



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Fabricio Jose Machado

AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM  
PAVIMENTO ASFÁLTICO: Análise da avenida LO 07 no município de Palmas-TO

Palmas – TO

2018

Fabricio Jose Machado

AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM  
PAVIMENTO ASFÁLTICO: Análise da avenida LO 07 no município de Palmas-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA). Orientador: Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.

Palmas – TO

2018

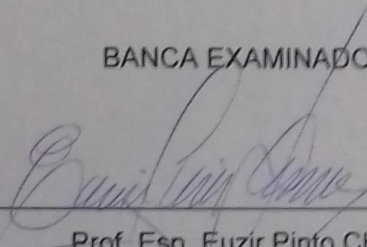
Fabrcio Jose Machado

AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM  
PAVIMENTO ASFÁLTICO: Análise da avenida LO 07 no município de Palmas-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II  
elaborado e apresentado como requisito parcial  
para obtenção do título de bacharel em Eng.º Civil  
pelo Centro Universitário Luterano de Palmas  
(CEULP/ULBRA). Orientador: Prof.º Esp. Euzir  
Pinto Chagas.

Aprovado em: 13 / 11 / 2018

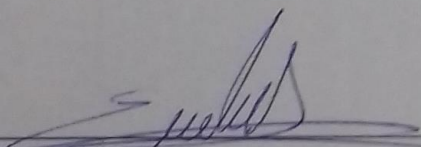
BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.

Orientador

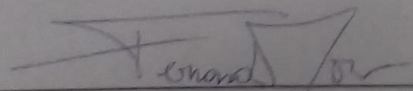
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. MSc. Edivaldo Alves dos Santos

Avaliador 1

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior

Avaliador 2

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2018

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de concluir este estudo, de forma muito proveitosa.

Em especial, a meus familiares esposa e filhos, por toda compreensão e estímulo. Também a meus pais, irmãs e amigos pelo apoio e carinho.

Agradeço ao professor Euzir P. Chagas responsável pela orientação desse trabalho.

## RESUMO

MACHADO, Fabricio Jose. **AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EMPAVIMENTO ASFÁLTICO: Análise da avenida LO 07 no município de Palmas-TO**. 2018. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado – Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

Este estudo teve como objetivo avaliar as condições encontradas em uma avenida na cidade de Palmas-TO. Tendo como intuito verificar a real situação em relação as manifestações patológicas, bem como verificar as condições do pavimento. O estudo buscou quantificar e qualificar os defeitos encontrados e posteriormente apontar as soluções mais viáveis de restauração. Através de estudos bibliográficos procurou-se utilizar as técnicas que melhor se adequasse a esse estudo de caso.

Para realizar um diagnóstico satisfatório, primeiramente realizou-se uma vistoria previa da avenida, para levantar as técnicas de avaliação a serem aplicadas. A visita possibilitou indicar um levantamento fotográfico e uma análise baseada na norma do DNIT 006/2013 – PRO, chamada Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimento.

Através da realização da análise, conseguiu-se quantificar e qualificar os defeitos do trecho estudado, através do parâmetro IGG (Índice de Gravidade Global), no qual indicou como sendo 'Ruim' o seu estado de conservação. Após o levantamento fotográfico conseguiu-se demonstrar e qualificar os defeitos relacionados na avaliação objetiva.

Com os dados obtidos nos dois processos, montou-se dois diagramas unifilares, um demonstrando quais os principais defeitos e outro demonstrando quais as soluções apontadas para todos o problema encontrada em cada seguimento da via avaliada.

**Palavras-chave:** análise, defeitos, soluções

## ABSTRACT

MACHADO, Fabricio Jose. **EVALUATION OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS ASFÁLTIC EMPAVIMENTO: Analysis of the avenue LO 07 in the municipality of Palmas-TO.** 2018. 67 f. Graduation Work - Civil Engineering, University Center Luterano de Palmas, Palmas / TO, 2018.

This study aimed to evaluate the conditions found in an avenue in the city of Palmas-TO. In order to verify the real situation in relation to the pathological manifestations, as well as verify the conditions of the pavement. The study sought to quantify and qualify the defects found and later to point out the most viable restoration solutions. Through bibliographic studies, we tried to use the techniques that best fit this case study.

In order to carry out a satisfactory diagnosis, a preliminary survey of the avenue was first carried out, in order to evaluate the evaluation techniques to be applied. The visit made it possible to indicate a photographic survey and an analysis based on the standard of DNIT 006/2013 - PRO, called Objective Evaluation of the Pavement Surface.

Through the analysis, it was possible to quantify and to qualify the defects of the studied section, through the parameter IGG (Global Severity Index), in which it indicated as 'Bad' its state of conservation. After the photographic survey it was possible to demonstrate and to qualify the defects related in the objective evaluation. With the data obtained in the two processes, two unilateral diagrams were assembled, one demonstrating the main defects and another demonstrating which solutions were identified for each problem found in each follow-up of the evaluated pathway.

**Key words:** analysis, defects, solutions

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Esquema de tratamentos superficiais .....	16
Figura 2: Seção Transversal Típica de Pavimento Flexível .....	19
Figura 3: Tipos de Pavimento Flexíveis .....	19
Figura 4: Seção Transversal típica de Pavimento Rígido.....	20
Figura 5: Tipos de Pavimento Rígido.....	20
Figura 6 – Trinca transversal .....	22
Figura 7 – Trinca longitudinal .....	23
Figura 8 – Trinca de retração.....	23
Figura 9 – Trinca tipo “couro de jacaré” .....	24
Figura 10 – Trinca tipo bloco sem erosão .....	24
Figura 11 – Afundamento plástico nas trilhas de roda .....	25
Figura 12- Afundamento por consolidação localizado.....	25
Figura 13 - Ondulação .....	26
Figura 14 - Corrugação.....	26
Figura 15 - Exsudação .....	27
Figura 16 - Desgaste .....	27
Figura 17 – Panela ou buraco .....	28
Figura 18 - Remendo .....	29
Figura 19 – Aplicação de ligante.....	30
Figura 20 – Distribuição de agregado.....	31
Figura 21 – Processo de recapeamento.....	32
Figura 22- Processo de fresagem.....	33
Figura 23: Quadro de conceitos de degradação do pavimento .....	38
Figura 24 – Localização de Palmas .....	39
Figura 25 – Trecho da Avenida LO-07 .....	40
Figura 26 – Fluxograma de atividades .....	41
Figura 27 – Exemplo de demarcação de estações para inventário de defeitos.....	41
Figura 28: Quadro resumo de classificação de defeitos (continua).....	42
Figura 29: Quadro valor do Fator de Ponderação.....	46
Figura 30 - Quadro Planilha de Cálculo do IGG .....	47
Figura 31 - Imagem representativa da avenida.....	48
Figura 32- Imagem representativa da avenida.....	49
Figura 33- Imagem representativa da avenida.....	49

Figura 34- Imagem representativa da avenida.....	49
Figura 35 - Imagem representativa da avenida.....	50
Figura 36 – Imagens de estação.....	50
Figura 37– Imagens de estação.....	51
Figura 38 – Imagens de defeitos no pavimento.....	51
Figura 39 – Imagens de defeitos no pavimento.....	52
Figura 40 – Imagens de segmento crítico.....	52
Figura 41 – Imagem de defeitos no pavimento.....	53
Figura 42 – Imagem de defeitos no pavimento.....	53
Figura 43 – Imagem de defeitos no pavimento.....	54
Figura 44 – Imagem de defeitos no pavimento.....	54
Figura 45 – Imagem de problemas na avenida.....	55
Figura 46 – Imagem de problemas na avenida.....	55
Figura 47 – Imagem de trecho crítico.....	56
Figura 48 – Imagem de trecho crítico.....	56
Figura 49 - Gráfico porcentagem de defeitos.....	57
Figura 50 - Gráfico porcentagem de defeitos em comum.....	58
Figura 51 - Quadro diagrama unifilar de defeitos.....	59
Figura 52 - Quadro diagrama unifilar das propostas de soluções.....	60



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Determinação da espessura do revestimento.....	15
Tabela 2: Exemplo do preenchimento do .....	45
Tabela 3: Cálculo da Variância do TRI (Trilha de Rodas Internas).....	46
Tabela 4 Cálculo da Variância do TRE (Trilha de Rodas Externas).....	46

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo da frequência relativa .....	36
Equação 2: Cálculo da média aritmética dos valores das flechas.....	37
Equação 3: Cálculo da variância .....	37
Equação 4: Índice de Gravidade Individual .....	37
Equação 5: Índice de gravidade global.....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
TO	Tocantins
LO	Leste-Oeste
NS	Norte-Sul
ICPF	Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis ou Semi-Rígidos
IGGE	Índice de Gravidade Global Expedida
IES	Índice do Estado da Superfície
DPVAT	Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
fr	Frequência relativa
fa	Frequência absoluta
IGI	Índice de Gravidade Individual
IGG	Índice de Gravidade Global
a.C	Antes de Cristo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1 PROBLEMAS DE PESQUISA.....	11
1.2 HIPÓTESES.....	11
1.3 OBJETIVOS .....	11
<b>1.3.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>11</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>11</b>
1.4 JUSTIFICATIVA .....	12
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
2.1 PAVIMENTO .....	13
2.2 REVESTIMENTOS.....	13
<b>2.2.1 Revestimentos betuminosos</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2.2 Tratamentos Superficiais</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2.3 Comparativo do custo de manutenção entre CBUQ e do TSD</b> .....	<b>16</b>
2.3 MATERIAIS DE BASE.....	17
2.4 CLASSIFICAÇÃO DO PAVIMENTO .....	18
<b>2.4.1 Pavimento Flexível</b> .....	<b>18</b>
<b>2.4.2 Pavimento Rígido</b> .....	<b>19</b>
<b>2.4.3 Pavimento Semi-Rígido</b> .....	<b>20</b>
2.5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA .....	21
2.6 TERMINOLOGIA E TIPOS DE DEFEITOS .....	22
<b>2.6.1 Fissura</b> .....	<b>22</b>
<b>2.6.2 Trinca</b> .....	<b>22</b>
<b>2.6.3 Afundamento</b> .....	<b>24</b>
<b>2.6.4 Ondulações/corrugações</b> .....	<b>25</b>
<b>2.6.5 Exsudação</b> .....	<b>26</b>
<b>2.6.6 Desgaste</b> .....	<b>27</b>
<b>2.6.7 Panela ou buraco</b> .....	<b>28</b>
<b>2.6.8 Remendos</b> .....	<b>28</b>
2.7 MANUTENÇÃO DE PAVIMENTO.....	29
2.8 RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL .....	30
<b>2.8.1 Técnicas de recuperação das Fendas / Trincas</b> .....	<b>30</b>
<b>2.8.2 Técnicas de recuperação dos Afundamentos</b> .....	<b>31</b>
<b>2.8.3 Técnicas de recuperação das Ondulações / Corrugações</b> .....	<b>33</b>

<b>2.8.4 Técnicas de recuperação de Painelas .....</b>	<b>33</b>
<b>2.8.5 Técnicas recuperação dos Remendos .....</b>	<b>34</b>
<b>2.8.6 Técnicas de recuperação da Desagregação .....</b>	<b>34</b>
<b>2.8.7 Técnicas de recuperação de Desgaste.....</b>	<b>35</b>
<b>2.9 AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO .....</b>	<b>35</b>
<b>2.9.1 Cálculos das Frequências absolutas e relativas .....</b>	<b>36</b>
<b>2.9.2 Índice de Gravidade Individual (IGI).....</b>	<b>37</b>
<b>2.9.3 Índice de gravidade global (IGG) .....</b>	<b>37</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.1 Cidade do local de estudo .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.2 Avenida a ser estudada .....</b>	<b>39</b>
<b>3.2 DESCRIÇÃO DA PESQUISA.....</b>	<b>40</b>
<b>3.3 ETAPAS DA PESQUISA.....</b>	<b>40</b>
<b>3.4 COLETA DE DADOS .....</b>	<b>41</b>
<b>3.4.1 Divisão do trecho e demarcação das superfícies de avaliação .....</b>	<b>41</b>
<b>3.4.2 Inventário das ocorrências.....</b>	<b>42</b>
<b>3.4.3 Medição das flechas na trilha de roda.....</b>	<b>43</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>45</b>
<b>4.1 ANÁLISE OBJETIVA .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2 LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO.....</b>	<b>48</b>
<b>4.2.1 Visão geral da avenida.....</b>	<b>48</b>
<b>4.2.2 Visão individualizada dos defeitos nas estações.....</b>	<b>50</b>
<b>4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>57</b>
<b>4.3.1 Gráficos analíticos .....</b>	<b>57</b>
<b>4.3.2 Demonstração defeitos por seguimentos .....</b>	<b>59</b>
<b>4.3.2 Proposta de intervenção por seguimentos.....</b>	<b>60</b>
<b>4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>61</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>62</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A rede viária deve ser bem planejada, projetada e construída para garantir condições ideais de conforto e segurança. Um grande fator que afeta a sua qualidade é a incidência de patologias. O surgimento das patologias em pavimentos reduz o tempo de vida do pavimento, gerando transtornos, como desgaste elevado dos veículos que as utilizam, aumentam o risco de acidentes e geram um desconforto para os seus usuários.

A origem das patologias no pavimento está vinculada, normalmente, a má execução do projeto, problemas construtivos, erro na escolha dos materiais, falta ou inadequação de meios para conservação e manutenção segundo Souza (2004).

Patologias são defeitos, construtivos ou não, desenvolvidos ou agravados com o tempo em relação ao uso, intemperismos ou por errôneo dimensionamento, que fazem com que o pavimento deixe de exercer sua função de oferecer um rolamento confortável e seguro para as rodovias nas quais foram construídos.

Nesse contexto, a necessidade de buscar alternativas técnicas na obtenção de um diagnóstico confiável para os pavimentos, para que assim sejam adotadas as melhores soluções de manutenção compatíveis com as necessidades dos pavimentos avaliados.

Com isso, fica evidente a importância de se monitorar a conservação dos pavimentos ao longo da vida útil, de forma a identificar patologias, entendê-las e corrigi-las, antes que inutilizem o trecho que deterioram.

Cordeiro et. al (2013) afirmam que a Gerência de Pavimentos consiste em uma ferramenta administrativa muito eficaz, com o intuito de reunir informações, em campo, referentes à malha viária de determinada localidade, para alimentar e atualizar um sistema de Banco de Dados. Esta servirá para controle e planejamento estratégico na aplicação dos recursos públicos e intervenções governamentais no planejamento, no projeto, na construção e na manutenção de pavimentos.

Este estudo tem como objetivo avaliar quais as condições que se encontram um trecho da avenida LO 07 que localiza-se entre as avenidas sentido Norte-Sul (NS) 06 e a avenida Leste-Oeste (LO) 05 em Palmas Capital do Tocantins, com intuito de verificar as suas patologias, bem como conceituar nível de degradação atingido pelo pavimento da avenida estudada.

## 1.1 PROBLEMAS DE PESQUISA

Para se projetar e executar uma obra de pavimentação deve-se obedecer a diversas normas técnicas de engenharia e depois de executada devem-se realizar manutenções preventivas para que as vias tenham uma sua vida útil bastante elevada, ao analisar a Avenida LO 07 entre a avenida NS 06 e a avenida LO 05 de Palmas, argumenta-se:

Quais as ações a serem executadas para elevar o período de vida útil da avenida em estudo e mantê-la em boas condições de tráfego durante esse período?

## 1.2 HIPÓTESES

Este estudo parte do pressuposto que a avenida analisada foi projetada e executada conforme as normas técnicas de engenharia, porém a mesma, possivelmente não está sendo conservada de forma satisfatória.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo realizar a avaliação objetiva da superfície do pavimento situado na Avenida LO 07 (entre a avenida NS 06 e a avenida LO 05), da cidade de Palmas - TO.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Quantificar e classificar as patologias encontradas no revestimento asfáltico com base na norma do DNIT 006/2013 - PRO;
- Conceituar o nível de degradação atingido pelo pavimento da avenida, através da avaliação objetiva da superfície do pavimento por meio dos cálculos das Frequências absolutas ( $f_a$ ) e relativas ( $f_r$ ), do Índice de gravidade individual (IGI) e do Índice de gravidade global (IGG).
- Sugerir soluções tecnicamente viáveis para as possíveis manifestações patológicas encontradas na avenida.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

Apesar de se verificar que a maioria dos acidentes de trânsito ocorre por negligência dos usuários das vias públicas, as más condições dessas vias potencializam o risco desses acidentes, que no Brasil chegam a números alarmantes.

Segundo dados da Seguradora Líder, em todo o Brasil foram requeridas 383.993 indenizações em 2017, sendo 41.151 por morte, 284.191 por invalidez e 58.651 por despesas com assistência médica.

Um agravante em relação à má conservação das vias públicas é a geração de um grande prejuízo financeiro para a população, devido ao aumento dos gastos com manutenção dos veículos.

Segundo Senço (1997), o aumento dos elementos do custo de operação, combustível, lubrificantes, manutenção, amortização e pneus, chegam a um acréscimo de 250% para automóveis e 350% para caminhões, comparando um pavimento muito bom e um em mau estado da conservação, ou caminho de terra.

Outro agravante em relação à má conservação das vias públicas é a geração de um grande prejuízo financeiro para os cofres públicos, devido ao gasto elevado com vias deterioradas, onde a falta de uma manutenção preventiva correta leva a sua deterioração total.

Villibor et al. (2009) alegam que os defeitos evoluem progressivamente até um determinado estágio, a partir do qual, o pavimento sofre uma deterioração acelerada, levando à ruína de toda a sua estrutura. Portanto, é fundamental conhecer o momento correto da intervenção, para reestabelecer a serventia a níveis aceitáveis.

Sendo assim este estudo será de grande relevância, pois irá estudar o processo investigatório das patologias nas vias públicas, apontará possíveis erros em relação ao processo de conservação das mesmas, buscare apontar possíveis melhorias para a avenida estudada e contribuirá para uma melhor execução e manutenção de novas vias.



## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 PAVIMENTO**

Mirandola (2016) relata que a evolução das técnicas de pavimentação está associada à evolução dos meios de transporte. Nas civilizações antigas os veículos com rodas de madeira necessitavam de superfícies revestidas.

Segundo Schmidt (2016) a estrada pavimentada mais antiga que se tem registros na história, localizava-se no Egito (2600-2400 a.C.), e era utilizada para transportar os materiais necessários para a construção das pirâmides. E no Brasil, uma das primeiras estradas que se tem registro é do ano de 1560, e ligava São Vicente ao Planalto Piratininga.

Bernucci et al. (2006) define pavimento como estruturas de múltiplas camadas, onde o revestimento é a camada que se destina a receber a carga dos veículos e mais diretamente a ação do clima. Essa camada deve ser tanto quanto possível impermeável e resistente ao contato pneu-pavimento em movimento, que são variados conforme a velocidade e a carga dos veículos.

A NBR 7207/82 define o pavimento como uma estrutura construída após terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, a:

- a) Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- b) Melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança e;
- c) Resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento."

Os pavimentos rodoviários podem ser constituídos por diversos materiais, podendo-se agrupar, segundo o seu comportamento estrutural em três categorias: flexíveis, rígidos e semi-rígidos.

### **2.2 REVESTIMENTOS**

De modo geral, na construção de pavimentos flexíveis e semirrígidos são utilizadas as seguintes capas de revestimento: betuminosas e tratamentos superficiais

#### **2.2.1 Revestimentos betuminosos**

Bernucci et al. (2006) afirma que o asfalto usado em pavimentação é um ligante betuminoso que vêm da destilação do petróleo e tem propriedade térmica e

plástico, impermeável à água e pouco reativo. Entretanto, a baixa reatividade química, não quer dizer que este material possa sofrer um processo de envelhecimento e desgaste por oxidação lenta pelo contato da água e do ar.

No Brasil, o revestimento mais utilizado é o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) definido por Marques (2012) como um revestimento flexível, resultante da mistura a quente, em usina apropriada, de agregado mineral graduado, material de enchimento (fíler) e material betuminoso espalhado e comprimido a quente. Durante o processo de construção e dimensionamento, são feitas rigorosas exigências no que diz respeito aos equipamentos, granulometria, teor de betume, estabilidade, vazios etc. É considerado um revestimento nobre.

O concreto asfáltico pode ser empregado como revestimento, camada de ligação, binder (camada situada em meio à base e a capa de rolamento em casos de espessura elevada), regularização ou reforço estrutural do pavimento flexível. (SILVA, 2011)

Os equipamentos de espalhamento e acabamento devem compor de máquinas vibroacabadoras, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento desejado. Em áreas menores deverá ser aplicada com motoniveladora (conhecida como “patrola”) ou manualmente (por exemplo: com a pá). (SILVA, 2011)

O equipamento para a compactação deve constituir-se de rolos pneumáticos com regulagem de pressão e rolo metálico liso. (MEDINA, 2005).

Em relação ao dimensionamento de pavimentos asfálticos através da utilização do método do DNER/1981, sua maior deficiência está, contudo, nas suas recomendações de espessura mínima para a camada de revestimento em concreto asfáltico, que podem tanto estar a favor da segurança como contra ela, por não levar em conta as deformações máximas de tração que são provocadas pelas cargas do tráfego nessa camada e que controlam a sua vida de fadiga.

Através do método do DNER/1981, deve se calcular o número N para encontrar a espessura ideal para o revestimento, através da tabela 1.

Tabela 1- Determinação da espessura do revestimento

N	espessura mínima do revestimento
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5.0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7.5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12.5 cm de espessura

Fonte: **DNER/1981**

O Número N é o número de repetições (ou operações) dos eixos dos veículos, equivalentes às solicitações do eixo padrão rodoviário de 8,2 tf durante o período considerado de vida útil do pavimento. O eixo padrão rodoviário brasileiro é um eixo simples de rodas duplas e que transmite ao pavimento uma carga total de 8,2 toneladas (80 kN).

### 2.2.2 Tratamentos Superficiais

Os chamados tratamentos superficiais consistem em aplicação de ligantes asfálticos e agregados sem mistura prévia, na pista, com posterior compactação que promove o recobrimento parcial e a adesão entre agregados e ligantes.

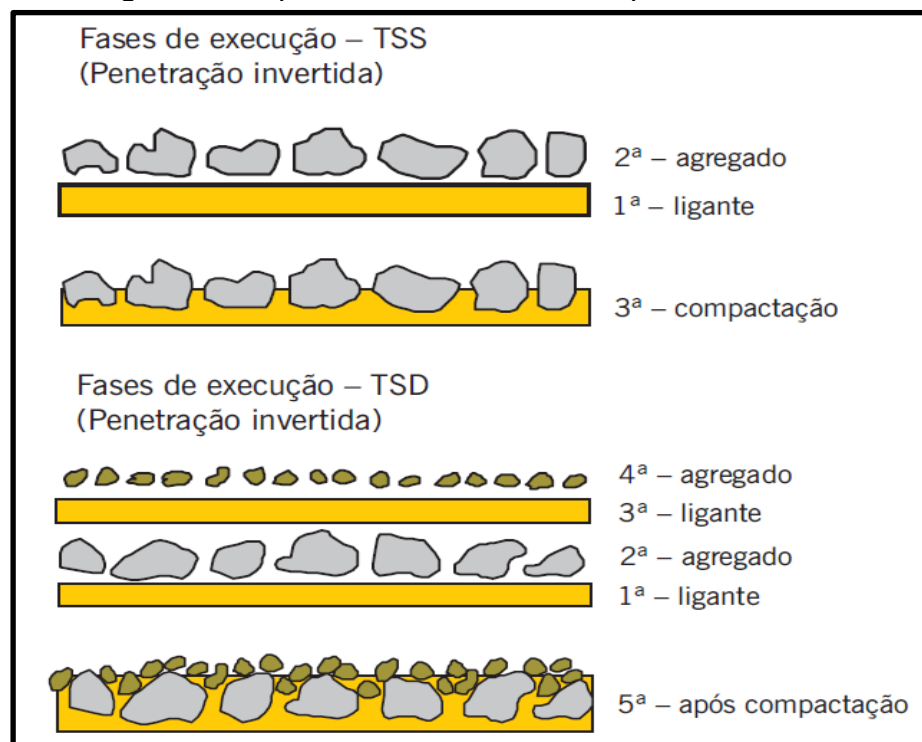
Conforme Bernucci et al (2008) apud Larsen (1985): Tratamento superficial por penetração: revestimento flexível de pequena espessura, executado por espalhamento sucessivo de ligante betuminoso e agregado, em operação simples ou múltipla. O tratamento simples inicia-se, obrigatoriamente, pela aplicação única do ligante, que será coberto logo em seguida por uma única camada de agregado. O ligante penetra de baixo para cima no agregado (penetração 'invertida'). O tratamento múltiplo inicia-se em todos os casos pela aplicação do ligante que penetra de baixo para cima na primeira camada de agregado, enquanto a penetração das seguintes camadas de ligante é tanto 'invertida' como 'direta'. A espessura acabada é da ordem de 5 a 20mm.

Devido à sua pequena espessura, o tratamento superficial não aumenta substancialmente a resistência estrutural do pavimento e não corrige irregularidades (longitudinais ou transversais) da pista caso seja aplicado em superfície com esses defeitos.

De acordo com o número de camadas sucessivas de ligantes e agregados, podem ser:

- TSS – tratamento superficial simples;
- TSD – tratamento superficial duplo;
- TST – tratamento superficial triplo.

Figura 1- Esquema de tratamentos superficiais



Fonte: Bernucci et al (2008) apud Nascimento (2004)

A Figura 01 demonstra esquematicamente os três tipos de revestimentos. Nos tratamentos múltiplos em geral a primeira camada é de agregados de tamanhos maiores e eles vão diminuindo à medida que constituem nova camada.

### 2.2.3 Comparativo do custo de manutenção entre CBUQ e do TSD

O Manual de Conservação do DNIT (2005), leva em consideração campanhas de manutenção (anual) e conservação (período de vida útil do revestimento) para comparar custo dos revestimentos flexíveis, admite-se para campanha de manutenção leve o período de 5 anos para CBUQ e 2 anos para TSD e para campanha de manutenção pesada o período de 10 anos para o CBUQ e 5 para o TSD.

## 2.3 MATERIAIS DE BASE

Os materiais utilizados na pavimentação podem variar conforme o tipo de pavimento ou de camadas necessárias em cada obra.

Os materiais utilizados para a base, sub-base e reforço do subleito são classificados segundo sua natureza e comportamento. Existem muitos tipos de materiais utilizados nesse tipo de obra, a seguir serão apresentados os mais comuns, que serão adotados no estudo de caso desse projeto.

- Brita Graduada Simples: é um material bem graduado com diâmetro nominal máximo de 38 mm, porém é mais usual com diâmetros nominais menores, mais possui poucos finos passantes na peneira # 200. Geralmente apresenta índice de suporte Califórnia (CBR) maior que 60% e expansão nula ou muito baixa. A distribuição do material deverá ser realizada preferencialmente com vibroacabador a e ser compactada logo após o espalhamento do material na pista (ODA, 2016).
- Macadame Hidráulico: é composto por agregado graúdo, agregado miúdo e água. Foi um material muito utilizado antigamente, antes do aparecimento da BGS, ainda é utilizado em locais que não apresentam usinas de BGS. Primeiramente o agregado graúdo é distribuído na pista, devendo ser compactado. Após a realização dessa etapa, deverá ser adicionado o agregado miúdo que irá se localizar nos vazios existentes entre os agregados graúdos. Por fim, para preencher qualquer outro vazio são adicionados os agregados finos e a água que irão se alojar nos vazios e formar uma estrutura firme da camada (ODA, 2016).
- Solo-cimento é resultado da mistura de solo, água e cimento, formando uma base rígida que é mais resistente e durável comparando-se com bases sem este tipo de tratamento, mas para esse método funcionar é preciso levar em consideração o tipo de solo, a qualidade da água, dosagem de cimento, compactação do material e a maneira da execução dos processos. Este reforço de base é feito em locais carentes de jazidas de solo bom, uma base bem executada tem geralmente vida útil superior a 20 anos. (Senço, 1979-1980)
- Macadame Seco: é similar ao macadame hidráulico, porém a diferença é que nesse caso não há presença de água para realizar o preenchimento dos vazios na camada. (ODA, 2016).

- Rachão: o rachão é um material mais bruto e utilizado em camadas onde há a necessidade de aumentar a resistência, basicamente são pedregulhos de grandes dimensões que são aplicados no solo sem que sejam compactados. Normalmente utilizado para reforço do subleito ou sub-base.

## 2.4 CLASSIFICAÇÃO DO PAVIMENTO

De modo geral, os pavimentos são classificados em flexíveis, rígidos e semirrígidos:

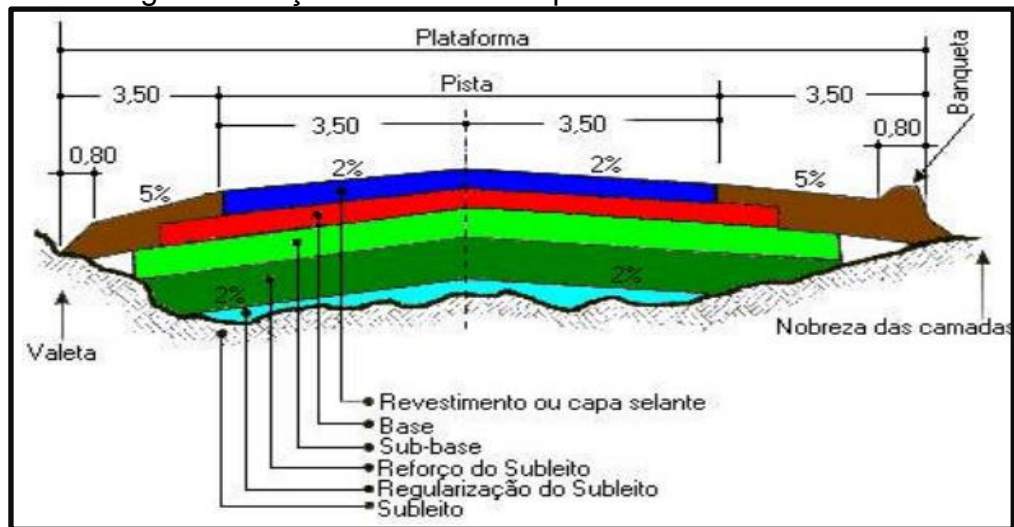
### 2.4.1 Pavimento Flexível

Pavimento flexível é aquele em que todas as camadas tendem a sofrer deformação elástica que equivalente sob o carregamento aplicado e, logo, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre todas as camadas.

Alguns exemplos: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou pode ser por uma base de solo pedregulho, sendo revestido por uma camada asfáltica. (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, 2006)

Marques (2012) define os pavimentos flexíveis como aqueles constituídos por camadas que não trabalham à tração. Normalmente são constituídos de revestimento betuminoso delgado sobre camadas puramente granulares. A capacidade de suporte é função das características de distribuição de cargas por um sistema de camadas superpostas, onde as de melhor qualidade encontram-se mais próximas da carga aplicada. Um exemplo de uma seção típica pode ser visto na figura 02.

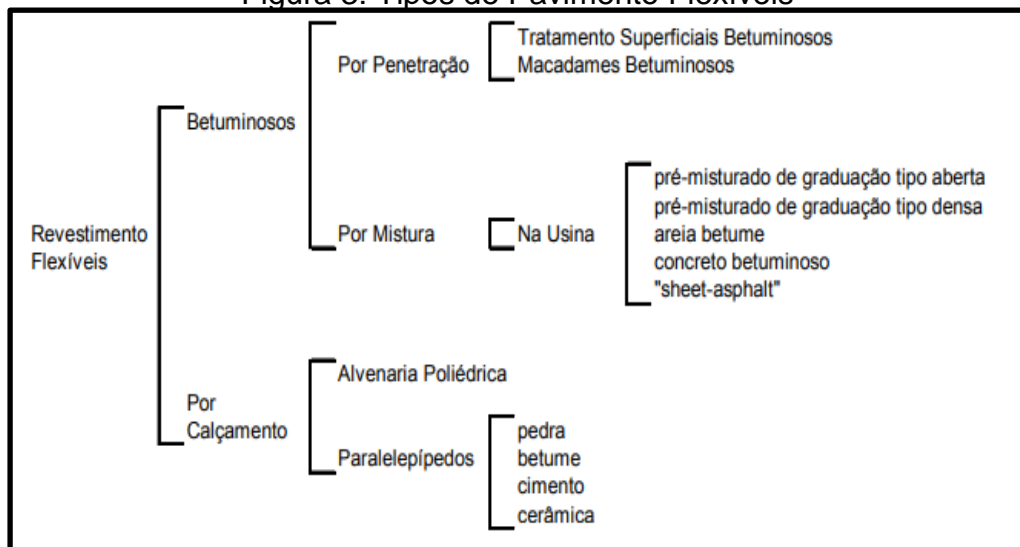
Figura 2: Seção Transversal Típica de Pavimento Flexível



Fonte: Marques, 2012.

O pavimento flexível pode ser dividido nos seguintes tipos:

Figura 3: Tipos de Pavimento Flexíveis



Fonte: Banchi, Brito e Castro, 2008

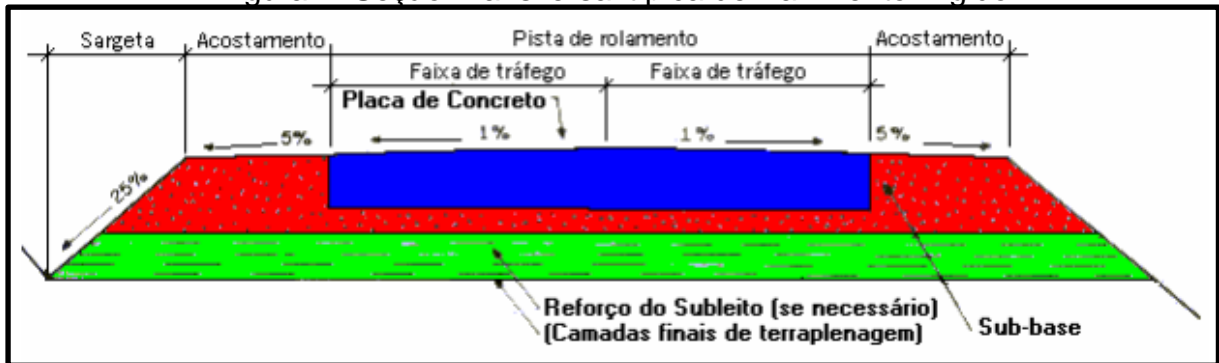
### 2.4.2 Pavimento Rígido

Pavimentos rígidos são aqueles que a camada de rolamento tem uma parcela de resistência inferior às demais e, tem a finalidade de absorver praticamente todas as tensões provenientes do carregamento que nele é aplicado. Exemplo: pavimento constituído por placas de concreto de cimento Portland. (DNIT, 2006)

Marques (2012) define os pavimentos rígidos como camadas que trabalham essencialmente à tração. Seu dimensionamento é baseado nas propriedades resistentes de placas de concreto de cimento Portland, as quais são apoiadas em

uma camada de transição, a sub-base. Um exemplo de uma seção típica pode ser visto na figura 02.

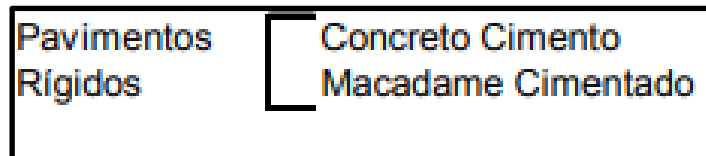
Figura 4: Seção Transversal típica de Pavimento Rígido



Fonte: Marques,2012

Os pavimentos rígidos podem ser divididos nos seguintes tipos:

Figura 5: Tipos de Pavimento Rígido



Fonte: Banchi, Brito e Castro, 2008

### 2.4.3 Pavimento Semi-Rígido

Pavimento Semirrígido são denominado por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

Marques (2012) define os pavimentos semirrígidos como situação intermediária entre os pavimentos rígidos e flexíveis. É o caso das misturas solo-cimento, solo-cal, solo-betume dentre outras, que apresentam razoável resistência à tração.



## 2.5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Mota (2017) afirma que as patologias em pavimentos asfálticos surgem geralmente por causa de um projeto deficiente, pela técnica inadequada de construção ou ainda pela falta de manutenção (fundamental para que atinja a vida útil estimada). E que a melhor forma de prevenção para que não ocorra o aparecimento dos defeitos é observar a qualidade nos três pilares citados, com um bom projeto, uma execução conforme a boa técnica e a constante e periódica manutenção preventiva e corretiva.

Para Bernucci et al. (2006) a avaliação dos defeitos na superfície objetiva avaliar o estado de condição da pavimentação, tem embasamento de verificar a atual condição e procura ter subsídios para alguma solução técnica, em caso de necessidade, busca a melhor solução e alternativas para restauração do pavimento. As patologias podem aparecer em curto prazo devido alguns erros e inadequações ou a médio ou longo prazo que pode ser devido ao fluxo de tráfego e efeito das intempéries.

Mirandola (2016) diz que os defeitos de superfície são os danos ou deteriorações na superfície dos pavimentos asfálticos que podem ser identificados a olho nu e classificados segundo uma terminologia normatizada.

Gonçalves (1999) diz que a geração de um diagnóstico confiável é fundamental para que os responsáveis pelo processo de tomada de decisões relativas ao tipo, a como e quando deverão ser realizadas intervenções em um determinado pavimento possam compreender o desempenho oferecido e, então, se permitirem lançar mão de medidas que efetivamente possibilitem o controle dos mecanismos que estão concorrendo para a queda da serventia do pavimento.

## 2.6 TERMINOLOGIA E TIPOS DE DEFEITOS

A norma DNIT 005/2003 define os defeitos que surgem nos pavimentos como:

### 2.6.1 Fissura

São abertura na superfície asfáltica que pode ser posicionada longitudinal, transversal e obliquamente ao eixo da via e pode ser visível a uma distância inferior a 1,5 m (DNIT, 2003).

### 2.6.2 Trinca

DNIT (2003) afirma que trinca é qualquer abertura no revestimento que pode ser de visivelmente e classificada como trinca isolada ou trinca interligada.

- Trinca isolada

a) Trinca transversal: quando a trinca é na direção ortogonal da via e apresenta comprimento de até 100 cm é definida como trinca transversal curta, quando for superior a 100 cm é chamada de trinca transversal longa, conforme é apresentado na figura 05.

Figura 6 – Trinca transversal



Fonte: DNIT, 2003

b) Trinca longitudinal: define-se como trinca paralelo ao eixo da via que pode ser exemplificado na figura 06. Quando apresentar extensão de até 100 cm é classificado como trinca longitudinal curta e quando for superior a 100 cm é classificada como trinca longitudinal longa (DNIT, 2003).

Figura 7 – Trinca longitudinal



Fonte: Brasil, 2003

c) Trinca de retração: quando é atribuída a ocorrência de retração térmica ou das outras camadas adjacentes ao revestimento trincado conforme a figura 07. (DNIT, 2003)

Figura 8 – Trinca de retração



Fonte: Bernucci et al, 2006

- Trinca interligada

a) Trinca tipo “couro de jacaré”: junção de trincas interligadas sem continuidade preferenciais que tem identidade e aspecto ao couro de jacaré. Essas trincas podem expor, ou não, erosão acentuada na borda. A figura 08 mostra a trinca tipo “couro de jacaré” com erosão.

Figura 9 – Trinca tipo “couro de jacaré”



Fonte: DNIT 005, 2003

b) Trinca tipo bloco: conjunto de trincas interligadas que tem semelhança de blocos por lados bem definidos, podendo apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas (DNIT, 2003). A figura 09 mostra um exemplo de trinca interligada tipo bloco;

Figura 10 – Trinca tipo bloco sem erosão



Fonte: DNIT 005, 2003

### 2.6.3 Afundamento

Deformação produzida pela depressão da superfície do pavimento que pode ser apresentada como afundamento plástico ou de consolidação (DNIT, 2003). A figura 10 e 11 ilustra respectivamente esses tipos de defeitos.

Afundamento plástico quando as depressões são influentes no decorrer do pavimento asfáltico, podendo ser localizado ou longitudinal nas trilhas de roda



superior a 6 m. Já o afundamento por consolidação é quando ocorre uma intensificação diferencial ou localizada, sendo inferior a 6 m (BERNUCCI et al., 2006).

Figura 11 – Afundamento plástico nas trilhas de roda



Fonte: DNIT 005, 2003

Figura 12- Afundamento por consolidação localizado

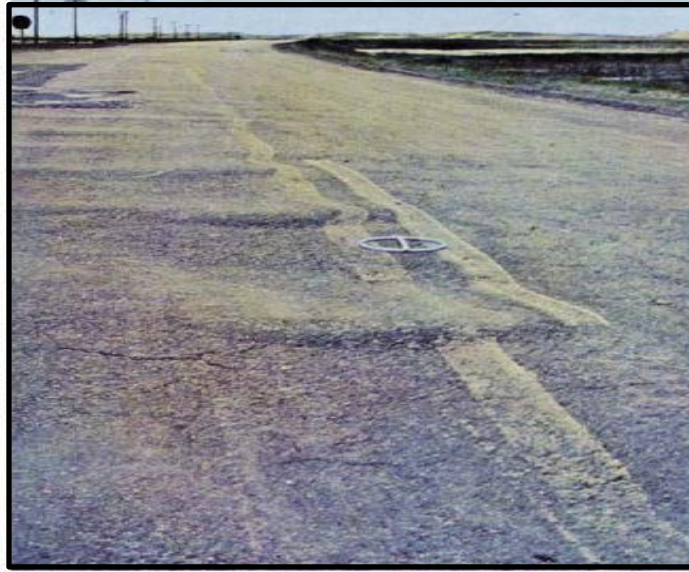


Fonte: Bernucci et al., 2006

#### 2.6.4 Ondulações/corrugações

De acordo com DNIT (2003) ondulações ou coroações são deformações transversais ao eixo da faixa de rolamento. As figuras 12 e 13 ilustram os defeitos de ondulação e corrução.

Figura 13 - Ondulação



Fonte: DNIT 005, 2003

Figura 14 - Corrugação



Fonte: Bernucci et al., 2006

### 2.6.5 Exsudação

Este tipo de defeito é caracterizado pelo excesso de ligante betuminoso na camada de rolamento, causado pelo mesmo efeito na massa asfáltica e ficam com manchas escurecidas conforme na figura 14 (BERNUCCI et al., 2006).

Figura 15 - Exsudação



Fonte: Bernucci et al., 2006

### 2.6.6 Desgaste

Conforme DNIT (2003), desgaste é produzido pela retirada sucessiva do agregado do pavimento asfáltico, sendo caracterizada por aspereza superficial do revestimento e pelos esforços tangenciais gerados pelo tráfego, conforme a figura 15.

Figura 16 - Desgaste



Fonte: Bernucci et al., 2006

A causa é a volatilização e a oxidação do asfalto, sob ação abrasiva do tráfego e de causas naturais. O arrancamento de partículas de massa asfáltica e agregados

ocorre em idades avançadas. Se a perda de agregados ocorrerem em pouco tempo após a abertura do fluxo de veículos, a causa pode ser um Superaquecimento do Asfalto na usina ou carência de ligante na mistura asfáltica. (SILVA, 2011)

### 2.6.7 Panela ou buraco

Espaço cavado ou vazio que surge no revestimento que se forma por variadas causas, podendo ser por falta de ligação entre as camadas sobrejacentes, podendo passar para as camadas inferiores originando a separação das camadas (DNIT, 2003). A figura 16 apresenta um tipo de panela ou buraco em um determinado pavimento.

Figura 17 – Panela ou buraco



Fonte: DNIT 005, 2003

### 2.6.8 Remendos

DNIT (2003) afirma que remendos são panelas preenchidas com uma ou várias camadas de pavimento que se denomina como “tapa-buraco”, a figura 17 ilustra um exemplo de remendo. Os remendos são divididos em dois tipos, remendos profundos são aquele que há substituição do revestimento, podendo ser de uma ou mais camadas que estão abaixo e é normalmente realizado de forma retangular. O segundo é o remendo superficial denominado sendo corretivo, em alguma área específica do revestimento pela aplicação de uma camada betuminosa.

Segundo (SOUZA, 2004) embora o remendo seja uma correção de defeito, na maioria dos casos, comprometem a funcionalidade do pavimento causando desconforto ao usuário, além de que apresentam pontos de maior vulnerabilidade à deterioração.



Figura 18 - Remendo



Fonte: Bernucci et al., 2006

## 2.7 MANUTENÇÃO DE PAVIMENTO

Segundo Silva (2008), há dois tipos de manutenção, a preventiva e a corretiva. A manutenção preventiva é realizada para fazer uma proteção no pavimento e diminuir seu percentual de deterioração. A corretiva é realizada para corrigir um determinado defeito e suas consequências sobre o pavimento.

Para YOSHIZANE (2008), o pavimento tem uma vida útil definida por tempo ou número de repetições das solicitações do tráfego. A correta manutenção proporciona o aumento dessa vida útil, mas, quando não executada, será necessária uma reabilitação do pavimento que consiste em operações mais efetivas, como reforços na sua estrutura ou adaptação do pavimento existente.

Segundo Oda (2003 apud Rocha, 2010, p. 18), as atividades de manutenção de pavimentos asfálticos consistem geralmente na execução de remendos, selagem de trincas e aplicação de capas selantes. Quando há a identificação e o reparo das patologias nas fases iniciais haverá uma maior eficiência dos serviços de manutenção, já que dessa forma será evitado a evolução dos defeitos e os custos de manutenção ou reabilitação do pavimento.

## 2.8 RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL

Existem diversas técnicas de restauração e de manutenção do pavimento flexível utilizadas no Brasil.

### 2.8.1 Técnicas de recuperação das Fendas / Trincas

Para realizar as recuperações de trincas podemos utilizar as técnicas de capa selante, tratamento superficial, lama asfáltica e microrrevestimento asfáltico (ROCHA, 2010).

Segundo Yoshizane (2005, apud ROCHA, 2010) “[...] Capa selante é a atividade que consiste na aplicação apenas de ligante asfáltico ou de ligante com agregados, continuamente sobre a superfície do pavimento, com a finalidade de rejuvenescer o revestimento asfáltico, restabelecer o coeficiente de atrito pneu-pavimento, selar trincas com pequena abertura, impedir a entrada de água na estrutura do pavimento e retardar o desgaste causado por intemperismo [...]”

O tratamento superficial é uma técnica também utilizada no tratamento de trincas que será demonstrada abaixo:

Segundo Bernucci et al (2008) “[...] O Tratamento Superficial consiste em aplicação de ligantes asfálticos (Figura 18) e agregados (Figura 19) sem mistura prévia, na pista, com posterior compactação que promove o recobrimento parcial e a adesão entre agregados e ligantes. O tratamento superficial pode ser: Simples, Duplo ou Triplo. O tratamento conforme a seguinte sequência: ligante é colocado primeiro e o agregado depois”.

Figura 19 – Aplicação de ligante



Fonte: Bernucci et al, 2008

Figura 20 – Distribuição de agregado



Fonte: Bernucci et al, 2008

É interessante também conhecer as funções do tratamento superficial as quais são apresentadas logo abaixo (ROCHA, 2010)

- Proporciona uma camada de rolamento de pequena espessura, porém, de alta resistência ao desgaste;
- Impermeabiliza o pavimento e protege a infraestrutura do pavimento;
- Proporciona um revestimento antiderrapante;
- Proporciona um revestimento de alta flexibilidade que possa acompanhar deformações relativamente grandes da infraestrutura.

Rocha (2010) explica que “A principal aplicação da lama asfáltica se dá na manutenção de pavimentos, com enfoque nos revestimentos com desgaste superficial e pequeno grau de trincamento, atuando como um elemento de impermeabilização e rejuvenescimento da condição funcional do pavimento. Logo este método de recuperação é uma das alternativas para selagem de trincas ou para rejuvenescimento do asfalto”.

### **2.8.2 Técnicas de recuperação dos Afundamentos**

Para o tratamento de afundamentos são sugeridas duas técnicas, recapeamento e fresagem. “[...] Recapeamento estrutural é a construção de uma ou mais camadas asfálticas sobre o pavimento existente, incluindo, geralmente, uma camada para corrigir o nivelamento do pavimento antigo, seguida de uma camada

com espessura uniforme” (YOSHIZANE, 2005, p.9apud ROCHA, 2010). Demonstrado na figura 20.

Figura 21 – Processo de recapeamento



Fonte: Bernucci et al, 2008

Recomenda-se previamente na remoção por fresagem à execução de amadas de recapeamento, quando há necessidade de redução da energia de propagação de trincas existentes no revestimento antigo, retardando a sua reflexão nas novas camadas (ROCHA, 2010).

Conforme é demonstrado na figura 21, “[...] fresagem é a operação de corte, com uso de máquinas especiais, do revestimento asfáltico existente em um trecho de via, ou de outra camada do pavimento, para restauração da qualidade ao rolamento da superfície, ou como melhoramento da capacidade de suporte” (BERNUCCI et al, 2008).

Figura 22- Processo de fresagem



Fonte: Bernucci et al, 2008

“Hoje existe uma grande preocupação com a preservação ambiental e a fresagem apresenta como uma de suas grandes vantagens, a reciclagem uma vez que o material retirado do pavimento é reutilizado, contribuindo assim para a preservação de recursos minerais”. (ROCHA, 2010).

Uma das grandes vantagens técnicas em se utilizar a fresagem e a reciclagem nos processos de recuperação de pavimentos degradados, é a questão ecológica de preservação de recursos minerais escassos, pois é reaproveitado o material triturado ou cortado pelas fresadoras e recuperadas as características do ligante com a adição de agentes de reciclagem ou rejuvenescedores. Conforme Rocha (2010).

### **2.8.3 Técnicas de recuperação das Ondulações / Corrugações**

Segundo Rocha (2010) as técnicas recomendadas para recuperar pavimentos com esses defeitos também são as mesmas utilizadas na recuperação dos afundamentos, o recapeamento e a fresagem, já descritos no item anterior.

### **2.8.4 Técnicas de recuperação de Painelas**

Na recuperação de painelas normalmente são utilizadas as mesmas técnicas empregada a técnica de remendos profundo que é a correção, em área localizada, de defeito da estrutura do pavimento, por meio da reposição do revestimento e de uma ou mais camadas inferiores.

Remendos profundos são reparos que atingem todas as camadas do pavimento e o subleito. Os remendos profundos visam executar os reparos que sejam permanentes, o material da área a ser reparado deverá ser retirado até a profundidade necessária para estabelecer um apoio firme conforme (SOUZA, 2004).

O remendo é executado com um corte reto no revestimento, formando 90° com a superfície, evitando o escorregamento do revestimento, impramindo-o, não só no local remendado, mas ao redor para garantir selagem de possíveis trincas. Aplicando o revestimento, tendo o mesmo cuidado de espalhar ao redor do local e, por fim, compactando para dar acabamento; no caso de ter atingido a base, deve-se recuperá-la (ROCHA, 2010).

### **2.8.5 Técnicas recuperação dos Remendos**

“[...] Os remendos constituem o método de reparo mais utilizado na manutenção de rodovias e ruas, porque todos os pavimentos, uma hora ou outra, vão apresentar buracos, resultados do tráfego, de reparos das redes de água, gás, esgoto, telefone, energia elétrica, entre outros” (YOSHIZANE, 2005, p.7apud ROCHA, 2010).

Quando não se tem condições climáticas favoráveis para execução dos remendos em se tratando de questões emergenciais, recomenda-se o uso de pré-misturados a frio (PMF). No remendo profundo é necessário que haja a recuperação das camadas de sustentação do pavimento (base, sub-base ou subleito). Isso devido o buraco estar numa condição de grande degradação atingindo dessa forma outras camadas.

### **2.8.6 Técnicas de recuperação da Desagregação**

Em casos de menor intensidade, utiliza-se a lama asfáltica já descrita anteriormente, porém deve-se analisar a estrutura do pavimento, em caso de comprometimento da mesma, deve-se fazer no trecho afetado a remoção do pavimento e reconstrução da base, sub-base, e uma “repavimentação” (ROCHA, 2010).

### **2.8.7 Técnicas de recuperação de Desgaste**

O reparo e a prevenção do desgaste e oxidação do pavimento pode ser realizado através do rejuvenescimento da superfície por meio de incorporação de camadas ou tratamentos asfálticos, que ao recobrir o revestimento antigo previne a sua oxidação. (DNIT IPR-720)

Quando existe o comprometimento estrutural do pavimento ou perspectiva de aumento de tráfego, as alternativas de restauração ou reforço compreendem aquelas que restabelecem ou incrementam sua capacidade estrutural por meio da incorporação de novas camadas (recapeamento) à estrutura e/ou tratamento de camadas existentes (reciclagem, por exemplo), BERNUCCI(2006).

Segundo Momm e Domingues, (1995) entende-se por reciclagem de pavimentos, a reutilização total ou parcial dos materiais existentes no revestimento e/ou da base e e/ou da sub-base, em que os materiais são misturados no estado em que se encontram após a desagregação ou tratados por energia térmica e/ou aditivados com ligantes novos ou rejuvenescedores, com ou sem recomposição granulométrica.

### **2.9 AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO**

Em (DNIT 2006) relata-se que a capacidade que um pavimento tem de proporcionar um determinado nível de desempenho (funcional) é intitulada de “Serventia do Pavimento” – cujo respectivo processo de aferição pode ser efetivado através de “Avaliações Subjetivas” e/ou de “Avaliações Objetivas”.

De acordo com Danieleski (2004, p. 69) A avaliação objetiva é destinada a conhecer quantitativamente o tipo de degradação superficial que o pavimento apresenta, para que assim possibilite a identificação das melhores técnicas para a sua reabilitação.

Cordeiro, Silva e Godim (2013) afirmam que a avaliação objetiva da superfície de pavimentos indica o Índice de Gravidade Global (IGG), que caracteriza o grau de degradação superficial, resultante do levantamento dos defeitos da superfície, quantificando-os e classificando-os, incluindo a medição das profundidades dos afundamentos nas trilhas de rodas.

Este procedimento é normatizado através de DNIT-PRO 006/2003 – Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Asfálticos, avaliando o pavimento

através de limites do IGG, numa faixa que vai de Ótimo ( $0 < \text{IGG} \leq 20$ ) a Péssimo ( $\text{IGG} > 180$ ).

A avaliação objetiva da superfície de pavimentos permitirá determinar os seguintes parâmetros:

- fa: frequência absoluta, que corresponde ao número de vezes em que as ocorrências ou defeitos são verificados;
- fr: frequência relativa, que é a relação entre a frequência absoluta, fa e o número n de estações inventariadas, multiplicada por 100;
- IGI: índice de gravidade individual, que é o resultado da multiplicação da frequência relativa, fr, pelo fator de ponderação, fp, adotado para cada tipo de ocorrência;
- IGG: índice de gravidade global, que é o somatório dos índices de gravidade individuais para cada segmento definido como homogêneo.

### 2.9.1 Cálculos das Frequências absolutas e relativas

A frequência absoluta (fa) é o número de vezes em que a ocorrência foi verificada. Já a frequência relativa (fr) pode ser obtida através da fórmula:

Equação 1 – Cálculo da frequência relativa

$$fr = \frac{fa \times 100}{n} \quad (1)$$

onde:

fr = frequência relativa;

fa = frequência absoluta;

n = número de estações inventariadas.

Para os cálculos do IGI das flechas, é necessário o cálculo da média (x) e da variância (s) das flechas aferidas das TRE e TRI (Anexo D), pois a partir destas é que é definido seu respectivo fator de ponderação:

a) Para valores de média aritmética das médias das flechas menor ou igual a 30, o fator de ponderação equivale a 4/3, acima de 30 o IGI é igual a 40.

b) Para valores de média das variâncias das flechas menor ou igual a 50, o fator de ponderação é igual a 1, acima de 50 o IGI é igual a 50.



As fórmulas para o cálculo da média e da variância dos valores das flechas TRI e TER são:

Equação 2: Cálculo da média aritmética dos valores das flechas

$$X = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2)$$

onde:

$x$  = média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

$x_i$  = valores individuais;

$n$  = quantidade dos valores individuais.

O cálculo da variância é realizado através da fórmula 3, logo abaixo.

Equação 3: Cálculo da variância

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x)^2}{n - 1}} \quad (3)$$

### 2.9.2 Índice de Gravidade Individual (IGI)

É necessário calcular o Índice de Gravidade Individual (IGI) para cada ocorrência, através da fórmula 4:

Equação 4: Índice de Gravidade Individual

$$IGI = fr \cdot fp \quad (4)$$

onde:

$fr$  = frequência relativa;

$fp$  = fator de ponderação tabela 2 (Anexo A)

### 2.9.3 Índice de gravidade global (IGG)

O Índice de Gravidade Global (IGG) será obtido através da fórmula 5:

Equação 5: Índice de gravidade global

$$IGG = \sum IGI \quad (5)$$

onde:

$\sum IGI$  = somatório dos Índices de Gravidade Individuais.

O Índice de Gravidade Global deve ser calculado para cada trecho homogêneo, e o conceito é obtido através da Figura 23.

Figura 23: Quadro de conceitos de degradação do pavimento  
-em função do IGG

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

Fonte: DNIT 006/2003-PRO

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

##### 3.1.1 Cidade do local de estudo

Palmas é a capital mais nova do Brasil, situando-se nas coordenadas geográficas 10° 11' 04" sul e 48° 20' 01" oeste, sendo que o Paralelo 10 Sul e o Meridiano 48 Oeste passam por dentro do território do município.

A Capital do Tocantins é a última cidade brasileira planejada do século 20. Inaugurada em 20 de maio de 1989 e instalada em 1º de janeiro de 1990.

Figura 24 – Localização de Palmas



Fonte: Wikipédia, 2018.

##### 3.1.2 Avenida a ser estudada

O trecho da avenida utilizada para o presente estudo de caso possui extensão de 1,6 km e localiza-se na Avenida LO 07 entre a Avenida NS 04 e a avenida LO 05 no Plano diretor Sul da cidade de Palmas – TO.

A figura 19 ilustra o trajeto da avenida a ser estudada, sendo o ponto A onde será iniciado o levantamento de dados e o ponto B onde será finalizado. Com as coordenadas iniciais: Latitude de -10. 200058 e longitude -48.324290; e coordenadas finais: Latitude de -10.198126 e longitude -48.312649.

A pavimentação do trecho foi realizado, utilizando uma camada flexível em (TSD), no ano de 2002.

Figura 25 – Trecho da Avenida LO-07



Fonte: Google Maps, 2018

### 3.2 DESCRIÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo de caso, foi do tipo exploratório, seguiu uma abordagem quantitativa, pois serão tratadas estaticamente e por métodos numéricos para a avaliação da superfície do pavimento da avenida LO 07 de Palmas – TO.

Para alcançar o objetivo deste trabalho, o procedimento metodológico empregado será a realização do levantamento bibliográfico inerente ao assunto, a coleta de dados e informações para a análise do pavimento.

Como forma de sistematizar o desenvolvimento da pesquisa, os procedimentos metodológicos iniciaram com a determinação de tarefas que foram divididas em etapas que estarão descritas a seguir.

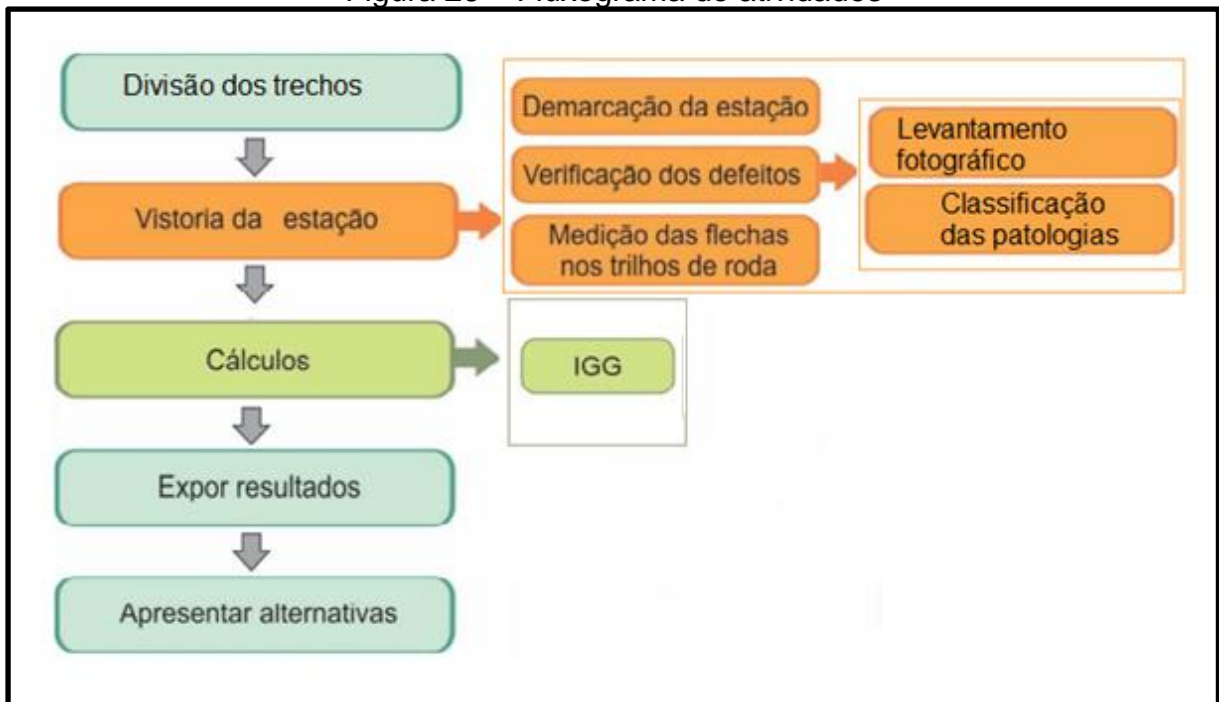
### 3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Com intuito de atingir os objetivos propostos a presente pesquisa será dividida em 03 etapas. A primeira consiste na revisão bibliográfica através de livros, artigos científicos, teses, sites e normas.

A segunda e a terceira serão realizadas em campo, onde a segunda será um levantamento fotográfico, para a classificação das patologias e a terceira será a Avaliação objetiva da superfície de pavimentos.

O fluxograma a seguir, descreve como será a realização deste trabalho:

Figura 26 – Fluxograma de atividades



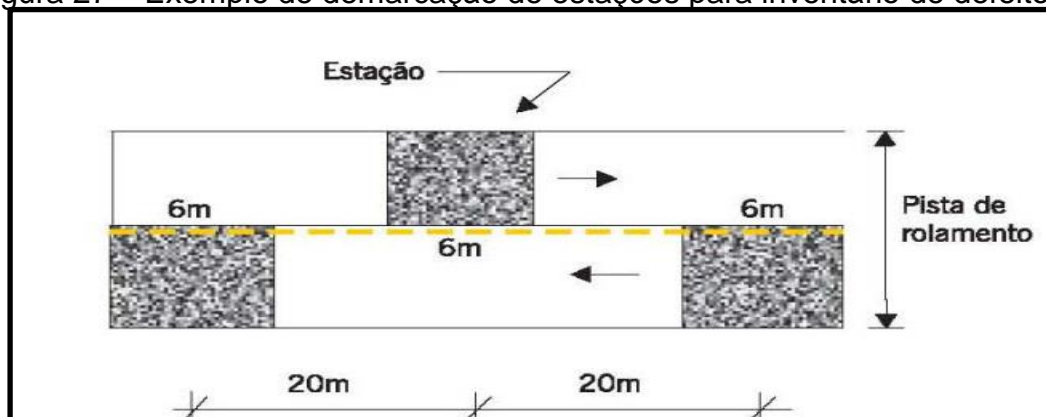
Fonte: Adaptado de Monteiro, 2017

### 3.4 COLETA DE DADOS

#### 3.4.1 Divisão do trecho e demarcação das superfícies de avaliação

A via estudada possui pista simples, dessa forma, foi realizada uma divisão em estações locadas a cada 20 m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento (40 m em 40 m em cada faixa de tráfego), exemplificada na figura 26, conforme orientação da norma do DNIT 06/2003.

Figura 27 – Exemplo de demarcação de estações para inventário de defeitos



Fonte: Bernucci et al., 2006

Para a demarcação da superfície de avaliação foi utilizada pintura com tinta de demarcação, onde cada uma recebeu o número correspondente à estaca pintado junto à borda do revestimento.

As áreas de estudo foram delimitadas pela borda de faixa de tráfego e por duas seções de transversais a 3,00 m avante e outro 3,00 m à ré da demarcação que foi realizada.

### 3.4.2 Inventário das ocorrências

Para a identificação e classificação dos defeitos foi utilizado o quadro 01 (Codificação e Classificação), seguindo o preconiza a norma DNIT 005/2003.

Figura 28: Quadro resumo de classificação de defeitos

(continua)

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



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

Fonte: DNIT, 006/2003-PRO

- Classe de trincas isoladas

FC 1: trincas que possuem abertura acima à das fissuras e menores que 1,0 mm.

FC 2: trincas que possuem a abertura acima de 1,0 mm, e que não apresenta erosão nas bordas.

FC 3: são trincas que possuem abertura acima a 1,0 mm e que apresenta erosão nas bordas.

- Classe de trincas interligadas

As trincas interligadas possuem classificação de FC 3 e FC 2 caso possuírem ou não erosão nas bordas.

### 3.4.3 Medição das flechas na trilha de roda

A medição das flechas em campo foi realizada por três pessoas nas quais passaram por um treinamento prévio para coletar e preencher a planilha de dados da avenida de estudo, e assim possibilitar sua classificação através do Índice de Gravidade Global (IGG).

Para medir as flechas na trilha de roda, a norma diz que deve ser por meio de uma treliça de alumínio padronizada. Entretanto, por falta deste aparelho, e por se tratar de pesquisa de cunho acadêmico, foi adaptada uma régua com medidor que permitirá medir, em milímetros, as flechas.

Estas medidas foram executadas nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TRE), anotando-se o maior valor medido em cada trilha. Para auxiliar na medição, serão utilizados outros materiais como, por exemplo: trena com 20m, giz, tinta, pincel, formulários, etc.

Foi anotada em cada trecho, a presença de todos os defeitos no pavimento, de acordo com a norma DNIT 005/2003-TER.

Para conceituar o nível de degradação atingido pelo pavimento da avenida estudada foi necessário obter as Frequências absolutas e relativas (equação 01) em seguida o Índice de gravidade individual (fórmula 04) e por fim foi calculado o Índice de Gravidade global (formula 05). Com o IGG calculado foi possível conceituar o nível de degradação atingido pelo pavimento da avenida, que pode ser: ótimo, bom, regular ou ruim, obtido por meio da Tabela 3.

Com as etapas anteriores concluídas, foi possível fazer uma análise e sugerir as possíveis soluções para as patologias encontradas ao longo da Avenida LO 07. Essas recomendações tiveram como base a norma do DNIT 005/2003, bem como o auxílio bibliográfico.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ANÁLISE OBJETIVA

Para a identificação das patologias em cada seguimento do pavimento asfáltico da avenida LO 07, foi realizado anotações no formulário de Inventário do estado da superfície do pavimento (Tabela 2).

Tabela 2: Exemplo do preenchimento do Formulário de Inventário do estado da superfície do pavimento

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																							
RODOVIA: Av. Lo 07, Palmas - TO												OPERADOR: Fabricio						FOLHA: 01					
TRECHO: 1600m												REVESTIMENTO TIPO: TSD						ESTACA OU QUILOMETRO					
SUBTRECHO: 420m												DATA: 10/08/2018						01 21					
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS						AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:		
			ISOLADAS			INTERLIGADAS			PLASTICO		CONSOLID								TRI	IRE			
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC - 2		FC - 3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P				E	EX
			1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6		7	8
01																					X		
02																	X				X	X	
03																	X				X	X	
04																					X	X	
05		X																					
06																					X		
07																	X				X	X	
08																					X		
09																					X		
10																					X		
11																					X	X	
12		X																					
13																					X		
14																					X	X	
15																					X	X	
16		X																					
17																					X	X	
18																					X		
19																					X		
20																					X		
21																	X				X	X	

Fonte: DNIT 006/2003-PRO

Para se calcular a média e o desvio padrão relacionados com o TRI (Trilha de Rodas Internas) e o TRE (Trilha de Rodas Externas), dos dados tabulados na tabelas 02, foram elaboradas as tabelas 03 e 04.

Tabela 3: Cálculo da Variância do TRI (Trilha de Rodas Internas)

Item	X1	N° Estações	X	X1 - X	(X1 - X) <sup>2</sup>	N -1	S	Variância
1	17	78	0,50	16,50	272,25	77		
2	8	78	0,50	7,50	56,25	77		
3	8	78	0,50	7,50	56,25	77		
4	6	78	0,50	5,50	30,25	77		
<b>Σ</b>	<b>39</b>				<b>415,00</b>		<b>2,32</b>	<b>5,39</b>

Fonte: Próprio autor, 2018.

Tabela 4 Cálculo da Variância do TRE (Trilha de Rodas Externas)

Item	X1	N° Estações	X	X1 - X	(X1 - X) <sup>2</sup>	N -1	S	Variância
1	8	78	0,83	7,17	51,36	77		
2	7	78	0,83	6,17	38,03	77		
3	8	78	0,83	7,17	51,36	77		
4	6	78	0,83	5,17	26,69	77		
5	17	78	0,83	16,17	261,36	77		
6	19	78	0,83	18,17	330,03	77		
<b>Σ</b>	<b>65</b>				<b>758,83</b>		<b>3,14</b>	<b>9,85</b>

Fonte: Próprio autor, 2018

Figura 29: Quadro valor do Fator de Ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER "Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia" (ver item 6.4 e Anexo D)	Fator de Ponderação fp
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT 006/2003-PRO



Também se conclui que existe uma urgência razoável em relação a recuperação dos defeitos encontrados.

Para verificação do projeto e de dados da execução da pavimentação da avenida, procurou-se a Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos de Palmas-TO, porém conseguiu-se apenas dados construtivos de modo utilizados de forma geral do município, devido o extravio da pasta de dados da avenida no sistema.

Para complementação de dados como ano de construção da e início do aparecimento de defeitos no pavimento buscou-se fazer uma pesquisa na vizinhança, onde foi relatado que a avenida foi pavimentada no ano de 2002 e logo após um ano de uso, aproximadamente, já começaram a ocorrer as manifestações patológicas.

## 4.2 LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO

Iniciou-se o levantamento fotográfico juntamente com a marcação das estações, com intuito de auxiliar e complementar os resultados obtidos na avaliação objetiva das possíveis manifestações patológicas observadas na avenida.

### 4.2.1 Visão geral da avenida

As figuras 31, 32, 33, 34 e 35, representam uma visão geral do estado de conservação da avenida LO 07

Figura 31 - Imagem representativa, sem defeitos



Fonte: Próprio autor, 2018

Figura 32- Imagem de seguimento da avenida com muitos remendos



Fonte: Próprio autor, 2018

Figura 33- Imagem representativa com desgaste remendo e panela



Fonte: Próprio autor, 2018

Figura 34- Imagem de seguimento com poucos remendos e desgaste



Fonte: Próprio autor, 2018

Figura 35 - Imagem de seguimento com muitas panelas e remendos



Fonte: Próprio autor, 2018

Através das figuras 31, 32, 33, 34 e 35, verificou-se que há uma diversificação de seguimentos em relação ao nível de comprometimento do pavimento. Sendo assim procurou-se detalhar os seguimentos utilizando as estações como parâmetro.

#### 4.2.2 Visão individualizada dos defeitos nas estações

A figura 36 é da estação 01, representando áreas com pouco ou nenhum defeito, observados no trecho.

Figura 36 – Imagens de estação sem defeitos



Fonte: Próprio autor, 2018



A figura 37 é da estação 14, demonstrando a ocorrência de uma grande quantidade de remendos, desgaste e algumas panelas, que foram os defeitos com maior relevância encontradas em uma mesma estação.

Figura 37– Imagens de estação com desgaste, panelas e remendos



Fonte: Próprio autor, 2018

As figuras 38 e 39 demonstram defeitos encontrados nas estações ilustrados de uma forma mais detalhada. Na primeira figura verificou-se panelas, remendos e desgaste, sendo que aparentemente o desgaste foi o causador das demais manifestações patológicas. Na segunda, observou-se um afundamento localizado contínuo que está iniciando um processo de trincas no pavimento.

Figura 38 – Imagens desgaste, panela e remendos



Fonte: Próprio autor, 2018

Figura 39 – Imagens de estação com trilho de rodas



Fonte: Próprio autor, 2018

Verificou-se que entre as estações 14 e 18, uma extensão de aproximadamente 80 m, a concentração mais elevada desses defeitos levaram a um comprometimento substancial do pavimento, demonstrado através das figuras 40.

Figura 40 – Imagens de segmento crítico



Fonte: Próprio autor, 2018

As figuras 41 e 42 são das estações 30 e 33. Elas caracterizam estações com grande quantidade de defeitos como: desgaste remendo e panelas, em uma mesma estação comprometendo a estrutura do pavimento.



Figura 41 – Imagem de estação com grande quantidade de remendos



Fonte: Próprio autor, 2018

Figura 42 – Imagem de estação com grande quantidade de remendos



Fonte: Próprio autor, 2018

As figuras 43 e 44 demonstram defeitos: panelas, remendos e desgaste encontrados nas estações em grande quantidade das estações, ilustrados de uma forma mais detalhada.

Figura 43 – Imagem de panela desgaste e remendo



Fonte: Próprio autor, 2018

Figura 44 – Imagem de panela desgaste e remendo



Fonte: Próprio autor, 2018

As figuras 45 e 46 são exemplos de outros problemas encontrados no trecho. A falta de meio fio, demonstrado na figura 45 influencia para que ocorra erosão na lateral da pista, rompe o pavimento e por consequência, o solo escoado entope o sistema de drenagem, conforme figura 46. Tal problema está ocorrendo entre a estação 67 e a 68.

Figura 45 – Imagem erosão por falta de meio fio



Fonte: Próprio autor, 2018

Figura 46 – Imagem de sistema de drenagem obstruída



Fonte: Próprio autor, 2018

A figura 47 representa um seguimento da avenida de aproximadamente 80 m de extensão, entre as estações 30 e 34, onde a concentração mais elevada dos defeitos, principalmente: desgaste e remendos levaram a um comprometimento substancial do pavimento.



Figura 47 – Imagem de trecho crítico com grande quantidade de desgaste, panelas e remendos



Fonte: Próprio autor, 2018

As figuras 48 representa um outro seguimento da avenida, de aproximadamente 50 m de extensão, próxima as estação 75 e 76, onde a concentração mais elevada do defeitos, principalmente: desgaste, remendos e panelas, levaram a um comprometimento substancial do pavimento.

Figura 48 – Imagem de trecho crítico com grande quantidade de panelas desgaste e remendos



Fonte: Próprio autor, 2018

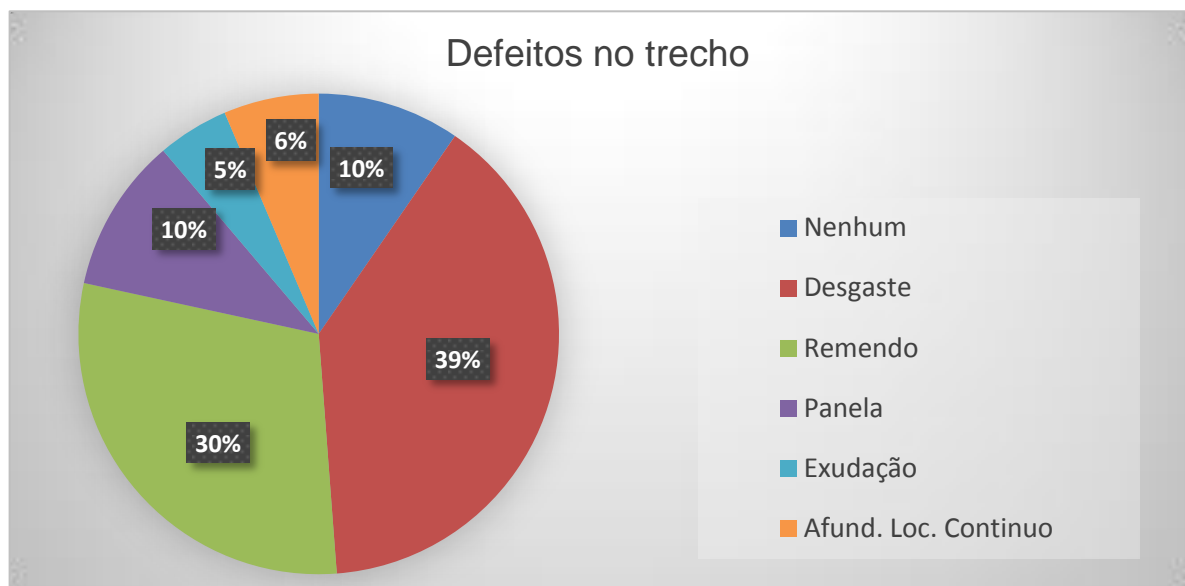
### 4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para se analisar melhor os quantitativos de defeitos encontrados na avenida buscou-se elaborar dois gráficos de porcentagem e um diagrama unifilar, utilizando os dados tabulados na tabela 03. Para apontar as propostas de restauração elaborou-se um outro diagrama unifilar de soluções.

#### 4.3.1 Gráficos analíticos

No gráfico da figura 49 estão demonstradas as porcentagens de defeitos observados nas estações.

Figura 49 – Gráfico de porcentagem de defeitos

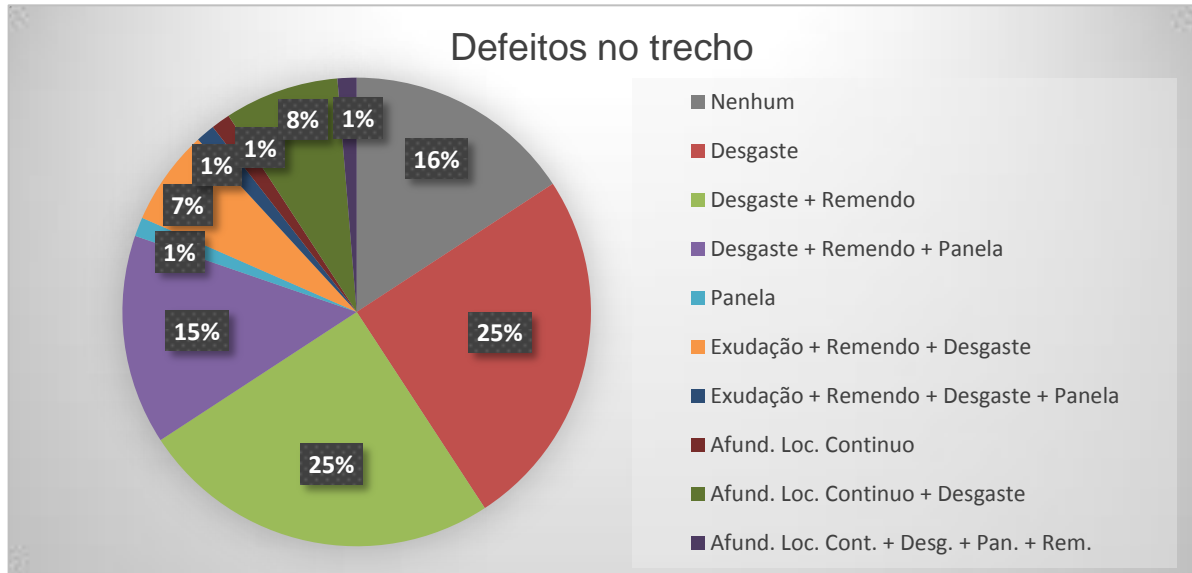


Fonte: Elaborado pelo autor, 2018

Analisando o gráfico concluiu-se que os defeitos que aparecem em maior quantidade na avenida são o desgaste e os remendos.

No gráfico 51 estão representadas as porcentagem de defeitos observados nas estações levando em consideração a junção dos defeitos existentes nas mesmas.

Figura 50 – Gráfico de porcentagem de defeitos



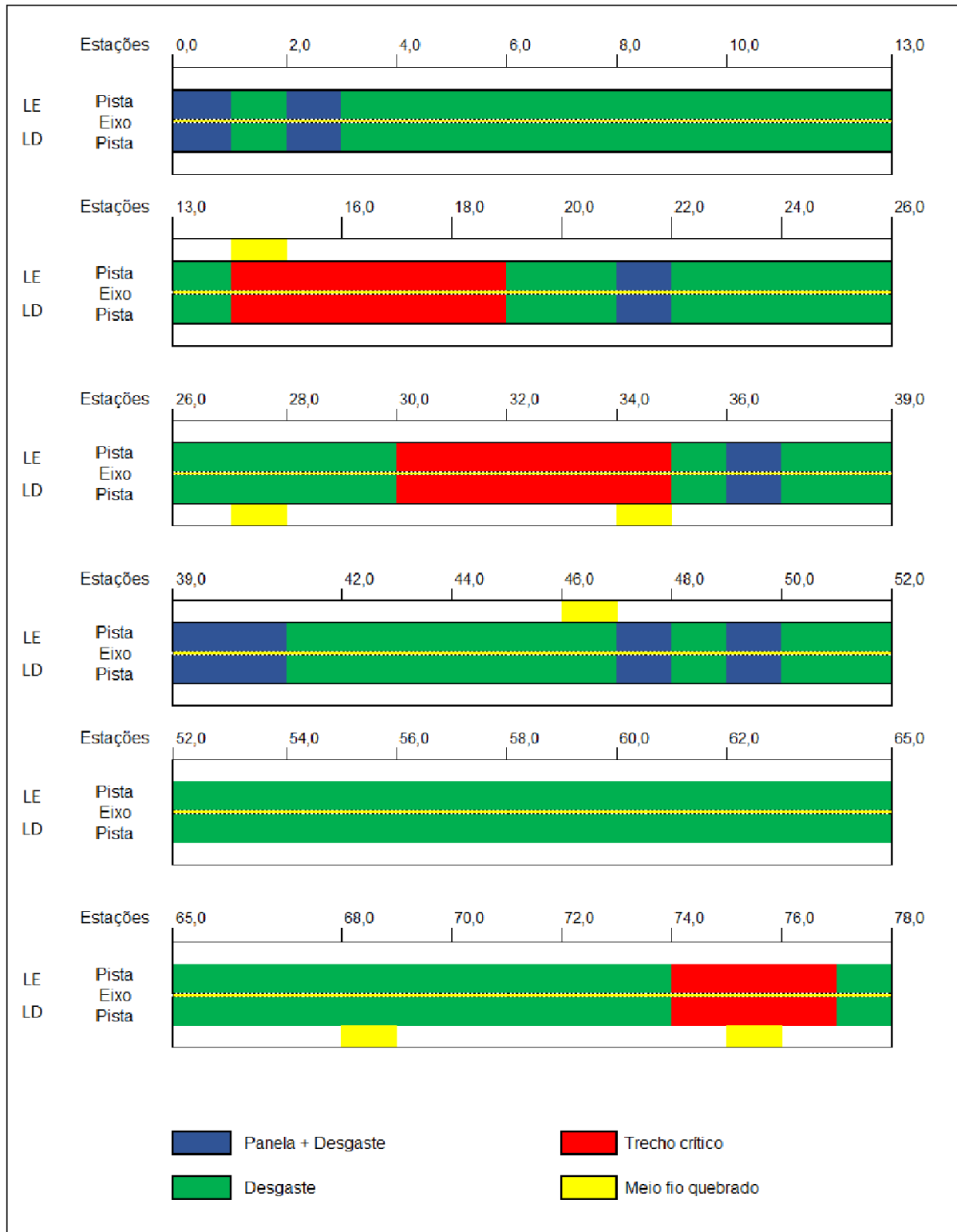
Fonte: Elaborado pelo autor, 2018

Ao analisa o gráfico da figura 50, observa-se que tanto o desgaste, quanto o desgaste mais remendo, aparecem em maior quantidade nas estações alocadas na avenida.

### 4.3.2 Demonstração defeitos por seguimentos

Na figura 51 observa-se os principais defeitos catalogados, locados em seguimentos, levando em consideração as estações estudadas.

Figura 51 - Diagrama unifilar de defeitos

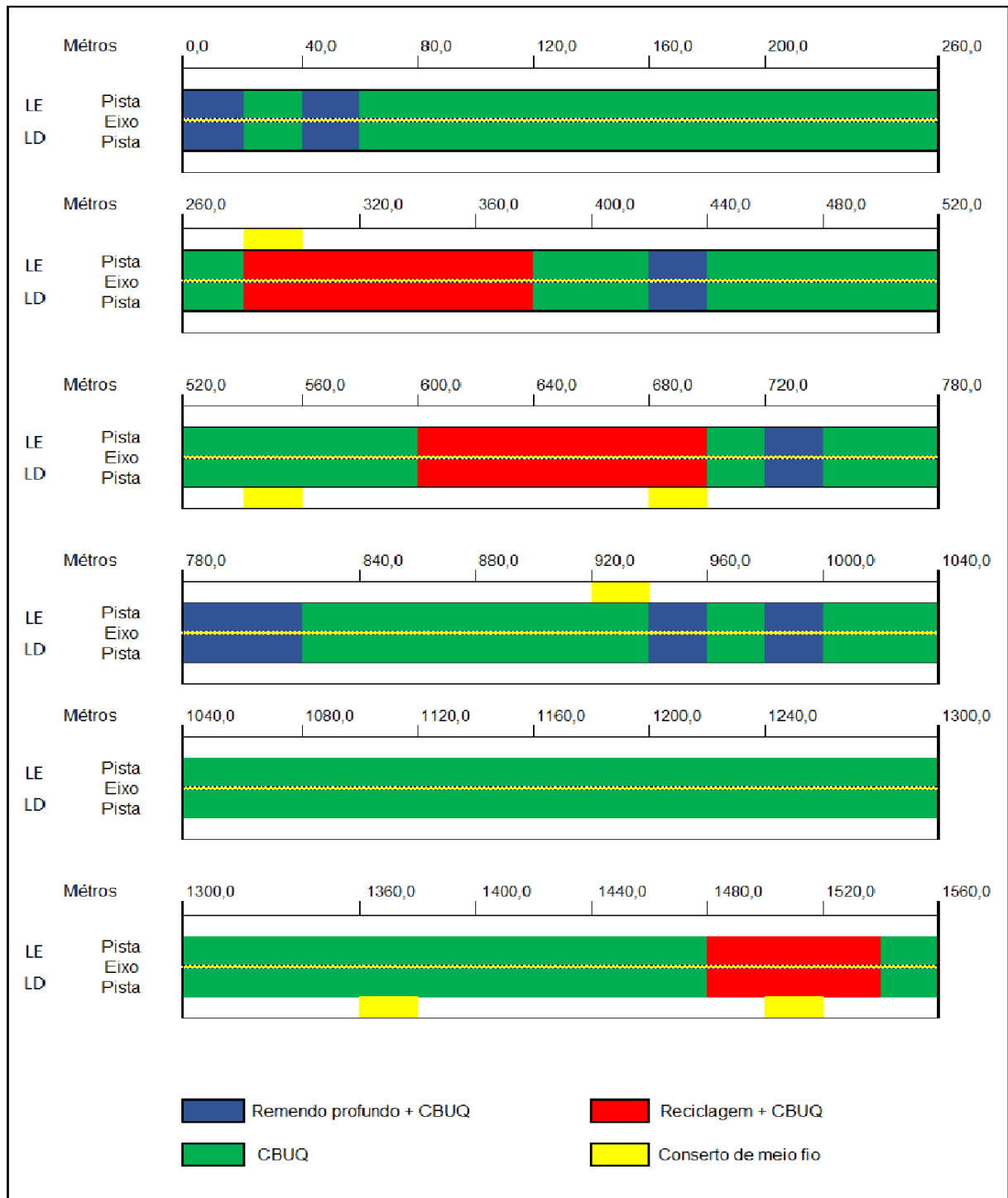


Fonte: Elaborado pelo autor, 2018

### 4.3.2 Proposta de intervenção por seguimentos

No diagrama unifilar da figura 52, foram apontadas algumas propostas de intervenção de restauração, baseadas nos defeitos observados nas estações, especificados no diagrama da figura 51.

Figura 52 - Diagrama unifilar das propostas de soluções



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018



#### 4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No diagrama unifilar da figura 52, foram apontadas algumas propostas de intervenção de restauração, baseadas nos defeitos observados nas estações, especificados no diagrama da figura 51, de defeitos das estações.

Observa-se que na proposta descrita no diagrama, que primeiramente deve-se fazer reconstrução do meio fio, nos seguimentos em amarelo, propõe-se também realizar a recuperação de painéis com remendos profundo em seguimentos representadas pela cor azul.

Propõe-se também, realizar uma reciclagem do pavimento e da base, nos seguimentos representados pela cor vermelha. Esta reciclagem poderá ser realizada escarificando o pavimento asfáltico juntamente com os 20 cm da base e se misturando-a no próprio local e posteriormente estabilizando-a e compactando-a para que se atinja uma porcentagem de (CBR) de no mínimo 60%.

Após se imprimir a parte do pavimento reciclado e se incorporar um material ligante no restante do pavimento, indicou-se que seja incorporada, em todo trecho, uma camada de 3 cm de CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente, para que se restabeleça a uniformidade do pavimento e eleve a sua vida útil em no mínimo 10 anos.

(SENÇO, 1997, p.) afirma que o acréscimo da camada de recapeamento virá permitir um aumento da vida útil do pavimento. Para o cálculo dos valores de equivalência de operações do eixo padrão (N) para os diversos fatores intervenientes, deve-se levar em conta que, pretendendo-se um pavimento de baixo custo, o tráfego não deve ser muito intenso e a faixa de variação entre 100 e 1.000 veículos por dia, bastante aplicável.

A espessura adotada para camada de CBUQ foi especificada levando em consideração dados obtido através de consulta realizada na Secretaria de Infraestrutura do Município de Palmas-TO, como o número (N) de  $5 \times 10^5$ , estimado em vias com tráfego médio e através de uma altura de 20 cm de base.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo de caso foi de grande relevância para a sociedade em geral, pois seu conteúdo foi de uso prático na solução e prevenção das ocorrências de manifestações patológicas em vias públicas.

Conforme proposto o estudo conseguiu quantificar e classificar as patologias encontradas no revestimento asfáltico com base na norma do DNIT 006/2013 – PRO (Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimento), conceituando o nível de degradação atingido pelo pavimento da avenida, através do cálculo do Índice de gravidade global (IGG), que no caso estudado foi de 94,5. Este índice indicou que o conceito foi ruim.

Através das análises conseguiu se identificar que o desgaste e as panelas foram os defeitos de maior ocorrência na avenida, e que devido a ocorrência elevada de desgaste, outros problemas começaram a surgir, como as panelas e conseqüentemente os remendos.

Com a informação de que a partir de um ano já começaram a ocorrer defeitos e por não ocorre uma grande ocorrência de trilhos de rodas nas estações estudadas, existem indícios que houve falha na elaboração do projeto ou na execução da capa asfáltica apenas pois o pavimento não recalçou, na maior parte do trecho.

Conforme proposto o estudo conseguiu quantificar e classificar as patologias encontradas no revestimento asfáltico, com base na norma do DNIT 006/2013 – PRO. Através das análises conseguiu-se identificar os defeitos de maior relevância na avenida e alertou para a importância de realizar manutenções periódicas e corretas nas vias públicas, propondo intervenções mais adequadas para os defeitos encontrados.

Com as medidas apontadas a vida útil do pavimento da avenida, possivelmente se elevará substancialmente, com isso, haverá uma economia financeira para poder público em relação a execução de consertos provisórios e também evitará que a camada inferior do pavimento seja comprometida, nos seguimentos com índice menor de comprometidos. Também possivelmente elevará o conforto dos usuários da avenida e minimizará o desgaste dos veículos que transitam sobre o pavimento estudado, trazendo assim uma economia para seus proprietários.

## 6 REFERÊNCIAS

ABNT NBR 6459:2016. **Solo – Determinação do limite de liquidez** – Rio de Janeiro, 2016. 5p.

ABNT NBR 7207/82. Terminologia e classificação de pavimentação. Rio de Janeiro, 1982.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração** – São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558p.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2006. 501p.

BERNUCCI et al, L.B. et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação básica para engenheiros**. 1.ed. Rio de Janeiro: Petrobras ABEDA, 2008.

BIANCHI, Flávia Regina; BRITO, Isis Raquel Tacla; CASTRO, Verônica Amanda B. Estudo Comparativo entre pavimento rígido e flexível. Disponível em: . Acesso em: 02 maio de 2018.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações** – 6ª Ed. Vol. 1 – Rio de Janeiro: LTC, 1988. 234p.

DANIELESKI, Maria Luiza. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de porto alegre**. Porto alegre, 2004.

Dep. Nacional de Infraestrutura de Transportes. - DNIT. **Manual de conservação Rodoviária** – 2ª Ed. - Rio de Janeiro, 2005. 564p.

Dep. Nacional de Infraestrutura de Transportes. - DNIT. **Manual de pavimentação** – 3ª Ed. - Rio de Janeiro, 2006a. 274p.

Dep. Nacional de Infraestrutura de Transportes. - DNIT. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologias – Norma 005/2003-TER**. Rio de Janeiro, 2003a. 12p.

DNIT- TER 005/2003 - **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia** , 2003.

DNIT-PRO 006/2003 – **Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Asfálticos**, 2003.

DNIT IPR-720 – **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. Rio de Janeiro, 2006.

GONÇALVES, Fernando. Pugliero. **O Diagnóstico e a Manutenção dos Pavimentos**. Notas de Aula. São José dos Campos, 1999.

MENDONÇA, M. E. B. CORDEIRO, S.B. e GODIM. L. M. **Avaliação objetiva da superfície do revestimento asfáltico sobre base em alvenaria poliédrica da av. No município de Juazeiro do norte-CE**. Juazeiro do Norte, 2013.

MIRANDOLA, Marco Aurelio. **Gestão de manutenção e conservação de pavimento asfáltico em vias urbanas**. 2006

MOMM, Leto; DOMINGUES, F. A. A. **Reciclagem de pavimentos à frio in situ superficial e profunda**, Cuiabá, 1995

MONTEIRO, Romel. **Avaliação objetiva da superfície do pavimento na cidade de são bento – Paraíba**. Araruna 2017

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. **Notas de aula da disciplina de pavimentação**. Faculdade de Engenharia. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora/MG, 2012.

MOTA, Gabriel Luan Paixão. **Técnicas de recuperação de patologias em pavimentos de asfalto** Publicado em 23 de janeiro de 2017, disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/t%C3%A9cnicas-de-recupera%C3%A7%C3%A3o-patologias-em-pavimentos-paix%C3%A3o-mota>> acesso em 20 de abril de 2018.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas – 3ª Ed.** – São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 367p.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação** - Vol. 1. 2ª Ed. ampl. - São Paulo: Pini, 1997. 761p.

SENÇO, Wlastermiler. **Pavimentação**. 1979-1980, v. 1, p. 197-223

SEGURADORA LIDER. **Boletim estatístico ano 7, volume extra 2017**. Disponível em: <https://www.seguradoralider.com.br/Documents/Relatorio-Anual/Relatorio-Anual-Seguradora-L%ADder-DPVAT-2017.pdf> .Acesso em: 06 mar. 2018.

SOUSA, Murillo Lopes de. **Método de projeto de pavimentos flexíveis** - 3ª Ed. – Rio de Janeiro: revista e. atual. IPR., 1981.

SILVA, F.A. PAULO. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos – 2ª. Ed.**, 2011.

VILLIBOR, F.D.; NOGAMI, J.S.; CINCERRE, J.R.; SERRA, P.R.M.;NETO, **A.Z.Pavimentos de Baixo Custo para Vias Urbana**. São Paulo: Editora Arte & Ciência,2009.