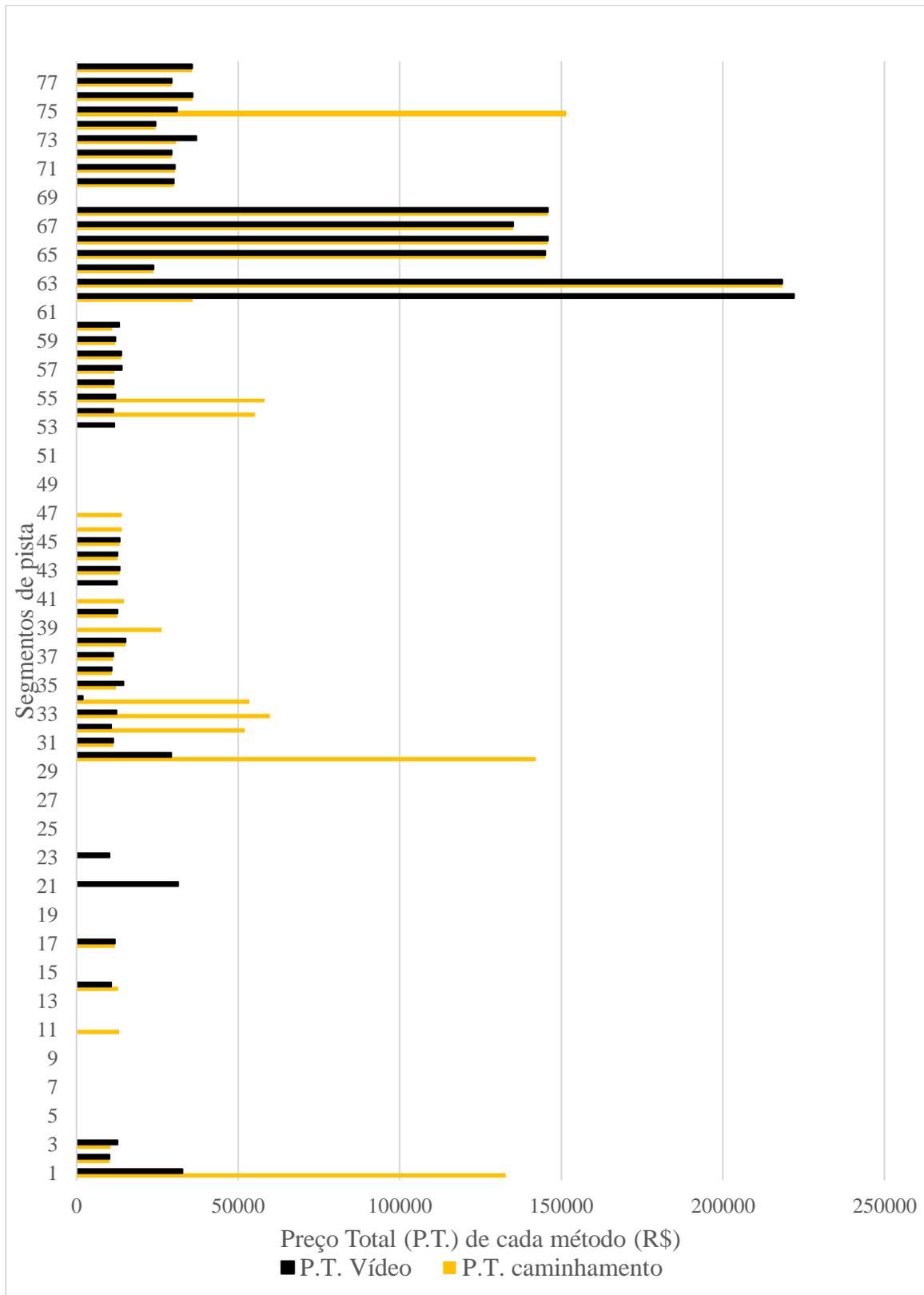


Figura 4.3: Gráfico de coluna SG x P.T (Fonte: autor)

Logo, a Figura 4.3 serve de auxílio para ser possível se observar em quais segmentos de pista foram observados a diferença de preço total.

## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para a análise dos dados foi preciso se preencher o modelo de Tabela 4.1 e para uma melhor avaliação final, foi atribuída a extensão de cada comprimento de segmento avaliado. Essa atribuição teve que passar primeiramente por uma compatibilização dos dados dos outros estudos que foram desenvolvidos em paralelo com esse. Após essa etapa os segmentos, foram identificados, de forma manual no *Google Maps*.

Logo, para uma próxima pesquisa, sobretudo se for expandido o espaço amostral, recomenda-se o uso de ferramentas com SIG, fazendo com que haja maior acurácia e maior eficiência para acrescentar e/ou identificar dados coletados por outras pessoas. Trata-se de um cuidado importante uma vez que nesses estudos é comum uma terceira pessoa analisar esses dados.

Com o preenchimento da Tabela 4.1, foi possível estabelecer métricas de comparação entre as diferentes opções de alternativas de M&Rs, de forma quantitativa e qualitativa, bem como calcular o orçamento final consequente de cada alternativa.

Utilizando o mesmo processo de decisão de medidas de M&R com o preenchimento da Tabela 3.3 (considerando patologias relatadas pelo manual DNIT-005-TER (2003), para os dados obtidos por caminhamento e vídeo registro, chegou-se ao final em uma diferença de aproximadamente R\$ 303.414,22 (trezentos e três mil e quatrocentos e quatorze reais e 22 centavos). Dessa forma, foi possível se afirmar que de fato o método de aquisição de dados teve um impacto relevante no orçamento.

Essa diferença, que representa um percentual de aproximadamente 15% entre o maior e menor orçamento, principalmente por dois motivos: o primeiro, ao comparar as Tabelas 4.6 e 4.7 não é possível observar uma diferença tão grande em relação às quantidades de atividades de M&R resultantes de cada método, contudo, essa divergência entre os dados de cada método resultou em uma diferença de custo. O segundo aspecto decorre de que ambos os métodos de aquisição de dados, correspondem a uma análise visual dos trechos da via.

Partindo do pressuposto de que esse foi um espaço amostral representativo da situação global das vias, pode-se afirmar que o método de avaliação de dados por vídeo registro é mais econômico do que o caminhar. E isso pode ser explicado pelo fato de que neste o avaliador percorrer os segmentos de pista caminhando mais lentamente do que o carro com a câmera (vídeos gravados a pelo menos 20 km/h), e assim pode observar com mais calma os detalhes as condições da via, detalhes que podem ser despercebidos com essas condições dos vídeos.

Dessa forma, pode-se dizer que a quantidade de defeitos observados e principalmente a avaliação de suas severidades acabou sendo mais detalhada, nesse estudo, no caminhar em relação ao vídeo registro, aumentando dessa forma, o custo final das atividades de M&R aplicadas.

Vale se ressaltar que o fato de um método ser mais barato ou caro que o outro não representa necessariamente que esse método seja melhor ou pior. O objetivo do estudo não foi qualificar qual método é o melhor ou pior, e sim, analisar o impacto financeiro de cada método no orçamento final.

A maior divergência entre as atividades de manutenção e reabilitação que de fato contribuiu para a diferença final dos orçamentos foi a entre MC e RF. O método do caminhar indicou mais segmentos para a atividade de reforço estrutural enquanto por vídeo registro, os mesmos trechos foram indicados com uma manutenção corretiva.

Recomenda-se, como sugestão para um próximo trabalho refazer essas mesmas etapas e análises para um espaço amostral maior, de modo a viabilizar mais comparações entre diferentes opções de M&R, os orçamentos de acordo com cada método de avaliação e, por fim, verificar o impacto dessa diferença de custo no orçamento final dos serviços indicados.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Albuquerque, F. S. (2007). Sistema de Gerência de Pavimentos para Departamentos de Estradas do Nordeste Brasileiro, Tese de Doutorado, PPGEC/ UFRGS.
- Aps, M.; Balbo, J. T. e Severi, A. A. (1998). “Avaliação Superficial de Pavimentos Asfálticos em Vias Urbanas Utilizando o Método do PCI”. 31º *Reunião Anual de Pavimentação*, São Paulo, São Paulo.
- ASTM E 303-1993 (2003). *Standard Test Method for Measuring Surface Friction Properties Using the British Pendulum Tester*. American Society for Testing and Materials. West Conshohocken, PA.
- ASTM E 965-1996 (1996). *Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique* - American Society for Testing and Materials. West Conshohocken, PA..
- ASTM E 670-94 (2000). *Standard Test Method for Side Force Friction on Paved Surfaces Using the Mu-Meter (Withdrawn 2009)*. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Chamorro, A.; Solminihac, H.; Salgado, M. e Barrera, E. (2010). *Development and Validation of a Method to Evaluate Unpaved Road Condition with Objective Distress Measures*. Transportation Research Record, n2101, p. 3-9, Washington (DC).
- Bernucci, L. B.; Cerrati, J. A. P.; Soares, J. B. e Motta, L. M. G. (2007). Pavimentação asfáltica - Formação básica para engenheiros. Liedi Bariani Bernucci... [et al.]. – Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA.
- Bodi, J., e Balbo, J. T. (1998). “Aplicação do conceito de serventia na priorização dos serviços de manutenção de pavimentos urbanos”. 31º *Reunião Anual de Pavimentação* Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Cardoso, S. H (1994). “Gerência de pavimentos em vias urbanas”. 28º *Reunião Anual de Pavimentação*, 28aRAPv, 5, Anais Associação Brasileira de Pavimentação, Natal – RN.
- DNIT (2006). Manual de pavimentação. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.
- DNIT 006 PRO (2003). Departamento Nacional de Infraestrutura em Transportes. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos.
- DNIT-005-TER (2003). Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia. Diretoria de planejamento e pesquisa, Instituto de pesquisas rodoviárias, Rodovia Presidente Dutra, km 163 Centro Rodoviário – Vigário Geral Rio de Janeiro – RJ.

- DNIT/IPR (2011). Manual de gerência de pavimentos. Brasil, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria Executiva, Instituto de Pesquisas Rodoviárias - Rio de Janeiro, 2011. 189p. (IPR. Publ. 745).
- Fernandes Jr., J. L. (2006). “A prática de gestão de pavimentos em cidades médias brasileiras”. PLURIS 2006: anais do 2º Congresso Luso-Brasileiro de Planeamento Urbano Regional Integrado Sustentável, Braga [CD-ROM].
- FHWA (1993). *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program*. Office of Infrastructure Research and Development Federal Highway Administration. FHWA-HRT-13-092.
- Fontenele, H. B.; Oliveira, F. M.; Silva Júnior, C. A. P. (2013). “Desenvolvimento de escala visual para avaliação da condição da superfície de vias urbanas”. *Conex Ci e Tecnol* vol 7, No. 1, p. 31-46. Fortaleza – Ceará.
- Gschwendt I. (2018). “*Extending the service life of pavement*”. *Slovak Journal of Civil Engineering*, Vol. 26, 2018, No. 1, 25 – 32.
- Haas, R.; Hudson, R. W.; Zaniewsk, J. (1994). *Modern Pavement Management*. Editora Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.
- Hudson, W. R.; Haas, R. (1994). *Future Directions and Needs for Innovation in Pavement Management*. International Conference on Managing Pavements. San Antonio, p.122-130.
- Hairder, S. W.; Chatti, K.; Baladi, G. Y. e Sivanewaran, N. (2011). *Impact of Pavement Monitoring Frequency on Pavement Management System Decision*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. N. 2225, p. 43-55.
- Hajek, J; Hein, D.; Olidis, C. (2004). “*Decision making for maintenance and rehabilitation of municipal pavements*”. ANNUAL CONFERENCE OF THE TRANSPORTATION ASSOCIATION OF CANADA, 2004, Québec City, Québec. Anais... Transportation Association of Canada.
- Hansen, A. (2008). Aplicação de SIG em Sistema de Gerência de Pavimentos para a Cidade de Maringá. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, PR.
- Heleven, L. J. E. e Dirckix, P. (1992). *Data Collection in Belgium and Their Use in the Maintenance Planning System*. Pavement Management Implementation, ASTM STP 1121.
- Ho, T. W.; Chou, C. C. e Lin, J. D. (2012). “*Study on Pavement Distress Image Recognition Using Clustering and Classification Algorithms and Spatial Database Techniques*”. Transportation Research Board 91<sup>st</sup> Annual Meeting. Washington (DC).

- Hosten, A. M.; Bryce, J.; Priddy, L. P.; Flintsch, G. W.; Izeppi, E. L. e Nelson, W. O. (2013). *“Improving Network Condition with Preventive Maintenance: A Pavement Management System Case Study in Christiansburg”*, Virginia. Transportation Research Board 91nd Annual Meeting. Washington (DC).
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement analysis and design*. Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall.
- Lee, H. (1992). *Standardization of Distress Measurements for the Network-Level Pavement Management System*. Pavement Management Implementation, ASTM STP 1121, Frank B. Holt and Wade L. Gramling, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- Lima, J. P. (2007). Modelo de decisão para priorização de vias candidatas às atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Misra, A; Roohanirad, A; Somboonyanin, P. (2006). *“Guidelines for a roadway management system (RMS) for local governments”*. Midwest Transportation Consortium (MTC) and Iowa State University, 2a ed, 68 p.
- Mostafa, A. E. e Elbagalati, O. (2017). *“Evaluation of interface bonding conditions based on non-destructing testing deflection measurements”*. Road Materials and Pavement Design. Disponível:  
<<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14680629.2017.1400995?tab=permissions&scroll=top>> Acesso em: Agosto de 2019
- NCHRP (2004). *Guide for Mechanistic-Empirical Design OF NEW AND REHABILITATED PAVEMENT STRUCTURES*. Submitted by ARA, Inc., ERES Division 505 West University Avenue Champaign, Illinois 61820.
- Paterson, W. D. O. (1987). *“Road deterioration and maintenance effects”*. World Bank Publications, Washington-DC, USA.
- PCI TM 5-623 (1982). *Pavement maintenance management*. HeadQuarter, Department of the Army WASHINGTON, DC, November.
- Pedroza, R. A. Q. (2019). Análise comparativa entre avaliações funcionais por vídeo registro e método do caminhamento. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília – DF.
- Shoji, E. S. (2000). Desenvolvimento de um Programa de Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos para Cidades Brasileiras de Médio Porte. Dissertação de Mestrado, São Carlos.

- Shahin, M. Y. (1994). *Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots*. Editora Chapman & Hall, New York, NY.
- SHRP (1993). *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement performance Studies*. The Strategic Highway Research Program. National Academy of Science. Washington, D.C.
- SILVA, A. H. M. (2017). Proposta de procedimento para análise de alternativas de manutenção em sistemas de gerência de pavimentos. Tese de doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes.
- SOUZA, P. M. (2015). Proposta de implantação do Sistema de Gerência de Pavimento para a Cidade do Rio de Janeiro. Projeto de Graduação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- TRC (2008). Transportation Research Circular E-C127 “*Implementation of an Airport Pavement Management System*”. Transportation Research Board 500 Fifth Street, NW Washington, DC.
- Visconti, T. S. (2000). O sistema gerencial de pavimentos do DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Divisão de Apoio Tecnológico, Brasil, 84 p.
- Zanchetta, F. (2017). Sistema de gerência de pavimentos urbanos: avaliação de campo, modelos de desempenho e análise econômica. Dissertação de doutorado. Universidade de SP, escola de engenharia de São Carlos, Departamento de Transportes.

## ANEXOS

Anexo 1 – Tabela com dados obtidos por Caminhamento – Parte 1

SG	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	M&R	Área da	P.U.(R\$)	P.T.
					M&R aplicada (m <sup>2</sup> )		
1	171	7	1197	RF	100%	110,9	132729,1
2	64	7	448	MC	15%	152,3	10235,9
3	66	7	462	MC	15%	152,3	10555,8
4	70	7	490	NF	0%	0	0
5	67	7	469	NF	0%	0	0
6	70	7	490	NF	0%	0	0
7	71	7	497	NF	0%	0	0
8	71	7	497	NF	0%	0	0
9	68	7	476	NF	0%	0	0
10	72	7	504	NF	0%	0	0
11	69	7	483	MP	100%	27,4	13243,9
12	75	7	525	NF	0%	0	0
13	64	7	448	NF	0%	0	0
14	67	7	469	MP	100%	27,4	12860
15	71	7	497	NF	0%	0	0
16	66	7	462	NF	0%	0	0
17	74	7	518	MC	15%	152,3	11835,3
18	71	7	497	NF	0%	0	0
19	62	7	434	NF	0%	0	0
20	64	7	448	NF	0%	0	0
21	197	7	1379	NF	0%	0	0
22	75	7	525	NF	0%	0	0
23	64	7	448	NF	0%	0	0

(Fonte: autor)

Anexo 2 - Tabela com dados obtidos por Caminhamento – Parte 2

<b>SG</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>M&amp;R</b>	<b>Área da M&amp;R aplicada (m<sup>2</sup>)</b>	<b>P.U.(R\$)</b>	<b>P.T.</b>
24	73	7	511	NF	0%	0	0
25	69	7	483	NF	0%	0	0
26	68	7	476	NF	0%	0	0
27	69	7	483	NF	0%	0	0
28	69	7	483	NF	0%	0	0
29	59	7	413	NF	0%	0	0
30	183	7	1281	RF	100%	110,9	142043,4
31	71	7	497	MC	15%	152,3	11355,5
32	67	7	469	RF	100%	110,9	52005
33	77	7	539	RF	100%	110,9	59766,9
34	69	7	483	RF	100%	110,9	53557,4
35	76	7	532	MC	15%	152,3	12155,1
36	68	7	476	MC	15%	152,3	10875,6
37	71	7	497	MC	15%	152,3	11355,5
38	79	7	553	MP	100%	27,4	15163,3
39	137	7	959	MP	100%	27,4	26295,8
40	66	7	462	MP	100%	27,4	12668
41	77	7	539	MP	100%	27,4	14779,4
42	65	7	455	NF	0%	0	0
43	70	7	490	MP	100%	27,4	13435,8
44	66	7	462	MP	100%	27,4	12668
45	70	7	490	MP	100%	27,4	13435,8
46	73	7	511	MP	100%	27,4	14011,6
47	73	7	511	MP	100%	27,4	14011,6
48	69	7	483	NF	0%	0	0
49	65	7	455	NF	0%	0	0
50	73	7	511	NF	0%	0	0

(Fonte: autor)

Anexo 3 - Tabela com dados obtidos por Caminhamento – Parte 3

<b>SG</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>M&amp;R</b>	<b>Área da M&amp;R aplicada (m<sup>2</sup>)</b>	<b>P.U.(R\$)</b>	<b>P.T.</b>
<b>52</b>	66	7	462	NF	0%	0	0
<b>53</b>	61	7	427	NF	0%	0	0
<b>54</b>	71	7	497	RF	100%	110,9	55109,7
<b>55</b>	75	7	525	RF	100%	110,9	58214,5
<b>56</b>	72	7	504	MC	15%	152,3	11515,4
<b>57</b>	73	7	511	MC	15%	152,3	11675,3
<b>58</b>	72	7	504	MP	100%	27,4	13819,7
<b>59</b>	75	7	525	MC	15%	152,3	11995,2
<b>60</b>	69	7	483	MC	15%	152,3	11035,6
<b>61</b>	161	7	1127	NF	0%	0	0
<b>62</b>	187	7	1309	MP	100%	27,4	35892,8
<b>63</b>	184	7	1288	RC	100%	169,6	218422
<b>64</b>	149	7	1043	MC	15%	152,3	23830,5
<b>65</b>	187	7	1309	RF	100%	110,9	145148,2
<b>66</b>	188	7	1316	RF	100%	110,9	145924,4
<b>67</b>	174	7	1218	RF	100%	110,9	135057,7
<b>68</b>	188	7	1316	RF	100%	110,9	145924,4
<b>69</b>	174	7	1218	NF	0%	0	0
<b>70</b>	188	7	1316	MC	15%	152,3	30068
<b>71</b>	191	7	1337	MC	15%	152,3	30547,8
<b>72</b>	184	7	1288	MC	15%	152,3	29428,2
<b>73</b>	193	7	1351	MC	15%	152,3	30867,6
<b>74</b>	153	7	1071	MC	15%	152,3	24470,2
<b>75</b>	195	7	1365	RF	100%	110,9	151357,8
<b>76</b>	187	7	1309	MP	100%	27,4	35892,8
<b>77</b>	184	7	1288	MC	15%	152,3	29428,2
<b>78</b>	186	7	1302	MP	100%	27,4	35700,8
<b>TOTAL</b>						<b>2102370,4</b>	

(Fonte: autor)

Anexo 4 - Tabela com dados obtidos por Vídeo registro – Parte 1

SG	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	M&R	Área da M&R aplicada (m <sup>2</sup> )	P.U.(R\$)	P.T.
1	171	7	1197	MP	100%	27,4	32821,7
2	64	7	448	MC	15%	152,3	10235,9
3	66	7	462	MP	100%	27,4	12668
4	70	7	490	NF	0%	0	0
5	67	7	469	NF	0%	0	0
6	70	7	490	NF	0%	0	0
7	71	7	497	NF	0%	0	0
8	71	7	497	NF	0%	0	0
9	68	7	476	NF	0%	0	0
10	72	7	504	NF	0%	0	0
11	69	7	483	NF	0%	0	0
12	75	7	525	NF	0%	0	0
13	64	7	448	NF	0%	0	0
14	67	7	469	MC	15%	152,3	10715,7
15	71	7	497	NF	0%	0	0
16	66	7	462	NF	0%	0	0
17	74	7	518	MC	15%	152,3	11835,3
18	71	7	497	NF	0%	0	0
19	62	7	434	NF	0%	0	0
20	64	7	448	NF	0%	0	0
21	197	7	1379	MC	15%	152,3	31507,4
22	75	7	525	NF	0%	0	0
23	64	7	448	MC	15%	152,3	10235,9
24	73	7	511	NF	0%	0	0
25	69	7	483	NF	0%	0	0
26	68	7	476	NF	0%	0	0
27	69	7	483	NF	0%	0	0
28	69	7	483	NF	0%	0	0
29	59	7	413	NF	0%	0	0
30	183	7	1281	MC	15%	152,3	29268,3

(Fonte: autor)

Anexo 5 - Tabela com dados obtidos por Vídeo registro – Parte 2

<b>SG</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>M&amp;R</b>	<b>Área da M&amp;R aplicada (m<sup>2</sup>)</b>	<b>P.U.(R\$)</b>	<b>P.T.</b>
<b>31</b>	71	7	497	MC	15%	152,3	11355,5
<b>32</b>	67	7	469	MC	15%	152,3	10715,7
<b>33</b>	77	7	539	MC	15%	152,3	12315,1
<b>34</b>	69	7	483	MC	15%	27,4	1986,6
<b>35</b>	76	7	532	MP	100%	27,4	14587,4
<b>36</b>	68	7	476	MC	15%	152,3	10875,6
<b>37</b>	71	7	497	MC	15%	152,3	11355,5
<b>38</b>	79	7	553	MP	100%	27,4	15163,3
<b>39</b>	137	7	959	NF	0%	0	0
<b>40</b>	66	7	462	MP	100%	27,4	12668
<b>41</b>	77	7	539	NF	0%	0	0
<b>42</b>	65	7	455	MP	100%	27,4	12476,1
<b>43</b>	70	7	490	MP	100%	27,4	13435,8
<b>44</b>	66	7	462	MP	100%	27,4	12668
<b>45</b>	70	7	490	MP	100%	27,4	13435,8
<b>46</b>	73	7	511	NF	0%	0	0
<b>47</b>	73	7	511	NF	0%	0	0
<b>48</b>	69	7	483	NF	0%	0	0
<b>49</b>	65	7	455	NF	0%	0	0
<b>50</b>	73	7	511	NF	0%	0	0
<b>51</b>	72	7	504	NF	0%	0	0
<b>52</b>	66	7	462	NF	0%	0	0
<b>53</b>	61	7	427	MP	100%	27,4	11708,3
<b>54</b>	71	7	497	MC	15%	152,3	11355,5
<b>55</b>	75	7	525	MC	15%	152,3	11995,2
<b>56</b>	72	7	504	MC	15%	152,3	11515,4
<b>57</b>	73	7	511	MP	100%	27,4	14011,6
<b>58</b>	72	7	504	MP	100%	27,4	13819,7
<b>59</b>	75	7	525	MC	15%	152,3	11995,2
<b>60</b>	69	7	483	MP	100%	27,4	13243,9

(Fonte: autor)

Anexo 6 - Tabela com dados obtidos por Vídeo registro – Parte 3

<b>SG</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>M&amp;R</b>	<b>Área da M&amp;R aplicada (m<sup>2</sup>)</b>	<b>P.U.(R\$)</b>	<b>P.T.</b>
<b>61</b>	161	7	1127	NF	0%	0	0
<b>62</b>	187	7	1309	RC	100%	169,6	221983,2
<b>63</b>	184	7	1288	RC	100%	169,6	218422
<b>64</b>	149	7	1043	MC	15%	152,3	23830,5
<b>65</b>	187	7	1309	RF	100%	110,9	145148,2
<b>66</b>	188	7	1316	RF	100%	110,9	145924,4
<b>67</b>	174	7	1218	RF	100%	110,9	135057,7
<b>68</b>	188	7	1316	RF	100%	110,9	145924,4
<b>69</b>	174	7	1218	NF	0%	0	0
<b>70</b>	188	7	1316	MC	15%	152,3	30068
<b>71</b>	191	7	1337	MC	15%	152,3	30547,8
<b>72</b>	184	7	1288	MC	15%	152,3	29428,2
<b>73</b>	193	7	1351	MP	100%	27,4	37044,4
<b>74</b>	153	7	1071	MC	15%	152,3	24470,2
<b>75</b>	195	7	1365	MC	15%	152,3	31187,5
<b>76</b>	187	7	1309	MP	100%	27,4	35892,8
<b>77</b>	184	7	1288	MC	15%	152,3	29428,2
<b>78</b>	186	7	1302	MP	100%	27,4	35700,8
<b>TOTAL</b>							<b>1722029,7</b>

(Fonte: autor)