UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E ENGENHARIAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

PLÁCIDO MORAES DE ALMEIDA

AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO EM TRECHOS DE VIA DO MUNICÍPIO DE MARABÁ - PA.

MARABÁ
2019

PLÁCIDO MORAES DE ALMEIDA

AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO EM TRECHOS DE VIA DO MUNICÍPIO DE MARABÁ - PA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Civil como exigência parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, submetido à banca examinadora da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, do Instituto de Geociências e Engenharias e elaborado sob a orientação do Prof. MSc. Alan Monteiro Borges.

MARABÁ

2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca II da UNIFESSPA. CAMAR, Marabá, PA

Almeida, Plácido Moraes de

Avaliação funcional do pavimento em trechos de via do município de Marabá - PA / Plácido Moraes de Almeida ; orientador, Alan Monteiro Borges. — 2019.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá, Instituto de Geociências e Engenharias, Faculdade de Engenharia Civil, Curso de Engenharia Civil, Marabá, 2019.

1. Pavimentos - Manutenção e reparos - Marabá, PA. 2. Pavimentos - Defeitos - Marabá, PA. 3. Pavimentos de asfalto – Fenda - Marabá, PA. 4. Geração de viagens - Marabá, PA. I. Borges, Alan Monteiro, orient. II. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. III. Título.

CDD: 22. ed.: 625.76

Elaborado por Nádia Lopes Serrão CRB2/575

PLÁCIDO MORAES DE ALMEIDA

AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO EM TRECHO DE VIAS DO MUNICÍPIO DE MARABÁ - PA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Civil como exigência parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, submetido à banca examinadora da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, do Instituto de Geociências e Engenharias e elaborado sob a orientação do Prof. MSc. Alan Monteiro Borges.

Aprovado em: 18/06/2019

Conceito: EXCELENTE

Banca Examinadora composta por:

Prof. MSc. Alan Monteiro Borges (Orientador)

Profª. Dra Lygia Maria Policarpio Ferreira

Prof. MSc. Rafaela Nazareth Pinheiro de Oliveira Silveira

AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar, pelo dom da vida e pela fortaleza concedida diariamente para enfrentar os desafios em minha vida.

À minha querida mãe Gildete Souza Moraes, pelo amor, incentivo e por sempre investir sua atenção e tempo na realização dos meus sonhos.

À minha respeitosa avó Josefa Moraes, pelos valores repassados e pelo auxílio na formação de meu caráter.

Aos meus familiares, especialmente aos meus padrinhos Adriana e Givanildo, pelo carinho, incentivo, conselhos e assistência em minhas conquistas acadêmicas.

À Liandra Cruz, pelo companheirismo nos momentos de alegria e pela ajuda em momentos de dificuldades.

Ao meu orientador, o professor Alan Monteiro Borges, pela orientação e contribuições concedidas ao longo da produção deste trabalho de conclusão de curso.

Aos meus professores, por todo o conhecimento e experiências repassadas.

Aos meus colegas de turma, pelo auxílio em cada trabalho acadêmico desenvolvido e pela transmissão de conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

Aos profissionais da Secretaria de Viação e Obras Públicas (SEVOP) pela atenção, ensinamentos e trocas de experiências durante a realização do meu estágio supervisionado.

A todos que contribuíram em cada momento importante de minha vida e ajudaram de alguma forma em minha formação profissional.

RESUMO

A pavimentação consiste em um importante elemento dentro da infraestrutura das rodovias, sobretudo oferecendo condições favoráveis de rolamento, conforto, segurança e economia aos usuários. No Brasil, entretanto, a funcionalidade dos pavimentos da malha rodoviária apresenta-se comprometida, tendo em vista que mais da metade de sua extensão total avaliada retrata problemas de degradação. As causas dos desgastes ocorrentes nos pavimentos podem envolver a ação de agentes como a temperatura, a água e o tráfego, além de erros ou inadequações no projeto, execução ou seleção de materiais para as obras viárias. Nesse contexto, o presente trabalho visa realizar uma avaliação funcional do pavimento em via urbana do município de Marabá – PA contendo Polos Geradores de Viagens (PGV's) em seu entorno, com ênfase em patologias aparentes, e propor medidas de manutenção e reabilitação da estrutura analisada. O método de análise utilizado consistiu na Avaliação Funcional da Condição Superficial do Pavimento, baseada em ações para obtenção de dados e consequente elaboração de um diagnóstico da condição superficial do pavimento flexível da via estudada. A partir do diagnóstico realizado, a proposição de atividades de Manutenção e Reabilitação (M&R) teve como base os manuais e normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) e os procedimentos do *Strategic Highway Research Program* (SHRP), sendo auxiliada pelo método das Árvores de Decisões. Como resultados, obteve-se um diagnóstico da condição superficial do pavimento da Avenida Nagib Mutran, sendo identificada a ocorrência de patologias no revestimento asfáltico e em concreto, tais como: trincas do tipo "couro de jacaré"; afundamento; "panelas"; defeitos em remendos regulares e de intervenções em rede subterrânea; elevação; desgaste; derrame de material; deformação; polimento de agregados; entre outros. Por meio das Árvores de Decisões, foram definidas atividades de Manutenção & Reabilitação (M&R) baseadas no Volume Médio Diário (VMD) das vias, a severidade e a extensão dos defeitos encontrados, as quais envolveram: aplicação de lama asfáltica; recapeamento; remendo; tratamento superficial; preenchimento de buracos; dentre outras. Dessa forma, a pesquisa permitiu a constatação da condição superficial do pavimento flexível de via urbana com considerável volume de tráfego, além da definição de medidas corretivas dos defeitos encontrados. Assim, tais informações podem ser utilizadas como subsídio técnico para a tomada de decisão dos órgãos responsáveis pela intervenção na infraestrutura viária local.

Palavras-chave: Avaliação Funcional. Defeitos no pavimento. Polos Geradores de Viagens.

ABSTRACT

The paving is an important element within the highways infrastructure, especially by offering favorable conditions of bearing, comfort, safety, and economy to users. In Brazil, however, the functionality of the highway network pavements is compromised, owing to that more than half of its total extension assessed presents degradation problems. The wear causes occurred in the pavements may involve the action of agents such as temperature, water, and traffic, as well as errors or inadequacies in the design, execution or selection of materials for the highways works. In this context, this study seeks to accomplish a functional assessment of pavement in the urban highway in the county of Marabá–PA-containing Travel Generator Poles (PGV's) in its surroundings, with an emphasis on apparent pathologies, and to propose maintenance and rehabilitation measures of structures that were analyzed. The method of analysis used is the Pavement Surface Condition Functional Assessment, based on actions for data obtaining and elaboration of the diagnosis of a superficial condition of the flexible pavement of the highways that were studied. From the diagnosis accomplished, the Maintenance and Rehabilitation (M&R) proposition of activities was based on the National Department of Transport Infrastructure (DNIT) manuals and standards and on the Strategic Highway Research Program (SHRP) procedures, being aided by the Decision Tree method. As a result, a diagnosis of the surface condition of the Nagib Mutran Avenue pavement was obtained, identifying the occurrence of pathologies in asphalt and concrete coating, such as alligator leather cracks; sinking; cookware; defects in regular patches and interventions in underground networks; elevation; wear; spillage of material; deformation; polishing aggregates; among others. By means of the Decision Trees, Maintenance and Rehabilitation (M&R) activities were defined based on the Average Daily Volume (VMD) of the roads, the severity and extent of the defects found, which involved: asphalt sludge application; resurfacing; patch; superficial treatment; filling holes; among others. In this way, the research allowed to verify the surface condition of the flexible pavement of urban road with a considerable volume of traffic, besides the definition of corrective measures of the defects found. Thus, such information can be used as a technical subsidy for the decision-making of the bodies responsible for intervention in the local road infrastructure.

Keywords: Functional Assessment. Pavements Defects. Travel Generator Poles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Organograma de delineamento do trabalho 23
Figura 2 - Pavimento romano típico em via consular 28
Figura 3 - Vista do Caminho do Mar 29
Figura 4 - Evolução da extensão das rodovias federais pavimentadas – Brasil – 2008 – 2018 (Valores em mil km) 30
Figura 5 - Esforços em camadas do pavimento 31
Figura 6 - Resposta mecânica de pavimento flexível: pressões concentradas 32
Figura 7 - Estrutura do pavimento-tipo asfáltico 32
Figura 8 - Camadas pavimento semi-rígido 33
Figura 9 - Estrutura do pavimento-tipo de concreto de cimento Portland 33
Figura 10 - Resposta mecânica de pavimento rígido: pressões distribuídas 34
Figura 11 - Camadas genéricas de um pavimento flexível 34
Figura 12 - Classificação dos revestimentos 35
Figura 13 - Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas 36
Figura 14 - Trinca isolada transversal 41
Figura 15 - Trinca isolada longitudinal 42
Figura 16 - Trinca isolada de retração ou reflexão 42
Figura 17 - Trinca interligada do tipo “couro de jacaré” 43
Figura 18 - Trinca interligada do tipo “Bloco” 44
Figura 19 - Afundamento: a) com solevamento lateral em pavimento com paralelepípedo; b) de trilha de roda 44
Figura 20 - Afundamento por consolidação: a) de trilha de roda; b) local 45
Figura 21 - Afundamento sem solevamento lateral em pavimento com paralelepípedos 46
Figura 22 - Ondulação 46
Figura 23 - Deformação por aceleração, frenagem ou mudança de direção em pavimento com paralelepípedos 47
Figura 24 - Escorregamento 47
Figura 25 - Exsudação 48
Figura 26 - Desgaste 48
Figura 27 – “Panela” ou buraco em: a) pavimento asfáltico; b) pavimento com paralelepípedos 49
Figura 28 - Remendo em: a) pavimento asfáltico; b) pavimento com paralelepípedos 50

Figura 29 - Polimento de agregados 50
Figura 30 - Elevação em: a) pavimento asfáltico; b) pavimento com paralelepípedos 51
Figura 31 - Derrame de material em: a) pavimento asfáltico; b) pavimento com paralelepípedos 51
Figura 32 - Trechos de estudo da Av. Nagib Mutran – Cidade Nova 58
Figura 33 - Árvore de decisão para defeito de Trincas por fadiga do revestimento 63
Figura 34 - Árvore de decisão para defeito de Desgaste no revestimento 63
Figura 35 - Trecho de estudo da Av. Nagib Mutran – Cidade Nova e seus PGV's 65
Figura 36 – PGV do tipo "Ensino": E.E.E.F.M. Anízio Teixeira 66
Figura 37 – PGV's do tipo "Ensino": Escola Infantil; Escola Técnica; e Cursinho preparatório pré-vestibular 66
Figura 38 – PGV's do tipo "Ensino": Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC) 67
Figura 39 – PGV's do tipo "Ensino": Polo de Faculdade de Ensino a Distância 67
Figura 40 – PGV's do tipo "Saúde": Pronto Atendimento e Ambulatório Cidade Nova 68
Figura 41 – PGV's do tipo "Institucional": a) Agência bancária 1; b) Agência bancária 2 68
Figura 42 – PGV's do tipo "Terminal": a) Ponto de mototáxi 1; b) Ponto de mototáxi 2 69
Figura 43 – PGV's do tipo "Terminal": a) Parada de táxi lotação 1; b) Parada de táxi lotação 2 69
Figura 44 – PGV's do tipo "Terminal": a) Parada de ônibus e táxi ; b) Parada de ônibus 69
Figura 45 – PGV's do tipo "Recreacional": Praça "São Francisco" 70
Figura 46 – PGV's do tipo "Alojamento": Hotel 70
Figura 47 – Trincas "couro de jacaré" em pavimento de revestimento asfáltico (JE-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 72
Figura 48 – Trincas "couro de jacaré" em pavimento de revestimento asfáltico (J-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 73
Figura 49 – Trincas "couro de jacaré" em pavimento de revestimento asfáltico (JE-2): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 73
Figura 50 – Trincas "couro de jacaré" em pavimento de revestimento asfáltico (J-2): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 73
Figura 51 – Trincas "couro de jacaré" em pavimento de revestimento asfáltico (J-3): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 74
Figura 52 – Trincas "couro de jacaré" em pavimento de revestimento asfáltico (JE-3): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 74

Figura 53 – “Panela” em pavimento de revestimento asfáltico (P-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 75
Figura 54 – “Panela” em pavimento de revestimento asfáltico: a) “panela” P-2; b) “panela” P-3 76
Figura 55 – “Panela” em pavimento de revestimento asfáltico (P-4): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 76
Figura 56 – “Panela” em pavimento de revestimento asfáltico (P-5): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 77
Figura 57 – “Panela” em pavimento de revestimento asfáltico (P-6): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 77
Figura 58 – “Panela” em pavimento de revestimento asfáltico (P-7): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 77
Figura 59 – Afundamento em pavimento de revestimento asfáltico (ALC-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 78
Figura 60 – Remendo de intervenções em rede subterrânea em pavimento de revestimento asfáltico (R-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença do remendo 78
Figura 61 – Elevação no remendo em pavimento de revestimento asfáltico (R-1) 79
Figura 62 – Remendo de conservação padrão com trincas do tipo “couro de jacaré” (R-2): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença do remendo 79
Figura 63 – Derrame de material (DM-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença do remendo 80
Figura 64 - Desgaste em pavimento de revestimento asfáltico (D-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 80
Figura 65 – Trincas interligas em pavimento de revestimento em concreto simples (TI-2): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 81
Figura 66 – Trincas interligadas em pavimento de revestimento em concreto simples: a) trincas TI-1; b) trincas TI-3 81
Figura 67 – Trincas interligas em pavimento de revestimento em concreto simples (TI-4) 82
Figura 68 – Remendo regular com mistura asfáltica em pavimento de revestimento em concreto simples (R-3): a) vista 1; b) vista 2 82
Figura 69 - Remendo regular com mistura asfáltica em pavimento de revestimento em concreto simples (R-4): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 83

Figura 70 - Remendo regular com mistura asfáltica em pavimento de revestimento em concreto simples com ocorrência da “panela” (R-5): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 83
Figura 71 – Remendo de intervenções em rede subterrânea em pavimento de revestimento em concreto simples com ocorrência de afundamento (R-6): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia..... 84
Figura 72 – Peças quebradas e deformação em pavimento de revestimento em bloquetes de concreto simples (PQ-1 e DT-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 84
Figura 73 – Deformação por aceleração, frenagem ou mudança de direção em pavimento de revestimento em bloquetes de concreto simples (DT-2): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia..... 85
Figura 74 – Agregados polidos em pavimento de revestimento em concreto simples (AP-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia..... 85
Figura 75 – Desgaste e trincas em pavimento de revestimento em concreto simples (D-2): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença das patologias..... 86
Figura 76 – Derrame de material em pavimento de revestimento em concreto simples: a) derrame de material DM-2; b) derrame de material DM-3 86
Figura 77 – Derrame de material em pavimento de revestimento em bloquetes de concreto simples (DM-4): a) vista 1; b) vista 2..... 87
Figura 78 – Derrame de material em pavimento de revestimento em concreto simples (DM-5): a) vista 1; b) vista 2 87
Figura 79 - Afundamento de consolidação local em pavimento de revestimento em concreto simples (ALC-2): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 88
Figura 80 – Afundamento de consolidação local em pavimento de revestimento em concreto simples (ALC-3): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 88
Figura 81 – Afundamento com solevamento lateral em pavimento de revestimento em bloquetes de concreto simples (AL-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia ... 89
Figura 82 – Desnível em tampa de PV em pavimento de revestimento em concreto simples (DTPV-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 89
Figura 83 – Buraco em tampa em concreto de drenagem urbana em pavimento de revestimento em concreto simples (B-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia 90
Figura 84 - Árvore de decisão para defeito de Trincas por fadiga do revestimento..... 92
Figura 85 – Abertura de trincas para selagem e limpeza..... 93

Figura 86 – Aplicação de produto selante 94
Figura 87 – Revestimento após selagem de trincas 94
Figura 88 – Aplicação de camada de agregado miúdo 95
Figura 89 – Aplicação de lama asfáltica 96
Figura 90 – Exemplo de reciclagem *in situ* 98
Figura 91 – Exemplo de Usina de reciclagem 98
Figura 92 – Processo de recapeamento 99
Figura 93 – Fresagem de pavimento 99
Figura 94 - Árvore de decisão para defeito de “panelas” 100
Figura 95 – Aplicação de pintura de ligação 101
Figura 96 – Compactação da mistura betuminosa. 102
Figura 97 - Árvore de decisão para defeito em Remendo 103
Figura 98 – Aplicação de ligante 104
Figura 99 – Espalhamento do agregado: a) distribuição; b) correção das imperfeições 104
Figura 100 – Compressão do agregado 105
Figura 101 – Pavimento após tratamento superficial simples: a) aspecto superficial; b) vista geral 105
Figura 102 - Árvore de decisão para defeito de Desgaste 106
Figura 103 – Intervenção em buraco em tampa de concreto: a) corte da tampa de concreto; b) pavimento com nova peça de concreto 109

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Ocorrência de defeitos no pavimento da Avenida Nagib Mutran.....90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de Polos Geradores de Viagens 26
Quadro 2 - Evolução da rede rodoviária federal e estadual (km) 29
Quadro 3 - Quadro resumo dos defeitos 1 – Codificação e Classificação. 39
Quadro 4 - Quadro resumo dos defeitos 2 – Codificação e Classificação 40
Quadro 5 - Critérios para classificação dos fatores utilizados na avaliação funcional subjetiva (visual) do pavimento 60
Quadro 6 - Ficha de contagem volumétrica I para o primeiro turno 117
Quadro 7 - Ficha de contagem volumétrica II para o segundo turno. 118
Quadro 8 - Ficha de avaliação da condição superficial do pavimento em revestimento asfáltico. 119
Quadro 9 - Ficha de avaliação da condição superficial do pavimento em concreto simples. 120
Quadro 10 - Avaliação da condição superficial do pavimento em revestimento asfáltico da Av. Nagib Mutran. 125
Quadro 11 - Avaliação da condição superficial do pavimento em revestimento em concreto simples da Av. Nagib Mutran. 125
Quadro 12 - Identificação de defeitos nos pavimentos 128
Quadro 13 - Resumo das causas dos defeitos considerados no Programa SHRP e principais atividades de manutenção e reabilitação. 132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fator de equivalência em carros de passeio 59
Tabela 2 - Valores de VMD das contagens volumétricas realizadas 60
Tabela 3 - Volume Médio Diário (VMD) da via estudada 71
Tabela 4 - Volume de tráfego da Av. Nagib Mutran na terça-feira (12/02/2019) no turno da manhã 121
Tabela 5 - Volume de tráfego da Av. Nagib Mutran na terça-feira (12/02/2019) no turno da tarde 122
Tabela 6 - Volume de tráfego da Av. Nagib Mutran na quarta-feira (13/02/2019) no turno da manhã 123
Tabela 7 - Volume de tráfego da Av. Nagib Mutran na quarta-feira (13/02/2019) no turno da tarde 124

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO	*Association of State Highway and Transportation Officials*
CA	Camada de revestimento asfáltico
CKMPA	Comunidade Obra Kolping de Marabá Pedro Arrupe
CNT	Confederação Nacional de Transporte
COD.	Codificação
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LA	Lama Asfáltica
M&R	Manutenção e Reabilitação
PGT	Polos Geradores de Tráfego
PGV'S	Polos Geradores de Viagens
PV	Poço de Visita
RL	Ruptura Lenta
RR	Ruptura Rápida
SB	Sub-base
SENAC	Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
SEVOP	Secretaria Municipal de Viação e Obras Públicas
SGP	Sistema de Gerência de Pavimentos
SHRP	*Strategic Highway Research Program*
SL	Subleito
SMA	*Stone Matrix Asphalt*
UCP	Unidades de Carro de Passeio
VH	Volume Horário
VMD	Volume Médio Diário

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 19

1.1 Hipótese da pesquisa 20

1.2 Objetivos 20

***1.2.1 Geral* 20**

***1.2.2 Específicos* 20**

1.3 Justificativa 21

1.4 Estrutura do trabalho 22

2 REFERENCIAL TEÓRICO 24

2.1 Contagem volumétrica do tráfego 25

2.2 Polos Geradores de Viagens (PGV's) 25

2.3 Histórico da pavimentação 27

2.4 Pavimento 30

***2.4.1 Tipos de pavimentos* 31**

***2.4.2 Camadas do pavimento flexível* 34**

2.5 Defeitos em pavimentos flexíveis 36

***2.5.1 Defeitos em superfície* 37**

2.5.1.1 Causas dos defeitos em superfície 37

***2.5.2 Terminologia e tipos de defeitos* 38**

2.5.2.1 Fendas 40

2.5.2.2 Afundamento 44

2.5.2.3 Ondulação ou corrugação 46

2.5.2.4 Escorregamento 47

2.5.2.5 Exsudação 48

2.5.2.6 Desgaste 48

2.5.2.7 "Panela" ou buraco 49

2.5.2.8 Remendo 49

2.5.2.9 Outros defeitos 50

2.6 Avaliação de pavimentos 52

2.6.1 Avaliação Funcional 52

2.6.2 Levantamento de defeitos no campo 53

2.7 Manutenção e Reabilitação de pavimentos 54

3 METODOLOGIA 56

3.1 Classificação da Pesquisa 56

3.2 Planejamento da pesquisa 56

3.2.1 Descrição do local de estudo 57

3.2.2 Identificação dos PGV's 58

3.2.3 Contagem volumétrica do tráfego 59

3.2.4 Avaliação Funcional da Condição Superficial do Pavimento 60

3.2.5 Levantamento de Dados 61

3.2.6 Manutenção e Reabilitação do Pavimento 62

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS 64

4.1 Identificação dos Polos Geradores de Viagens – PGV's 65

4.2 Contagem volumétrica do tráfego 70

4.3 Avaliação Funcional da Condição Superficial do Pavimento 71

4.3.1 Condição Superficial do pavimento 72

4.3.1.1 Pavimento flexível em revestimento asfáltico 72

4.3.1.2 Pavimento flexível em revestimento de concreto simples 80

4.3.2 Avaliação geral da condição superficial do pavimento 90

4.4 Propostas de Manutenção e Reabilitação (M&R) do Pavimento 91

4.4.1 Aplicação das Árvores de Decisões 91

4.4.1.1 Atividades de M&R de Trincas do tipo "couro de jacaré" 92

4.4.1.1.1 Selagem 92

4.4.1.1.2 Capa selante 95

4.4.1.1.3 Lama asfáltica 96
4.4.1.1.4 Reciclagem 97
4.4.1.1.5 Recapeamento 98
4.4.1.2 Atividades de M&R de “panelas” 99
4.4.1.2.1 Remendo 100
4.4.1.2.2 Preenchimento de buracos 102
4.4.1.3 Atividades de M&R de Remendo 102
4.4.1.3.1 Remendo 103
4.4.1.3.2 Selagem 103
4.4.1.3.3 Tratamento Superficial 103
4.4.1.4 Atividades de M&R de Desgaste 105
4.4.1.4.1 Reciclagem 106
4.4.1.4.2 Tratamento Superficial 106
4.4.2 Atividades de M&R de Afundamento 106
4.4.2.1 Recapeamento 107
4.4.2.2 Reciclagem 107
4.4.2.3 Reconstrução 107
4.4.3 Atividades de M&R de Trincas interligadas e Agregados polidos em placas de concreto 107
4.4.3.1 Recapeamento 108
4.4.3.2 Reconstrução 108
4.4.4 Atividades de M&R de Derrame de material 108
4.4.5 Atividades de M&R de Desnível em tampa de PV 108
4.4.6 Atividades de M&R de Buraco em tampa de concreto de drenagem urbana 109
4.4.7 Atividades de M&R de Deformação transversal e Peças quebradas em revestimento de bloquetes 109
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 109
5.1 Conclusões 110

5.1 Recomendações para trabalhos futuros 111

REFERÊNCIAS 111

APÊNDICE A – Fichas de contagem volumétrica 117

APÊNDICE B - Fichas de avaliação da condição superficial do pavimento..... 119

APÊNDICE C – Tabelas de volume de tráfego 121

APÊNDICE D – Quadros de Avaliações da condição superficial do pavimento..... 124

ANEXO A - Identificação de defeitos nos pavimentos..... 127

ANEXO B - Resumo das causas dos defeitos considerados no Programa SHRP e principais atividades de manutenção e reabilitação 131

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de transportes são compostos por atividades, recursos e instalações relacionadas à capacidade de movimentar pessoas, produtos e serviços em uma determinada economia, sendo constituído por cinco modais básicos: rodoviário, ferroviário, aquaviário, aeroviário e dutoviário (FILHO, 2013). Dentro da matriz modal brasileira, as rodovias demonstram uma soberania nos meios de circulação de bens e pessoas, tendo importante representatividade social e econômica para o país. Segundo o Plano Nacional de Logística e Transportes (BRASIL, 2011), o modal rodoviário apresenta 52% de participação nos transportes regionais de cargas, estando a frente do ferroviário (30%), hidroviário (5%) e dutoviário (5%).

Em contrapartida, a malha viária brasileira dispõe de precariedades em sua infraestrutura, sobretudo na pavimentação. Segundo CNT (2018), cerca de 87,6% da extensão total das rodovias brasileiras encontram-se pavimentadas, o que corresponde a 213.453 km de extensão. Entretanto, os dados oriundos do Relatório Gerencial da Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2018) mostram que mais da metade da extensão total das rodovias pavimentadas avaliadas, apresentam problemas no pavimento, cerca de 50,9%, sendo classificadas em Regular (37,0%), Ruim (9,5%), Péssimo (4,4%), e tendo apenas 42,3% e 6,8% dessas rodovias em estado de conservação Ótimo e Bom, respectivamente.

Os desgastes ocorrentes nos pavimentos são provenientes da ação de agentes como a temperatura, o tráfego e a água, sendo acelerados pela má execução das obras de pavimentação e pela seleção inadequada dos materiais constituintes de suas camadas estruturantes (FIGUEIREDO, 2011). Tal processo de degradação afeta a funcionalidade dos pavimentos, uma vez que esses devem promover condições favoráveis de rolamento, conforto, economia e segurança aos usuários das vias (BERNUCCI *et al*., 2008).

Dessa forma, com o atual estado de degradação da infraestrutura rodoviária brasileira e a demanda por melhorias, torna-se necessário a definição e execução de procedimentos técnicos para avaliação do pavimento. Esse acompanhamento técnico, fornece subsídios para apoiar, no momento certo, os gestores responsáveis nas decisões de intervenção, com o intuito de restituir a qualidade aos pavimentos e ampliar a vida útil das rodovias (VIDEIRA, 2014).

Nesse contexto, este trabalho apresenta uma análise geral da pavimentação com ênfase em patologias nos pavimentos, e apoia-se em um levantamento de dados realizado em campo na cidade de Marabá – PA. Trata-se de uma avaliação funcional dos defeitos existentes no pavimento flexível de uma via urbana do município com expressivo volume de tráfego, a

avenida Nagib Mutran no Núcleo Cidade Nova. Tal fluxo de veículos são oriundos da influência dos denominados Polos Geradores de Viagens (PGV's) presentes no entorno dessa via, tais como: bancos, pontos de embarque e desembarque de passageiros do transporte urbano, praça, hotel, hospital, escolas, entre outros.

O método de avaliação proposto nesta pesquisa consiste na Avaliação Funcional da Condição Superficial do Pavimento, baseada em ações para obtenção de dados e consequente elaboração de um diagnóstico da condição superficial do pavimento flexível da via estudada. A partir dos resultados obtidos, torna-se possível a definição das necessidades de intervenção da pavimentação e a proposição de medidas de Manutenção e Reabilitação (M&R) do pavimento analisado, baseado nas Árvores de Decisões propostas por Pantigoso (1998), e complementadas pelos manuais e normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) e pelos procedimentos do *Strategic Highway Research Program* (SHRP). Tais métodos são apresentados nos capítulos dois e três deste trabalho.

1.1 Hipótese da pesquisa

Esta pesquisa tem como hipótese básica a identificação de uma via urbana pavimentada em Marabá – PA em condição de rolamento, conforto visual, segurança e economia desfavoráveis aos usuários, dado a presença de diversos polos geradores de viagens que influenciam na mobilidade urbana do município, além da influência da ação dos agentes temperatura e água atuantes no pavimento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Analisar os defeitos contidos no pavimento da Avenida Nagib Mutran localizada na cidade de Marabá – PA a partir do desenvolvimento de uma Avaliação Funcional da Condição Superficial do pavimento e propor atividades de Manutenção e Reabilitação (M&R) da pavimentação.

1.2.2 Específicos

- Efetuar a contagem volumétrica do tráfego na via urbana estudada;

- Identificar os Polos Geradores de Viagens (PGV's) contidos no entorno da via estudada;

- Realizar um levantamento dos defeitos existentes no pavimento da via urbana.

1.3 Justificativa

Semelhante ao cenário nacional das rodovias brasileiras, em que boa parte da extensão rodoviária pavimentada não atende as condições adequadas para o transporte de bens e pessoas, o Estado do Pará retrata a mesma realidade em sua malha rodoviária. Do total de 6.072 km em extensão de rodovias pavimentadas no Estado, apenas 31,45% e 6,2% apresentam qualidade de pavimento com classificação Ótimo e Bom, respectivamente, estando metade em estado Regular (50,7%), 6,0% Ruim e 5,7% Péssimo (CNT, 2018).

No âmbito municipal, as vias urbanas devem atender aos requisitos básicos de mobilidade urbana, ou seja, oferecer condições favoráveis para realização de deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano. Segundo a Lei de Mobilidade Urbana Nº 12.587/12 (BRASIL, 2012), os municípios com população acima de 20.000 habitantes deverão elaborar o Plano de Mobilidade Urbana, compatível e integrado aos seus planos diretores. Tal plano deve estar alinhado aos objetivos da Política Nacional de Mobilidade Urbana, a qual tem como um de seus objetivos a melhoria das condições urbanas de mobilidade e acessibilidade para a população (BRASIL, 2012).

O município de Marabá – PA tem retratado um desenvolvimento econômico aliado ao crescimento populacional, o que tem contribuído para uma ascendente demanda por infraestrutura urbana adequada. A cidade possui uma população de 233.669 habitantes, segundo IBGE (2010), com estimativa de 275.086 pessoas para o ano de 2018. Quanto ao número de veículos, o município apresenta a terceira maior frota de veículos do Estado do Pará, com um total de 104.587 veículos, atrás apenas da capital Belém (428.898 veículos) e de Ananindeua (123.386 veículos), tendo um expressivo crescimento desde o ano de 2010, em que a frota era de apenas 56.977 veículos, conforme IBGE (2016).

Dessa forma, os impactos negativos no trânsito do município são notórios, tendo em vista o aumento no número de acidentes e no tempo de deslocamento. Além disso, a existência de uma extensão considerável de vias ainda não pavimentadas compromete a qualidade do tráfego em diversos pontos da cidade.

Aliada à essa sobrecarga no tráfego urbano, as ausentes ou inadequadas atividades de manutenção e conservação da pavimentação na cidade retratam a depreciação crescente das

vias urbanas, na medida em que os desgastes na superfície dos pavimentos são cada vez mais recorrentes. Tal realidade pode ser notada na principal avenida do núcleo Cidade Nova, a avenida Nagib Mutran, a qual apresenta diversos defeitos em seu pavimento.

Surge, portanto, a necessidade de planejamento e gestão da infraestrutura da rede viária urbana a partir de investimentos na manutenção e reabilitação do pavimento existente, de modo a atender às exigências da Política Nacional de Mobilidade Urbana, oferecendo condições seguras aos usuários das vias urbanas do município.

Nesse contexto, o presente trabalho visa realizar uma avaliação técnica por meio do diagnóstico dos defeitos existentes no pavimento da avenida Nagib Mutran em Marabá – PA, tendo a justificativa baseada em uma necessidade existente de determinar as condições de superfície do pavimento, confrontando-as com as demandas por infraestrutura urbana adequada advindas do aumento no tráfego e intensificadas pelos polos geradores de viagens presentes na cidade. Desse modo, a pesquisa tende a apresentar-se como uma ferramenta auxiliadora no planejamento e gestão do pavimento por parte dos órgãos competentes, cujo objetivo engloba atividades de conservação do bom funcionamento da via urbana e a ampliação de sua vida útil.

1.4 Estrutura do trabalho

No capítulo 1 é realizada uma breve apresentação do estado de conservação dos pavimentos das rodovias federais, estaduais e do município de Marabá, alguns comentários sobre a mobilidade urbana e os polos geradores de viagens presentes na cidade, além de apresentar a hipótese da pesquisa, os objetivos gerais e específicos e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2 são abordados os entendimentos sobre a contagem volumétrica do tráfego e polos geradores de viagens, e os principais conceitos no âmbito da pavimentação, envolvendo os tipos de pavimentos, a composição e função de cada camada constituinte, e ainda é realizada uma descrição dos defeitos presentes nos pavimentos, os meios de avaliação e as formas de manutenção e reabilitação.

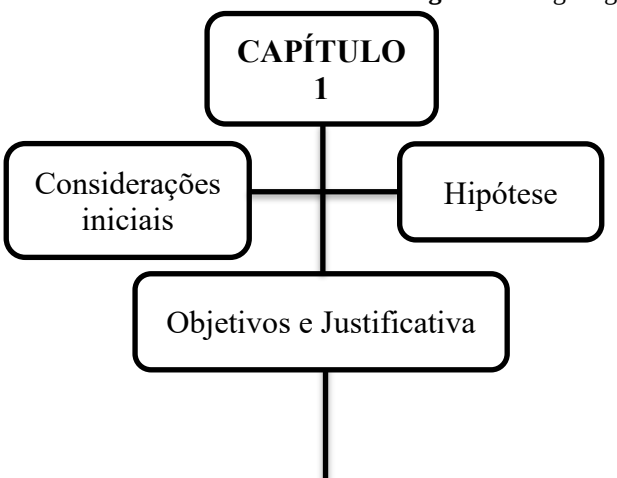
Em seguida, no capítulo 3 faz-se a classificação da pesquisa e seu planejamento, com a caracterização do local de estudo e definição dos métodos de identificação dos PGV's, contagem volumétrica, levantamento de dados, avaliação funcional da condição superficial do pavimento e de proposição das atividades de manutenção e reabilitação do pavimento danificado.

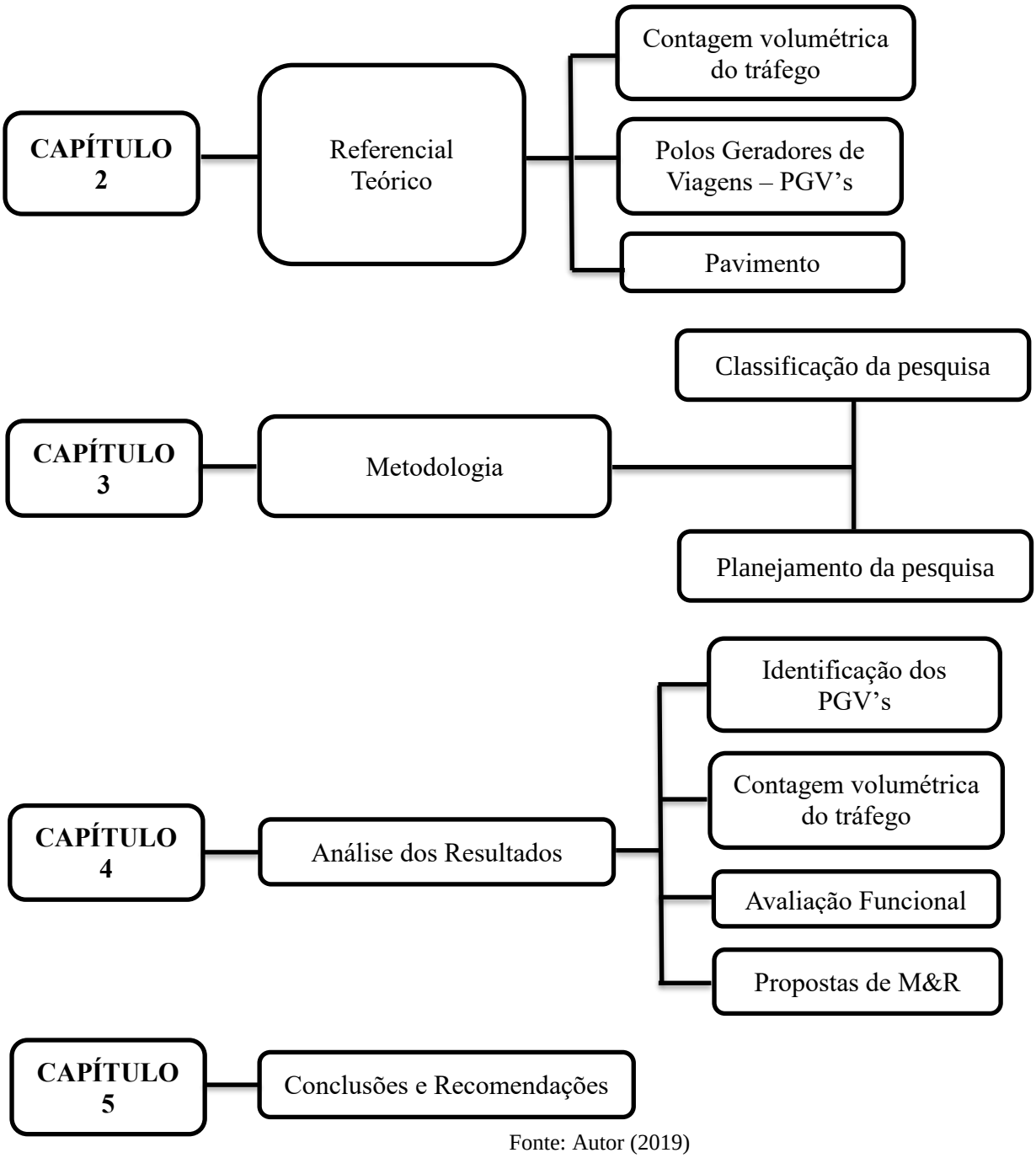
No capítulo 4, apresenta-se os principais resultados da pesquisa, com a identificação dos polos geradores de viagens, a definição do volume médio de tráfego diário da via estudada e a

demonstração dos defeitos identificados no pavimento com a formulação de propostas de manutenção e reabilitação conforme a literatura.

No capítulo 5, são descritas as conclusões e recomendações do trabalho. A seguir, é apresentado um organograma do delineamento do trabalho:

Figura 1 - Organograma de delineamento do trabalho





Fonte: Autor (2019)

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo apresenta um panorama geral sobre a temática abordada nesta pesquisa. Desse modo, esta seção abrange a contagem volumétrica do tráfego, as definições e classificações dos Polos Geradores de Viagens (PGV's), e contempla o histórico da pavimentação no Brasil e no mundo. Apresenta, ainda, a definição de pavimento e suas

classificações, as camadas constituintes da estrutura do pavimento e suas funções, os defeitos existentes em pavimentos flexíveis, abordando suas causas, terminologias e tipos.

Nos últimos tópicos desse capítulo, apresenta-se a avaliação de pavimento e os métodos para o levantamento dos defeitos no campo, além de conceituar-se as formas de manutenção e reabilitação mais comuns presentes na literatura.

2.1 Contagem volumétrica do tráfego

A contagem de tráfego tem por finalidade a determinação da composição, quantidade e direção do fluxo de tráfego, abrangendo veículos e/ou pedestres que circulam pela interseção ou segmento de uma via urbana em uma determinada unidade de tempo (CAMPOS, 2013).

Dentre os fluxos de tráfego, o Volume Médio Diário (VMD) é aquele que consiste na média dos volumes dos veículos trafegando durante 24 horas em determinado trecho da via, sendo aferido em um período representativo de um ano, normalmente, com unidade em veículos/dia (vpd) (DNIT, 2006a). Para Gomes (2004), o VMD pode ser medido, ainda, por períodos de seis meses, um mês, uma semana ou até mesmo um ou dois dias.

Segundo o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006a), dentre as utilidades dessa contagem, destacam-se:

- Indicação da necessidade de melhorias e construção de vias;
- Determinação da priorização dos investimentos;
- Cálculo de taxas de acidentes;
- Estimativa de melhoramento aguardado em obras de vias, entre outras.

O fluxo de tráfego pode ser obtido, ainda, durante o intervalo de um dia, expresso na unidade veículos/hora (vph), o qual será denominado de Volume Horário (VH), obtido pela soma do número total de veículos circulando em uma hora (DNIT, 2006a). Conforme Gomes (2004), as horas com maior volume de tráfego em determinada via, durante o dia, denominam-se Horas de pico, as quais têm grande importância para os responsáveis por estudos de projetos e análise de operação de rodovias.

Logo, a realização de uma contagem volumétrica do tráfego auxilia, dentro do contexto de melhorias das vias urbanas, na determinação de atividades de conservação das estruturas dos pavimentos urbanos, as quais são abordadas nos tópicos 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 e 2.7 deste trabalho.

2.2 Polos Geradores de Viagens (PGV’s)

No contexto do tráfego urbano das cidades, os empreendimentos de grande porte instalados no Brasil, sobretudo a partir de 1980 com a passagem da estrutura espacial urbana de centro para uma composição de centro e subcentros, propiciaram impactos no volume de viagens realizadas no espaço urbano, sendo então denominados de Polos Geradores de Tráfego (PGT) (KNEIB *et al*., 2010). Segundo os autores, os estudos relativos a tais empreendimentos demonstraram uma maior abrangência de seus impactos na cidade, os quais afetam não somente o tráfego, mas também a qualidade de vida das pessoas e o desenvolvimento socioeconômico, o que contribuiu na formulação de uma nova denominação: Polos Geradores de Viagens (PGV's).

Assim, em relação aos impactos de PGV's no espaço urbano, Portugal e Goldner (2003) enfatizam que tais edificações exercem elevada atratividade sobre a população, a partir da oferta de bens ou serviços, resultando em um grande número de viagens e consequentes reflexos na circulação viária do entorno, o que gera necessidade de espaços maiores para estacionamento. Conforme Bandeira e Kneib (2017), os PGV´s podem ainda acarretar prejuízos à paisagem urbana, devido a formação de congestionamentos e a ocorrência de acidentes de trânsito, saturação do sistema viário e poluição.

Quanto à classificação dos PGV's, Gontijo (2014) aponta os tipos e subtipos existentes de acordo com Rede-PGV (2005), conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Tipos de Polos Geradores de Viagens

Tipos	**Subtipos**
a) Terminal	Porto, Aeroporto de Carga, Estação Metro-ferroviária, Rodoviária, Edifício Garagem, Centros Logísticos;
b) Industrial	Leve, Pesada, Manufaturada;
c) Residencial	Unifamiliar, Apartamento, Conjunto, Condomínio;
d) Alojamento	Hotel, Motel, Apart-Hotel;
e) Recreacional	Parques, Centros, Teatros, Cinemas, Academias, Estádios, Ginásios, Arenas, Praças de Touros;
f) Institucional	Igrejas, Prédios da Administração Pública, Legislativo, Bibliotecas;

g) Ensino	Maternais, Colégios, Universidades;
h) Escritório	Edifícios;
i) Saúde	Clínicas, Hospitais;
j) Varejo	Restaurantes, Hipermercados, Centros comerciais;
k) Polos Múltiplos ou de Múltiplos Usos	Parques Tecnológicos;
l) Eventos Temporários	Vários tipos.

Fonte: Rede-PGV (2005, *apud* Gontijo, 2014)

Desta forma, os PGV's têm bastante influência na dinâmica dos espaços urbanos, pois se não houver estudos de influência desses polos, os mesmos podem contribuir de maneira negativa em termos de mobilidade e conservação de infraestrutura das vias.

2.3 Histórico da pavimentação

A busca pelo entendimento da história da pavimentação conduz à exploração da própria história da humanidade, contornando o passado do povoamento dos continentes, as conquistas de territórios, as relações comerciais, culturais e religiosas, além do desenvolvimento e da urbanização (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Na antiguidade, os povos egípcios concederam inicialmente caminhos abertos em forma de via, contendo drenos laterais e uma pavimentação primária, tendo função restrita para as festividades, permitindo serviços religiosos e desfiles reais e militares (CORINI, 1947 *apud* BALBO, 2007).

Ainda no contexto da antiguidade, as vias romanas começaram a apresentar atenções técnicas específicas à pavimentação, tendo destaque a Via Appia projetada e construída a partir do ano de 312 a.C. por Claudio Appio Cieco, com a finalidade de ligar Roma e Taranto para garantir a comunicação entre as províncias orientais e a sede de Roma (BALBO, 2007). A Figura 2 apresenta o pavimento típico das estradas romanas.

Figura 2 - Pavimento romano típico em via consular

Fonte: Balbo (2007).

As nações europeias fundadas a partir da queda do Império Romano em 476 d.C. e em séculos seguintes, deixaram de ter atenção às construções e às conservações das estradas, conforme Mascarenhas Neto (1790, *apud* BERNUCCI *et al.*, 2008). Ainda segundo o autor, desde os romanos, a França foi a pioneira no reconhecimento da ação do transporte no âmbito comercial, dando ênfase na velocidade das viagens. Desde essa época, alguns aspectos importantes para uma adequada pavimentação passaram a ser considerados, tais como: drenagem e abaulamento; erosão; distância de transporte; compactação; sobrecarga e marcação.

No Brasil, no início do século XX, as estradas em revestimento de macadame hidráulico e suas variações correspondiam a 500 km, com tráfego exclusivo de veículos de tração animal (PREGO, 2001). Nesse século, a construção da estrada "Caminho do Mar" (Figura 3) ligando São Paulo a Cubatão, pela então Diretoria de Estradas e Rodagem de São Paulo, ficou marcada como a primeira experiência de grande porte no país, considerando as condições geométricas e extensões do pavimento da rodovia (BALBO, 2007).

Um outro marco na história da pavimentação no Brasil envolve a criação do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) em 1937 pelo presidente Getúlio Vargas (BERNUCCI *et al.*, 2008). Com a chegada dos anos 50, o país teve um crescimento em relação à pavimentação rodoviária, tendo em vista que as iniciativas pessoais dos técnicos atuantes no antigo DNER promoveram a migração de tecnologias dos Estados Unidos da América, o que propiciou a necessidade de tornar normativo e uniforme os serviços e técnicas construtivas, resultando na criação da primeira edição do Manual de Pavimentação em 1960 (DNIT, 2006b).

Figura 3 - Vista do Caminho do Mar

Fonte: Balbo (2007).

O Quadro 2 apresenta a evolução da rede rodoviária federal e estadual desde 1970 até 2015, contemplando as vias pavimentadas e não pavimentadas, não incluindo a rede viária municipal, responsável pela grande malha não pavimentada no Brasil.

Quadro 2 - Evolução da rede rodoviária federal e estadual (km)

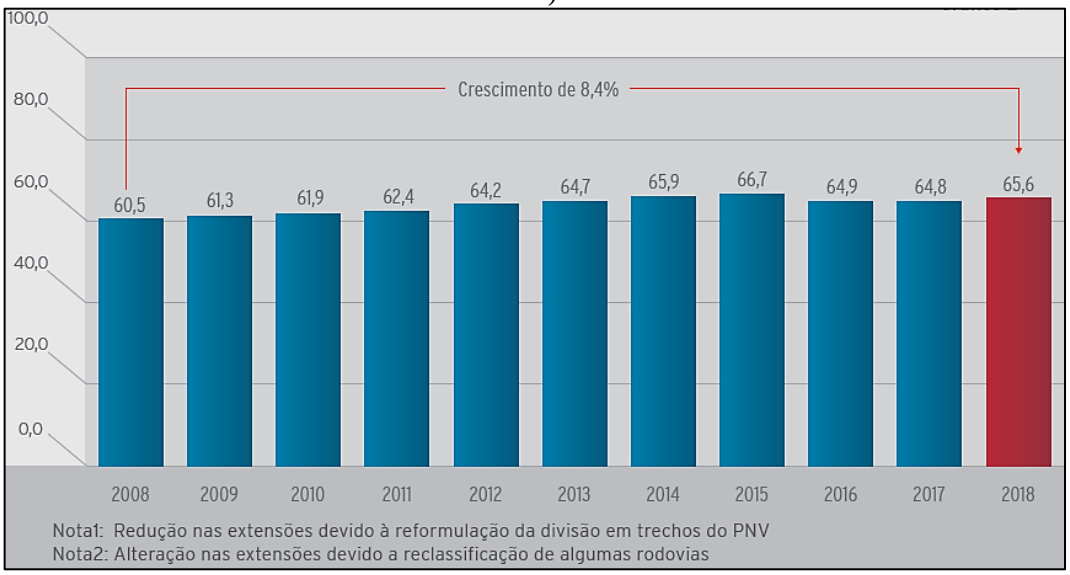
Ano	**Federal**			**Estadual**		
	Pavimentada	**Não pavimentada**	**Total**	**Pavimentada**	**Não pavimentada**	**Total**
1970	24.146	27.394	51.540	24.431	105.040	129.471
1975	40.190	28.774	68.964	20.641	86.320	106.961
1980	39.685	19.480	59.165	41.612	105.756	147.368
1985	46.455	14.410	60.865	63.084	100.903	163.987
1990	50.310	13.417	63.727	78.284	110.769	189.053
1993	51.612	13.783	65.395	81.765	110.773	192.538
2003	57.143	14.049	71.192	84.352	111.410	195.762
2005	58.149	14.651	72.800	98.377	109.963	208.340
2007	61.304	13.636	74.940	106.548	113.451	219.999
2009	61.920	13.775	75.695	106.548	113.451	219.999
2011	64.165	12.817	76.982	110.842	111.334	222.176
2013	65.930	12.577	78.507	110.842	111.334	222.176
2015	64.045	11.945	75.990	119.747	105.601	225.348

Fonte: Adaptado de Ministério dos Transportes (2008, *apud* BERNUCCI *et al*., 2008); CNT (2017).

A Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2018) aponta a evolução da extensão das rodovias federais pavimentadas no período de 11 anos (2008-2018), em que retrata um crescimento total de 8,4% e uma expansão média de quase 1,0% ao ano, conforme Figura 4. Atualmente, existe no país cerca de 213.453 km de rodovias pavimentadas e 1.507,248 km não

pavimentadas (CNT, 2018). Essa diferença promove impactos na segurança e conforto dos usuários, além de desgastar os veículos e comprometer a velocidade e o tempo de viagem.

Figura 4 - Evolução da extensão das rodovias federais pavimentadas – Brasil – 2008 – 2018 (Valores em mil km)



Fonte: CNT (2018).

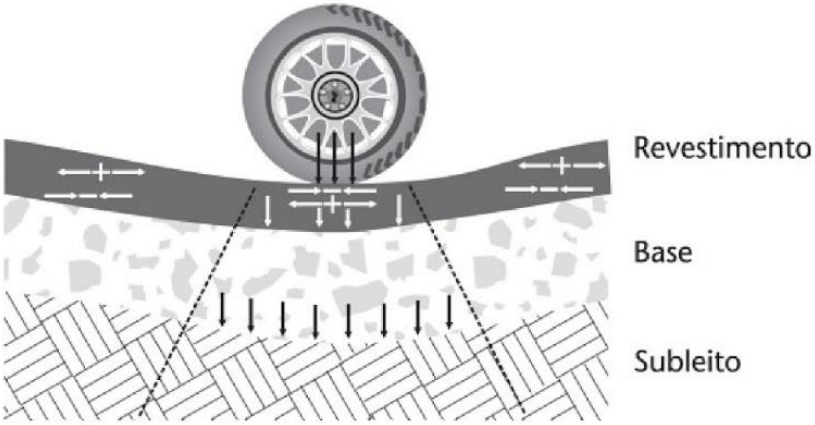
2.4 Pavimento

Dentro da infraestrutura urbana das vias, o pavimento apresenta-se como uma estrutura que segundo Bernucci *et al.* (2008, p. 9) é constituída de:

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

Os esforços ou ações do tráfego resultam da aplicação de cargas expressas em pressão vertical e ação tangencial aplicada entre pavimento e pneu. As ações do clima são oriundas dos efeitos da variação de temperatura, os quais interferem no desempenho das misturas betuminosas, e da presença de água no pavimento, a qual influencia no comportamento do solo de fundação, das camadas granulares e das misturas betuminosas (FONTES, 2010). Esses esforços são recebidos e transmitidos ao longo das camadas constituintes da estrutura do pavimento, conforme a Figura 5, considerando que devem ser trabalhadas deformações compatíveis com a capacidade e a natureza de seus componentes (BALBO, 2007).

Figura 5 - Esforços em camadas do pavimento



Fonte: Balbo (2007).

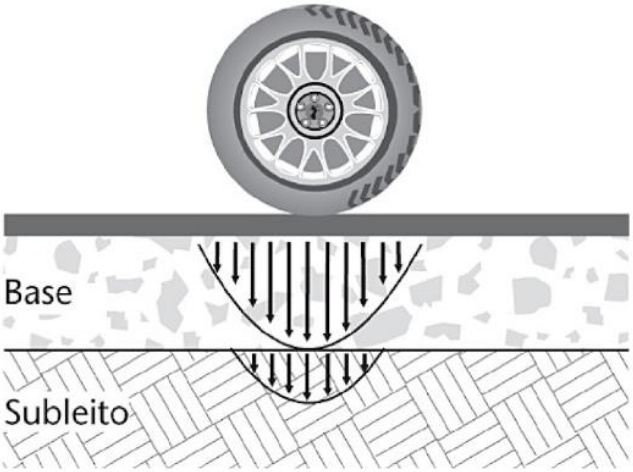
Assim, segundo Balbo (2007), a engenharia da pavimentação tem como objetivo conceder um pavimento capaz de garantir um tráfego de veículos em condições de conforto e segurança, a partir de estruturas e materiais com resistência suficiente para suportar as solicitações impostas pela ação do fluxo de veículos aliados às condições climáticas, de forma a garantir bons resultados quanto aos custos operacionais e de manutenção ao longo de sua vida útil.

2.4.1 Tipos de pavimentos

Os pavimentos são classificados de modo geral em flexíveis, semi-rígidos e rígidos, conforme o Manual de Pavimentação do DNIT (2006b).

O pavimento flexível apresenta deformações elásticas em todas as camadas constituintes, mediante aos esforços aplicados, tendo uma distribuição de carregamento em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas (DNIT, 2006b). A resposta mecânica do pavimento flexível ao campo concentrado de tensões atuantes é representada pela Figura 6 (BALBO, 2007).

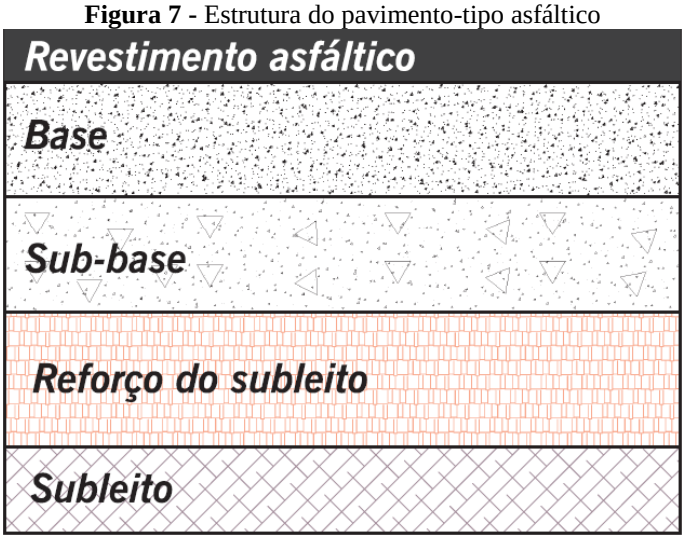
Figura 6 - Resposta mecânica de pavimento flexível: pressões concentradas



Fonte: Balbo (2007).

Em relação às camadas do pavimento flexível e seus materiais constituintes, geralmente exemplificado pelos pavimentos asfálticos, tem-se uma camada de revestimento asfáltico, uma base, uma sub-base e um reforço de subleito de material granular, solo ou misturas de solos sem agentes cimentantes, sobre o subleito ou fundação, conforme Figura 7 (Bernucci *et al.*, 2008).

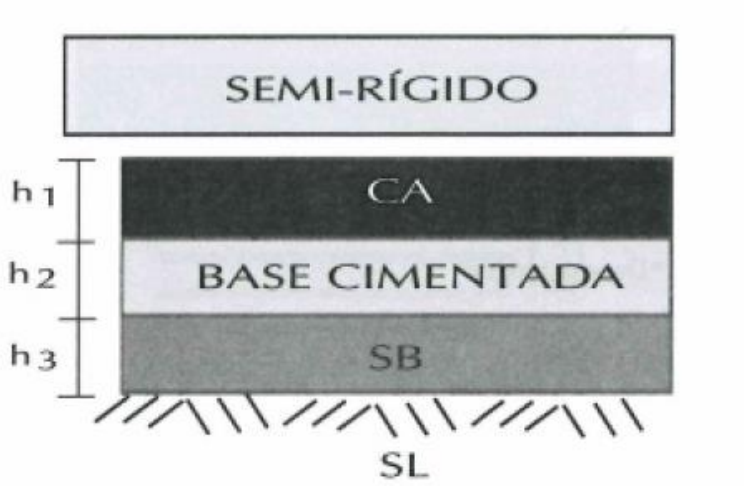
Figura 7 - Estrutura do pavimento-tipo asfáltico



Fonte: Bernucci *et al*. (2008).

Por sua vez, o pavimento semi-rígido "caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica" (DNIT, 2006b, p. 95). A Figura 8 apresenta a representação da composição do pavimento semi-rígido, com camada de revestimento asfáltica (CA), base de material cimentício (Base Cimentada) e sub-base (SB) em material granular ou solo, sobre a fundação ou subleito (SL) (SILVA, 2008).

Figura 8 - Camadas pavimento semi-rígido



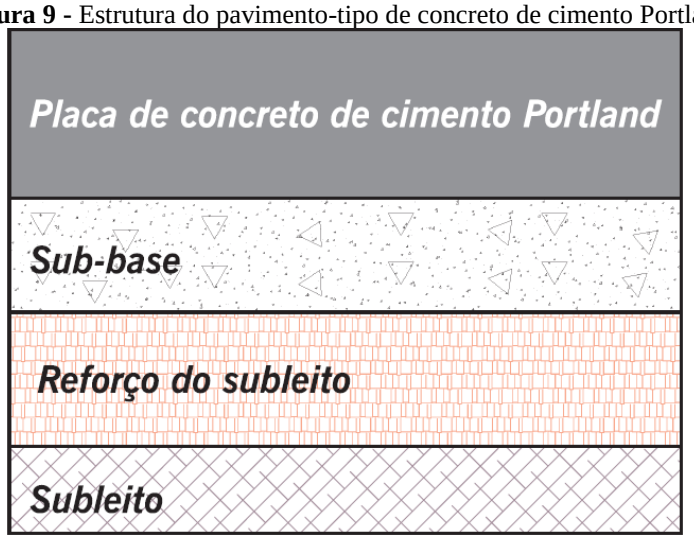
Fonte: Silva (2008).

O pavimento rígido é conceituado como:

> [...] aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland (DNIT, 2006b, p. 95).

A composição dos pavimentos em concreto de cimento Portland, conforme apontado por Bernucci *et al.* (2008), envolve uma camada superior em concreto de cimento Portland, normalmente em placas armadas ou não-armadas, uma camada de sub-base em material granular ou estabilizado com cimento, sobre o reforço do subleito (caso necessário) ou subleito (Figura 9).

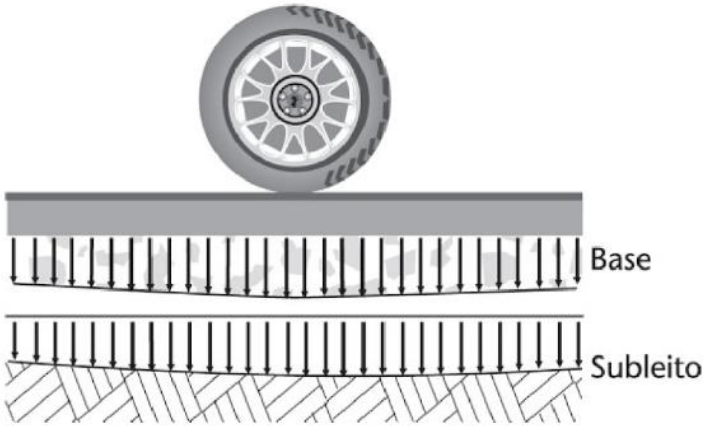
Figura 9 - Estrutura do pavimento-tipo de concreto de cimento Portland



Fonte: Bernucci *et al.* (2008).

A resposta mecânica do pavimento rígido ao campo de tensões atuantes, em efeito de cargas distribuídos pelas dimensões da placa, é representada pela Figura 10 (BALBO, 2007).

Figura 10 - Resposta mecânica de pavimento rígido: pressões distribuídas



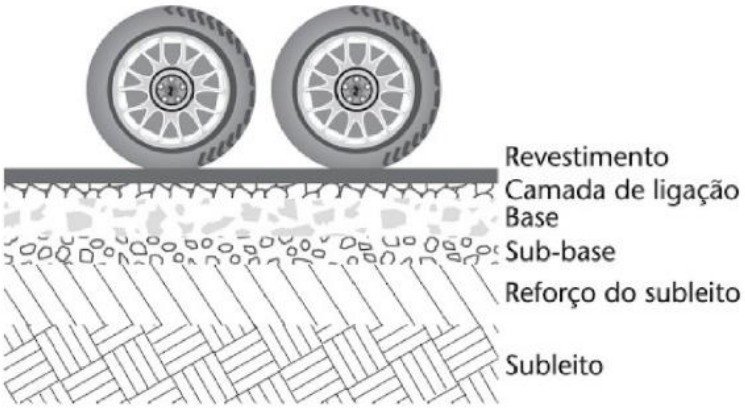
Fonte: Balbo (2007).

Balbo (2007) enfatiza que os pavimentos de concreto podem ser classificados tanto em rígidos quanto em flexíveis, em função do seu tipo de base. A resposta mecânica do pavimento será rígida caso a base seja em concreto vibrado ou compactado, com poucas pressões e deformação nas camadas de fundação. Em contrapartida, caso a base seja em materiais granulares (flexível), a resposta estrutural resultará em elevadas pressões sobre a camada de base, sendo a característica estrutural dos pavimentos flexíveis.

2.4.2 Camadas do pavimento flexível

Em sua forma mais completa, a composição do pavimento flexível dispõe das seguintes camadas: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito ou fundação (Figura 11). Diante da necessidade de garantir condições favoráveis de suporte e rolamento aos veículos, sob quaisquer condições climáticas, cada camada do pavimento apresenta uma ou mais funções específicas (BALBO, 2007).

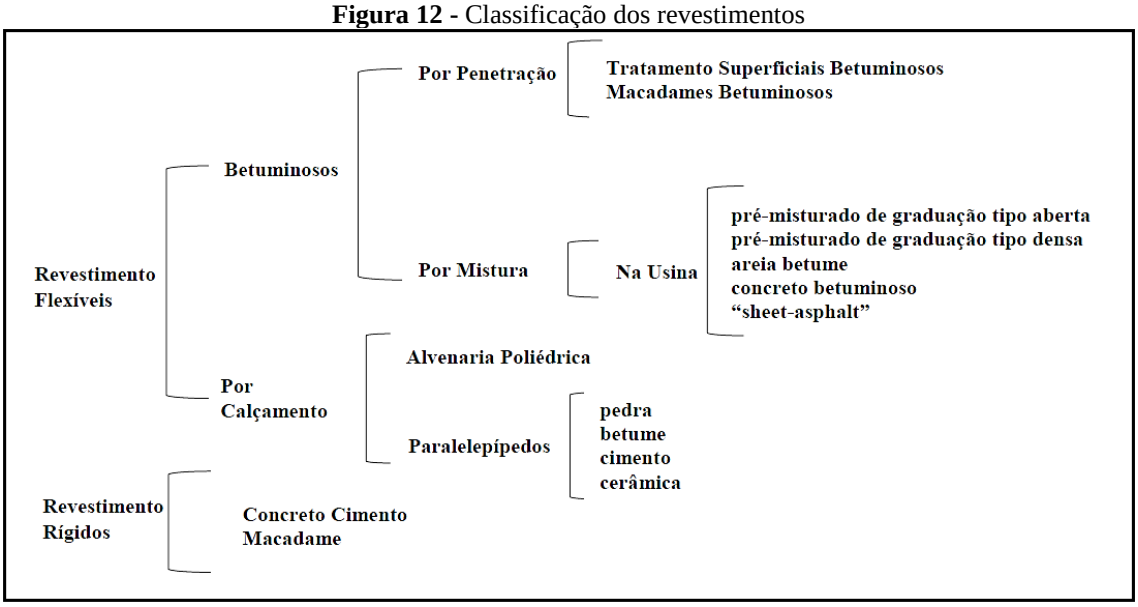
Figura 11 - Camadas genéricas de um pavimento flexível



Fonte: Balbo (2007).

A camada de revestimento é a responsável por receber de forma direta os esforços oriundos da ação do tráfego, almejando proporcionar uma melhor superfície de rolamento em relação aos requisitos de conforto e segurança, além de suportar o desgaste, aumentando a durabilidade do pavimento (SENÇO, 2007). A classificação dos revestimentos pode ser feita segundo o grupamento do DNIT (2006b), apresentado no esquema da Figura 12.

Figura 12 - Classificação dos revestimentos

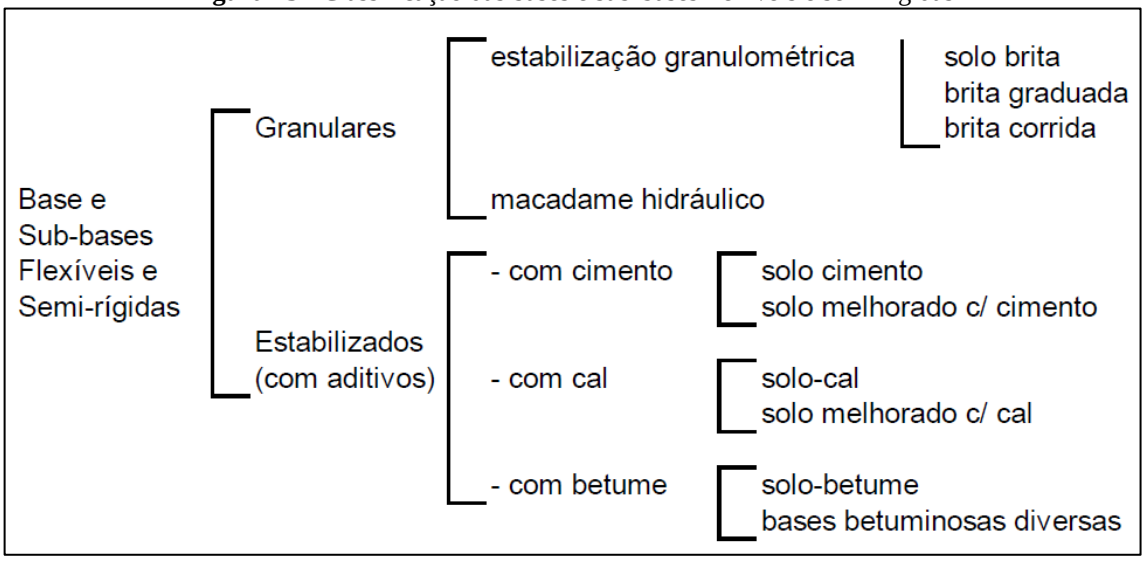


Fonte: DNIT (2006b).

Para Balbo (2007), o revestimento asfáltico ou betuminoso pode assumir duas ou mais subdivisões de camadas, sendo normalmente denominadas "capa de rolamento" (superficial, diretamente em contato com os carregamentos e ações) e "camada de *binder*" (intermediária, entre a camada de rolamento e a base do pavimento).

A camada de base, definida por Senço (2007), tem função de resistir aos esforços verticais devido à ação do fluxo de veículos, além de distribuir esses esforços para as camadas inferiores. Ainda segundo o autor, por razões técnicas e econômicas, a camada de sub-base é utilizada como complemento da camada de base, sendo necessário, em regra, ser constituída de material com qualidade superior à do reforço do subleito e inferior à da base. A classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas, segundo DNIT (2006b), é apresentado no esquema da Figura 13.

Figura 13 - Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas



Fonte: DNIT (2006b).

O subleito para Senço (2007) compreende o terreno de fundação do pavimento, sendo considerada apenas a camada superficial do maciço, uma vez que os esforços atuantes são dispersados em sua profundidade, sendo reduzidos e considerados desprezíveis a partir de certo ponto. Segundo Balbo (2007), o subleito pode ser composto por material natural transportado ou consolidado e compactado.

Por sua vez, o reforço do subleito pode ser entendido como uma camada de espessura constante, com funções de complemento da sub-base ou suplemento do subleito, sendo destinado a resistir e distribuir os esforços verticais, sem comprometer a função do subleito em absorver definitivamente esses esforços (SENÇO, 2007).

No caso de pavimentos asfálticos, as diferentes camadas são interligadas a partir de um filme asfáltico, o qual pode ser denominado de “pintura de ligação”, no caso de aplicação de emulsões asfálticas com intuito de promover aderência entre as camadas, ou de “imprimação impermeabilizante”, caso o objetivo seja aplicar asfaltos diluídos com função de impermeabilizar a camada de solo ou de material granular antes da aplicação da camada superior (BALBO, 2007).

2.5 Defeitos em pavimentos flexíveis

Os materiais constituintes das camadas dos pavimentos sofrem processos de degradação e danificação, ao longo de sua vida útil, resultantes da ação do tráfego, condições ambientais (temperatura e umidade) e agentes químicos, os quais comprometem a qualidade estrutural e funcional da estrutura do pavimento (BALBO, 2007).

Para Silva (2008), as patologias em pavimentos dividem-se em funcionais ou superficiais e estruturais. As patologias funcionais ou superficiais prejudicam as condições de segurança e dirigibilidade do pavimento, enquanto as patologias estruturais comprometem a resistência do pavimento aos esforços oriundos do tráfego.

2.5.1 Defeitos em superfície

As deteriorações, as degradações ou danos ocorridos na superfície dos pavimentos que são passíveis de identificação a olho nu e classificados conforme a terminologia da norma DNIT 005/2003 – TER (DNIT, 2003a), são considerados defeitos em superfície (BERNUCCI *et al.*, 2008), ou seja, tratam-se de patologias superficiais.

A evolução dessas patologias superficiais resulta na perda das características estruturais, que por sua vez, permitem a acumulação e penetração de água entre as camadas subsequentes da estrutura do pavimento, podendo resultar na ruína do pavimento caso esteja aliada às outras ações (VICENTE, 2006).

2.5.1.1 Causas dos defeitos em superfície

Entre as causas dos defeitos de superfície, elencados por Bernucci *et al.* (2008), destacam-se os erros ou inadequações, os quais acarretam o surgimento prematuro dessas patologias, além do intemperismo e a utilização pelo fluxo de veículos, sendo responsáveis pela ocorrência de defeitos a médio e longo prazo. Segundo o mesmo autor, os erros e inadequações contemplam os fatores: projeto; seleção, dosagem ou produção de materiais; métodos construtivos; propostas de conservação e manutenção.

Dentre os fatores motivadores dos erros de projeto, encontram-se principalmente: a dificuldade de previsão do tráfego, vinculada à ausência de dados do tráfego local ou de taxas de crescimento real; a dificuldade de previsão de excessos de carga; a especificação de materiais inexistentes ou indisponíveis; os problemas no dimensionamento estrutural do pavimento, causado pela incompatibilidade estrutural entre as camadas ou seu subdimensionamento, e falhas nas concepções de projeto envolvendo retenção de água e sistema de drenagem (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Em relação aos erros ou inadequações referentes aos materiais, os fatores envolvem: a seleção incorreta de solo, agregados e revestimentos asfálticos para estruturação das camadas do pavimento; a dosagem equivocada do teor de ligante asfáltico nas misturas e de materiais

estabilizados com cimento ou cal; os erros na usinagem com temperatura imprópria nas misturas asfálticas e variações de teores e materiais nessa produção (BERNUCCI *et al*., 2008).

Quanto aos equívocos de ordem construtiva, alguns fatores práticos podem ser citados, como: compactação indevida de cada camada, resultando em rupturas localizadas, deformações ou afundamentos; compactação com variação inapropriada de temperatura na massa asfáltica; e problemas na imprimação (pintura de ligação) entre as camadas (BERNUCCI *et al*., 2008).

Por sua vez, as inconformidades nas propostas de conservação e manutenção do pavimento podem envolver: restauração de superfície com excessivas trincas a partir de camada de revestimento permeáveis, em que pode ocorrer a penetração de água na estrutura do pavimento; a aplicação de reforço com revestimento asfáltico de pouca espessura e alta rigidez como tratamento de pavimento com muitas trincas, permitindo a reflexão de trincas prematuramente; e outros fatores (BERNUCCI *et al*., 2008).

Sobre a importância da análise desses defeitos, Figueiredo (2011) considera que o levantamento das patologias é primordial para o conhecimento das causas de seu surgimento, de modo a fornecer subsídios para definir as intervenções de reparo e técnicas de conservação do pavimento, mantendo favoráveis as condições de segurança, conforto e economia das rodovias.

2.5.2 Terminologia e tipos de defeitos

A norma brasileira DNIT 005/2003 – TER (DNIT, 2003a), intitulada “Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia”, classifica os defeitos de pavimentos nas seguintes categorias: fenda; afundamento; ondulação ou corrugação; escorregamento; exsudação; desgaste; “panela” ou buraco; e remendo. O Quadro 3 e o Quadro 4 contemplam a classificação e codificação das patologias.

Quadro 3 - Quadro resumo dos defeitos 1 – Codificação e Classificação.

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

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

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

Fonte: DNIT (2003a).

Quadro 4 - Quadro resumo dos defeitos 2 – Codificação e Classificação

<table>
<tr><th colspan="4">FENDAS</th><th>CODIFICAÇÃO</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Afundamento</td><td rowspan="2">Plástico</td><td>Local</td><td>Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito</td><td>ALP</td></tr>
<tr><td>Da Trilha</td><td>Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito</td><td>ATP</td></tr>
<tr><td rowspan="2">De Consolidação</td><td>Local</td><td>Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito</td><td>ALC</td></tr>
<tr><td>Da Trilha</td><td>Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito</td><td>ATC</td></tr>
<tr><td colspan="4">Ondulação/Corrugação – Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base</td><td>O</td></tr>
<tr><td colspan="4">Escorregamento (do revestimento betuminoso)</td><td>E</td></tr>
<tr><td colspan="4">Exsudação do ligante betuminoso no revestimento</td><td>EX</td></tr>
<tr><td colspan="4">Desgaste acentuado na superfície do revestimento</td><td>D</td></tr>
<tr><td colspan="4">“Panelas” ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores</td><td>P</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">Remendos</td><td>Remendo Superficial</td><td>RS</td></tr>
<tr><td>Remendo Profundo</td><td>RP</td></tr>
</table>

Fonte: DNIT (2003a).

2.5.2.1 Fendas

As fendas fazem parte da família de patologias chamada fendilhamento, as quais compreendem quaisquer descontinuidades na superfície do pavimento, resultando em aberturas de pequeno ou grande porte, podendo assumir em geral as formas de fissuras, de trincas isoladas transversais, longitudinais ou de retração, além de trincas interligadas do tipo “couro de jacaré” ou do tipo “Bloco” (DNIT, 2003a). Segundo Figueiredo (2011), essa patologia é resultado da repetição de esforços de tração oriundas do constante tráfego dos veículos pesados, os quais são induzidos nas camadas betuminosas e tem como consequência a diminuição da qualidade estrutural do pavimento.

Fissuras

Segundo DNIT (2003a, p. 2) “as fissuras são fendas incipientes que ainda não causam problemas funcionais ao revestimento, não sendo assim consideradas quanto à gravidade nos métodos atuais de avaliação das condições de superfície”.

Trinca isolada transversal

A trinca isolada transversal tem direção perpendicular ao eixo da via, predominantemente, podendo ser caracterizada como curta (extensão de até 100 cm) ou longa (extensão maior que 100 cm) (DNIT, 2003a). Como fatores responsáveis pelo aparecimento desse tipo de trinca, Silva (2008) destaca a reflexão de trincas ou juntas subjacentes tendo em vista a movimentação térmica e as cargas de tráfego, além da retração ocorrida na camada do revestimento asfáltico.

Figura 14 - Trinca isolada transversal

Fonte: DNIT (2003a).

Trinca isolada longitudinal

A trinca isolada longitudinal tem direção paralela ao eixo da via, predominantemente, podendo ser caracterizada como curta (extensão de até 100 cm) ou longa (extensão maior que 100 cm) (DNIT, 2003a). Segundo Figueiredo (2011), essas trincas podem ser resultado de um acabamento ruim da junta de construção da camada superior ou de uma propagação da trinca longitudinal da camada de base.

Figura 15 - Trinca isolada longitudinal

Fonte: DNIT (2003a).

Trinca isolada de retração ou reflexão

Segundo DNIT (2003a, p. 2) a trinca de retração consiste em uma “trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semi-rígida subjacentes ao revestimento trincado”. Segundo Danieleski (2004), esse tipo de trinca tem direção geralmente perpendicular ou paralela ao eixo, predominantemente, além de conter espaçamentos regulares.

Figura 16 - Trinca isolada de retração ou reflexão

Fonte: Silva (2008).

Trinca interligada do tipo “couro de jacaré”

A trinca tipo “couro de jacaré” é definida por DNIT (2003a, p. 2) como um “conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas”. As causas desse tipo de trinca podem envolver a baixa qualidade dos materiais, a fadiga dos materiais betuminosos, o uso de materiais com alta rigidez, o envelhecimento do ligante betuminoso, a ausência de ligação entre as camadas, além da ausência da capacidade de suporte do solo de fundação e das camadas não ligadas (VIDEIRA, 2014).

Figura 17 - Trinca interligada do tipo “couro de jacaré”

Fonte: DNIT (2003a).

Trinca interligada do tipo “Bloco”

A trinca tipo “Bloco” consiste, segundo DNIT (2003a, p. 2), em um “conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas”. Segundo Silva (2008), a trinca em bloco pode apresentar forma retangular, com áreas entre 0,1 m² a 10 m², tendo como causa a retração do revestimento asfáltico e as variações de temperatura diárias, as quais acarretam ciclos diferentes de tensões e deformações.

Figura 18 - Trinca interligada do tipo “Bloco”

Fonte: DNIT (2003a).

2.5.2.2 Afundamento

O afundamento consiste em uma deformação permanente do pavimento, caracterizada por depressões da superfície com ou sem solevamento (elevação). Essa patologia pode assumir a forma de afundamento plástico ou de consolidação (DNIT, 2003a).

Afundamento plástico

O afundamento plástico é definido segundo DNIT (2003a) como “afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento”. Alguns exemplos desse tipo de afundamento são apresentados na Figura 19.

Figura 19 - Afundamento: a) com solevamento lateral em pavimento com paralelepípedo; b) de trilha de roda

a) *b)*

Fonte: Danieliski (2004); Bernucci *et al.* (2008).

Caso o afundamento tenha extensão de até 6 m, é intitulado como afundamento plástico local, e caso sua extensão seja superior à 6 m, tem denominação de afundamento plástico de trilha de roda (SILVA, 2008). As causas podem envolver: excesso de ligante asfáltico na dosagem da mistura asfáltica; erro na seleção do tipo de revestimento asfáltico diante da carga solicitante (BASTOS, 2016).

Afundamento de consolidação

De acordo com DNIT (2003a), o afundamento de consolidação está relacionado à consolidação diferencial que ocorre nas camadas do pavimento ou subleito, não estando acompanhado de solevamento. Divide-se em afundamento de consolidação local, com extensão de até 6 m, e em afundamento de consolidação de trilha com extensão superior à 6 m (SILVA, 2008). Dentre as principais causas, destacam-se: ruptura por cisalhamento das camadas inferiores ao revestimento e descolamento de películas de asfalto juntamente com os agregados (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Figura 20 - Afundamento por consolidação: a) de trilha de roda; b) local

a) *b)*

Fonte: Bernucci *et al.* (2008).

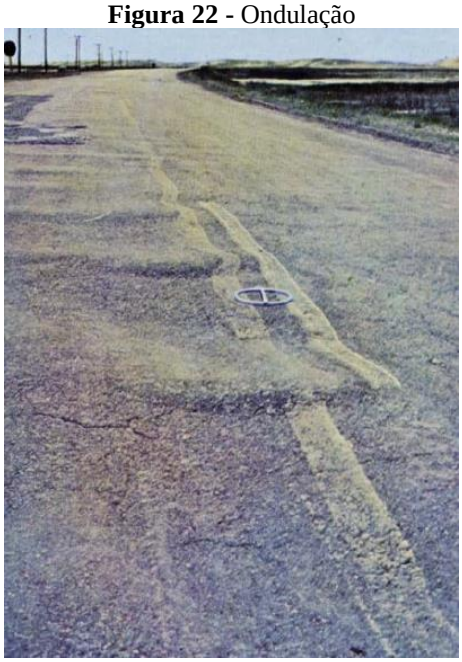
Figura 21 - Afundamento sem solevamento lateral em pavimento com paralelepípedos

Fonte: Bernucci *et al*. (2008).

2.5.2.3 Ondulação ou corrugação

A ondulação ou corrugação pode ser entendida como uma deformação sucessiva ocorrida na superfície do pavimento, tomando a forma de elevações ou depressões, alternadamente. Ocorre na direção transversal ao eixo da via, nos locais de frequente frenagem e aceleração dos veículos, ocasionada principalmente pela inadequada compactação do solo de fundação, pelo arrastamento das camadas betuminosas em virtude da deformação plástica excessiva, e pela presença de muito betume e de agregados finos e pouco angulosos em excesso na camada superior (VIDEIRA, 2014).

Figura 22 - Ondulação



Fonte: DNIT (2003a).

No caso de pavimento em paralelepípedos, são denominadas de deformação por aceleração, frenagem ou mudança de direção, podendo ser longitudinal, transversal ou radial (DANIELISKI, 2004).

Figura 23 - Deformação por aceleração, frenagem ou mudança de direção em pavimento com paralelepípedos

Fonte: Danieliski (2004).

2.5.2.4 Escorregamento

O escorregamento é definido segundo DNIT (2003a, p. 3) como um “deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua”. Em geral, o escorregamento de massa asfáltica é ocasionado pela fluência advinda do excesso de ligante (BERNUCCI *et al.*, 2008).

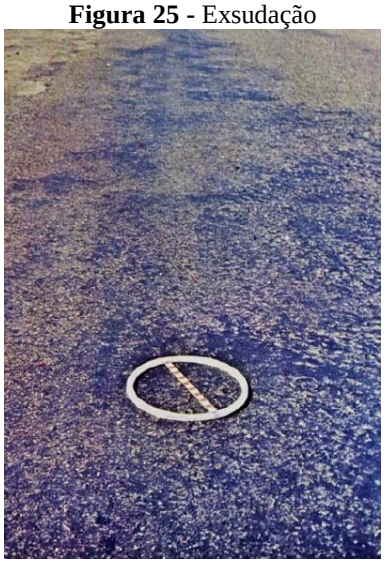
Figura 24 - Escorregamento

Fonte: DNIT (2003a).

2.5.2.5 Exsudação

A exsudação compreende o excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, ocasionada pelo excesso de asfalto que faz com que o material betuminoso migre verticalmente (SENÇO, 2001). Suas causas também envolvem: segregação de massa, formando concentração de ligante em algumas zonas e escassez em outras; e o cravamento de agregados na base que acarreta a migração do ligante para a superfície (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Figura 25 - Exsudação

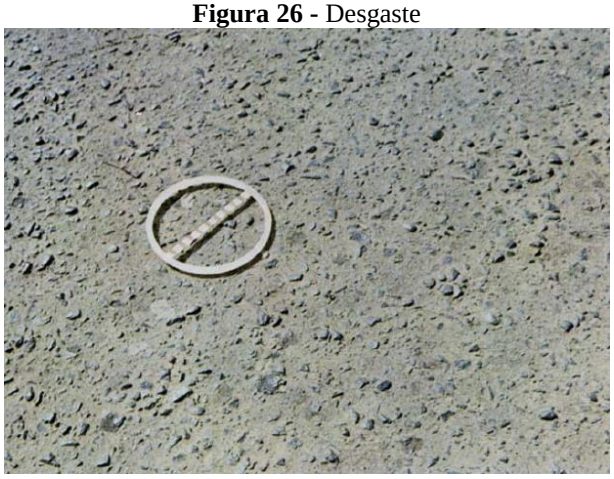


Fonte: DNIT (2003a).

2.5.2.6 Desgaste

O desgaste, segundo DNIT (2003a, p. 3), é entendido como um "efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego".

Figura 26 - Desgaste



Fonte: DNIT (2003a).

Entre as causas prováveis desse tipo de patologias estão: erros de adesividade ligante-agregado (*stripping*); problemas na dosagem; segregação de massa asfáltica; e a existência de água sobre pressão nos vazios do revestimento capaz de deslocar o ligante (BERNUCCI *et al.*, 2008).

2.5.2.7 “Panela” ou buraco

A “panela” ou buraco constitui-se como uma cavidade formada no revestimento e que pode comprometer a base do pavimento, sendo uma evolução das trincas, desgastes ou afundamentos (SILVA, 2008). São resultados da segregação dos agregados, do excesso de vazios, das inadequações no sistema de drenagem e da ausência de material aglutinante (SENÇO, 2001).

Figura 27 – “Panela” ou buraco em: a) pavimento asfáltico; b) pavimento com paralelepípedos

a) *b)*

Fonte: DNIT (2003a); Danieliski (2004).

2.5.2.8 Remendo

Consiste no preenchimento das “panelas” ou buracos, a partir de uma ou mais camadas de pavimento, podendo ser profundo (substituição do revestimento e camadas inferiores, eventualmente) ou superficial (correção com camada betuminosa em área localizada da superfície do pavimento) (DNIT, 2003a). Segundo Bernucci *et al*. (2008), esse produto da atividade de conservação é considerado um defeito por ser um local frágil no pavimento e por comprometer as condições de rolamento.

Figura 28 - Remendo em: a) pavimento asfáltico; b) pavimento com paralelepípedos

a)

b)

Fonte: Bernucci *et al*. (2008); Danieliski (2004).

2.5.2.9 Outros defeitos

Além dos defeitos abordados na norma DNIT 005/2003 – TER (DNIT, 2003a), existem outros defeitos comuns nos pavimentos, tais como: polimento de agregados; elevação; desnível (degrau) entre pista e acostamento; desnível, quebra ou falta de tampa de poço de visita (PV) de rede subterrânea; bombeamento; e derrame de material. Algumas dessas patologias são descritas a seguir.

Polimento de agregados

De acordo com Danieliski (2004), o polimento de agregados compreende o desprendimento da película asfáltica e das partículas menos que envolvem os agregados maiores, que ocorre juntamente com o polimento desses agregados, sendo provocado pela ação abrasiva da passagem dos pneus dos veículos.

Figura 29 - Polimento de agregados

Fonte: Bernucci *et al.* (2008).

Como consequência dessa patologia para o tráfego, tem-se a diminuição do coeficiente de atrito entre pneu e o pavimento, e a redução da resistência do pavimento à derrapagem (VIDEIRA, 2014).

Elevação

A elevação consiste na ascensão da superfície em relação ao nível normal do pavimento, podendo ser devido à subida de raízes das árvores contidas abaixo das camadas ou decorrente da má execução de remendos (DANIELISKI, 2004).

Figura 30 - Elevação em: a) pavimento asfáltico; b) pavimento com paralelepípedos

a) *b)*

Fonte: Danieliski (2004).

Derrame de material

O derrame de material no pavimento gera ressaltos na superfície do mesmo, tendo como exemplo: derrame de material asfáltico ou de cimentício solidificado (DANIELISKI, 2004).

Figura 31 - Derrame de material em: a) pavimento asfáltico; b) pavimento com paralelepípedos

a) *b)*

Fonte: Danieliski (2004).

2.6 Avaliação de pavimentos

Dentro de um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), a etapa de avaliação do pavimento permite verificar a necessidade existente de manutenção e reconstrução do pavimento, bem como a constatação da qualidade de construção dessa estrutura e do atendimento às especificações para as quais foi projetada (HAAS e HUDSON, 1978). Para Fontes (2010), essa avaliação tem como objetivo quantificar o estado funcional e estrutural do pavimento, através de procedimentos padronizados de medidas e observações.

Na análise da condição de um pavimento, segundo Danieliski (2004), os componentes principais a serem considerados são: o conforto de rodagem; a capacidade de suporte aos carregamentos atuantes; a segurança; e o conforto visual ou estética.

Dentre as formas de avaliação, a chamada avaliação funcional é aquela que envolve as condições de degradação e desempenho do pavimento, estando focada no conforto ou qualidade de rolamento. Por sua vez, a avaliação estrutural dos pavimentos objetiva verificar a capacidade de carga da estrutura, além de promover uma avaliação sobre a sua adequação estrutural (DANIELISKI, 2004).

Este trabalho tem como foco exclusivo, a avaliação funcional dos pavimentos, sendo mais abordada nos itens 2.6.1 e 2.6.2.

2.6.1 Avaliação Funcional

A avaliação funcional consiste na determinação da capacidade de desempenho funcional momentâneo, denominada serventia do pavimento, a qual relaciona-se com a qualidade de rolamento (DER, 2006). Os serviços envolvidos na avaliação funcional de pavimentos flexíveis e semi-rígidos, segundo DER (2006), são:

- Avaliação de defeitos da superfície por meio de levantamento visual contínuo – LVC;
- Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos;
- Irregularidade longitudinal de pavimentos;
- Cadastro contínuo de reparos superficiais e profundos.

Neste aspecto, uma avaliação da condição superficial do pavimento desempenha importante papel nos serviços de avaliação funcional. A determinação de uma metodologia de execução dessa atividade depende dos objetivos almejados e das características e peculiaridades do pavimento da via estudada (DANIELISKI, 2004).

De modo geral, o principal objetivo de uma avaliação da superfície de pavimento compreende a identificação dos defeitos existentes, levando em consideração os seguintes requisitos, segundo Danieliski (2004):

- Tipo de defeito: identificação e classificação do defeito mediante a sua origem;

- Severidade: estágio atual da evolução do defeito, refletido no estado de degradação da área afetada;

- Dimensão dos defeitos: área ou extensão afetada do pavimento por cada tipo de defeito.

Para a realização da identificação dos defeitos, a inspeção visual a partir de um levantamento no campo se faz necessária.

2.6.2 Levantamento de defeitos no campo

Segundo Pantigoso (1998), os principais manuais para identificação dos defeitos no pavimento contendo a nomenclatura, as definições, os conceitos e os métodos de levantamento dos principais defeitos, são:

- Manual de identificação de defeitos dos pavimentos do programa *Strategic Highway Research Program (SHRP)* (SHRP, 1993), no qual são considerados 15 (quinze) diferentes tipos de defeitos em pavimentos flexíveis, com a utilização de registros fotográficos e figuras;

- Apêndice K: Defeitos Típicos da *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)* (AASHTO, 1986), no qual são considerados 17 (dezessete) tipos de defeitos, contendo descrição, níveis de severidade e metodologias de medição;

- Manual para identificação de defeitos de revestimentos asfálticos de pavimentos de Domingues (1993), no qual são relacionados 24 (vinte e quatro) tipos de defeitos, contendo descrição, localização, classe (funcional ou estrutural), mecanismo de ocorrência, níveis de severidade e metodologias de medição.

Em relação as normas brasileiras relativas aos procedimentos de levantamento das condições superficiais do pavimento, tem-se:

- DNIT 006/2003 – PRO – Avaliação objetiva da superfície de pavimentos asfálticos – Procedimento (DNIT, 2003b);

- DNIT 007/2003 – PRO – Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimento flexível e semi-rígido para gerência de pavimentos e estudos e projetos - Procedimento (DNIT, 2003c);

- DNIT 008/2003 – PRO – Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos asfálticos – Procedimento (DNIT, 2003d);

- DNIT 009/2003 – PRO – Levantamento para avaliação subjetiva da superfície de pavimento – Procedimento (DNIT, 2003e).

2.7 Manutenção e Reabilitação de pavimentos

A partir da etapa de avaliação do pavimento, atuando como subsídio técnico, as atividades de Manutenção e Reabilitação (M&R) podem ser norteadas dentro do SGP. A manutenção objetiva manter ou preservar o tempo de projeto do pavimento, sobretudo em condições adequadas de serventia e evitando a deterioração precoce (FERNANDES JR. *et al.*, 2006). Segundo o Manual de Gerência de Pavimentos do DNIT (2011), a manutenção é realizada periodicamente no tempo de serviço das rodovias, compreendendo atividades de restauração visando melhorias nas condições funcionais e estruturais do pavimento. A atividade de reabilitação, por sua vez, é realizada com o intuito de estender a vida em serviço de um pavimento (PANTIGOSO, 1998).

A manutenção de pavimentos é classificada como preventiva quando o foco das atividades é proteger a estrutura do pavimento e diminuir a sua deterioração. Mas, quando o objetivo é a eliminação de determinado tipo de defeito, a manutenção se classifica como corretiva (PANTIGOSO, 1998).

Dentre as formas de manutenção, reabilitação e restauração mais comuns nas atividades de intervenção dos pavimentos, podem se destacar:

- Selagem: é o preenchimento de trincas presentes no revestimento asfáltico a partir da aplicação de material asfáltico líquido, com objetivo de conter a infiltração de água (DER, 2006);

- Capa selante: constitui-se como uma aplicação de ligante asfáltico (emulsão asfáltica, com taxas reduzidas diluídas com água) e agregado miúdo (areia ou pó de pedra), com o objetivo de incrementar condições de impermeabilização na camada tratada desgastadas pela ação de intempéries e do tráfego (DNIT, 2006c);

- Lama asfáltica: trata-se de uma mistura asfáltica obtida a partir da mistura em consistência fluída de emulsão asfáltica, água, material de enchimento "*filler*", e mistura de agregados miúdos ou agregados. A qual tem a finalidade de realizar o rejuvenescimento de revestimentos fissurados ou porosos (DNIT, 2006c);

- Reciclagem: é a recuperação de material já existente com funções afetadas, podendo ser realizada com ou sem incremento de outros materiais (DER, 2006);

- Recapeamento ou Reforço: trata-se da sobreposição de uma ou mais camadas de concreto de cimento Portland ou mistura betuminosa ao pavimento existente, com intuito de realizar um aporte estrutural (DNIT, 2006c);

- Fresagem: consiste na remoção de camada(s) superficial(is) deteriorada(s) do pavimento existente, com utilização de equipamento adequado (DER, 2006);

- Reconstrução: compreende a remoção da estrutura do pavimento, podendo ser parcial ou total, e execução de novas camadas compatíveis com as áreas adjacentes remanescentes. A reconstrução parcial consiste na remoção e substituição de espessuras que não atingem a estrutura total do pavimento, enquanto a reconstrução total abrange toda a espessura do pavimento, podendo chegar ao subleito (DNIT, 2006c);

- Remendo superficial: consiste na aplicação de uma camada delgada de mistura em usina de material betuminoso e agregado miúdo ou de uma capa selante, com o intuito de selar de forma provisória as trincas superficiais existentes, evitando a entrada de umidade nas camadas subjacentes do pavimento que podem gerar maiores degradações (DNIT, 2009);

- Remendo profundo: consiste na execução de reparos permanentes no pavimento, removendo todo material degradado até uma profundidade necessária para obter um apoio firme, em que a cava é preenchida por mistura betuminosa a quente (caso disponível) ou por mistura asfáltica a frio (DNIT, 2009).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia do trabalho, bem como sua classificação quanto ao tipo de pesquisa e os desdobramentos dos levantamentos de campo. Inicialmente foi realizada a revisão da literatura das temáticas envolvendo a pesquisa, além da definição do local de estudo.

Em seguida, traçou-se o planejamento das atividades de campo, as quais envolveram a identificação visual dos Polos Geradores de Viagens (PGV's), o levantamento de dados *in loco* com a contagem volumétrica do tráfego e a avaliação funcional da condição superficial do pavimento, com o auxílio de cronograma, fichas, aparato de medição e registros fotográficos. E, a partir da coleta e tratamento dos dados, as definições de propostas interventivas para manutenção e reabilitação dos defeitos no pavimento tiveram como base a literatura pertinente.

3.1 Classificação da Pesquisa

Esta pesquisa pode ser classificada, baseado na classificação apontada por Prodanov e Freitas (2013), como uma pesquisa aplicada do ponto de vista da sua natureza, uma vez que objetiva originar conhecimentos para aplicação prática na solução de problemas particulares. Quanto aos seus objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva, a qual envolve o levantamento bibliográfico e a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados.

Em relação aos procedimentos técnicos, a pesquisa bibliográfica foi utilizada para o conhecimento acerca do estado em que se encontra o problema e dos trabalhos já realizados no contexto da problemática. E, para complemento do procedimento, realizou-se uma pesquisa de campo, de forma a promover uma coleta de dados com técnicas pré-estabelecidas de registro e de análises pós-coleta.

De acordo com sua abordagem, ainda sob a classificação de Prodanov e Freitas (2013), essa pesquisa pode ser delimitada em quanti-qualitativa. Na pesquisa quantitativa, pretende-se expressar as relações entre as variáveis, em busca da relação causa-efeito entre os fenômenos. Por sua vez, na pesquisa qualitativa busca-se analisar os resultados dos dados coletados e das observações realizadas diretamente no campo, de forma a contribuir na compreensão dos fenômenos estudados.

3.2 Planejamento da pesquisa

Este trabalho de pesquisa visa realizar uma investigação aplicada a cerca de um problema existente dentro de um contexto de infraestrutura urbana na cidade de Marabá-PA. A realização desse tipo de estudo requer um conhecimento teórico abrangente e, por isso, foram realizadas pesquisas bibliográficas em diversas literaturas nacionais e internacionais, de forma a coletar dados em normas, livros, manuais, artigos, projetos, dissertações e teses, obtendo informações pertinentes referentes aos conceitos de mobilidade urbana, contagem de tráfego, polos geradores de viagens, pavimentação e suas classificações, a composição e função das camadas, a nomenclatura de defeitos e suas causas e consequências, bem como os métodos de avaliação funcional e as medidas de intervenções de manutenção e reabilitação de pavimento.

Em seguida, definiu-se a Avenida Nagib Mutran localizada na cidade de Marabá, como local de estudo deste trabalho, tendo em vista o expressivo tráfego de veículos diário nessa via, influenciados pelos Polos Geradores de Viagens (PGV's) presentes em seu entorno. Sendo assim, o intenso fluxo de veículos gera uma solicitação estrutural e funcional maior sobre o pavimento, acarretando o surgimento de defeitos no mesmo e prejudicando a utilização da via pelos usuários.

Na sequência, após análise crítica das metodologias presentes e explanadas na pesquisa de literatura, foi definido: o método de contagem volumétrica do tráfego preconizado pelo Manual de Estudos de Tráfego DNIT (2006a) para definição do Volume Médio Diário (VDM); o método de avaliação da condição superficial do pavimento como forma de avaliação funcional; o método de Árvores de decisões de Pantigoso (1998) complementados pelas normas e manuais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes e pelos procedimentos do *Strategic Highway Research Program* (SHRP), como meio de definir as atividades de Manutenção e Reabilitação (M&R) do pavimento.

Por fim, os resultados apontados foram elencados e discutidos, demonstrando a condição funcional do pavimento da via urbana estudada.

3.2.1 Descrição do local de estudo

O estudo envolveu a principal via urbana do centro do núcleo Cidade Nova do município de Marabá - PA, a Avenida Nagib Mutran, com extensão aproximada de 900 metros com início no cruzamento com a Rodovia Transamazônica BR-230 e fim no cruzamento com a Rua Curitiba no bairro Belo Horizonte. Sua largura de via compreende cerca de 10 metros. A pavimentação é constituída por revestimento misto, com trechos em concreto simples com

estruturas em formatos de placas quadradas com 1 metro de lado e em bloquetes (pequenos blocos de concreto simples pré-moldados), além de trechos com revestimento asfáltico.

Essa via apresenta-se como predominantemente comercial, englobando residências, lojas, bancos, hotel, escola estadual de ensino fundamental e médio (E. E. E. F. M. Anízio Teixeira), núcleo de educação profissional (Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial - SENAC), pronto socorro, farmácias, praça (Praça São Francisco), igrejas e outros estabelecimentos, além de conter pontos de parada dos veículos de transporte público (ônibus coletivo) e dos de outros serviços de transporte (táxi lotação, táxi e mototáxi), sendo assim uma via contornada por Polos Geradores de Viagens (PGV's).

A Figura 32 retrata os trechos analisados da via com uma extensão de aproximadamente 436 metros em revestimento asfáltico, 389 metros em revestimento com placas de concreto e 74 metros em revestimento de bloquetes pré-moldados de concreto simples.

Figura 32 - Trechos de estudo da Av. Nagib Mutran – Cidade Nova

Legendas:

- Trecho de revestimento em placas de concreto
- Trecho de revestimento em bloquetes de concreto pré-moldado
- Trecho de revestimento asfáltico

Fonte: Google Earth PRO (2018).

3.2.2 Identificação dos PGV's

Os Polos Geradores de Viagens (PGV's) existentes na via urbana estudada foram identificados de forma visual pelo pesquisador, observando os tipos e subtipos elencados no Quadro 1 de Rede-PGV (2005 *apud* Gontijo, 2014). Após a identificação, foram realizados registros fotográficos desses PGV's para melhor visualização.

3.2.3 Contagem volumétrica do tráfego

O método utilizado para a determinação do Volume Médio Diário (VMD) da via estudada, consiste na contagem volumétrica definida segundo o Manual de Estudos de Tráfego DNIT (2006a), na qual o pesquisador com o auxílio de fichas de contagem, conforme os modelos apresentados no Quadro 6 e Quadro 7 no Apêndice A, realiza a determinação do índice de Volume Médio Diário (VMD), considerado o mais adequado para medir a utilização média de uma via.

O Volume Médio Diário (VMD) inclui os veículos que circulam na via em um só sentido, em ambos ou por uma só faixa. Para expressar o volume contabilizado na via estudada, os veículos componentes da soma foram convertidos em números equivalentes de carros de passeio, desta forma o VMD pôde ser expresso em "Unidades de Carro de Passeio" (UCP), conforme fatores de conversão da Tabela 1 do DNIT (2006a).

Tabela 1 - Fator de equivalência em carros de passeio

Tipo de Veículo	**VP**	**CO**	**SR/RE**	**M**	**B**	**SI**
Fator de Equivalência	1	1,5	2	1	0,5	1,1

VP - Veículo de Passeio; CO – Caminhões e Ônibus; SR – Semi-Reboques; RE – Reboques; M – Motocicletas; B – Bicicletas; SI – Sem Informação

Fonte: DNIT (2006a)

A amostra adotada na contagem volumétrica envolve os volumes de pico que caracterizam o local, sendo a amostra mínima desejável para os estudos de capacidade, conforme DNIT (2006a), a obtida por contagens de 2 a 4 horas no pico da manhã e da tarde. Por isso, foram definidos os horários de 07:00 às 09:00 horas da manhã e 17:00 às 19:00 horas no período da tarde, conforme Tabela 2.

Para uma maior precisão da metodologia, foram realizadas contagens em dois dias úteis consecutivos na semana, a terça-feira e a quarta-feira, de forma a extrair o valor médio, sendo considerada uma amostragem representativa conforme aponta Gomes (2004). Além disso, tem-se que esses dias se caracterizam como ideias do ponto de vista da engenharia de tráfego, conforme aponta DNIT (2006a), pois não sofrem a influência do fim de semana como a

segunda-feira e a sexta-feira, as quais podem comprometer a contagem tendo em vista que nesse período os padrões de tráfego podem sofrer alterações.

Tabela 2 - Valor de VMD das contagens volumétricas realizadas

Dias da semana	**Período**	**Volume de Tráfego (UCP)**
Terça-feira	7:00h às 09:00h	
	17:00h às 19:00h	
Quarta-feira	7:00h às 09:00h	
	17:00h às 19:00h	
VMD (UCP)		

Fonte: Autor (2019)

3.2.4 Avaliação Funcional da Condição Superficial do Pavimento

O método empregado no presente estudo para o alcance dos objetivos propostos consiste na Avaliação Funcional da Condição Superficial dos defeitos encontrados no pavimento urbano da via da cidade de Marabá-PA, a qual é baseada em uma análise visual e preenchimento da ficha adaptada do trabalho de Danieleski (2004) no Quadro 8 e Quadro 9 do Apêndice B. Em tal avaliação, são levados em consideração o tipo e o estado de conservação do pavimento e os tipos de defeitos existentes (com registros fotográficos).

Para a identificação dos defeitos no pavimento, o método utilizado envolveu o Quadro 12 no Anexo A elaborado por SHRP (1993, *apud* Pantigoso, 1998), considerando o tipo de defeito, as características, os níveis de severidade e a forma de medição. Em complemento das informações contidas nesse quadro, foi utilizada a norma DNIT 005/2003 – TER (DNIT, 2003a) que trata das terminologias utilizadas para os defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos.

Os critérios severidade, extensão do defeito e tráfego (Volume Diário Médio – VDM) para classificação dos fatores utilizados na avaliação funcional do pavimento, são baseados no Quadro 5 propostos por Chen *et al.* (1994, *apud* Pantigoso, 1998).

Quadro 5 - Critérios para classificação dos fatores utilizados na avaliação funcional subjetiva (visual) do pavimento

Severidade do Defeito

	1	2	3
Severidade	Baixa	Média	Alta

Extensão do Defeito

	1	2
Extensão	Pequena	Grande

Tráfego (VDM)

VDM (x1000)	1 - Leve	2 - Médio	3 – Pesado
Tráfego	< 1	1 – 5	< 5

Fonte: Chen et al. (1994, *apud* Pantigoso, 1998)

3.2.5 Levantamento de Dados

O método de levantamento de dados consistiu em uma visita *in loco* na Av. Nagib Mutran na cidade de Marabá, cujo pavimento apresenta manifestações patológicas aparentes, contendo Polos Geradores de Viagens (PGV's) em seu entorno, no intuito de realizar uma avaliação funcional da condição superficial da pavimentação.

O levantamento dos defeitos existentes no pavimento foi realizado pelo autor em duas etapas: a primeira ocorreu no dia 23 de dezembro de 2018, em que foi realizada a identificação e análise das patologias, medições com uso de gabarito (régua com 30 centímetros de comprimento) e trena convencional de 5 metros de comprimento, preenchimento manual das fichas de avaliações (Quadro 8 e Quadro 9) e consequente registro fotográfico dos defeitos utilizando aparelho celular; a segunda ocorreu no dia 19 de abril de 2019, com a complementação dos trabalhos de medições para definição das dimensões dos defeitos e da área afetada no pavimento. Posteriormente, as patologias foram classificadas conforme a severidade e extensão em trabalho realizado em escritório pelo autor.

A identificação visual dos PGV´s presentes na via urbana estudada foi realizada pelo autor também no dia 19 de abril de 2019, tendo o auxílio do Quadro 1, sendo percorrida toda a extensão da via com a realização de registros fotográficos das fachadas dos empreendimentos e das vistas frontais dos polos.

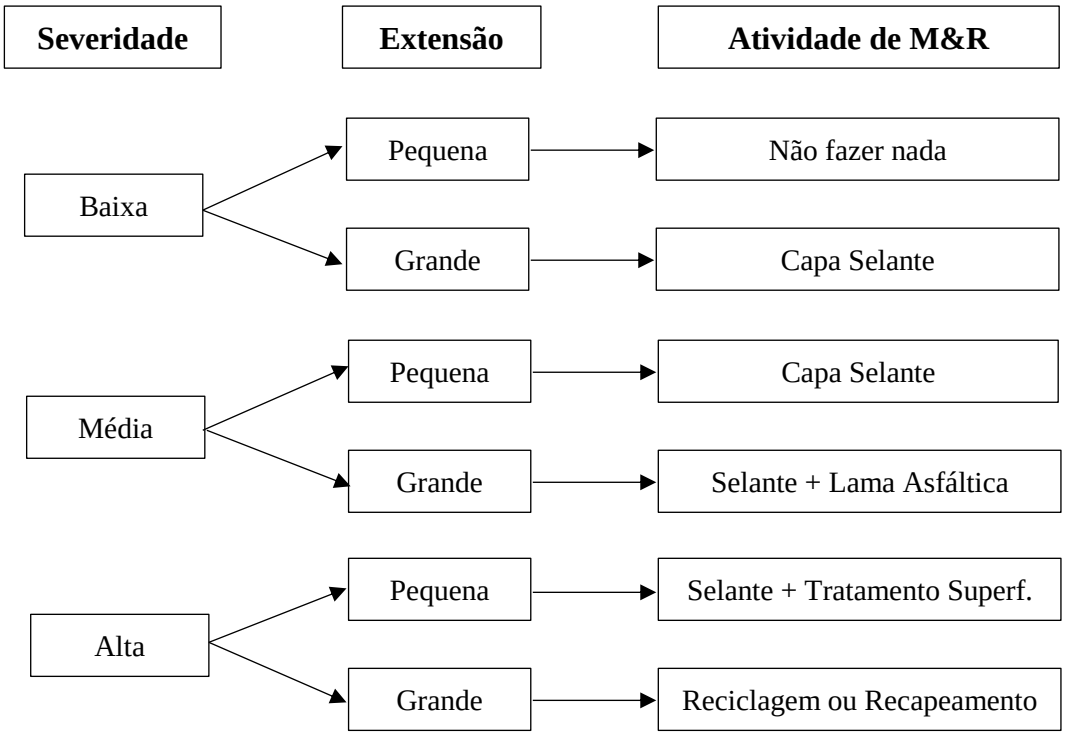
A contagem volumétrica do tráfego envolveu a terça-feira do dia 12 de fevereiro de 2019 e a quarta-feira do dia 13 de fevereiro de 2019, nos horários definidos na Tabela 2, sendo realizada a partir do preenchimento manual das fichas de contagens (Quadro 6 e Quadro 7) pelo autor e dois outros pesquisadores, devidamente orientados. O número de veículos foi definido com a observação visual de cada pesquisador, abrangendo o fluxo em ambos os sentidos de tráfego da via, e consequente registro de valores nas fichas utilizadas. Em cada turno (manhã e tarde), a contagem foi realizada pelos três pesquisadores, sendo cada um responsável por dois

tipos de veículos, entre eles: automóveis, motocicletas, ônibus, caminhão, bicicleta e outros (reboque, vans, micro-ônibus, carro-forte).

3.2.6 Manutenção e Reabilitação do Pavimento

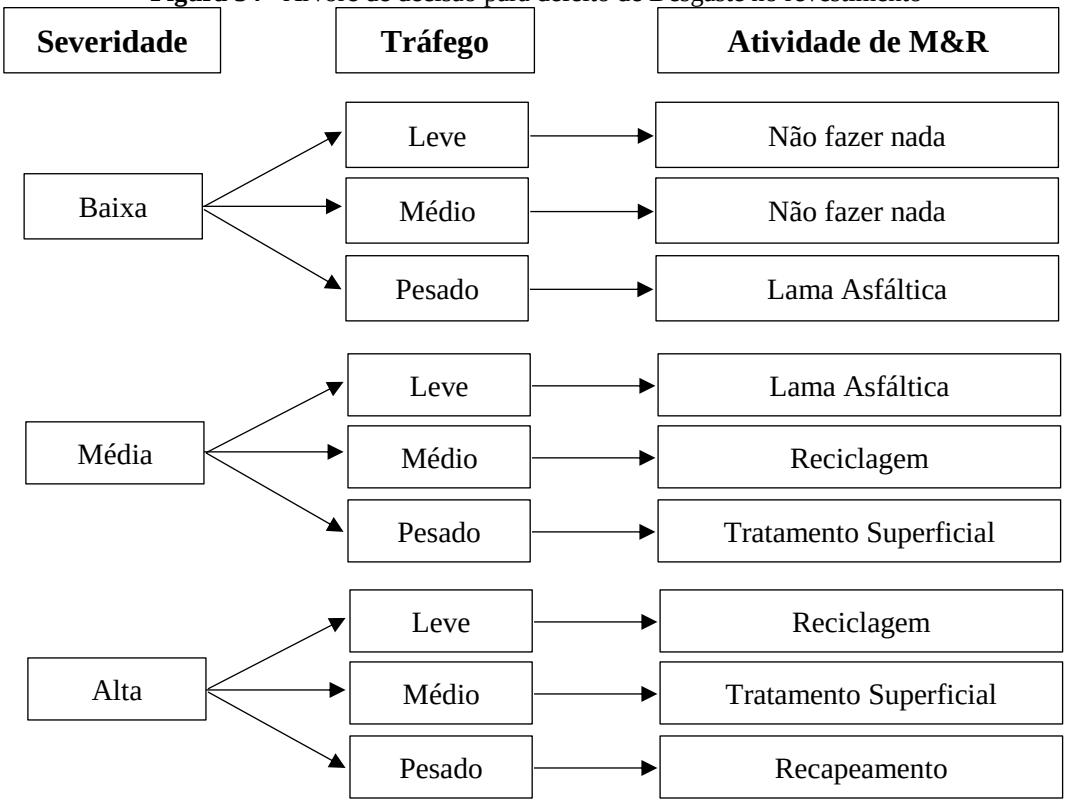
Para a definição das propostas de atividades de Manutenção e Reabilitação do pavimento (M&R), o método utilizado trata-se das chamadas Árvores de Decisões propostas por Pantigoso (1998), a qual fornece as atividades de M&R de acordo com cada tipo de defeito encontrado, conforme modelo da Figura 35 e Figura 36.

Figura 33 - Árvore de decisão para defeito de Trincas por fadiga do revestimento



Fonte: Pantigoso (1998).

Figura 34 - Árvore de decisão para defeito de Desgaste no revestimento



Fonte: Pantigoso (1998).

Os dados de entrada nas árvores de decisões foram as informações obtidas na ficha de avaliação da condição superficial do pavimento, referentes aos níveis de severidade e extensão

dos defeitos, além do tráfego (VDM) definido pela contagem volumétrica realizada na via urbana.

Além das atividades de M&R apontadas pelas árvores de decisões, foram abordadas as propostas de intervenção contidas no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006c), na norma de Pavimentos flexíveis – Recuperação de defeitos em pavimentos (DNIT, 2009) e no Quadro 13 no Anexo B com informações fornecidas por SHRP (1993, *apud* Pantigoso, 1998) e Bertollo (1997, *apud* Pantigoso, 1998).

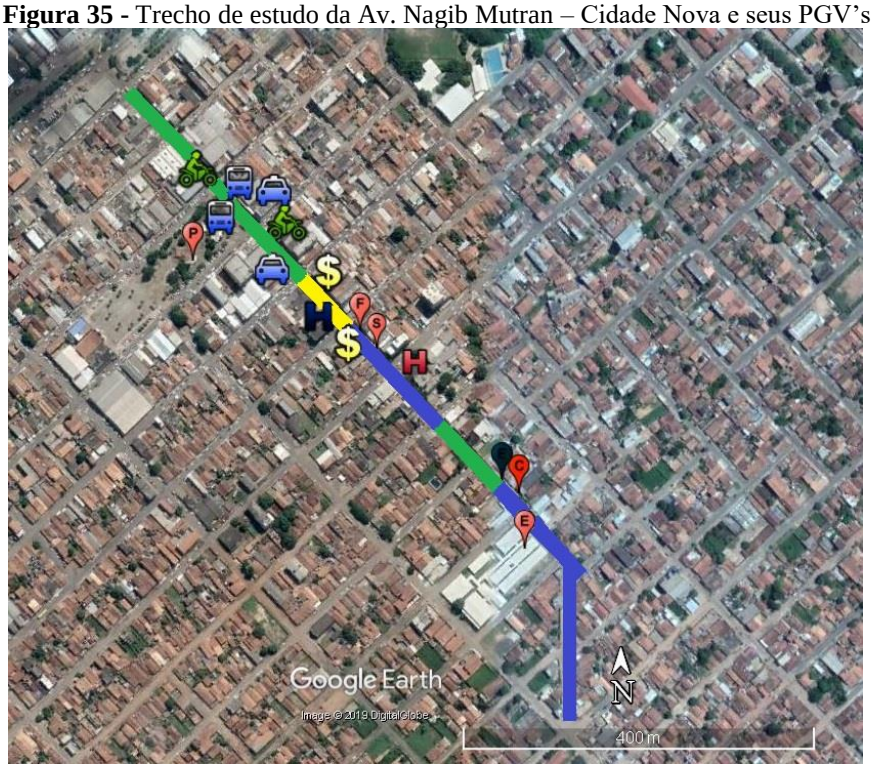
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, apresenta-se os resultados e as análises realizadas no estudo, contemplando a identificação visual dos Polos Geradores de Viagens – PGV's, a classificação do volume de tráfico da Avenida Nagib Mutran através do Volume Médio Diário (VMD) obtido com a contagem volumétrica do tráfego, a avaliação funcional da condição superficial do pavimento estudado e as proposições de atividades de intervenções no pavimento degradado.

4.1 Identificação dos Polos Geradores de Viagens – PGV's

Com o levantamento de dados em campo na Avenida Nagib Mutran, foram identificados diferentes tipos de PGV's segundo a Quadro 1 de Rede-PGV (2005 *apud* Gontijo, 2014). Os principais polos observados estão dispostos na imagem do trecho estudado (Figura 35).

Figura 35 - Trecho de estudo da Av. Nagib Mutran – Cidade Nova e seus PGV's



Legendas:

- Trechos de estudo
- Ponto de mototáxi
- Parada de ônibus e táxi
- Parada de táxi lotação
- Praça
- Banco
- Hotel
- Polo de faculdade
- SENAC
- Pronto socorro e ambulatório
- Escola infantil e técnica
- Cursinho pré-vestibular
- E.E.E.F.M. Anízio Teixeira

Fonte: Google Earth PRO (2019).

Dentre os estabelecimentos do tipo "Ensino", foi constada a presença de uma escola da rede pública de ensino voltada ao ensino de nível fundamental e médio, a Escola Estadual de

Ensino Fundamental e Médio Anízio Teixeira, cuja fachada é mostrada na Figura 36. Outras instituições de ensino presentes no mesmo trecho da via envolvem o ensino infantil, técnico e pré-vestibular, conforme Figura 37. Em outro ponto da via, estão localizados prédios de cursos profissionalizantes (Figura 38) e de ensino na modalidade a distância (Figura 39).

Tais estabelecimentos exercem atratividade durante todo o período diurno e também noturno, em alguns casos, influenciando em viagens de pedestres e veículos principalmente no início e fim de cada turno em virtude do horário de aulas.

Figura 36 – PGV do tipo "Ensino": E.E.E.F.M. Anízio Teixeira

Fonte: Autor (2019).

Figura 37 – PGV's do tipo "Ensino": Escola Infantil; Escola Técnica; e Cursinho preparatório pré-vestibular

Fonte: Autor (2019).

Figura 38 – PGV's do tipo "Ensino": Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC)

Fonte: Autor (2019).

Figura 39 – PGV's do tipo "Ensino": Polo de Faculdade de Ensino a Distância

Fonte: Autor (2019).

Em relação ao estabelecimento classificado como do tipo "Saúde", foi verificado um pronto atendimento e ambulatório do Núcleo Cidade Nova (Figura 40) com atendimento 24 horas, o qual proporciona viagens 365 dias por ano.

Figura 40 – PGV's do tipo "Saúde": Pronto Atendimento e Ambulatório Cidade Nova

Fonte: Autor (2019).

Quanto aos PGV's do tipo "Institucional", as agências bancárias se destacam no entorno da avenida, na qual estão contidos 2 bancos (Figura 41) com atendimento ao cliente em horário de expediente e caixas eletrônicos com funcionamento diurno e noturno. Dessa forma, a atratividade sobre os usuários ocorre frequentemente, impactando no tráfego local.

Figura 41 – PGV's do tipo "Institucional": a) Agência bancária 1; b) Agência bancária 2

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Vários PGV's do tipo "Terminal" foram verificados no trecho próximo à praça "São Francisco", dentre os quais incluem-se: dois pontos de mototáxi (Figura 42); duas paradas de táxi lotação (Figura 43); duas paradas de ônibus coletivo e uma de táxi convencional (Figura 44). As linhas de ônibus coletivo e táxi lotação que atendem à demanda nos pontos de parada da via envolvem viagens aos bairros Liberdade, Novo Horizonte e núcleos Nova Marabá e Velha Marabá. As viagens geradas ocorrem sobretudo durante o período diurno, com maiores volumes de tráfego nos horários de pico identificados no item 4.2 deste trabalho.

Figura 42 – PGV's do tipo "Terminal": a) Ponto de mototáxi 1; b) Ponto de mototáxi 2

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 43 – PGV's do tipo "Terminal": a) Parada de táxi lotação 1; b) Parada de táxi lotação 2

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 44 – PGV's do tipo "Terminal": a) Parada de ônibus e táxi ; b) Parada de ônibus

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Em relação ao tipo "Recreacional" destaca-se a praça "São Francisco", sendo a principal área pública aberta de recreação no núcleo Cidade Nova, contendo áreas de alimentação, lazer, cultura e paisagismo. Desse modo, os impactos no tráfego ocorrem frequentemente, sobretudo no período noturno durante toda a semana, com intensificação da atratividade aos fins de semanas.

Figura 45 – PGV's do tipo "Recreacional": Praça "São Francisco"

Fonte: Autor (2019).

Outro tipo de PGV presente na via trata-se do "Alojamento", cujo subtipo é o hotel da Figura 46. Tal estabelecimento oferece serviços de hospedagem, influenciando na entrada e saída de clientes a qualquer hora do dia e consequentemente contribuindo para o aumento do fluxo de veículos no local.

Figura 46 – PGV's do tipo "Alojamento": Hotel

Fonte: Autor (2019).

4.2 Contagem volumétrica do tráfego

A partir da contagem volumétrica do tráfego da Avenida Nagib Mutran realizada na terça-feira do dia 12 de fevereiro de 2019 e na quarta-feira do dia 13 de fevereiro de 2019, foi obtido o número de veículos em intervalos de quinze minutos de acordo com o tipo: automóvel, ônibus, caminhão, bicicleta, motocicleta e outros (vans, micro-ônibus, reboque, carro-forte). O número de veículos contabilizados para cada tipo foi convertido para "Unidades de Carro de Passeio" (UCP) por meio dos fatores de equivalência expressos na Tabela 1. Os valores obtidos

em cada turno (manhã e tarde) relativo a cada dia estão presentes nas Tabelas 4 a 7 no Apêndice C.

No turno da manhã, o horário de pico identificado foi no intervalo de 8:00 às 9:00 horas em ambos os dias, variando entre 1.193 UCP (Terça-feira) e 1.169 UCP (Quarta-feira). Em relação ao turno da tarde, a hora pico foi verificada no intervalo de 18:00 às 19:00 horas com volume de 1.362 UCP na terça-feira e 1.343 UCP na quarta-feira.

Comparando-se os valores totais em números de veículos em "Unidades de Carro de Passeio" (UCP) nos turnos dos respectivos dias da semana, nota-se a baixa variação do volume de tráfego da avenida, cujo valor diário variou entre 4.778 UCP na terça-feira e 4.728 UCP na quarta-feira, sendo justificada pela característica do próprio município de Marabá, o qual se caracteriza como uma cidade de médio porte.

Os volumes diários de tráfego foram obtidos com a soma dos totais de valores em cada turno e o Volume Médio Diário (VMD) foi alcançado com a média simples do volume de cada dia, conforme expresso na Tabela 3.

Tabela 3 - Volume Médio Diário (VMD) da via estudada

Dias da semana	**Período**	**Volume de Tráfego (UCP)**
Terça-feira (12/02/2019)	7:00h às 09:00h	4.778
	17:00h às 19:00h	
Quarta-feira (13/02/2019)	7:00h às 09:00h	4.728
	17:00h às 19:00h	
VMD (UCP)		4.753

Fonte: Autor (2019)

O VMD da Avenida Nagib Mutran encontrado foi no valor de 4.753 UCP, sendo então classificada como uma via de Tráfego Médio (1.000 – 5.000) de acordo com os critérios de Chen *et al.* (1994, *apud* Pantigoso, 1998) expostos no Quadro 5.

4.3 Avaliação Funcional da Condição Superficial do Pavimento

O levantamento de dados em campo realizado na Av. Nagib Mutran contribuiu para a identificação e quantificação dos defeitos existentes no pavimento e consequente avaliação funcional da condição de superfície, baseada nos impactos funcionais promovidos por essas patologias.

4.3.1 Condição Superficial do pavimento

4.3.1.1 Pavimento flexível em revestimento asfáltico

Com base nas informações coletadas manualmente, utilizando um gabarito (régua de 30 cm) e trena convencional (comprimento de 5 metros), e visualmente tendo o auxílio da ficha de avaliação presente no Quadro 8 do Apêndice B, foi possível a identificação dos defeitos no revestimento asfáltico registrados no Quadro 10 do Apêndice D. O Quadro 12 de Identificação de defeitos nos pavimentos de SHRP (1993, *apud* Pantigoso, 1998), contribui para a classificação do nível de severidade de cada patologia.

Dentre as patologias constatadas, foram encontradas trincas do tipo "couro de jacaré" (Figura 47) com nível de severidade média, pois apresentam trincas conectadas e erosão em suas bordas, porém sem ocorrência de bombeamento de finos. A extensão dessa patologia pode ser considerada grande tendo em vista que a área afetada corresponde à aproximadamente 4,00 m², ocupando boa parte da via.

No mesmo trecho, foram observadas trincas do mesmo tipo, com severidade baixa (Figura 48 e 50) em virtude da inexistência de erosão nas bordas e bombeamento, e extensão grande de 3,00 m² (Figura 48) e pequena de 1,43 m² (Figura 50). Outra patologia de trincas, presente na Figura 49, pode ser classificada com severidade alta devido a presença de erosão e movimento dos blocos quando submetidos a esforços, além da extensão grande com área afetada de 2,60 m².

Figura 47 – Trincas "couro de jacaré" em pavimento de revestimento asfáltico (JE-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 48 – Trincas “couro de jacaré” em pavimento de revestimento asfáltico (J-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 49 – Trincas “couro de jacaré” em pavimento de revestimento asfáltico (JE-2): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 50 – Trincas “couro de jacaré” em pavimento de revestimento asfáltico (J-2): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

O surgimento dessas patologias pode ter relação direta com sua localização no pavimento, pois abrange uma região de manobras de conversão dos veículos, sendo a estrutura exigida pela ação de frenagem de carros, motocicletas e até mesmo ônibus coletivos.

As trincas “couro de jacaré” da Figura 51 apresentam nível de severidade baixa em virtude da ausência de erosão nas bordas e a inexistência de bombeamento. A área afetada corresponde à 1,76 m², sendo então considerado um defeito de pequena extensão, dado sua baixa área de ocupação na via.

Figura 51 – Trincas “couro de jacaré” em pavimento de revestimento asfáltico (J-3): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b) 5*

Fonte: Autor (2019).

Outras trincas “couro de jacaré” encontradas são mostradas na Figura 52, as quais são classificadas com severidade alta dado a interligação entre as trincas, a erosão nas bordas e a movimentação dos blocos irregulares formados, com a ocorrência de um solevamento nas bordas. A extensão dessa patologia pode ser considerada grande, pois abrange boa parte da extensão da via no trecho analisado, com uma área afetada de 2,76 m².

Figura 52 – Trincas “couro de jacaré” em pavimento de revestimento asfáltico (JE-3): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

As possíveis causas desse tipo de patologia podem estar relacionadas à fadiga ou qualidade deficitária das camadas do pavimento, por ausência de capacidade de carga da estrutura ou por deficiências das espessuras (FIGUEIREDO, 2011). A existência desses defeitos pode permitir a infiltração de água para as camadas inferiores, resultando em prejuízos ao comportamento e desempenho dos materiais constituintes de cada camada (JUNIOR e MAGALHÃES, 2014).

Ainda no trecho em revestimento asfáltico, foram observados a ocorrência de "panelas" em cinco pontos diferentes. A "panela" mostrada na Figura 53 destaca-se pela sua grande extensão dada a sua área de 0,90 m² e por sua profundidade de 50 mm, sendo assim caracterizada com nível de severidade média. Sua causa possivelmente está relacionada com a evolução de trincas e degradação de camada.

Figura 53 – "Panela" em pavimento de revestimento asfáltico (P-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Em um outro ponto do trecho analisado, o buraco da Figura 54.a apresenta uma área de 0,08 m² e profundidade de 25 mm, e a "panela" da Figura 54.b dispõe de uma área com 0,16 m² e 40 mm de profundidade, sendo então classificadas com nível de severidade média e com extensão pequena. Próximo ao mesmo ponto, foi encontrado outro buraco (Figura 55) com profundidade de 20 mm (severidade baixa) e área de 0,25 m² (pequena extensão).

A origem provável dessas "panelas" relaciona-se com a evolução das trincas "couro de jacaré" pré-existentes, as quais foram intensificadas pela ação do tráfego em virtude da sua localização ao centro do eixo transversal da via, além da deterioração causada pela infiltração de água nas camadas constituintes do pavimento, como observado nas imagens.

Figura 54 – “Panela” em pavimento de revestimento asfáltico: a) “panela” P-2; b) “panela” P-3

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 55 – “Panela” em pavimento de revestimento asfáltico (P-4): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Os buracos presentes nos trechos das Figuras 56, 57 e 58 têm relação provável com a falta de aderência entre a camada asfáltica e a camada em concreto do pavimento mais antigo, tendo sua evolução acelerada pela ação do tráfego e de fatores climáticos, conforme aponta Machado (2013). Essas “panelas” são classificadas com nível de severidade baixa e extensão pequena, tendo em vista sua profundidade de 12 mm (“panela” da Figura 56), 5 mm (“panela” da Figura 57) e 3 mm (“panela da Figura 58), e área de abrangência de 0,30 m², 0,24 m² e 0,33m², respectivamente.

Figura 56 – "Panela" em pavimento de revestimento asfáltico (P-5): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 57 – "Panela" em pavimento de revestimento asfáltico (P-6): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

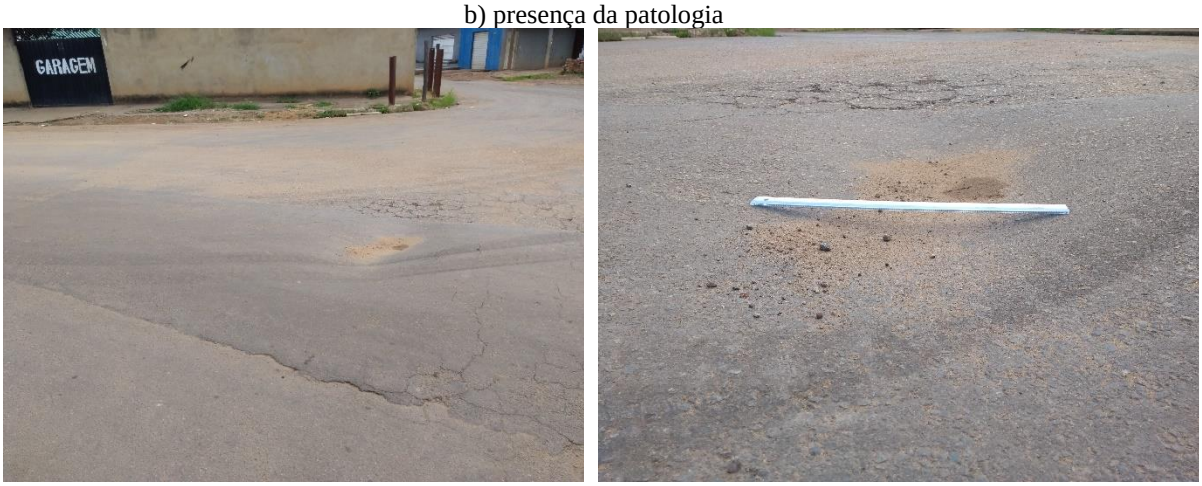
Figura 58 – "Panela" em pavimento de revestimento asfáltico (P-7): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Um afundamento (Figura 59) foi observado no trecho próximo ao encontro de vias, sendo classificado como afundamento de consolidação local por não apresentar solevamento e ter extensão inferior à 6 m, conforme define Silva (2008). Sua origem tem relação com a consolidação de uma ou mais camadas da estrutura do pavimento ou da fundação (JUNIOR e MAGALHÃES, 2014).

Figura 59 – Afundamento em pavimento de revestimento asfáltico (ALC-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia



a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Ao longo de boa parte da extensão da avenida foi observado a presença de remendo de intervenções em rede subterrânea a partir da utilização de concreto betuminoso, conforme mostrado na Figura 60, abrangendo uma extensão com cerca de 73,0 metros de comprimento. Tal remendo apresenta uma elevação (Figura 61) expressiva causada pela sua má execução, o que pode promover um desconforto ao rolamento.

Figura 60 – Remendo de intervenções em rede subterrânea em pavimento de revestimento asfáltico (R-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença do remendo

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 61 – Elevação no remendo em pavimento de revestimento asfáltico (R-1)

Fonte: Autor (2019).

Na via estudada também foi constatado remendo de conservação padrão ou também chamado de “tapa-buraco”, Figura 62, com área de 2,72 m² contendo trincas interligadas do tipo “couro de jacaré” com espessuras de 30 mm e sem erosão nas bordas, sendo assim classificado com nível de severidade baixa e extensão pequena. Sua causa pode estar ligada a má execução do reparo, formando uma área susceptível à novas patologias, como as trincas.

Figura 62 – Remendo de conservação padrão com trincas do tipo “couro de jacaré” (R-2): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença do remendo

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Nas proximidades do meio-fio da via foi observado a ocorrência de derrame de material cimentício (Figura 63), com área aproximada de 3,72 m², possivelmente relacionado à utilização indevida do pavimento como extensão do canteiro de obras das edificações, com a execução de dosagem e mistura manual de concreto ou argamassa sobre a superfície do revestimento. Tal defeito implica em prejuízos ao rolamento na via.

Figura 63 – Derrame de material (DM-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença do remendo

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

O revestimento asfáltico da via estudada apresenta trechos com desgastes (Figura 64), sendo classificado com nível de severidade média por conter perdas de agregados miúdos e de alguns graúdos, além de dispor de uma extensão grande com área afetada de 3,00 m². Sua origem pode advir da falta de adesividade entre ligante e agregados, ou ter relação com a dosagem insuficiente do ligante ou seu envelhecimento, a ausência de compactação da camada de revestimento ou a liberação precoce do tráfego de veículos no trecho após a pavimentação (VIDEIRA, 2014).

Figura 64 - Desgaste em pavimento de revestimento asfáltico (D-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

4.3.1.2 Pavimento flexível em revestimento de concreto simples

Diante das informações coletadas manualmente, utilizando um gabarito (régua de 30 cm) e trena convencional (comprimento de 5 metros), e visualmente tendo o auxílio da ficha de avaliação presente no Quadro 9 do Apêndice B, foi possível o levantamento dos defeitos nos

revestimentos em concreto simples registrados no Quadro 11 do Apêndice D. Além da Quadro 12 de Identificação de defeitos nos pavimentos de SHRP (1993, *apud* Pantigoso, 1998), os níveis de severidade dessas patologias foram definidos com base nos critérios de Danieleski (2004), sendo do tipo inicial, médio e avançado, os quais correspondem à baixa, média e alta, respectivamente.

Dentre as patologias encontradas nesse tipo de revestimento, foram levantadas trincas interligadas sem direções preferenciais nas placas de concreto com espessuras variando entre 70 mm (Figura 65 e 66.a), 80 mm (Figura 66.b) e 30 a 50 mm (Figura 67). Dessa forma, tais patologias enquadram-se como defeitos de severidade alta em virtude de suas aberturas médias superiores a 19 mm, bem como podem ser consideradas de grande extensão dado a sua ampla ocorrência em praticamente toda a área do pavimento de revestimento em concreto simples. A abrangência das trincas também pode ser vista na Figura 75.

Figura 65 – Trincas interligas em pavimento de revestimento em concreto simples (TI-2): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 66 – Trincas interligadas em pavimento de revestimento em concreto simples: a) trincas TI-1; b) trincas TI-3

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

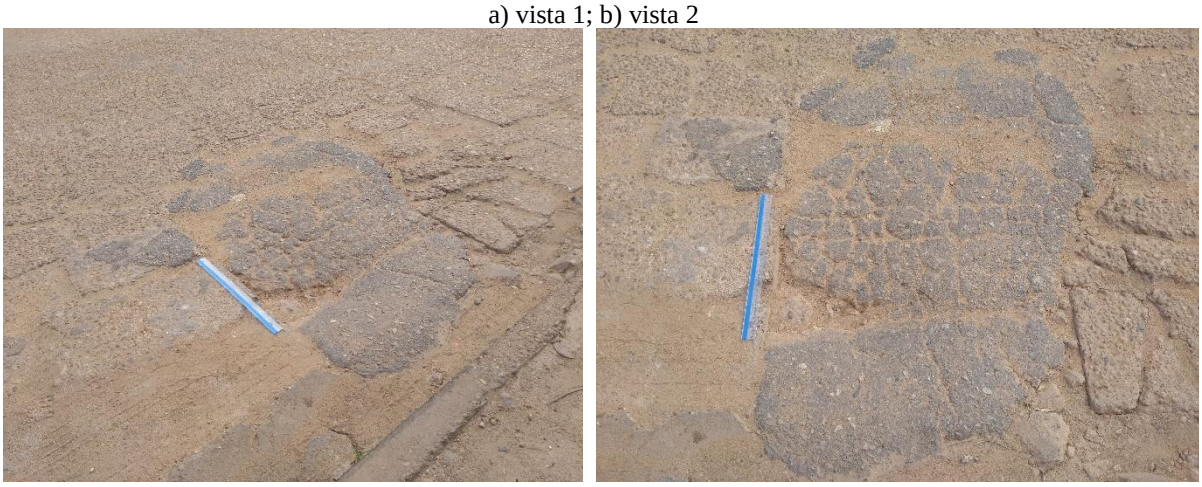
Figura 67 – Trincas interligas em pavimento de revestimento em concreto simples (TI-4)

Fonte: Autor (2019).

A possível origem desse tipo de patologia relaciona-se aos esforços repetitivos atuantes advindos do constante tráfego, sobretudo as sobrecargas dos veículos pesados como ônibus e caminhões (FIGUEIREDO, 2011).

Em diversos trechos do pavimento de revestimento em concreto também foram identificados remendos do tipo regular com mistura asfáltica. Os remendos expressos nas Figuras 68, 69 e 70 podem ser classificados com nível de severidade avançado ou alta, pois apresentam descolamento de suas partes e exposição do revestimento em concreto. Além disso, o remendo da Figura 68 contém pequenas trincas interligadas, provavelmente resultante de reflexão das trincas presentes nas placas de concreto, e o da Figura 70 dispõe de uma "panela" com profundidade de 30 mm e área de 0,30 m². Tais degradações superficiais podem ter relação com a espessura pequena da camada ou com sua aderência deficitária (DANIELESKI, 2004).

Figura 68 – Remendo regular com mistura asfáltica em pavimento de revestimento em concreto simples (R-3): a) vista 1; b) vista 2



a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 69 - Remendo regular com mistura asfáltica em pavimento de revestimento em concreto simples (R-4): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 70 - Remendo regular com mistura asfáltica em pavimento de revestimento em concreto simples com ocorrência da "panela" (R-5): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Outro tipo de remendo encontrado advém de intervenções na rede subterrânea de drenagem, sendo executado utilizando concreto conforme visto na Figura 71, o qual propiciou o surgimento de afundamento de consolidação devido a zona de fragilidade criada, possivelmente relacionado à ausência de preparo das camadas inferiores e consequente consolidação (JUNIOR e MAGALHÃES, 2014). A severidade desse remendo pode ser entendida como baixa, dado a pequena extensão do afundamento que abrange uma área de 0,45 m².

Figura 71 – Remendo de intervenções em rede subterrânea em pavimento de revestimento em concreto simples com ocorrência de afundamento (R-6): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

No trecho de pavimento em bloquetes de concreto, foram observadas peças quebradas (Figura 72) e deformações transversais (Figura 72 e 73) com deslocamento máximo de 100 mm, sendo classificadas com severidade média.

Figura 72 – Peças quebradas e deformação em pavimento de revestimento em bloquetes de concreto simples (PQ-1 e DT-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 73 – Deformação por aceleração, frenagem ou mudança de direção em pavimento de revestimento em bloquetes de concreto simples (DT-2): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Essas deformações têm como possível causa os esforços oriundos da aceleração, frenagem ou mudança de direção dos veículos, conforme aponta Danieleski (2004), tendo em vista a sua localização em ladeiras e em interseções entre vias.

Nas placas de concreto simples foi identificado o aparecimento de agregados polidos em uma extensão de aproximadamente 21,0 m², contemplando o remendo de intervenção em rede subterrânea, conforme mostrado na Figura 74. De acordo com Machado (2013), esse defeito é provocado pela ação abrasiva do tráfego local, o qual reduz a angularidade e asperezas das partículas. Desse modo, a diminuição do coeficiente de atrito entre pneu e pavimento e a redução da resistência do pavimento à derrapagem são consequências desse tipo de patologia (VIDEIRA, 2014).

Figura 74 – Agregados polidos em pavimento de revestimento em concreto simples (AP-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

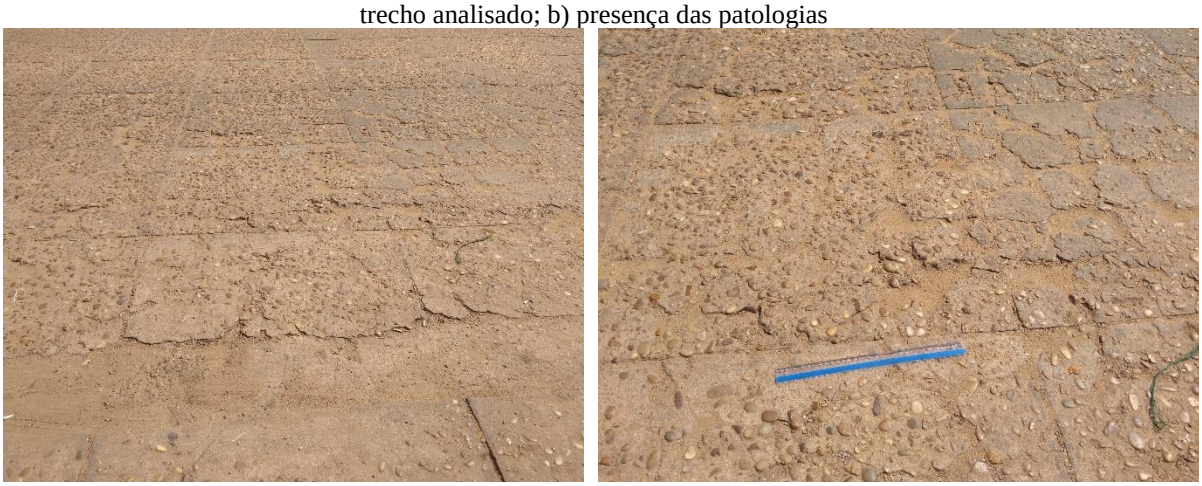
a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

O desgaste também pôde ser verificado em quase toda a extensão do pavimento em placas de concreto simples, considerado assim como de grande extensão. Conforme mostrado

na Figura 75, o pavimento apresenta aspereza na superfície e perda de agregados graúdos do concreto, desse modo seu nível de severidade é dado como alta. Seu surgimento pode ter como causas os esforços tangenciais do tráfego e o intemperismo, associados à falta de adesividade entre o ligante e o agregado, conforme apontam Ribeiro *et al.* (2017), o que no caso do concreto pode significar erros de dosagem do material.

Figura 75 – Desgaste e trincas em pavimento de revestimento em concreto simples (D-2): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença das patologias

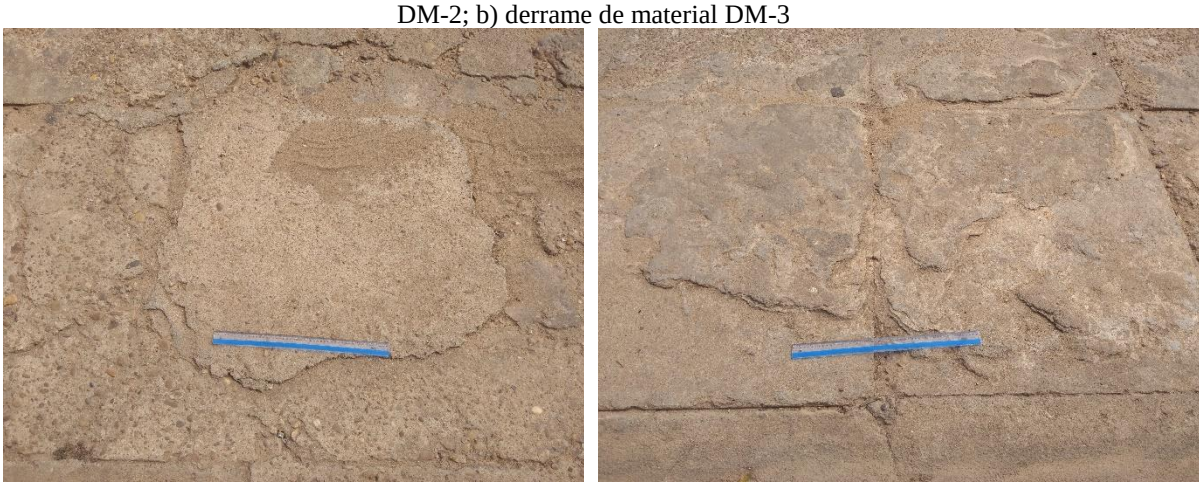


a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Em diversos pontos do pavimento próximos ao meio-fio da via foi observado o defeito de derrame de material cimentício, conforme visualizado nas Figuras 76.a, 76.b, 77 e 78, cuja área tem aproximadamente 0,90 m², 2,16 m², 1,50 m² e 5,10 m², respectivamente. Sua causa provável envolve possivelmente à dosagem e mistura de argamassa e concreto sobre a superfície do pavimento para utilização em obras das edificações do entorno. Em virtude da extensão e espessura do ressalto desses defeitos, o rolamento da via sofre prejuízos em sua funcionalidade.

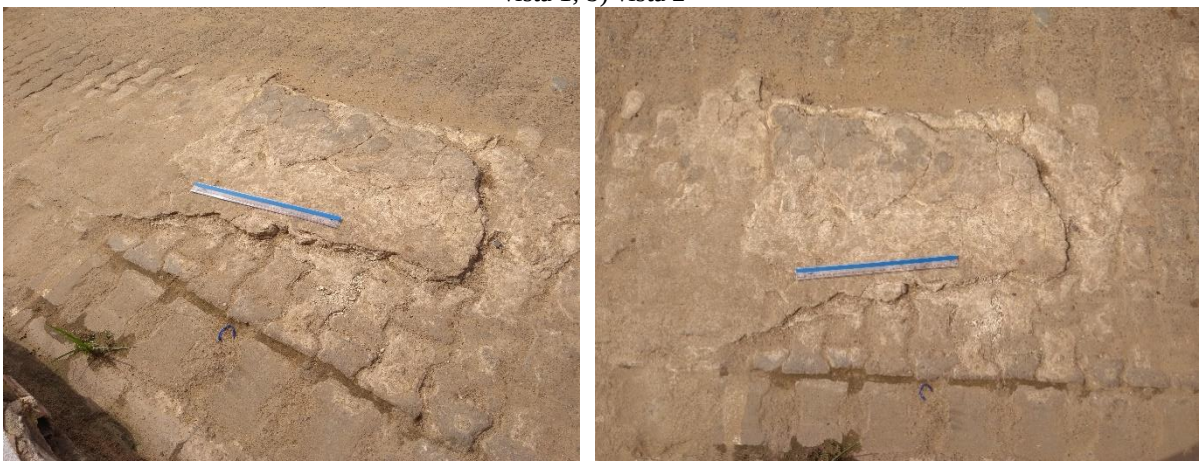
Figura 76 – Derrame de material em pavimento de revestimento em concreto simples: a) derrame de material DM-2; b) derrame de material DM-3



a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 77 – Derrame de material em pavimento de revestimento em bloquetes de concreto simples (DM-4): a) vista 1; b) vista 2



a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 78 – Derrame de material em pavimento de revestimento em concreto simples (DM-5): a) vista 1; b) vista 2

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Afundamentos foram identificados em alguns trechos do pavimento em concreto. No revestimento em placas de concreto, os afundamentos encontrados estão associados a trincas, conforme Figura 79 e 80, sendo classificados como do tipo afundamento de consolidação local, uma vez que não apresentam solevamento e envolvem uma extensão menor do que 6 metros no pavimento. A inadequada compactação das camadas inferiores do pavimento pode ter relação com a consolidação de uma ou mais camadas granulares nos trechos analisados, bem como a passagem das rodas dos veículos, segundo Mattos (2014). No trecho expresso na Figura 80, o surgimento do afundamento tem relação direto com a frenagem de veículos pesados, uma vez que se localiza em uma parada de ônibus coletivos.

Figura 79 - Afundamento de consolidação local em pavimento de revestimento em concreto simples (ALC-2): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 80 – Afundamento de consolidação local em pavimento de revestimento em concreto simples (ALC-3): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Por sua vez, o afundamento encontrado no trecho composto por bloquetes da Figura 81 tem como característica a elevação nas laterais (solevamento) e extensão inferior a 6 metros, sendo ocasionado pela influência da frenagem de veículos, pois localiza-se próximo à interseção de vias.

Figura 81 – Afundamento com solevamento lateral em pavimento de revestimento em bloquetes de concreto simples (AL-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Alguns defeitos relativos à drenagem urbana no trecho estudado foram constatados no pavimento, como o desnível na tampa do Poço de Visita (PV) da Figura 82 e um buraco na tampa de concreto armado de uma canaleta de drenagem profunda (Figura 83). Tais irregularidades são decorrentes de má execução de serviços e ausência de manutenções, os quais acarretam desconforto ao rolamento no pavimento, além de colocar em risco os veículos e pedestres que trafegam no local.

Figura 82 – Desnível em tampa de PV em pavimento de revestimento em concreto simples (DTPV-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

Figura 83 – Buraco em tampa em concreto de drenagem urbana em pavimento de revestimento em concreto simples (B-1): a) vista frontal do trecho analisado; b) presença da patologia

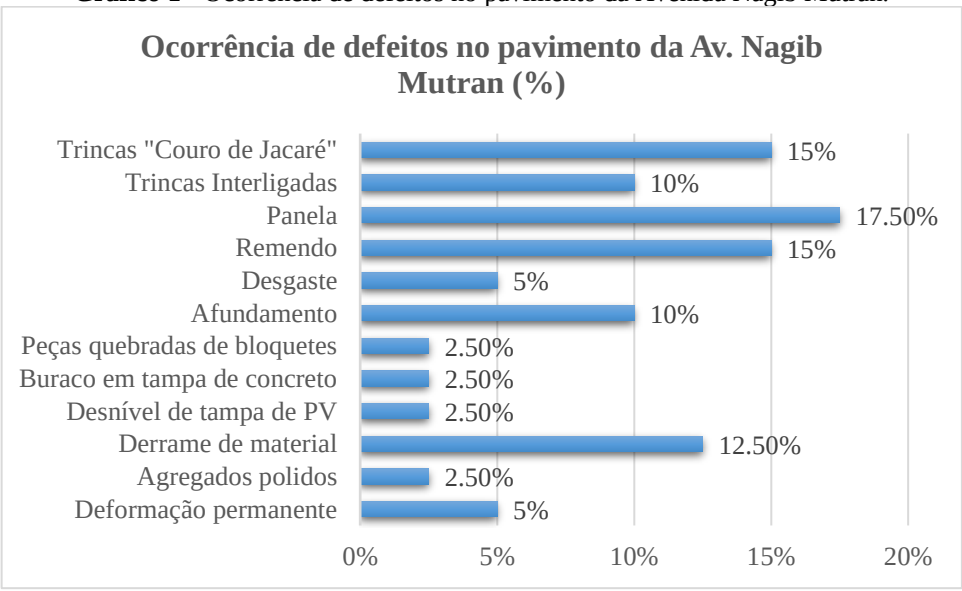
a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

4.3.2 Avaliação geral da condição superficial do pavimento

De modo geral, o levantamento dos defeitos na Avenida Nagib Mutran permitiu a identificação de 40 patologias de 12 diferentes tipos, cuja a distribuição percentual pode ser visualizada no Gráfico 1 a seguir.

Gráfico 1 - Ocorrência de defeitos no pavimento da Avenida Nagib Mutran.



Fonte: Autor (2019).

Nota-se a predominância do defeito tipo “panelas” com 17,50% do total de patologias existentes, correspondente a 7 buracos encontrados, o que implica constatar a influência da infiltração de água na estrutura do pavimento. Outros defeitos recorrentes envolvem as trincas do tipo “couro de jacaré” no revestimento asfáltico e os remendos presentes em quase todos os tipos de revestimento existentes na via, ambos com ocorrência de 15% (6 defeitos). Tal

constatação demonstra os impactos de esforços do intenso tráfego no local e a ineficiência dos métodos de manutenção por meio de serviços “tapa-buraco” empregados na via ao longo do tempo. Dessa forma, os resultados apontam um elevado grau de deterioração da superfície do pavimento avaliado.

Baseado nos componentes principais de uma análise da condição funcional de um pavimento, apontada por Danieliski (2004), afere-se que os defeitos identificados na via urbana estudada comprometem a segurança e o conforto de rodagem da mesma, em virtude da presença de numerosas trincas, buracos, afundamentos, desníveis, desgaste e elevações, os quais acarretam desconforto no rolamento e surgimento de trechos susceptíveis à acidentes de trânsito.

Em relação ao conforto visual, a avenida demonstrou um aspecto estético afetado, pois retrata: os insucessos de tentativas de conservação emergenciais (serviços de “tapa-buraco”) em grandes extensões da via; os resultados de intervenções subterrâneas sem o devido planejamento refletido em desníveis em tampa de PV, remendos e buracos em tampas de canaletas; as ações indevidas de serviços construtivos nas edificações do entorno, resultando em diversos derrames de material sobre o pavimento; e as consequências da ausência ou erros nas atividades de manutenção da via.

4.4 Propostas de Manutenção e Reabilitação (M&R) do Pavimento

Com base no diagnóstico realizado da condição superficial do pavimento da Avenida Nagib Mutran, foram definidas propostas de Manutenção e Reabilitação (M&R) baseadas nas Árvores de Decisões e as indicações de SHRP (1993, *apud* Pantigoso, 1998) e Bertollo (1997, *apud* Pantigoso, 1998).

4.4.1 Aplicação das Árvores de Decisões

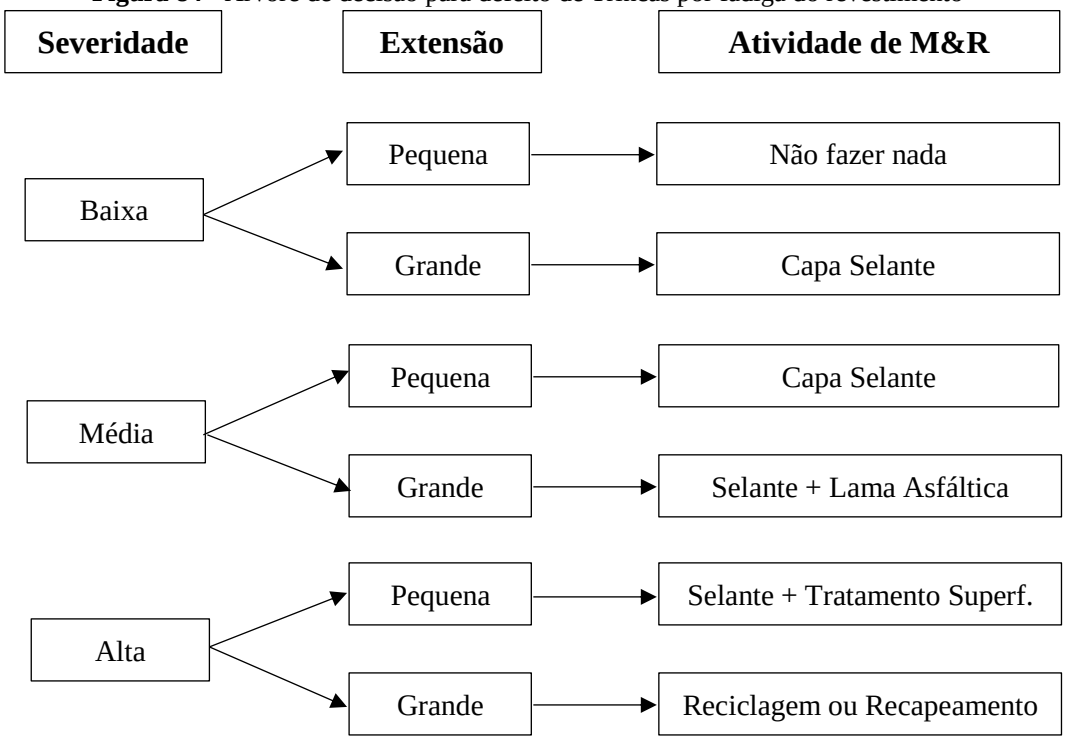
Utilizando os dados de entrada obtidos na contagem volumétrica de tráfego e na avaliação da condição superficial do pavimento realizada na via urbana (Quadro 10 e 11 do Apêndice D), foram definidas as atividades de intervenções de acordo com as Árvores de Decisões disponíveis em Pantigoso (1998). Conforme definido no item 4.2, baseado no Volume Diário Médio (VDM), a Avenida Nagib Mutran é classificada com tráfego de volume Médio. A seguir são identificadas as atividades de M&R nas Árvores de Decisões disponíveis relacionadas aos defeitos de trincas por fadiga do revestimento, “panelas”, remendo e desgaste.

4.4.1.1 Atividades de M&R de Trincas do tipo “couro de jacaré”

Em relação às trincas do tipo “couro de jacaré” presentes nos trechos em revestimento asfáltico da via estudada, relacionadas à fadiga do revestimento, tem-se as seguintes atividades de M&R de acordo com a Árvore de Decisão da Figura 84:

- Para a trinca JE-1 com severidade média e extensão grande, tem-se a atividade de aplicação de selante e lama asfáltica como indicada;
- Para a trinca J-1 com severidade baixa e extensão grande, tem-se a atividade de aplicação de capa selante como indicada;
- Para as trincas JE-2 e JE-3 com severidade alta e extensão grande, tem-se a atividade de reciclagem ou recapeamento como indicada;
- Para as trincas J-2 e J-3 com severidade baixa e extensão pequena, tem-se a indicação de não realizar nenhuma atividade de M&R.

Figura 84 - Árvore de decisão para defeito de Trincas por fadiga do revestimento



Fonte: Pantigoso (1998).

4.4.1.1.1 Selagem

A selagem de trincas tem como finalidade a contenção da penetração de água nas camadas inferiores do pavimento, impedindo a evolução da patologia, sendo aplicada com o uso de material asfáltico líquido (DER, 2006). Tal serviço segue as recomendações construtivas presente em DNIT (2006c), as quais dividem-se em cinco passos de operações:

- **1º Passo - Instalação da sinalização:** o serviço deve apresentar a devida sinalização do local por meio de equipamentos, além de promover o controle do tráfego em trechos adequados;
- **2º Passo – Limpeza das trincas:** a aderência do selante nas paredes das trincas é garantida por meio de sua correta limpeza, retirando-se pó ou partículas pequenas de agregado. O procedimento inicia-se com a varredura da área afetada e jateamento a ar comprimido dos espaços abertos das trincas. Essa etapa pode ser visualizada na Figura 85;

Figura 85 – Abertura de trincas para selagem e limpeza

Fonte: Bernucci *et al*. (2008).

- **3º Passo – Reparo das trincas:** as trincas com largura entre 4 mm e 20 mm devem ser reparadas para permitir a acomodação dos movimentos de contração do revestimento asfáltico. A abertura das trincas deve ter 7 mm no mínimo para comportar a acomodação do selante e as suas paredes devem apresentar uma verticalidade;
- **4º Passo - Enchimento das trincas com selante:** após a limpeza e reparo das trincas, quando necessário, deve-se realizar o preenchimento com selante, conforme Figura 86.

Figura 86 – Aplicação de produto selante

Fonte: Bernucci *et al*. (2008).

Os materiais mais indicados e reconhecidos internacionalmente são os asfaltos modificados com silicone e polímeros. No Brasil, entretanto, os selantes mais utilizados são os cimentos asfálticos, emulsões e asfaltos diluídos, os quais apresentam menor ductibilidade e são mais susceptíveis a variação de temperatura, o que permite a infiltração de materiais incompreensíveis e água;

- **5º Passo – Limpeza do local:** concluída a aplicação do selante, deve-se realizar a limpeza da área com a retirada e descarte correto das sobras e detritos. A Figura 87 ilustra um revestimento após selagem de trincas.

Figura 87 – Revestimento após selagem de trincas

Fonte: Bernucci *et al*. (2008).

4.4.1.1.2 Capa selante

A capa selante consiste na aplicação de emulsão asfáltica e agregado miúdo com a finalidade de rejuvenescimento da superfície do pavimento, além de agir como selante de trincas ocorrentes (DER, 2006). Segundo DNIT (2006c), as etapas de execução envolvem:

- **1ª Etapa – Limpeza da superfície:** a superfície do revestimento antigo deve ser limpa de modo que esteja isenta de agregados soltos, torrões de solos e outros materiais estranhos;
- **2ª Etapa – Aplicação da emulsão asfáltica:** aplicar uma camada de emulsão asfáltica em uma taxa entre 0,7 l/m² e 1,2 l/m², podendo ser diluída em água;
- **3ª Etapa – Aplicação de camada de agregado miúdo:** deve-se aplicar uma camada de areia média ou pó de pedra, antes da ruptura da emulsão, em taxa variando entre 3 kg/m² e 6 kg/m²;

Figura 88 – Aplicação de camada de agregado miúdo

Fonte: Sítio virtual Brasquímica (2003).

- **4ª Etapa – Compressão da camada de agregado miúdo:** deve-se comprimir a camada de agregado miúdo utilizando-se passagens de um rolo compressor leve.

Os materiais utilizados envolvem as emulsões catiônicas de Ruptura Rápida (RR-2C e RR-1C) e agregado miúdo (areia ou pó de pedra). Em relação as dosagens de revestimentos asfálticos com trincas moderadas, recomenda-se emulsão RR – 1C, pura com taxa de 1,0 l/m², areia média com taxa de 3,5 kg/m² e diluição com 25% de água para facilitar a aplicação (DNIT, 2006c).

4.4.1.1.3 Lama asfáltica

A aplicação de lama asfáltica tem como objetivo promover a correção do atrito e a impermeabilização do pavimento a partir de um espalhamento a frio de uma camada delgada, conforme aponta Scaranto (2007). Essa mistura asfáltica é obtida a partir da mistura em consistência fluída de emulsão asfáltica, água, material de enchimento "*filler*", e mistura de agregados miúdos ou agregados (DNIT, 2006c).

Os materiais empregados nesse serviço são: material betuminoso, como emulsões para lama asfáltica (LA-1C, LA-2C ou LA-E) ou emulsões catiônicas de Ruptura Lenta (RL-1C); agregados em granulometria especificada, como pó de pedra, areia ou pedrisco; material de enchimento em cal hidratada, cimento Portland ou pó-de-calcário; e água (DNIT, 2006c). Segundo o manual do DNIT (2006c), a execução do serviço de aplicação da lama asfáltica engloba:

- **1ª Etapa – Limpeza da superfície:** a superfície do revestimento deve ser limpa, removendo-se os agregados soltos, torrões de solos e outros materiais estranhos;
- **2ª Etapa – Umedecimento da superfície:** a superfície do revestimento deve ser umedecida com objetivo de adiar a penetração da emulsão;
- **3ª Etapa – Aplicação da lama asfáltica:** aplicação da lama asfáltica utilizando-se um caminhão de lama;

Figura 89 – Aplicação de lama asfáltica

Fonte: Sítio virtual Eletro Hidro Ltda. (2019).

- **4ª Etapa – Correção de falhas na execução:** deve-se realizar a correção de erros executivos, tais como irregularidade na emenda de faixas, escassez ou excesso de material;
- **5ª Etapa – Liberação do trânsito:** depois de 2 a 3 horas da realização da aplicação, deve-se permitir o tráfego no local para alisamento e compactação da camada;

- **6ª Etapa – Compactação:** compactar a camada através de rolos pneumáticos, na ausência de tráfego previsto.

4.4.1.1.4 Reciclagem

A reciclagem consiste no reaproveitamento de materiais existentes em pavimentos degradados, os quais são utilizados nas camadas de novas estruturas de pavimentos (CUNHA, 2010). Seu objetivo é melhorar o comportamento estrutural do pavimento em relação às solicitações do tráfego, sendo um serviço que possibilita o aproveitamento de materiais presentes no pavimento antigo e limita a necessidade do emprego de novos materiais, contribuindo para a conservação dos recursos naturais (MAIA, 2012).

Segundo Bernucci *et al.* (2008), os materiais empregados nessa técnica envolvem os materiais existentes fresados, juntamente com aditivos de agentes rejuvenescedores e/ou ligantes asfálticos novos, ou a incorporação de agregados com objetivo de corrigir a granulometria, de emulsões asfálticas, de espuma de asfalto, ou de cimento Portland.

De acordo com DNIT (2006c), os tipos de técnicas construtivas de reciclagem existentes são: reciclagem a quente no local; reciclagem a quente em usinas estacionárias; reciclagem a frio no local; e reciclagem a frio em usinas estacionárias.

Na execução da reciclagem a frio ou a quente no local, ocorre simultaneamente a remoção e trituração por fresagem do revestimento asfáltico e também da base granular, caso seja necessário (DER, 2006). Ainda segundo o departamento, caso a reciclagem aconteça apenas no revestimento, a mistura asfáltica pode ter adições de agentes regenerantes, agregados e material de enchimento (*filler*). Em relação à reciclagem do revestimento e da base granular, os aditivos para a mistura podem envolvem a mistura de agregados e cimento ou agregados de modo a favorecer a qualidade do material. O exemplo de reciclagem no local é mostrado na Figura 90.

Figura 90 – Exemplo de reciclagem *in situ*

Fonte: Bernucci *et al*. (2008).

Para a execução de reciclagem em usinas, o procedimento consiste na fresagem do material existente no pavimento e posterior transporte para uma usina de reciclagem na qual podem ser adicionados novos matérias à mistura para adequação da granulometria e especificações de material, tornando-a disponível para utilização em local previsto (DER, 2006). O exemplo de reciclagem em usina é mostrado na Figura 91 a seguir.

Figura 91 – Exemplo de Usina de reciclagem

Fonte: Bernucci *et al*. (2008).

4.4.1.1.5 Recapeamento

O recapeamento ou reforço relaciona-se à sobreposição de uma ou mais camadas de concreto de cimento Portland ou mistura betuminosa ao pavimento existente, com o objetivo de conferir um aporte estrutural à estrutura (DNIT, 2006c). Conforme aponta Bernucci *et al.* (2008), os revestimentos mais utilizados como recapeamento são os seguintes tipos: concreto asfáltico; misturas descontínuas; pré-misturado a quente; e SMA (*Stone Matrix Asphalt* ou matriz pétrea asfáltica) em caso de vias de tráfego pesado.

Figura 92 – Processo de recapeamento

Fonte: Bernucci *et al*. (2008).

Para a execução do recapeamento como reforço estrutural, DER (2006) enfatiza que devem ser empregadas técnicas de controle de propagação de trincas de reflexão advindas do revestimento antigo, dentre as quais se destaca a aplicação de camada antirreflexo como: mistura asfáltica aberta, mantas interpostas, material granular, entre outras. Outra solução apontada por Bernucci *et al.* (2008) trata-se da remoção do revestimento original através do processo de fresagem, conforme ilustrado na Figura 93.

Figura 93 – Fresagem de pavimento

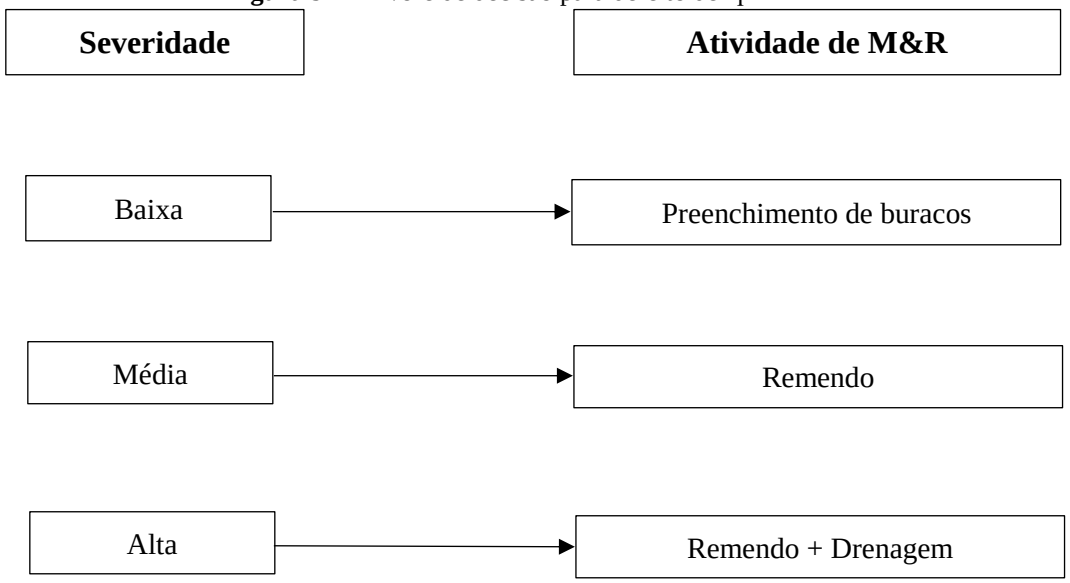
Fonte: Sítio virtual ViaFresa (2019).

4.4.1.2 Atividades de M&R de “panelas”

As “panelas” presentes nos trechos em revestimento asfáltico da via estudada, têm como proposição de M&R as seguintes atividades de acordo com a Árvore de Decisão da Figura 94:

- Para as “panelas” P-1, P-2 e P-3 com severidade média, tem-se a atividade de remendo como indicada;
- Para as “panelas” P-4, P-5, P-6 e P-7 com severidade baixa, tem-se a atividade de preenchimento de buracos como indicada.

Figura 94 - Árvore de decisão para defeito de “panelas”



Fonte: Pantigoso (1998).

4.4.1.2.1 Remendo

O remendo consiste no preenchimento de “panelas” utilizando-se uma ou mais camadas de pavimento, podendo ser superficial (correção da superfície do revestimento, em uma área localizada, por meio da aplicação de camada betuminosa) ou profundo (substituição do revestimento e camadas inferiores, caso necessário) (DNIT, 2009).

A execução dos serviços de remendos dispõe de algumas etapas construtivas, descritas por DNIT (2006c) como sendo:

- **1ª Etapa – Sinalização:** o serviço deve apresentar a devida sinalização do local por meio de equipamentos de sinalização, bem como deve-se realizar o controle do tráfego nos locais adequados;
- **2ª Etapa – Demarcação da área a ser reparada:** a demarcação da área afetada deve ser toda demarcada com giz, tinta ou lápis de cera, devendo ser em linhas retas paralelas e perpendiculares ao eixo da rodovia, sempre que possível;
- **3ª Etapa – Corte do material deteriorado:** para o caso de revestimento asfáltico, deve-se realizar o corte do material utilizando-se um compressor de ar equipado com martelete e ponteiro tipo pá ou picareta. A escavação deve ser no sentido do centro do buraco para os bordos, os quais devem ser verticais. A profundidade de corte deve ser suficiente para atingir um material estável de modo a permitir uma fundação adequado para o remendo. Por fim, é necessário o nivelamento do fundo;

- **4ª Etapa – Limpeza do buraco:** o buraco deve ser totalmente limpo, com retirada de material através de ferramentas manuais e jatos de ar comprimido para remoção de pó remanescente;
- **5ª Etapa – Aplicação da pintura de ligação:** depois de constatada a limpeza total da escavação, deve-se aplicar a pintura de ligação com emulsão asfáltica ou asfalto diluído nas paredes e fundo da cava, utilizando-se o espargidor de asfalto ou dispositivo manual;

Figura 95 – Aplicação de pintura de ligação

Fonte: Oda *et al.* (2003).

- **6ª Etapa – Lançamento e espalhamento da mistura betuminosa:** o material de substituição deve ser lançado, podendo ser pré-misturado a frio ou concreto asfáltico usinado, devendo obedecer às prescrições de dosagem e execução adequadas. O lançamento deve ser feito com pás quadradas no sentido das paredes para o centro, obedecendo o limite de camada em 10 cm cada. O espalhamento deve ser realizado em seguida, através do ancinho umedecido previamente com óleo de modo a inibir a formação de torrões. É necessária a previsão de um excesso pequeno para compensar o rebaixamento pela compactação;
- **7ª Etapa – Compactação da mistura betuminosa:** depois do lançamento do material e constatação da ausência de material em excesso no entorno do remendo, deve-se iniciar a compactação no sentido das paredes para o centro.

Figura 96 – Compactação da mistura betuminosa

Fonte: Sítio virtual Arteris (2015).

Os equipamentos para execução desse serviço podem envolver o rolo liso comum ou vibratório, socador manual ou placa vibratória. É necessária a verificação da existência de ressalto entre o remendo e o pavimento antigo, o qual deve ser evitado;

- **8ª Etapa – Limpeza do local:** concluída a compactação, deve-se realizar a limpeza da área com a retirada e descarte adequado das sobras e detritos, evitando o acúmulo de resíduos na pista que possam resultar em interferências no sistema de drenagem.

4.4.1.2.2 Preenchimento de buracos

O preenchimento de buracos pode ser entendido como serviço de "tapa-buraco", sendo realizado, segundo DER (2006), por meio do lançamento de mistura asfáltica em área localizada com presença de defeito no pavimento, cujo serviço apresenta reduzido controle de qualidade. Segundo o departamento, para o preenchimento da cava deve ser realizada uma limpeza prévia e imprimação com pintura de ligação.

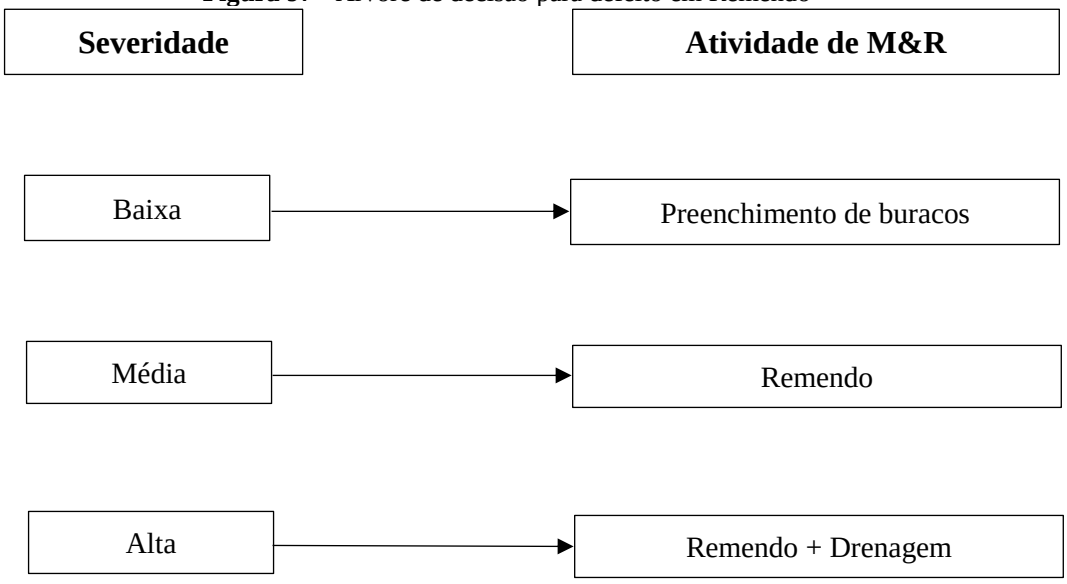
4.4.1.3 Atividades de M&R de Remendo

De acordo com a Árvore de Decisão da Figura 97, as seguintes atividades de M&R foram definidas para os defeitos em remendos nos trechos em revestimento asfáltico e revestimento em placas de concreto:

- Para o remendo R-1 (revestimento asfáltico) e os defeitos no revestimento em placas de concreto (R-3, R-4, R-5 e R-6) com severidade alta, tem-se a atividade de novo remendo como indicada;

- Para o remendo R-2 (revestimento asfáltico) com severidade média, tem-se a atividade de aplicação de selante e tratamento superficial como indicada.

Figura 97 - Árvore de decisão para defeito em Remendo



Fonte: Pantigoso (1998).

4.4.1.3.1 Remendo

A atividade de execução de novo remendo para os defeitos R-1, R-3, R-4, R-5 e R-6 deve seguir as recomendações construtivas descritas no item 4.4.1.2.1.

4.4.1.3.2 Selagem

A selagem do remendo R-2 tem as operações construtivas presentes no item 4.4.1.1.1 como intervenções recomendadas.

4.4.1.3.3 Tratamento Superficial

O tratamento superficial trata-se da aplicação de agregados e ligantes asfálticos no pavimento, sem a realização de mistura prévia, e compactação para garantir o recobrimento parcial e a adesão ligante-agregado (BERNUCCI *et al*., 2008). Segundo DNIT (2006c), tal atividade tem o objetivo de realizar a proteção ou melhoria da superfície do pavimento sem contribuir para sua capacidade estrutural.

Os tratamentos superficiais podem ser de penetração direta, em que a pintura asfáltica é aplicada sobre o agregado espalhado, atuando como ligante, ou de penetração invertida, a qual

caracteriza-se pela aspersão da pintura asfáltica sob a camada de agregado, ou seja, o ligante realiza a penetração de baixo para cima no agregado (SENÇO, 2001). Quanto ao número de camadas, o autor classifica esse serviço como: tratamento superficial simples, composto de uma pintura de asfáltico e uma camada de agregado; tratamento superficial duplo, com duas pinturas asfálticas e duas camadas de agregados; tratamento superficial triplo que dispõe de três camadas de pintura e agregado; e tratamento superficial quádruplo, composto de quatro pinturas de asfalto e quatro camadas de agregados.

Para a execução de um tratamento superficial simples, Bernucci *et al.* (2008) destaca as seguintes etapas:

- **1ª Etapa – Aplicação de ligante asfáltico:** após limpeza, imprimação e cura da base, realiza-se a aplicação de um banho de ligante utilizando-se um carro-tanque com barra espargidora;

Figura 98 – Aplicação de ligante

Fonte: Bernucci *et al*. (2008).

- **2ª Etapa – Espalhamento do agregado:** depois da aplicação do ligantes, o espalhamento de agregado deve ser realizado preferencialmente com caminhões basculantes com dispositivos distribuidores;

Figura 99 – Espalhamento do agregado: a) distribuição; b) correção das imperfeições

a)

b)

Fonte: Bernucci *et al*. (2008).

- **3ª Etapa – Compactação:** a compactação do agregado espalhado sobre o ligante deve ser realizada com rolo pneumático ou liso. O aspecto do pavimento após o tratamento é exemplificado na Figura 100.

Figura 100 – Compressão do agregado

Fonte: Bernucci *et al*. (2008).

Figura 101 – Pavimento após tratamento superficial simples: a) aspecto superficial; b) vista geral

a)

b)

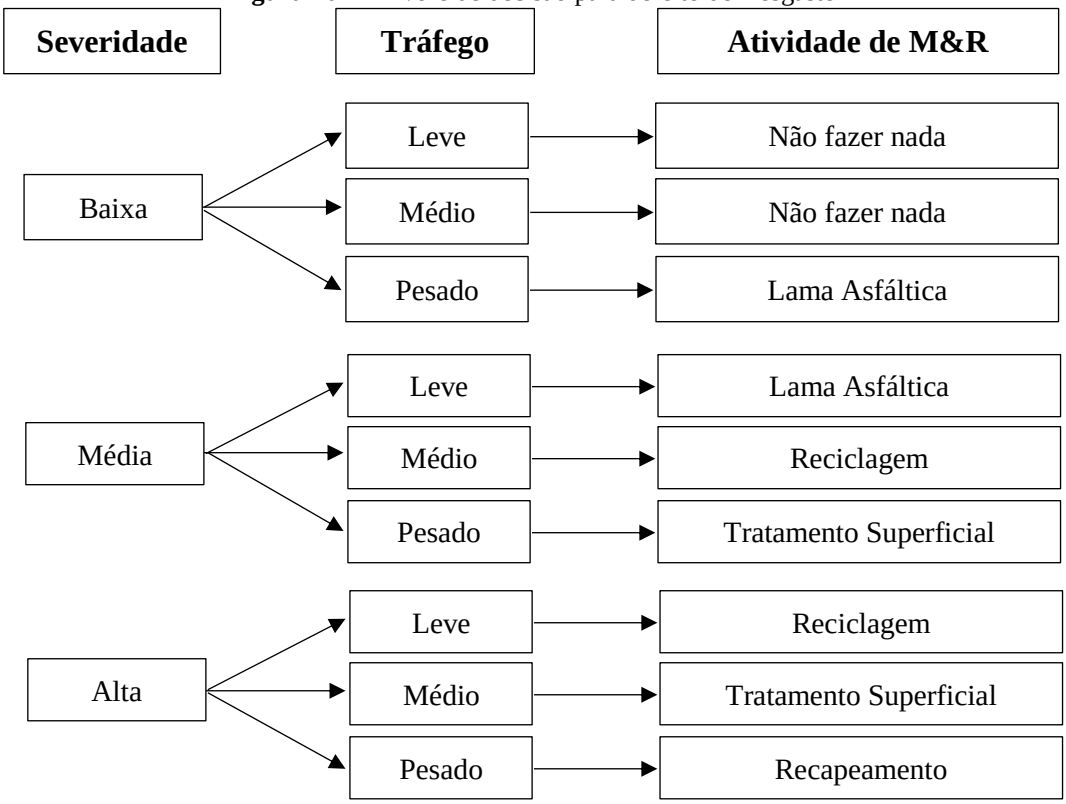
Fonte: Bernucci *et al*. (2008).

4.4.1.4 Atividades de M&R de Desgaste

Em relação aos desgastes presentes nos trechos em revestimento asfáltico e placas de concreto da via estudada, tem-se as seguintes atividades de M&R de acordo com a Árvore de Decisão da Figura 102:

- Para o desgaste D-1 (revestimento asfáltico) com severidade média e tráfego médio da via, tem-se a atividade de reciclagem como indicada;
- Para o desgaste D-2 (revestimento em placas de concreto) com severidade alta e tráfego médio da via, tem-se a atividade de tratamento superficial como indicada;

Figura 102 - Árvore de decisão para defeito de Desgaste



Fonte: Pantigoso (1998).

4.4.1.4.1 Reciclagem

A atividade de execução de reciclagem para o defeito de desgaste D-1 deve seguir as recomendações construtivas descritas no item 4.4.1.1.4.

4.4.1.4.2 Tratamento Superficial

O tratamento superficial do desgaste D-2 tem o procedimento construtivo presentes no item 4.4.1.3.3 como intervenção recomendada.

4.4.2 Atividades de M&R de Afundamento

Os afundamentos presentes no revestimento asfáltico (ALC-1), em placas de concreto (ALC-2, ALC-3) e em bloquetes (AL-1), apresentam como propostas de atividades de M&R, conforme apontadas por SHRP (1993, *apud* Pantigoso, 1998) e Bertollo (1997, *apud* Pantigoso, 1998), as seguintes intervenções: reabilitação com Recapeamento espesso para reforço

estrutural ou delgado precedido pelo preenchimento do afundamento com concreto asfáltico; reabilitação com reciclagem; e reconstrução com materiais reciclados ou novos.

Para os afundamentos no revestimento em placas de concreto (ALC-2, ALC-3) e em bloquetes (AL-1), indica-se que a melhor atividade a ser adotada se trata da reconstrução com aproveitamento de materiais ou novos.

4.4.2.1 Recapeamento

A atividade de execução de recapeamento deve seguir as recomendações construtivas descritas no item 4.4.1.1.5.

4.4.2.2 Reciclagem

O processo executivo da reciclagem dos defeitos de afundamento é descrito no item 4.4.1.1.4.

4.4.2.3 Reconstrução

A reconstrução consiste na remoção total ou parcial do pavimento e substituição com a utilização de materiais reciclados no local ou em usinas, ou ainda, por meio de materiais novos, obedecendo o processo executivo tradicional, com a finalidade de renovar a estrutura do pavimento (DER, 2006). Segundo DNIT (2006c), a reconstrução parcial envolve a remoção e substituição de espessuras que não atingem a estrutura total do pavimento, e em contrapartida, a reconstrução total abrange toda a espessura da estrutura, podendo chegar ao subleito.

4.4.3 Atividades de M&R de Trincas interligadas e Agregados polidos em placas de concreto

Para a intervenção em revestimento de placas de concreto com ocorrência de trincas interligadas, propõe-se as atividades padrões indicadas por SHRP (1993, *apud* Pantigoso, 1998) e Bertollo (1997, *apud* Pantigoso, 1998) para trincas com abrangência em extensas áreas do pavimento, as quais envolvem a reabilitação com recapeamento para reforço estrutural e a reconstrução.

Segundo SHRP (1993, *apud* Pantigoso, 1998) e Bertollo (1997, *apud* Pantigoso, 1998), as atividades mais indicadas para o tratamento de agregados polidos em pavimento, tratam-se

do tratamento superficial, lama asfáltica, reciclagem, recapeamento delgado ou reconstrução. Para o caso do defeito AP-1 presente no revestimento em placas de concreto, propõe-se como intervenção mais indicada a reconstrução ou o recapeamento delgado, uma vez que permite o uso de material semelhante ao presente no revestimento.

4.4.3.1 Recapeamento

A execução de recapeamento para reabilitação do pavimento com revestimento em placas de concreto deve obedecer às operações presentes no item 4.4.1.1.5, levando em consideração o uso de concreto de cimento Portland como mais indicado, pois trata-se do mesmo tipo de material do revestimento.

4.4.3.2 Reconstrução

A descrição da atividade de reconstrução do pavimento com defeitos de trincas interligadas e agregados polidos é realizada no item 4.4.2.3.

4.4.4 Atividades de M&R de Derrame de material

Em relação ao derrame de material em revestimento asfáltico (DM-1) e em revestimento em concreto (DM-2, DM-3, DM-4 e DM-5), indica-se a remoção do material com equipamento adequado e posterior tratamento com remendo ou outra intervenção na superfície do pavimento, caso seja necessário, para garantir o melhor rolamento, conforto visual e segurança na pista.

4.4.5 Atividades de M&R de Desnível em tampa de PV

Para a correção do desnível entre a pista e a tampa de PV, pode ser utilizado o recapeamento para igualar o nível e proporcionar melhor rolamento ao pavimento. Para execução do recapeamento, deve-se seguir as indicações presentes no item 4.4.3.1, considerando que o defeito DTPV-1 encontra-se presente no revestimento em placas de concreto.

4.4.6 Atividades de M&R de Buraco em tampa de concreto de drenagem urbana

O buraco em tampa de concreto relacionado ao sistema de drenagem urbana no local, B-1, teve sua intervenção realizada pela Secretaria Municipal de Viação e Obras Públicas (SEVOP) do município, em que foi executado serviços de corte com o uso de equipamento apropriado (Figura 103.a) para remover parte da tampa e possibilitar a colocação de nova peça em concreto armado, conforme Figura 103.b. A execução do serviço seguiu as seguintes etapas: sinalização do local; corte da tampa em concreto; colocação de nova peça; e liberação do tráfego.

Figura 103 – Intervenção em buraco em tampa de concreto: a) corte da tampa de concreto; b) pavimento com nova peça de concreto

a) *b)*

Fonte: Autor (2019).

4.4.7 Atividades de M&R de Deformação transversal e Peças quebradas em revestimento de bloquetes

Os defeitos de deformação transversal (DT-1 e DT-2) e peças quebradas (PQ-1) em revestimento de bloquetes em concreto simples pré-moldado apresentam como intervenção mais indicada a reconstrução com o uso de novos materiais para substituição das peças degradadas e correção da deformação.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões obtidas no estudo, bem como algumas recomendações para a realização de trabalhos futuros.

5.1 Conclusões

A avaliação funcional do pavimento compreende uma ferramenta essencial no Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), uma vez que permite a constatação da necessidade existente de manutenção e reabilitação da estrutura. Nesse procedimento técnico, o diagnóstico dos defeitos existentes é uma etapa crucial para a avaliação funcional da condição superficial do pavimento.

Além disso, a compreensão dos fatores que contribuem para o processo de degradação das vias urbanas é imprescindível ao entendimento das causas das patologias aparentes. Nesse contexto, a influência do tráfego sobre o desempenho do pavimento tem relação com sua classificação obtida a partir da determinação do volume de tráfego no local.

O município de Marabá – PA carece de um controle e monitoramento apropriado da condição da infraestrutura viária, estando limitado apenas às intervenções motivadas pelo número de reclamações da população ou pelas simples observações visuais de defeitos aparentes nas vias, sem critérios técnicos. Desse modo, as atividades de manutenção e reabilitação restringem-se às medidas corretivas emergenciais, sobretudo em operações “tapa-buraco”, contribuindo para a constante depreciação do pavimento.

O trecho avaliado da Avenida Nagib Mutran, localizada no Núcleo Cidade Nova, apresentou resultados insatisfatórios em sua condição superficial, sendo marcada por defeitos relacionados à infiltração de água, à fadiga devido aos esforços do tráfego, aos erros na execução de medidas corretivas do pavimento e às inadequações provindas de serviços de drenagem subterrânea. Dentre as principais patologias aferidas, as “panelas” (17,50%), as trincas “couro de jacaré” (15%), os remendos (15%) e o derrame de material (12,50%) apresentaram maior ocorrência ao longo da extensão da via.

A classificação do tráfego da avenida a partir do VMD aliada ao conhecimento da severidade e extensão dos defeitos permitiu a proposição de medidas de Manutenção e Reabilitação (M&R), dentre as quais se destacaram: aplicação de selante; reciclagem; recapeamento; remendo; tratamento superficial; e reconstrução.

Com os resultados obtidos nesse estudo torna-se possível aferir a necessidade de manutenções preventivas e corretivas na Avenida Nagib Mutran, a fim de obter um pavimento com condições de segurança, rolamento, economia e estética favoráveis ao tráfego de veículos

diariamente atraídos pelos Polos Geradores de Viagens (PGV's) existentes no entorno da via. Em suma, espera-se contribuir para o processo de tomada de decisão da Gestão Pública relacionado aos procedimentos de monitoramento e intervenção nas vias urbanas do munícipio.

5.1 Recomendações para trabalhos futuros

Para a continuidade desta pesquisa sugere-se a realização de trabalhos futuros com foco em avaliações funcionais e estruturais em vias urbanas de outros bairros de Marabá com intenso volume de tráfego gerados pelos PGV's, as quais dispõem de defeitos aparentes em seu pavimento, envolvendo o período de estiagem e chuvoso da região.

Como procedimentos de levantamento para avaliações funcionais da condição superficial indica-se as normas brasileiras do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT):

- DNIT 006/2003 – PRO – Avaliação objetiva da superfície de pavimentos asfálticos – Procedimento (DNIT, 2003b);

- DNIT 007/2003 – PRO – Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimento flexível e semi-rígido para gerência de pavimentos e estudos e projetos - Procedimento (DNIT, 2003c);

- DNIT 008/2003 – PRO – Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos asfálticos – Procedimento (DNIT, 2003d);

- DNIT 009/2003 – PRO – Levantamento para avaliação subjetiva da superfície de pavimento – Procedimento (DNIT, 2003e).

Além disso, indica-se que seja realizada a revisão das normas referentes aos defeitos presentes nos pavimentos flexíveis e os procedimentos de levantamento dessas patologias, tornando a literatura disponível mais atualizada em relação à realidade atual da pavimentação, contribuindo para pesquisas que poderão ser realizadas futuramente nessa área de estudo.

REFERÊNCIAS

AASHTO – AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. Guide for Design of Pavement Structures. Washington, D.C, 1986.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica:** materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BANDEIRA, A. C.; KNEIB, E. C. 2017. Polos geradores de viagens e seus impactos na paisagem urbana: um estudo sobre o impacto de um Shopping Center em Goiânia - GO (Brasil). Cuadernos de Geografía: **Revista Colombiana de Geografía**, v. 26, n. 1, p. 187-200, jan./jun. 2017.

BASTOS, J. **Considerações sobre a deformação permanente de pavimentos asfálticos no dimensionamento mecanístico-empírico.** Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008. 504 p.

BERTOLLO, S. A. M. **Considerações sobre a Gerência de Pavimentos Urbanos em Nível de Rede.** Dissertação (Mestrado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1997.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Plano Nacional de Logística e Transportes:** relatório final**.** Brasília: SPNT/MT, 2011. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/conteudo/2818-pnlt-relatorio-executivo-2011.html>. Acesso em: 15 nov. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 03 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil,** Brasília, DF, 3 jan. 2012.

CAMPUS, V. B. G. **Planejamento de transportes:** conceitos e modelos. 1 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

CHEN, X.; DOSSEY, T.; HUDSON, W. R. Development of Project-Level Urban Roadway Management System. Transportation Research Record 1455. TRB. National Research Council. Washington, D.C. 1994.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. **Anuário CNT do Transporte:** Estatísticas consolidadas. Brasília. 2017. Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2017/Rodoviario/>. Acesso em: 30 mar. 2018.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de Rodovias 2018:** Relatório Gerencial**.** Brasília: CNT: SEST SENAT, 2018.

CORINI, F. **Scienza e técnica dele costruzioni stradali e ferroviarie**. Milano: Editore Ulrico Hoelpi, 1947.

CUNHA, C. M. **Reciclagem de Pavimentos Rodoviários Flexíveis Diferentes Tipos de Reciclagem.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2010.

DANIELESKI, M. L. **Proposta de Metodologia para Avaliação Superficial de Pavimentos Urbanos:** Aplicação à Rede Viária de Porto Alegre. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DER – Departamento de Estradas e Rodagem do Estado de São Paulo. **Projeto de Restauração de Pavimento.** São Paulo: Diretoria de Engenharia, 2006.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT 005/2003 - TR. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia.** Rio de Janeiro: IPR. 2003a. 12 p.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Estudos de Tráfego.** Rio de Janeiro: IPR - 723. 2006a.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Gerência de Pavimentos.** Rio de Janeiro: IPR -745. 2011.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Restauração de pavimentos asfálticos.** 2. ed. Rio de Janeiro: IPR - 720. 2006c.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação.** 3. ed. Rio de Janeiro: IPR - 719. 2006b. 274 p.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Pavimentos flexíveis – Recuperação de defeitos em pavimentos - Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: IPR, 2009.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – PRO 006. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos**. Rio de Janeiro: IPR, 2003b.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – PRO 007. **Levantamento para avaliação da condição da superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos**. Rio de Janeiro: IPR, 2003c.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – PRO 008. **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos asfálticos – Procedimento**. Rio de Janeiro: IPR, 2003d.

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

DOMINGUES, F. A. A. **MID – Manual para Identificação de Defeitos de Revestimentos Asfálticos de Pavimentos**. São Paulo: LDTT/PTR/EPUSP, 1993.

FERNANDES JR, J. L. et. al. **Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos.** Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Transportes. São Carlos. 2006.

FIGUEIREDO, N. P. D. **Avaliação e Conservação de Pavimentos Rodoviários Municipais com Baixo Tráfego – Contribuição para uma Metodologia de Apoio.** Dissertação (Mestrado em Construção Urbana) - Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2011.

FILHO, E. R. **Transporte e modais com suporte de TI e SI** [Livro eletrônico]. Curitiba: IBPEX, 2013.

FONTES, L. P. T. Da L. **Optimização do Desempenho de Misturas Betuminosas com Betume Modificado com Borracha para Reabilitação de Pavimentos**. Tese (Doutorado) - Universidade do Minho, Lisboa, 2010.

GOMES, M. J. T. L. **Volume Horário de Projeto para as Rodovias Estaduais do Ceará: Análise e Contribuição.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

GONTIJO, G. A. S. **Modelos e taxas de atração de viagens para PGVs – Hospitais Públicos localizados em cidades de médio porte do interior do Estado de São Paulo.** Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

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

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/maraba/panorama>. Acesso em: 15 de nov. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Rio de Janeiro. 2016. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/maraba/pesquisa>. Acesso em: 15 de nov. 2018.

JUNIOR, E. P. T.; MAGALHÃES, S. L. M. Pavimentação em Vias Públicas: Análise do Estado da Avenida Coronel Escolástico em Cuiabá-MT. **Revista E&S – Engineering and Science,** v. 1, n. 1, 2014.

KNEIB, E. C.; SILVA, P. C. M.; PORTUGAL, L. S. Impactos decorrentes da implantação de pólos geradores de viagens na estrutura espacial das cidades. **Revista Transportes**, v. 18, n. 1, p. 27-35, 2010.

MACHADO, D. M. C. **Avaliação de Normas de Identificação de Defeitos para fins de Gerência de Pavimentos Flexíveis.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

MAIA, E. M. C. **Caracterização de Patologias em Pavimentos Rodoviários.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade de Porto, Porto, 2012.

MASCARENHAS NETO, J. D. **Methodo para construir as estradas em Portugal.** Edição fac-similada, impressa em 1985 a partir do original do Arquivo-Biblioteca do ex Ministério das Obras Públicas, 1790.

MATTOS, J. R. G. **Monitoramento e Análise do Desempenho de Pavimentos Flexíveis da Ampliação da Rodovia BR-290/RS – A implantação do Projeto Rede Temática de Asfalto no Rio Grande do Sul.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

ODA, S *et al.* **Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos.** Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

PANTIGOSO, J. F. G.: **Uso dos Sistemas de Informações Geográficas para a Integração da Gerência de Pavimentos Urbanos com as Atividades das Concessionárias de Serviços Públicos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

PORTUGAL, L. S.; GOLDNER, L. G. **Estudos de Polos Geradores de Tráfego e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes.** Rio de Janeiro: Edgard Blucher, 2003.

PREGO, A. S. S. **A memória da pavimentação no Brasil**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2001.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REDE-PGV – Rede Ibero-Americana de Estudo em Polos Geradores de Viagens. Relatório da 1ª reunião de trabalho. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

RIBEIRO, A. J. A.; BEZERRA, F. R. D.; NETO, J. C. P. Metodologia Prática de Avaliação de Patologias no Pavimento Asfáltico em Avenida de Fortaleza/CE. **Revista Conexão, Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 6, p. 91-99, 2017.

SCARANTO, M. **Procedimentos aplicáveis na definição de medidas para a manutenção de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2007.

SENÇO, W. DE. **Manual de técnicas de pavimentação:** volume 1. 2 ed. São Paulo: Pini, 2007.

SENÇO, W. DE. **Manual de técnicas de pavimentação:** volume 2. 1 ed. São Paulo: Pini, 2001.

SILVA, P. F. A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos.** São Paulo: Pini, 2008.

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

VICENTE, A. **A Utilização de Betumes Modificados com Borracha na Reabilitação de Pavimentos Flexíveis**. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2006.

VIDEIRA, F. I. B. **Manual de Conservação de Pavimentos para Pequenas Redes Rodoviárias Municipais:** bases para a sua elaboração. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Construção Urbana) - Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2014.

APÊNDICE A – Fichas de contagem volumétrica

Quadro 6 - Ficha de contagem volumétrica I para o primeiro turno

FICHA DE CONTAGEM VOLUMÉTRICA I

Local:	Sentido:	
Data:	Turno:	Responsável:

Hora	Automóvel	Ônibus	Caminhão	Bicicleta	Motocicleta	Outros	Total		
							Acumulado (Nº veículos)	Horária (Nº veículos)	UCP
07:00 - 07:15									
07:15 - 07:30									
07:30 - 07:45									
07:45 - 08:00									
08:00 - 08:15									
08:15 - 08:30									
08:30 - 08:45									
08:45 - 09:00									

OBSERVAÇÕES

Fonte: Autor (2018)

Quadro 7 - Ficha de contagem volumétrica II para o segundo turno.

FICHA DE CONTAGEM VOLUMÉTRICA II

Local:	Sentido:	
Data:	Turno:	Responsável:

Hora	Automóvel	Ônibus	Caminhão	Bicicleta	Motocicleta	Outros	Total		
							Acumulado (Nº veículos)	Horária (Nº veículos)	UCP
17:00 - 17:15									
17:15 - 17:30									
17:30 - 17:45									
17:45 - 18:00									
18:00 - 18:15									
18:15 - 18:30									
18:30 - 18:45									
18:45 - 19:00									

OBSERVAÇÕES

Fonte: Autor (2018).

APÊNDICE B - Fichas de avaliação da condição superficial do pavimento

Quadro 8 - Ficha de avaliação da condição superficial do pavimento em revestimento asfáltico.

Via:			Sentido:			
Início:			Fim:			
REVESTIMENTO ASFÁLTICO						
Imagem	Tipo de Defeito	Nível de Severidade			Extensão	
		BAIXA	MÉDIA	ALTA	PEQUENA	GRANDE
	Remendo de conservação padrão		Não se aplica.			
	Remendo de intervenções em rede subterrânea		Não se aplica.			
	Remendo de conservação emergencial		Não se aplica.			
	Remendo regular com mistura asfáltica					
	Trincas Longitudinais					
	Trincas por reflexão					
	Trincas transversais					
	“Panelas”					
	Deformação permanente					
	Corrugação ou Ondulação					
	Exsudação					
	Agregados polidos					
	Desgaste					
	Desnível (degrau) entre pista e acostamento					
	Bombeamento					
	Derrame de material					
	Afundamento					
	Elevação					
	Desnível, quebra ou falta de tampa de PV					

OBSERVAÇÕES:

DATA: RESPONSÁVEL:

Fonte: Adaptado de Danieleski (2004).

Quadro 9 - Ficha de avaliação da condição superficial do pavimento em concreto simples.

Via:			Sentido:			
Início:			Fim:			
REVESTIMENTO EM CONCRETO SIMPLES						
Imagem	Tipo de Defeito	Nível de Severidade			Extensão	
		BAIXA	MÉDIA	ALTA	PEQUENA	GRANDE
	Remendo de conservação padrão		Não se aplica.			
	Remendo de intervenções em rede subterrânea		Não se aplica.			
	Remendo de conservação emergencial		Não se aplica.			
	Remendo regular com mistura asfáltica					
	Trincas Longitudinais					
	Trincas por reflexão					
	Trincas transversais					
	“Panelas”					
	Deformação permanente					
	Corrugação ou Ondulação					
	Exsudação					
	Agregados polidos					
	Desgaste					
	Desnível (degrau) entre pista e acostamento					
	Bombeamento					
	Derrame de material					
	Afundamento					
	Elevação					
	Desnível, quebra ou falta de tampa de PV					

OBSERVAÇÕES:

DATA: RESPONSÁVEL:

Fonte: Adaptado de Danieleski (2004).

APÊNDICE C – Tabelas de volume de tráfego

Tabela 4 - Volume de tráfego da Av. Nagib Mutran na terça-feira (12/02/2019) no turno da manhã

Local: Avenida Nagib Mutran					Sentido: Mão dupla				
Data: 12/02/2019					Turno: Manhã				
Hora	Número de veículos							Total horário	
	Automóvel	Ônibus	Caminhão	Bicicleta	Motocicleta	Outros	Acumul.	Nº veículos	UCP
07:00 - 07:15	83	1	4	3	40	0	131	925	933
07:15 - 07:30	111	5	5	3	82	1	207		
07:30 - 07:45	137	6	2	4	93	2	244		
07:45 - 08:00	182	7	1	7	142	4	343		
08:00 - 08:15	187	4	5	5	151	7	359	1.181	1.193
08:15 - 08:30	155	7	4	7	100	4	277		
08:30 - 08:45	151	7	5	5	83	4	255		
08:45 - 09:00	152	5	5	6	120	2	290		
Total								2.106	2.125

Fonte: Autor (2019).

Tabela 5 - Volume de tráfego da Av. Nagib Mutran na terça-feira (12/02/2019) no turno da tarde

Local: Avenida Nagib Mutran					Sentido: Mão dupla				
Data: 12/02/2019					Turno: Tarde				
Hora	Número de veículos							Total horário	
	Automóvel	Ônibus	Caminhão	Bicicleta	Motocicleta	Outros	Acumul.	Nº veículos	UCP
17:00 - 17:15	140	6	1	7	101	3	258	1.286	1.292
17:15 - 17:30	201	3	8	2	143	2	359		
17:30 - 17:45	197	3	2	4	126	3	335		
17:45 - 18:00	203	6	0	7	115	3	334		
18:00 - 18:15	175	5	2	9	178	2	371	1.363	1.362
18:15 - 18:30	174	8	1	8	142	1	334		
18:30 - 18:45	174	4	0	6	152	1	337		
18:45 - 19:00	167	2	0	3	149	0	321		
Total								2.649	2.653

Fonte: Autor (2019).

Tabela 6 - Volume de tráfego da Av. Nagib Mutran na quarta-feira (13/02/2019) no turno da manhã

Local: Avenida Nagib Mutran					Sentido: Mão dupla				
Data: 13/02/2019					Turno: Manhã				
Hora	Número de veículos							Total horário	
	Automóvel	Ônibus	Caminhão	Bicicleta	Motocicleta	Outros	Acumul.	Nº veículos	UCP
07:00 - 07:15	88	4	2	2	55	1	152	956	963
07:15 - 07:30	118	7	4	4	68	4	205		
07:30 - 07:45	157	6	2	9	82	0	256		
07:45 - 08:00	174	5	5	9	145	5	343		
08:00 - 08:15	174	4	2	9	142	2	333	1.158	1.169
08:15 - 08:30	167	6	5	4	101	3	286		
08:30 - 08:45	182	9	5	4	102	1	303		
08:45 - 09:00	145	7	1	3	79	1	236		
Total								2.114	2.131

Fonte: Autor (2019).

Tabela 7 - Volume de tráfego da Av. Nagib Mutran na quarta-feira (13/02/2019) no turno da tarde

Local: Avenida Nagib Mutran	Sentido: Mão dupla
Data: 13/02/2019	Turno: Tarde

Hora	Número de veículos							Total horário	
	Automóvel	Ônibus	Caminhão	Bicicleta	Motocicleta	Outros	Acumul.	Nº veículos	UCP
17:00 - 17:15	159	5	2	7	120	3	296	1.254	1.255
17:15 - 17:30	188	4	6	5	112	1	316		
17:30 - 17:45	170	5	3	10	150	3	341		
17:45 - 18:00	171	5	2	11	111	1	301		
18:00 - 18:15	219	5	3	9	155	5	396	1.338	1.343
18:15 - 18:30	189	9	6	6	141	5	356		
18:30 - 18:45	170	4	1	6	116	0	297		
18:45 - 19:00	164	0	2	2	121	0	289		
Total								2.592	2.597

Fonte: Autor (2019).

APÊNDICE D – Quadros de Avaliações da condição superficial do pavimento

Quadro 10 - Avaliação da condição superficial do pavimento em revestimento asfáltico da Av. Nagib Mutran.

Via: Avenida Nagib Mutran							Sentido: Mão dupla	
Início: Cruzamento com Avenida Transamazônica							Fim: Cruzamento com Rua Curitiba	
REVESTIMENTO ASFÁLTICO								
COD.	Tipo de Defeito	Dimensões	Área afetada (m²)	Nível de Severidade			Extensão	
				Baixa	Média	Alta	Pequena	Grande
JE-1	Trincas do tipo "couro de jacaré"	Espessura: 20 mm	(2,00 x 2,00) m = 4,00 m²		X			X
J-1			(2,00 x 1,50) m = 3,00 m²	X				X
JE-2		Espessura: 30 mm	(2,00 x 1,30) m = 2,60 m²			X		X
J-2		Espessura: 5 mm	(1,30 x 1,10) m = 1,43 m²	X			X	
J-3		Espessura: 20 mm	(1,10 x 1,60) m = 1,76 m²	X			X	
JE-3			(0,60 x 4,60) m = 2,76 m²			X		X
P-1	"Panelas" ou buracos	Profundidade: 50 mm	(1,50 x 0,60) m = 0,90 m²		X			X
P-2		Profundidade: 25 mm	(0,40 x 0,20) m = 0,08 m²		X		X	
P-3		Profundidade: 40 mm	(0,50 x 0,32) m = 0,16 m²		X		X	
P-4		Profundidade: 20 mm	(0,50 x 0,50) m = 0,25 m²	X			X	
P-5		Profundidade: 12 mm	(0,60 x 0,50) m = 0,30 m²	X			X	
P-6		Profundidade: 5 mm	(0,60 x 0,40) m = 0,24 m²	X			X	
P-7		Profundidade: 3 mm	(1,10 x 0,30) m = 0,33 m²	X			X	
R-1	Remendo de intervenções em rede subterrânea com elevação		(70,0 x 0,70) m = 49,0 m²			X		X
R-2	Remendo de conservação padrão com trincas do tipo "couro de jacaré"	Espessura das trincas: 30 mm	(1,80 x 1,30) m = 2,34 m²		X		X	
D-1	Desgaste		(3,00 x 1,00) m = 3,00 m²		X			X
ALC-1	Afundamento							
DM-1	Derrame de material		(3,10 x 1,20) m = 3,72 m²					

Fonte: Autor (2019).

Quadro 11 - Avaliação da condição superficial do pavimento em revestimento em concreto simples da Av. Nagib Mutran.

(continua)

Via: Avenida Nagib Mutran	Sentido: Mão dupla

Início: Cruzamento com Avenida Transamazônica						Fim: Cruzamento com Rua Curitiba		
REVESTIMENTO EM CONCRETO								
COD.	Tipo de Defeito	Dimensões	Área afetada (m²)	Nível de Severidade			Extensão	
				Baixa	Média	Alta	Pequena	Grande
TI-1	Trincas interligadas	Espessura: 70 mm				X		X
TI-2						X		X
TI-3		Espessura: 80 mm				X		X
TI-4		Espessura: 30 a 50 mm				X		X
R-3	Remendo regular com mistura asfáltica		(1,20 x 1,45) m = 1,74 m²			X	X	
R-4			(33,0 x 2,00) m = 66,0 m²			X		X
R-5	Remendo regular com mistura asfáltica com "panela"	Profundidade da "panela": 30 mm	(0,60 x 0,50) m = 0,30 m²			X	X	
R-6	Remendo com concreto de intervenções em rede subterrânea		(5,00 x 0,45) m = 2,25 m²			X	X	
DT-1	Deformação transversal por aceleração, frenagem ou mudança de direção	Deslocamento máximo: 100 mm						X
DT-2		Deslocamento máximo: 100 mm						X
D-2	Desgaste					X		X
AP-1	Agregados polidos		(7,00 x 3,00) m = 21,0 m²					
DM-2	Derrame de material		(0,95 x 0,95) m = 0,90 m²					
DM-3			(1,80 x 1,20) m = 2,16 m²					
DM-4			(1,50 x 1,00) m = 1,50 m²					
DM-5			(3,00 x 1,70) m = 5,10 m²					
ALC-2	Afundamento							
ALC-3								
AL-1								

Quadro 11 - Avaliação da condição superficial do pavimento em revestimento em concreto simples da Av. Nagib Mutran.

(conclusão)

DTP V-1	Desnível de tampa de PV							
B-1	Buraco em tampa de concreto de drenagem urbana							
PQ-1	Peças quebradas de bloquetes em concreto simples							

Fonte: Autor (2019).

ANEXO A - Identificação de defeitos nos pavimentos

Quadro 12 - Identificação de defeitos nos pavimentos.

(continua)

DEFEITO	CARACTERÍSTICA	NÍVEIS DE SEVERIDADE	COMO MEDIR
1 **TRINCAS POR FADIGA DO REVESTIMENTO**	• Áreas submetidas a cargas repetidas de tráfego • Forma: "couro de crocodilo" ou "tela de galinheiro" • Espaçamento inferior a 30 cm	• BAIXA: poucas trincas conectadas, sem erosão nos bordos e sem evidências de bombeamento • MÉDIA: trincas conectadas e bordos levemente erodidos, mas sem evidência de bombeamento • ALTA: trincas erodidas nos bordos, movimentação dos blocos quando submetidos ao tráfego e com evidências de bombeamento	Registrar a área afetada (m²) para cada nível de severidade.
2 **TRINCAS EM BLOCOS**	• Trincas que dividem o pavimento em pedaços aproximadamente retangulares • Tamanho dos blocos: 0,1 a 10 m²	• BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições • MÉDIA*: trincas com abertura média entre 6 a 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa • ALTA*: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta	Registrar a área afetada (m²) para cada nível de severidade.
3 **TRINCAS LATERIAS**	• Apenas para pavimentos com acostamentos não pavimentados • Dentro de uma faixa de 60 cm a partir da extremidade do pavimento	• BAIXA: sem perda de material ou despedaçamento • MÉDIA: perda de material e despedaçamento em até 10% da extensão afetada • ALTA: perda de material e despedaçamento em mais de 10% da extensão afetada	Registrar a extensão afetada (m²) para cada nível de severidade.

Quadro 12 - Identificação de defeitos nos pavimentos.

(continuação)

DEFEITO	CARACTERÍSTICA	NÍVEIS DE SEVERIDADE	COMO MEDIR

4 **TRINCAS LONGITUDINAIS**	• Trincas predominantemente paralelas ao eixo, podendo se localizar dentro ou fora das trilhas	• BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições • MÉDIA*: trincas com abertura média entre 6 a 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa • ALTA*: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta	Registrar a extensão (m) das trincas longitudinais e os níveis de severidade correspondentes (nas trilhas de roda ou fora delas). Registrar a extensão com selante em boas condições.
5 **TRINCAS POR REFLEXÃO**	• Reflexão de trincas ou juntas das camadas inferiores • Recapeamento ou pavimentos novos (contração da base)	• BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições • MÉDIA*: trincas com abertura média entre 6 a 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa • ALTA*: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta	Registrar em separado, as trincas transversais e longitudinais. Registrar o nº de trincas transversais. Registrar a extensão das trincas e os níveis de severidade. Registrar a extensão com selante em boas condições.
6 **TRINCAS TRANSVERSAIS**	• Trincas predominantemente perpendiculares ao eixo • Severidade de uma trinca: adotar a mais elevada, desde que represente pelo menos 10% da extensão	• BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições • MÉDIA*: trincas com abertura média entre 6 a 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa • ALTA*: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta	Registrar o nº de trincas, a extensão e os níveis de severidade correspondentes. Registrar a extensão com selante em boas condições.

Quadro 12 - Identificação de defeitos nos pavimentos.

(continuação)

DEFEITO	CARACTERÍSTICA	NÍVEIS DE SEVERIDADE	COMO MEDIR

7 **REMENDOS**	• Porção da superfície do pavimento mais que 0,1 m², removida e substituída ou material aplicado ao pavimento após a construção inicial	• Função da severidade dos defeitos apresentados pelo remendo	Registrar o nº de remendos e a área afetada (m²) para cada nível de severidade.
8 **"PANELAS"**	• Buracos resultantes de desintegração localizada, sob a ação do tráfego e em presença de água. • Fragmentação, causada por trincas, por fadiga ou desgaste, e remoção localizada de partes do revestimento	• BAIXA**: profundidade menor que 25 mm • MÉDIA**: profundidade entre 25 a 50 mm • ALTA**: profundidade maior que 50 mm	Registrar o nº de "panelas" e a área afetada por cada nível de severidade
9 **DEFORMAÇÃO PERMANENTE**	• Depressão longitudinal nas trilhas de roda, em razão de densificação dos materiais ou ruptura por cisalhamento	• Substituídos pelas medições da deformação permanente a cada 15 m	Registrar a máxima deformação permanente nas trilhas de roda.
10 **CORRUGAÇÃO**	• Deformação plástica caracterizada pela formação de ondulações transversais na superfície do pavimento • Causada por esforços tangenciais (frenagem ou aceleração)	• Associados aos efeitos sobre a qualidade do rolamento	Registrar o nº de ocorrências e a área afetada (m²)
11 **EXSUDAÇÃO**	• Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento	• BAIXA: mudança de coloração em relação ao restante do pavimento • MÉDIA: perda de textura superficial • ALTA: aparência brilhante; marcas de pneus evidentes em tempo quente; agregados cobertos pelo asfalto	Registrar a área afetada (m²) para cada nível de severidade.

Quadro 12 - Identificação de defeitos nos pavimentos.

(conclusão)

DEFEITO	CARACTERÍSTICA	NÍVEIS DE SEVERIDADE	COMO MEDIR

12 **AGREGADOS POLIDOS**	• Polimento (desgaste) dos agregados e do ligante betuminoso e exposição dos agregados graúdos • Comprometimento da segurança: redução do coeficiente de atrito pneu-pavimento	• Níveis de polimento podem ser associados à redução no coeficiente de atrito pneu-pavimento	Registrar a área afetada (m²).
13 **DESGASTE**	• Perda de adesividade do ligante betuminoso e desalojamento dos agregados • Envelhecimento, endurecimento, oxidação, volatilização, intemperização	• BAIXA: início do desgaste, com perda de agregados miúdos • MÉDIA: textura superficial torna-se áspera, com perda de agregados miúdos e de alguns graúdos • ALTA: textura superficial muito áspera, com perda de agregados graúdos	Registrar a área afetada (m²) para cada nível de severidade.
14 **DESNÍVEL (DEGRAU) ENTRE PISTA E ACOSTAMENTO**	• Diferença de elevação entre a faixa de tráfego e o acostamento: camadas sucessivas de revestimento asfáltico; erosão de acostamento não pavimentado; consolidação diferencial	• Substituídos pelas medições do desnível	Registrar o desnível (mm) a cada 15 m, ao longo da interface pista-acostamento.
15 **BOMBEAMENTO**	• Saída de água pelas trincas do pavimento sob a ação das cagas do tráfego • Identificado pela deposição à superfície, de material carreado das camadas inferiores	• Não aplicáveis porque o bombeamento depende do teor de umidade das camadas inferiores do pavimento	Registrar o nº de ocorrências e a extensão afetada (m²)

*Os limites para as trincas são muito altos quando considerados para pavimentos brasileiros
** Para pavimentos brasileiros, deve-se considerar também a área afetada

Fonte: SHRP (1993, *apud* PANTIGOSO, 1998).

ANEXO B - Resumo das causas dos defeitos considerados no Programa SHRP e principais atividades de manutenção e reabilitação

Quadro 13 - Resumo das causas dos defeitos considerados no Programa SHRP e principais atividades de manutenção e reabilitação.

(continua)

DEFEITO	CAUSAS DOS DEFEITOS	ATIVIDADE DE M&R
1 **TRINCAS POR FADIGA DO REVESTIMENTO**	• Problema estrutural (espessuras inadequadas) • Enfraquecimento estrutural durante o período de chuvas	• Manutenção: remendos (reparo permanente, no caso de problemas localizados) ou tratamento superficial e lama asfáltica (reparos temporários) • Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural, no caso de áreas extensas) • Reconstrução: novos materiais ou reciclados • Obs: geralmente associadas à saturação do subleito, sub-base ou base, as trincas por fadiga podem exigir a remoção do material saturado e a instalação de drenagem
2 **TRINCAS EM BLOCOS**	• Contratação de origem térmica (revestimento formado por misturas asfálticas com agregados finos e alto teor de asfalto com baixa penetração) ou de variação do teor de umidade (camadas inferiores), ou ainda em razão do envelhecimento (perda de elasticidade do revestimento causada por oxidação em virtude de tempo de mistura muito longo, temperatura de mistura elevada ou período de armazenamento muito longo) • Contração de bases tratadas com cimento ou com utilização de solos tropicais	• Manutenção: aplicação de selante (emulsão asfálticas seguida por tratamento superficial, lama asfáltica ou recapeamento delgado) • Reabilitação: reciclagem ou recapeamento (nos estágios avançados)
3 **TRINCAS LATERIAS**	• Compactação insuficiente • Drenagem deficiente	• Selante para evitar entrada de água e consequente enfraquecimento estrutural

Quadro 13 – Resumo das causas dos defeitos considerados no Programa SHRP e principais atividades de manutenção e reabilitação.

(continuação)

DEFEITO	CAUSAS DOS DEFEITOS	ATIVIDADE DE M&R
4		

TRINCAS LONGITUDINAIS	• Má execução de juntas longitudinais de separação entre duas faixas de tráfego (menor densidade e menor resistência à tração) • Contração do revestimento	• Manutenção: trincas com abertura menor que 3 mm não precisam ser preenchidas; trincas com abertura entre 3 e 20 mm devem ser limpas, com aplicação de selante (asfalto modificado com borracha ou elastômetros) e lançamentos de areia sobre o selante • Reabilitação: trincas com abertura maior que 20 mm devem ser reparadas com remendo ou, no caso de estar previsto um recapeamento, devem ser preenchidas com concreto asfáltico de granulometria fina
5 **TRINCAS POR REFLEXÃO**	• Movimentação de placas rígidas subjacentes (pavimento rígido, bases tratadas com cimento ou cal, bases de solos arenosos finos laretiticos)	• Manutenção: remendos e tratamento superficial ou lama asfáltica (reparos temporários) • Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural: tem sido utilizadas geomembranas entre o pavimento antigo e o reforço para absorção do movimento horizontal das camadas inferiores; outra técnicas consiste na reciclagem das porções mais superficiais do pavimento antigo, de modo a eliminar o padrão das trincas e, dessa forma, ao menos retardar o aparecimento das trincas por reflexão) • Obs: trincas com abertura menor que 3 mm não precisam ser preenchidas; trincas com abertura entre 3 e 20 mm devem ser limpas, com aplicação de selante (asfalto modificado com borracha ou elastômetros) e lançamento de areia seca sobre o selante; trincas com abertura maior que 20 mm devem ser reparadas om remendo ou, no caso de estar previsto um recapeamento, devem ser preenchidas com concreto asfáltico de granulometria fina.
6 **TRINCAS TRANSVERSAIS**	• Contração térmica do revestimento e hidráulica das outras camadas	• Selante para evitar entrada de água e consequente enfraquecimento estrutural
7 **REMENDOS**	-	• Obs: o simples preenchimento de “panelas” é chamado de “tapa-buraco”

Quadro 13 – Resumo das causas dos defeitos considerados no Programa SHRP e principais atividades de manutenção e reabilitação.

(continuação)

DEFEITO	CAUSAS DOS DEFEITOS	ATIVIDADE DE M&R
8		

"PANELAS"	• Falha estrutural (revestimento com pequena espessura ou baixa capacidade de suporte das camadas inferiores) • Dosagem da mistura (falta de ligante asfáltico) • Problema construtivo (drenagem inadequada)	• Manutenção: remendos (reparo permanente) • Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural) após a execução dos remendos) • Obs: as atividades de M&R devem, sempre, ser precedidas de instalação de drenagem
9 **DEFORMAÇÃO PERMANENTE**	• Dimensionamento inadequado (espessuras insuficientes) • Dosagem da mistura (falta de estabilidade, que resulta em deformação plástica em razão de elevado teor de ligante, excesso de material de preenchimento e uso de agregados arredondados) • Compactação inadequada e posterior consolidação pelas cargas do tráfego • Cisalhamento (fluência plástica) causada por enfraquecimento em razão de infiltração de água	• Reabilitação: reciclagem, recapeamento delgado (nas fases iniciais, precedido pelo preenchimento das depressões com concreto asfáltico) ou recapeamento espesso (reforço estrutural) • Reconstrução: novos materiais ou reciclados
10 **CORRUGAÇÃO**	• Falha estrutural • Dosagem da mistura (falta de estabilidade, em razão de excesso de asfalto, ligante asfáltico pouco viscoso, excesso de agregados finos, agregados arredondados, com textura lisa ou granulometria inadequada) • Problema construtivo (fraca ligação entre base e revestimento)	• Manutenção: remendos • Reabilitação: reciclagem (fresagem dos revestimentos com espessura superior a 5 cm, seguida de aplicação de capa selante ou concreto asfáltico); recapeamento delgado (sobre superfície regularizada; escarificação e mistura com material da base e compactação antes do lançamento da nova camada de revestimento) ou recapeamento espesso (reforço estrutural) • Reconstrução: novos materiais ou reciclados
11 **EXSUDAÇÃO**	• Excesso de ligante betuminoso • Baixo índice de vazios da mistura asfáltica • Compactação pelo tráfego (má dosagem)	• Manutenção: tratamento superficial (reparo temporário) ou aplicação de areia quente, que deve imediatamente compactada e varrida após o resfriamento • Reabilitação: reciclagem

Quadro 13 – Resumo das causas dos defeitos considerados no Programa SHRP e principais atividades de manutenção e reabilitação.

(conclusão)

DEFEITO	CAUSAS DOS DEFEITOS	ATIVIDADE DE M&R

12 **AGREGADOS POLIDOS**	• Ação abrasiva do tráfego, que elimina as asperezas e angularidades das partículas • Dosagem da mistura (agregados com pequena resistências à abrasão, como por exemplo, agregados de rochas calcárias)	• Manutenção: tratamento superficial ou lama asfáltica • Reabilitação: reciclagem ou recapeamento delgado • Reconstrução: novos materiais ou reciclados
13 **DESGASTE**	• Dosagem da mistura (falta de ligante) • Problema construtivo (superaquecimento da mistura, falta de compactação, que resulta em envelhecimento precoce, agregados sujo, úmido ou com pequena resistência à abrasão; segregação, com a ausência de agregados miúdos, há apenas poucos pontos de ligação entre partículas da matriz de agregados graúdos facilitando a oxidação) • Perda de adesividade ligante-agregado por ação de produtos químicos, água ou abrasão • Abertura ao tráfego antes que o ligante tivesse aderido ao agregado • Execução com condições meteorológicas desfavoráveis •	• Manutenção: capa selante (reparo temporário), tratamento superficial ou lama asfáltica • Reabilitação: reciclagem ou recapeamento delgado
14 **DESNÍVEL (DEGRAU) ENTRE PISTA E ACOSTAMENTO**	• Erosão do acostamento • Consolidação do acostamento	• Recomposição do acostamento
15 **BOMBEAMENTO**	• Existência de água nos vazios sob o revestimento • Pressão exercida pelas cargas do tráfego	• Drenagem

Fonte: SHRP (1993, *apud* PANTIGOSO, 1998) e Bertollo (1997, *apud* PANTIGOSO, 1998*).*