

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL HENRICO MALFATO

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO DA  
PR-239 NO TRECHO ENTRE OS MUNICÍPIOS DE TOLEDO E ASSIS  
CHATEAUBRIAND - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO  
2021

**GABRIEL HENRICO MALFATO**

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO DA PR-239 NO  
TRECHO ENTRE OS MUNICÍPIOS DE TOLEDO E ASSIS CHATEAUBRIAND - PR**

**EVALUATION OF THE SURFACE OF THE CONDITIONS OF THE PAVEMENT OF  
THE PR-239 IN THE STRETCH BETWEEN THE MUNICIPALITIES OF TOLEDO  
AND ASSIS CHATEAUBRIAND - PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentada como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador: Elmagno Catarino Santos Silva.

**TOLEDO**

**2021**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Toledo  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de N° 258

**Avaliação das condições de superfície do pavimento da PR-239 no trecho entre os municípios de Toledo e Assis Chateaubriand - PR**

por

**Gabriel Henrico Malfato**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 15:50 h do dia **04 de Maio de 2021** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

---

Profª Dr. Mauricio do Espirito Santo Andrade  
(UTFPR – TD)

---

Profª Dr. Guilherme Alan Souza Costa  
(UTFPR – TD)

---

Prof Dr. Elmagno Catarino Santos Silva  
(UTFPR – TD)  
Orientador

---

Visto da Coordenação  
Prof. Dr Gustavo Savaris  
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## RESUMO

MALFATO, Gabriel H. **Avaliação das condições de superfície do pavimento da PR-239 no trecho entre os municípios de Toledo e Assis Chateaubriand – PR.** 2021. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2021.

Os meios de transportes são tratados como elementos essenciais para expansão e desenvolvimento da capacidade produtiva. Dessa forma, torna-se necessário realizar a manutenção de rodovias, visando proporcionar maior segurança e conforto aos usuários, contribuindo diretamente para o desenvolvimento regional, geração de empregos, renda e melhoria das condições de vida da população da cidade e do campo. No entanto, estudos publicados por diversos órgãos demonstram que a grande parte da malha rodoviária brasileira apresenta alto grau de precariedade. O presente trabalho propõe um estudo sobre o atual estado de conservação do pavimento flexível da rodovia PR-239, via que liga os municípios de Toledo-PR e Assis Chateaubriand-PR, localizados na região oeste do estado do Paraná. Para obter resultados pertinentes ao estudo foram realizados: cálculos do índice de gravidade global, estudos de tráfego, tabelamento de dados de índice pluviométrico, análises do sistema de drenagem e relatórios fotográficos. Após a coleta e análise de dados foram pautadas as principais causas e origens das patologias encontradas. Um dos erros mais proeminentes é a falta de um sistema de drenagem eficiente para o alto índice pluviométrico observado na região. No que se refere à avaliação objetiva o pavimento foi classificado como péssimo. Por fim, foram propostas algumas medidas e ações mitigadoras com a finalidade de contribuir na resolução dos problemas encontrados.

**Palavras-chave:** Índice de gravidade global, Patologia, Tráfego.

## ABSTRACT

MALFATO, Gabriel H. **Evaluation of the surface conditions of the pavement of the PR-239 in the stretch between the municipalities of Toledo and Assis Chateaubriand - PR.** 2021. 79 f. Course Conclusion Paper (Bachelor in Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Toledo, 2021.

Transport is treated as essential elements for the expansion and development of production capacity. Thus, it is necessary to carry out the maintenance of highways, aiming to provide greater safety and comfort to users, contributing directly to regional development, job creation, income and improvement of living conditions of the population of the city and countryside. However, studies published by several agencies show that the large part of the Brazilian road network has a high degree of precariousness. The present work proposes a study on the current state of conservation of the PR-239 flexible highway pavement, a road that connects the municipalities of Toledo-PR and Assis Chateaubriand-PR, located in the western region of the state of Paraná. To obtain results relevant to the study, the following were performed: calculations of the overall severity index, traffic studies, tableting of rainfall index data, drainage system analyses and photographic reports. After data collection and analysis, the main causes and origins of the pathologies found were based. One of the most prominent errors is the lack of an efficient drainage system for the high rainfall index observed in the region. With regard to objective evaluation, the pavement was classified as terrible. Finally, some mitigating measures and actions were proposed in order to contribute to the resolution of the problems encountered.

**Keywords:** Global Severity Index, Pathology, Traffic.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Trecho da PR-239 objeto de estudo.....	14
Figura 2 – Configuração aproximada da distribuição de tensões verticais em pavimentos.....	17
Figura 3 – Distribuição granulométrica de agregados .....	19
Figura 4 – Trinca isolada transversal .....	23
Figura 5 – Trinca isolada longitudinal.....	23
Figura 6 – Trinca interligada – tipo jacaré .....	24
Figura 7 – Trinca interligada – tipo bloco .....	24
Figura 8 – Afundamento de trilha de roda .....	25
Figura 9 – Afundamento local.....	25
Figura 10 – Ondulação.....	26
Figura 11 – Escorregamento.....	27
Figura 12 – Exsudação .....	27
Figura 13 – Desgaste .....	28
Figura 14 – Panela/buraco .....	29
Figura 15 – Estações de avaliação .....	34
Figura 16 – Treliça metálica para medir flecha do trilho da roda.....	35
Figura 17 – Trechos críticos.....	39
Figura 18 – Registro fotográfico 1 .....	43
Figura 19 – Registro fotográfico 2 .....	44
Figura 20 – Registro fotográfico 3 .....	45
Figura 21 – Registro fotográfico 4 .....	46
Figura 22 – Registro fotográfico 5 .....	46
Figura 23 – Registro fotográfico 6 .....	47
Figura 24 – Registro fotográfico 7 .....	48
Figura 25 – Registro fotográfico 8 .....	48
Figura 26 – Demarcação de estação .....	49
Figura 27 – Drenagem superficial sem limpeza .....	58
Figura 28 – Rodovia sem sistema de drenagem.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de ocorrência e valor do fator de ponderação .....	36
Tabela 2 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG .....	37
Tabela 3 – Localização dos trechos críticos.....	38
Tabela 4 – Cálculo do IGG .....	50
Tabela 5 – Contagem volumétrica dia 07/12/2020 .....	52
Tabela 6 – Contagem volumétrica dia 09/12/2020 .....	52
Tabela 7 – Contagem volumétrica dia 11/12/2020 .....	52
Tabela 8 – Fator de equivalência para ucp .....	54
Tabela 9 – Alturas Pluviométricas 2020 .....	56
Tabela 10 – Alturas Pluviométricas de 2016 à 2020 .....	57

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Volume total horário.....	53
Gráfico 2 – Volume total horário em UCP/h .....	55



## LISTA DE ABEVIATURAS E SIGLAS

A	Aterro
ALC	Afundamento por Consolidação
ALP	Afundamento Plástico Local
ATC	Afundamento por Consolidação nas Trilhas de Roda
ATP	Afundamento Plástico nas Trilhas de Roda
ADP	Asfalto Diluído
BGS	Brita Graduada Simples
BGTC	Brita Graduada Tratada com Cimento
C	Corte
CA	Catiônica
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CM	Cura Média
CNT	Confederação Nacional de Transporte
CR	Cura Rápida
CRC	Corte em Rocha
D	Desgaste ou Desagregação
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
E	Escorregamento
EX	Exsudação
EAP	Emulsão Asfáltica
FC	Classe da Fissura
FI	Fissura
GPS	Global Positioning System
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
J	Trinca Interligada Tipo “Couro de Jacaré” sem Erosão Acentuada na Borda
JE	Trinca Interligada Tipo “Couro de Jacaré” com Erosão Acentuada na Borda
O	Ondulação ou Corrugação

P	Buraco ou Panela
PP	Ponto de Passagem
PR	Paraná
PRO	Procedimento
PNLT	Plano Nacional de Logística e Transporte
RL	Ruptura Lenta
RM	Ruptura Média
RP	Remendo Profundo
RR	Ruptura Rápida
RS	Remendo Superficial
SMA	Seção Mista – Lado de Aterro
SMC	Seção Mista – Lado de Corte
TB	Trinca Interligada Tipo “Bloco” sem Erosão Acentuada na Borda
TBR	Trinca Interligada Tipo “Bloco” com Erosão Acentuada na Borda
TER	Terminologia
TTC	Trinca Isolada Transversal Curta
TTL	Trinca Isolada Transversal Longa
TLC	Trinca Isolada Longitudinal Curta
TLL	Trinca Isolada Longitudinal Longa
TRE	Trilha de Roda Externa
TRI	Trilha de Roda Interna
TRR	Trinca Isolada por Retração Térmica

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	13
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo geral	15
1.2.2	Objetivos específicos	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	16
2.1	DEFINIÇÃO DE PAVIMENTO	16
2.2	TIPOS DE PAVIMENTO	16
2.3	MATERIAIS UTILIZADOS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA	17
2.3.1	Cimento asfáltico de petróleo	17
2.3.2	Asfalto diluído	18
2.3.3	Emulsão asfáltica	18
2.3.4	Materiais pétreos	18
2.4	ESTRUTURA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	19
2.4.1	Revestimento asfáltico	20
2.4.2	Base e sub-base	20
2.4.4	Reforço do subleito	21
2.4.5	Subleito	21
2.5	CLASSIFICAÇÃO DOS DEFEITOS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	21
2.5.1	Fendas	22
2.5.1.1	Subdivisão das trincas	22
2.5.2	Afundamentos	24
2.5.3	Ondulação ou corrugação	26
2.5.4	Escorregamento	26
2.5.5	Exsudação	27
2.5.6	Desgaste ou desagregação	28
2.5.7	Panela ou buraco	28
2.5.8	Remendo	29
2.6	DRENAGEM	29
2.6.1	Drenagem superficial	30
2.6.2	Drenagem subsuperficial	30
2.6.3	Drenagem profunda	31
2.7	CONSERVAÇÃO DOS PAVIMENTOS	31
2.7.1	Conservação rotineira	32

2.7.2 Conservação periódica .....	32
2.8 AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.....	33
2.8.1 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Asfálticos .....	33
<b>3 MATERIAIS E METÓDOS .....</b>	<b>38</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	38
3.2 AVALIAÇÃO PRÉVIA – VISITA A ÁREA DE ESTUDO.....	38
3.3 AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO .....	38
3.4 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DAS PATOLOGIAS.....	40
3.5 DIAGNÓSTICO GERAL.....	40
3.5.1 Estudo de tráfego .....	40
3.5.2 Drenagens superficiais .....	41
3.5.3 Dados climáticos.....	42
3.5.4 Determinação das causas das patologias e de medidas mitigadoras .....	42
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>43</b>
4.1 DEFEITOS ANALISADOS.....	43
4.2 ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL .....	49
4.3 CONTAGEM VOLUMÉTRICA.....	51
4.4 DADOS PLUVIOMÉTRICOS E CONDIÇÕES DE DRENAGEM .....	56
4.5 POSSÍVEIS CAUSAS E SOLUÇÕES PROPOSTAS .....	59
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO 3 .....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE E .....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE F.....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE G.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE H.....</b>	<b>75</b>
<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICE J.....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE K.....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE L.....</b>	<b>79</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os meios de transportes são tratados como elementos essenciais para expansão e desenvolvimento da capacidade produtiva de uma determinada região. Quanto mais um país produz, maior é a sua conexão com o transporte e a logística.

Pesquisas realizadas pela Confederação Nacional do Transporte CNT no ano de 2019 demonstram que o transporte e a logística contribuem diretamente para o desenvolvimento regional, a geração de empregos, a distribuição de renda e a melhoria das condições de vida da população da cidade e do campo.

No Brasil, o modal rodoviário é o que compõe a maior participação na matriz de transportes, abrangendo cerca de 61% de todo o transporte de mercadorias e 95% de passageiros (CNT, 2019).

De acordo com um estudo realizado pela CNT (2019) o Brasil contém uma malha rodoviária com extensão de 1.720.700 quilômetros, sendo que desse total apenas 213.453 quilômetros (12,4%) são pavimentadas. As rodovias pavimentadas são em grande parte rodovias estaduais transitórias, estaduais e municipais, totalizando 148.083 quilômetros (69,4%) das rodovias pavimentadas.

Segundo o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT, 2011), o crescimento acelerado da frota de veículos automotores na última década reafirma a importância do setor rodoviário no Brasil. No estudo apresentado pelo PNLT, entre os anos de 1999 e 2011, o crescimento de produção de veículos foi de 151%.

A crescente frota de veículos demanda de maior infraestrutura e transforma uma rodovia praticamente inalterada, ocasionando processos de desgaste e intensificando o surgimento de defeitos, comprometendo a qualidade da via e colocando em risco a vida dos condutores. Conforme o CNT, até 2019, de um total de 108.863 quilômetros de rodovias avaliadas, 64.198 quilômetros (59,0%) apresentava algum tipo de problema (CNT, 2019).

De acordo com o relatório de 2011 do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), a baixa qualidade das rodovias brasileiras amplia os custos operacionais com transporte, os quais estão entre 19,3% a 40,6% mais elevados do que seriam em condições ideais. Além disso, estradas danificadas ocasionam efeito inibidor ao desenvolvimento de atividades econômicas, acréscimo no tempo de viagem, desperdício de carga, aumento nos custos dos fretes e das passagens

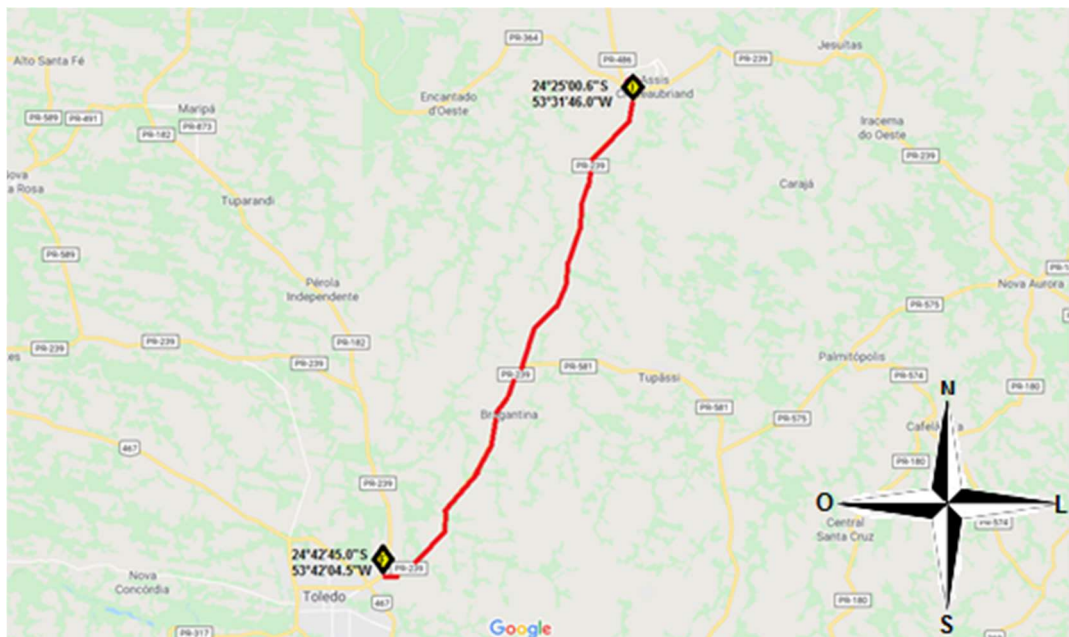
rodoviárias, elevação do índice de acidentes e despesas hospitalares e, ainda, aumento da emissão de poluentes.

Dessa forma, torna-se fundamental realizar manutenções nos pavimentos da malha rodoviária brasileira, garantindo melhor trafegabilidade e proporcionando aos usuários conforto e segurança ao rolamento.

O presente trabalho propõe um estudo sobre o atual estado de conservação do pavimento flexível da rodovia PR-239, via que liga os municípios de Toledo-PR e Assis Chateaubriand-PR, localizados na região oeste do estado do Paraná.

A Figura 1 mostra o trecho da rodovia em que o estudo foi realizado. O trecho inicia nas seguintes coordenadas geográficas  $24^{\circ}25'00.6''\text{S}$   $53^{\circ}31'46.0''\text{W}$  e finaliza nas  $24^{\circ}42'45.0''\text{S}$   $53^{\circ}42'04.5''\text{W}$ .

**Figura 1 – Trecho da PR-239 objeto de estudo.**



Fonte: Adaptado do Google Maps (2020).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A PR-239 pertence ao governo do Paraná e é essencial para a região, uma vez que sua malha rodoviária abrange setores agrícolas e industriais, como a empresa Coamo de Bragançana, maior cooperativa da América Latina. Nesta região também encontra-se em processo de construção o maior frigorífico da América Latina, da empresa Frimesa, em Assis Chateaubriand.

Entretanto, atualmente parte da rodovia encontra-se em grau avançado de deterioração, com várias ocorrências patológicas, afetando diretamente o desenvolvimento econômico da região, aumentando o desperdício de cargas, custos de fretes e de passagens rodoviárias, além de elevar os riscos de acidentes.

Portanto, observa-se a necessidade de avaliar a superfície do pavimento, com plenas intenções de obter e verificar o atual estado de conservação da via, uma vez que esse é o primeiro passo antes da tomada de decisão quanto às intervenções de restaurações necessárias.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

O principal objetivo da pesquisa foi verificar as condições atuais do pavimento da rodovia PR-239, entre os municípios de Toledo-PR e Assis Chateaubriand-PR, localizados na região oeste do estado do Paraná.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Analisar e classificar as patologias existentes no trecho estudado;
- b) Obter as coordenadas geográficas das principais ocorrências de patologias para o acompanhamento de sua evolução, através de relatório fotográfico;
- c) Realizar um diagnóstico geral – levantamento de dados de índices pluviométricos, das condições de drenagem e tráfego – no trecho da rodovia;
- d) Atribuir o grau de degradação atingido do pavimento por meio do cálculo do índice de gravidade global (IGG);
- e) Apontar as possíveis causas das patologias encontradas; e
- f) Sugerir medidas a fim de proporcionar um maior conforto e segurança aos usuários que trafegam na via.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo evidencia todo o referencial teórico que foi utilizado para a avaliação das condições de superfície do pavimento da rodovia escolhida. São apresentados no capítulo definições de pavimento e os seus tipos, os materiais utilizados na pavimentação asfáltica, as camadas presentes na estrutura, a classificação dos defeitos nos pavimentos, os tipos de drenagem em rodovias e o método de conservação do pavimento.

### 2.1 DEFINIÇÃO DE PAVIMENTO

Pavimento é uma estrutura construída sobre uma superfície fina de terraplanagem, de múltiplas camadas e de espessuras finitas. Tem como característica propiciar aos usuários conforto e segurança na sua utilização, seja em viagens de passeio ou a trabalho. Além disso, deve resistir aos esforços provenientes do tráfego de veículos e suportar as intempéries proporcionado pelo clima (BERNUCCI et al, 2008).

De acordo com Senço (2007), o pavimento é destinado a suportar os esforços verticais, de uma forma que se distribua para as camadas inferiores resistir às pressões horizontais (desgastes) e aperfeiçoar as condições de rolamento para os usuários.

### 2.2 TIPOS DE PAVIMENTO

Segundo Senço (2007), o pavimento rodoviário pode ser dividido em dois tipos: os pavimentos rígidos e os flexíveis. Estes se diferenciam pelo o seu tipo de deformação e rompimento.

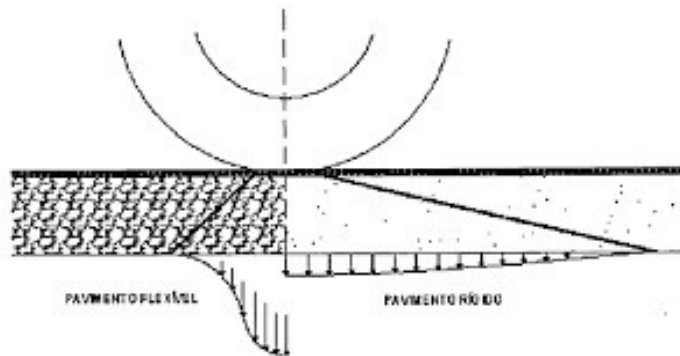
Os pavimentos rígidos têm como característica uma alta resistência à flexão, ou seja, são pouco deformáveis e rompem sujeitos à tração. Dada sua rigidez, as cargas são distribuídas por uma grande área, de maneira que diminua as pressões no solo. (PINTO, 2003)

Os pavimentos flexíveis (objetos do estudo de caso), comparados aos rígidos, quando requeridos às ações do tráfego, são distribuídos de forma mais



concentrada e transmitem de forma mais moderada para as camadas seguintes, como é possível observar na Figura 2.

**Figura 2 – Configuração aproximada da distribuição de tensões verticais em pavimentos.**



Fonte: Pinto (2003)

Neste tipo de pavimento, dá-se no revestimento asfáltico as maiores tensões, que ocasionam deformações permanentes e rompimento por fadiga. O pavimento flexível é habitualmente composto por quatro camadas, sendo elas a de revestimento asfáltico, a base, sub-base e o reforço do subleito (BERNUCCI et al, 2008).

## 2.3 MATERIAIS UTILIZADOS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

### 2.3.1 Cimento asfáltico de petróleo

O Cimento Asfáltico de Petróleo - CAP é o rejeito da destilação do petróleo, sendo um produto semisólido em temperatura ambiente. O CAP é definido como o asfalto obtido especialmente, por ter consistência e qualidades de emprego direto na pavimentação (SENÇO, 2007).

De acordo com Pinto e Pinto (2015), o cimento asfáltico de petróleo possui características de flexibilidade, durabilidade, aglutinação, impermeabilização e alta resistência aos ácidos, sais e álcalis. O mesmo é classificado por sua dureza ou por sua viscosidade, porém é mais utilizado pela sua dureza, sendo medida por meio da penetração de uma agulha padrão na amostra. Dessa forma, existem quatro tipos de CAP: CAP 30/45, CAP 50/70, CAP 85/100 e o CAP 150/200.

### 2.3.2 Asfalto diluído

Conforme Bernucci et al. (2008), os asfaltos diluídos (ADP) são diluentes voláteis adicionados ao cimento asfáltico. O diluente tem como função baixar a viscosidade e possibilitar à utilização do cimento asfáltico em temperatura ambiente.

Temos no Brasil dois tipos de ADP, classificados conforme o tempo de evaporação do solvente. Eles são denominados de cura rápida (CR), quando o solvente é a gasolina ou a nafta, e os de cura média (CM), cujo solvente é o querosene.

### 2.3.3 Emulsão asfáltica

Bernucci et al. (2008), define emulsões asfálticas (EAP) como a dispersão de dois ou mais líquidos que não se misturam. Os líquidos são a água, o asfalto e um emulsificante para manter a emulsão estável.

O EAP tem como objetivo proporcionar estabilidade à mistura, ajudar na dispersão e revestir os glóbulos de betume de uma partícula protetora, mantendo-os em suspensão. Para obter a emulsão asfáltica, é necessário equipamentos que realizem uma agitação intensa, para alcançar as dispersões mais finas e estáveis possíveis (PINTO e PINTO, 2015).

A classificação da emulsão asfáltica se dá em função de três características: tempo necessário para ocorrer a ruptura (ruptura rápida (RR), ruptura média (RM), ruptura lenta (RL)); teor de asfalto contida, (1 ou 2 dependendo da faixa de viscosidade) e da carga iônica, utilizando a letra CA se for catiônica (BERNUCCI et al, 2008).

### 2.3.4 Materiais pétreos

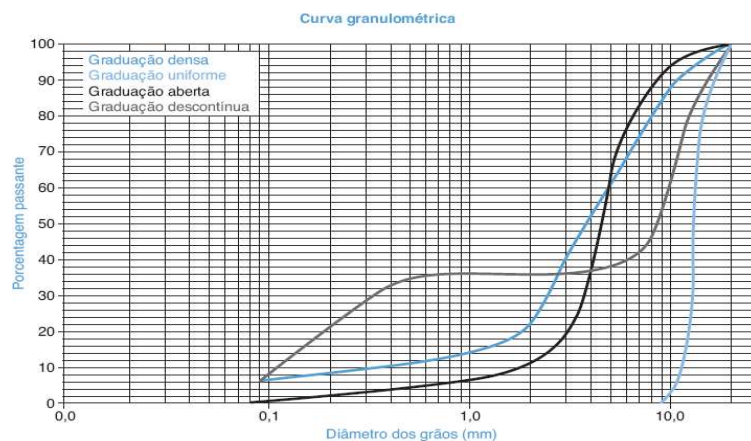
Woods (1960), citado por Bernucci et al. (2008), define materiais pétreos, também conhecido como agregados, como um conjunto de pedregulho, areia, pedra britada, escória e outros materiais minerais usados em combinação com um ligante.

Os agregados utilizados na pavimentação têm três formas de classificação, de acordo com sua natureza, seu tamanho e sua distribuição granulométrica. Quando classificados por sua natureza, eles podem ser agregados naturais, artificiais ou reciclados (PINTO e PINTO, 2015).

Quando classificados pelo tamanho individual dos grãos, os agregados podem ser: graúdos, são os materiais retidos na peneira de nº 10 (2,0 mm); miúdos, são os materiais que passam na peneira de nº 10 (2,0 mm) e ficam retidos na peneira de nº 200 (0,075 mm); material de enchimento (filer), é o que passa, pelo menos, 65 % na peneira de nº 200 (0,075 mm) (PINTO e PINTO, 2015).

Pelo tipo de distribuição dos grãos (Figura 3), são: agregados de graduação densa - aqueles que apresentam uma curva contínua de material bem graduado, com material fino suficiente para preencher os vazios; agregados de graduação aberta, aqueles que apresentam uma curva contínua de material bem graduado, com material fino insuficiente para preencher vazios; agregados uniformes, aquele que possuem partículas de um único tamanho e, por fim, agregados com graduação descontínua, aqueles que apresentam pequena porcentagem de agregados com tamanhos intermediários (PINTO e PINTO, 2015).

**Figura 3 – Distribuição granulométrica de agregados.**



Fonte: Pinto e Pinto (2015).

## 2.4 ESTRUTURA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

De acordo com Bernucci et al., (2008) as estruturas dos pavimentos são grupos de camadas sobre uma fundação. No pavimento asfáltico a estrutura é composta usualmente por um revestimento asfáltico, apoiada sobre camadas de base, sub-base e de reforço do subleito.

#### 2.4.1 Revestimento asfáltico

O revestimento asfáltico, também chamado de capa de rolamento, ou apenas capa, é a camada superior que sofre diretamente à ação do tráfego. A qualidade da capa influencia diretamente o conforto e segurança dos usuários, além de aumentar a durabilidade da estrutura (SENÇO, 2007).

Segundo Senço (2007), a camada de revestimento tem espessura adotada, dependendo de alguns fatores para essa escolha, seja em função de critério próprio, seja em função do tráfego previsto, ou pela qualidade das camadas inferiores, sendo que uma fundação de boa qualidade exige um pavimento menos espesso. É usual para vias simples, revestimentos com espessuras de 3 a 5 cm e, para autoestradas, mais espessos, entre 7,5 a 10 cm.

A capa pode ser subdividida em duas ou mais camadas. A camada superior recebe diretamente à ação do tráfego e é conhecida como camada de rolamento. Posteriormente, apresenta-se a camada de ligação (conhecida pelo termo em inglês *binder*), ela tem função de ligar a camada de rolamento com a base do pavimento. Quando necessário, há camadas de nivelamento e reforço, que servem como recapeamento do pavimento já executado (BALBO, 2007).

Conforme o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), o revestimento asfáltico pode ser executado de duas maneiras: por penetração, revestimentos executados através do espalhamento e compactação de camadas de agregados com granulometria apropriada; e mistura, revestimentos onde o agregado é pré-envolvido com o material betuminoso antes da compressão. A pré-mistura pode ser realizada a frio; o espalhamento pode ser feito em temperatura ambiente; ambos ainda podem ser realizados em temperaturas quentes/elevadas.

O pré-envolvimento pode ser feito na própria pista (pré-misturados na pista), ou em usinas (pré-misturados propriamente ditos). No Brasil, o revestimento mais empregado é o concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ).

#### 2.4.2 Base e sub-base

A base é formada por uma ou mais camadas, com função de absorver a maior parte dos esforços verticais provocados pelo tráfego. Eventualmente as bases têm ainda uma função drenante. Normalmente a primeira camada tem característica de regularização (PINTO, 2003).

Quando não é possível construir a base sobre o leito ou subleito, por questão técnica e econômica, é executada a sub-base como complemento. O que difere a sub-base da base é a qualidade do material, sendo que o material da camada superior é melhor (SENÇO, 2007).

Os materiais utilizados na base e sub-base são basicamente constituídos por agregados, solos e, eventualmente, aditivos como cimento, cal, emulsão asfáltica, entre outros. As bases e sub-bases mais utilizadas são as de brita graduada simples (BGS), macadame hidráulico, macadame a seco, solo estabilizado granulometricamente, brita graduada tratada com cimento (BGTC) e macadame betuminoso (BERNUCCI et al, 2008).

#### 2.4.4 Reforço do subleito

O reforço do subleito tem como função resistir e distribuir os esforços verticais, porém não apresenta a característica de absorver esses esforços, o que é característica do subleito (SENÇO, 2007).

Segundo Senço (2007), a camada de reforço do subleito é uma camada de espessura constante, construída apenas se necessário como uma camada suplementar do subleito ou complementar da base/sub-base.

#### 2.4.5 Subleito

O terreno de fundação é denominado subleito. Apenas a camada mais próxima do terreno natural é chamada de subleito, já que, conforme se aprofunda no maciço, as pressões são desprezíveis (SENÇO, 2007).

### 2.5 CLASSIFICAÇÃO DOS DEFEITOS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Bernucci et al., (2008) conceitua os defeitos de superfície como as deteriorações dos pavimentos asfálticos que podem ser identificados a olho nu e classificados segundo uma terminologia normatizada (DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia).

O objetivo de fazer o levantamento de defeitos de superfície é analisar o estado de conservação do pavimento asfáltico, para ter o diagnóstico da situação funcional e, se necessário indicar a melhor ou melhores alternativas de restauração do pavimento (BERNUCCI et al, 2008).

### 2.5.1 Fendas

A norma DNIT 005/2003 – TER, define fenda como qualquer descontinuidade na superfície do pavimento. As fendas podem ser classificadas como fissuras (FI), aberturas perceptíveis a olho nu em uma distância inferior a 1,5m e, trincas, aberturas superiores as da fissura.

Segundo Pinto (2003), o fendilhamento é o defeito que ocorre com maior frequência nos pavimentos flexíveis, sendo este causado principalmente pela fadiga dos materiais das camadas betuminosas devido repetida solicitação de tração por flexão destas camadas.

#### 2.5.1.1 Subdivisão das trincas

As trincas podem ser subdivididas quanto à sua tipologia:

a) Trincas isoladas: transversais curtas (TTC), transversais longas (TTL), longitudinais curtas (TLC), longitudinais longas (TLL), ou ainda, por retração térmica (TRR), sendo que são classificadas como trincas longas quando apresentam uma trinca com extensão superior a 100 cm. As trincas isoladas transversais e longitudinais podem ser vistas nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

As trincas isoladas ainda podem ser subdividas em classes:

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

**Figura 4 – Trinca isolada transversal.**



Fonte: DNIT 005/2003 - TER.

**Figura 5 – Trinca isolada longitudinal.**



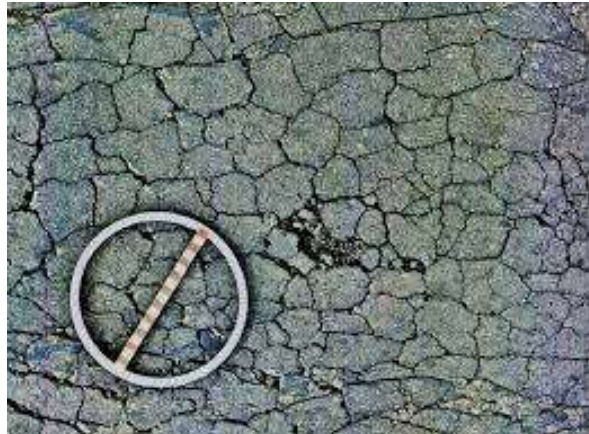
Fonte: DNIT 005/2003 - TER.

b) Trincas interligadas: trincas tipo “Couro de Jacaré”, quando o conjunto de trincas interligadas não apresenta direções preferenciais (JE ou J, conforme presente ou não erosão acentuada nas bordas), ou trincas interligadas tipo bloco, caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos (TBE ou TB, conforme presente ou não erosão acentuada nas bordas). As trincas interligadas tipo jacaré e bloco podem ser vistas nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

As trincas interligadas ainda podem ser subdivididas em classes:

- FC-2: não apresenta erosão nas bordas.
- FC-3: apresenta erosão nas bordas.

**Figura 6 – Trinca interligada – tipo jacaré.**



Fonte: DNIT 005/2003 - TER.

**Figura 7 – Trinca interligada – tipo bloco.**



Fonte: DNIT 005/2003 - TER.

### 2.5.2 Afundamentos

Os afundamentos são depressões longitudinais que se desenvolvem na linha de passagem dos rodados dos veículos e, resultam de deformações permanentes em qualquer uma das camadas constituintes (PINTO, 2003). Conforme o autor, os afundamentos surgem por capacidade de carga insuficiente e por fluência das camadas betuminosas, devido à deficiências na sua formulação ou execução.

Segundo Bernucci et al (2008), os afundamentos podem ser classificados em:

- a) Afundamento por consolidação: devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito, sendo ALC quando é



localizada, a depressão não supera 6 m de extensão, ou ainda ATC, quando é de trilha, superando 6 m de extensão.

b) Afundamento plástico: devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, sendo ALP quando localizada, com uma depressão que não supera 6 m de extensão, ou ainda, ATP quando é de trilha, superando 6 m de extensão. Neste tipo de afundamento, há uma certa de compensação volumétrica, com sollevamento da massa asfáltica juntos às bordas do afundamento.

As Figuras 8 e 9 mostram, respectivamente, o afundamento de trilha e o afundamento local.

**Figura 8 – Afundamento de trilha de roda.**



Fonte: DNIT 005/2003 - TER.

**Figura 9 – Afundamento local.**



Fonte: DNIT 005/2003 - TER.

### 2.5.3 Ondulação ou corrugação

De acordo com a norma DNIT 005/2003 – TER, ondulações ou corrugações são ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa, constituinte do revestimento ou da base. Ambas são representadas pela letra (O).

As corrugações (FIGURA 10) são deformações transversais ao eixo da pista, em geral compensatórias, com depressões intercaladas de elevações. Ocorrem devido à fluência da massa asfáltica. As ondulações normalmente ocorrem devido à consolidação diferencial do subleito. As ondulações diferem da corrugação pelo comprimento de onda entre duas cristas da ordem de metros, sendo que a corrugação tem comprimento de onda na ordem de alguns centímetros ou dezenas de centímetros (BERNUCCI et al, 2008).

Segundo Pinto (2003), as ondulações ocorrem devido a uma má distribuição do ligante, em camadas de betão betuminoso em que ocorra o arrastamento da mistura por excessiva deformação plástica ou resultante da deformação da fundação.

**Figura 10 – Ondulação.**



Fonte: DNIT 005/2003 - TER.

### 2.5.4 Escorregamento

Segundo a norma DNIT 005/2003 – TER, o escorregamento é o deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, resultando no aparecimento de fendas em forma de meia-lua (FIGURA 11). O

escorregamento pode ser de dois tipos: escorregamento de massa asfáltica por fluência, devido ao excesso de ligante; e, escorregamento do revestimento asfáltico por falhas construtivas e de pintura de ligação. O escorregamento é representado pela letra (E) (BERNUCCI et al., 2008).

**Figura 11 – Escorregamento.**



Fonte: DNIT 005/2003 - TER.

#### 2.5.5 Exsudação

Segundo Pinto (2003), a exsudação (EX) (FIGURA 12) ocorre devido ao excesso de ligante ou pela sua baixa viscosidade. Por contaminação de rega de colagem excessiva ou, ainda, pela dosagem inadequada dos agregados. Para Bernucci et al., (2008), a exsudação apresenta como característica o surgimento de ligante em abundância na sua superfície, apresentando manchas escuras.

**Figura 12 – Exsudação.**



Fonte: DNIT 005/2003 - TER.

### 2.5.6 Desgaste ou desagregação

A norma DNIT 005/2003 – TER, caracteriza o desgaste ou a desagregação (D) como o efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, levando a uma aspereza superficial no revestimento (FIGURA 13). Essa desagregação é causada devido aos esforços tangenciais do tráfego.

As prováveis causas da desagregação incluem a falha de adesividade do ligante-agregado, a presença de água aprisionada e a sobrepressão em vazios do revestimento, levando ao descolamento do ligante. Além destes, a deficiência no teor do ligante, as falhas de bico em tratamento superficiais e a segregação da massa asfáltica, podem levar ao referido desgaste (BERNUCCI et al., 2008).

**Figura 13 – Desgaste.**



Fonte: DNIT 005/2003 - TER.

### 2.5.7 Panela ou buraco

Segundo a norma DNIT 005/2003 – TER, buracos ou painelas (P), são as cavidades que se formam no revestimento (FIGURA 14) e podem alcançar as camadas inferiores do pavimento.

As painelas podem surgir através da evolução das fendas em geral, da desagregação da camada de desgaste e da falta de aderência entre as próprias camadas. O buraco é o estágio final do processo de degradação, afetando os veículos e acelerando o processo de patologias no pavimento ao seu redor (PINTO, 2003).

**Figura 14 – Painela/buraco.**



Fonte: DNIT 005/2003 - TER.

### 2.5.8 Remendo

Os remendos estão associados à manutenção do pavimento, caracterizados pelo preenchimento de algum defeito com massa asfáltica (BERNUCCI et al, 2008).

Conforme a norma DNIT 005/2003 – TER, o remendo também é conhecido pelo processo “tapa buraco”, podendo ser subdivido em dois sub-tipos. Os remendos profundos (RP) ocorrem a partir da remoção do revestimento e de alguma camada inferior, apresentando um formato retangular. Nos remendos superficiais (RS) há correção do revestimento em uma área localizada, com a aplicação de uma camada betuminosa.

## 2.6 DRENAGEM

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), entende-se como sistema de drenagem do pavimento de uma rodovia o conjunto de dispositivos superficiais, subsuperficiais e profundos.

De acordo com Senço (2001), a água em excesso, principalmente no subleito, é o principal fator do insucesso e deterioração dos pavimentos. Observa-se que até mesmo pavimentos corretamente projetados trincam com o tempo. Com isso, possibilita-se a entrada de água, tornando necessário um sistema de drenagem para a camada de base ou sub-base.

O autor também declara que as águas podem atingir a via de diversas formas, sendo elas:



- Chuvas diretas sobre a plataforma;
- Fluxo de águas superficiais de terrenos adjacentes;
- Inundações de curso de água; e
- Infiltração subterrânea.

### 2.6.1 Drenagem superficial

De acordo com o Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006), a drenagem superficial de uma rodovia tem como propósito deter e receber toda água que incide sobre a via, proveniente de áreas adjacentes, conduzindo ao desague seguro, visando não comprometer a segurança e estabilidade do pavimento.

O sistema de drenagem superficial eficiente faz uso de uma série de dispositivos, como:

- Valetas de proteção de corte;
- Valetas de proteção de aterro;
- Sarjetas de corte;
- Sarjetas de aterro;
- Sarjeta de canteiro central;
- Descidas d'água;
- Saídas d'água;
- Caixas coletoras;
- Bueiros de greide;
- Dissipadores de energia;
- Escalonamento de taludes; e
- Corta-rios.

### 2.6.2 Drenagem subsuperficial

A drenagem subsuperficial de uma rodovia tem como propósito captar e esgotar as águas assim que elas penetram no pavimento, através do revestimento. A característica de impermeabilidade do revestimento deve ser mantida, sendo assim a drenagem subsuperficial serve como um complemento para a proteção, com a retirada rápida e eficiente da água (SENÇO, 2001).

A drenagem subsuperficial pode ser feita pelo sistema:

- Camada drenante;

- Drenos rasos longitudinais;
- Drenos laterais de base; e
- Drenos transversais.

### 2.6.3 Drenagem profunda

Segundo o Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006), a drenagem profunda tem como objetivo principal interceptar o fluxo da água subterrânea através do rebaixamento do lençol freático, impedindo-o de atingir o subleito.

A drenagem profunda é feita através dos seguintes dispositivos:

- Drenos profundos;
- Drenos espinha de peixe;
- Colchão drenante;
- Drenos horizontais profundos;
- Valetões laterais; e
- Drenos verticais de areia.

## 2.7 CONSERVAÇÃO DOS PAVIMENTOS

De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), a conservação de pavimento pode ser caracterizada como um conjunto de serviços e ações com propósito de preservação do pavimento, em suas condições iniciais previstas em projeto ou, no estado em que foi posteriormente restaurado.

A conservação procura manter rodovia em suas condições originais, logo após a sua execução. Todos os elementos do pavimento que se deterioram com o tempo devem ser repostos e, qualquer situação ou material que possa afetar a circulação na rodovia deve ser retirado, tudo isso de forma rotineira (SENÇO, 2001).

O principal objetivo de ações ligadas a conservação das vias é prolongar a vida útil das rodovias, reduzindo o custo de operação dos veículos e contribuindo para que as rodovias se mantenham sempre disponíveis ao tráfego, garantindo regularidade, pontualidade e segurança aos serviços de transportes (DNIT, 2005).

De acordo com Senço (2001), as estradas recentemente construídas ou pavimentadas também necessitam de conservação. Nessa fase, as despesas são mínimas, porém servem como prevenção de possíveis danos futuros.

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), conservar o pavimento é um investimento, aplicado na infraestrutura rodoviária e na garantia de uma restauração dispendiosa. A conservação consiste em várias atividades, de pequena escala em muitos casos, que se repetem em intervalos de tempo, sendo subdividida em dois tópicos: conservação rotineira e periódica.

#### 2.7.1 Conservação rotineira

Conforme o DNIT (2006), a conservação rotineira consiste em um conjunto de ações realizadas para reparar ou sanar um defeito. Para os pavimentos asfálticos, as principais operações são: remendos e selagem de trincas.

a) Remendos: Servem para reparar alguns tipos de defeitos no revestimento asfáltico. São realizados por meio do preenchimento com misturas betuminosas à quente ou à frio, em buracos feitos naturalmente ou por escavações prévias. O remendo é complementado com compactação, selagem dos bordos e, posteriormente limpos. Os remendos podem ser superficiais ou profundos.

b) Selagem de trincas: Baseia-se no preenchimento de fendas do revestimento com materiais como cimento asfáltico, asfalto diluído, emulsões ou selantes especiais, com função de impermeabilizar o pavimento. A vida útil do pavimento pode ser aumentada pela correta selagem das trincas, devido à remoção de materiais finos e a prevenção contra futuras infiltrações.

#### 2.7.2 Conservação periódica

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), a conservação periódica tem como função evitar o agravamento ou o surgimento de defeitos, através de um conjunto específico de ações. Suas atividades geralmente envolvem a aplicação de uma mistura asfáltica ou tratamento superficial simples, com objetivo de melhorar ou proteger a superfície do pavimento.

As principais atividades periódicas são as de capa selante, lama asfáltica, camadas porosas de atrito e recapeamentos esbeltos com misturas densas.

De acordo com o manual, a conservação periódica tem como finalidade:

- a) Melhoria da superfície bem desgastada do pavimento.
- b) Selagem de trincas;



- c) Impermeabilização do pavimento;
- d) Melhorias das características de drenagem e de atrito do revestimento;
- e) Reparo/prevenção do desgaste de oxidação do pavimento;
- f) Melhoria da aparência do revestimento;
- g) Permite uma delimitação visual entre pista e acostamento;

## 2.8 AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Segundo Bernucci et al., (2008), a análise superficial dos pavimentos deve ser levantada, verificando suas patologias e causas, atribuindo indicadores numéricos que classifiquem o estado geral de conservação.

De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (2006), a capacidade que um pavimento apresenta de possibilitar certo nível de desempenho é intitulada como "Serventia do Pavimento", no qual o processo de avaliação pode ser feito por meio de avaliações subjetivas e/ou de avaliações objetivas.

Conforme o DNIT (2006), utilizam-se as seguintes normas para avaliar as condições de superfície de pavimentos asfálticos:

- DNIT 005/2003 – TER – Defeitos nos Pavimentos Asfálticos – Terminologia;
- DNIT 006/2003 – PRO – Avaliação objetiva da superfície de pavimentos asfálticos – Procedimento;
- DNIT 007/2003 – PRO – Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimento flexível e semirrígido para gerência de pavimentos e estudos e projetos – Procedimento;
- DNIT 008/2003 – PRO – Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos asfálticos – Procedimento;
- DNIT 009/2003 – PRO – Levantamento para avaliação subjetiva da superfície do pavimento – Procedimento.

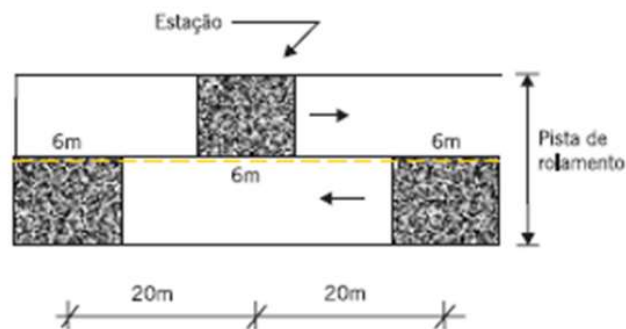
### 2.8.1 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Asfálticos

Para realizar a avaliação da superfície do pavimento da rodovia em estudo utilizou-se o procedimento determinado pela norma DNIT 006/2003 – PRO – Avaliação objetiva da superfície de pavimentos asfálticos – Procedimento. A mesma

demonstra o método de cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG), que consiste na classificação das patologias observadas e na medida das profundidades dos afundamentos nas trilhas da roda.

De acordo com Bernucci et al., (2008) o IGG é determinado de forma amostral para algumas estações, com área e distanciamento prefixado pela norma. As estações são enumeradas com estacas em rodovias de pista simples à cada 20 metros, alternando entre faixas, dessa forma em cada faixa encontra-se uma estação à cada 40 metros. A superfície de avaliação corresponde à 3 metros antes e 3 metros depois de cada estaca enumerada, obtendo então em cada estação uma área correspondente a 6 metros de extensão e largura igual da faixa a ser analisada (FIGURA 15).

**Figura 15 – Estações de avaliação.**

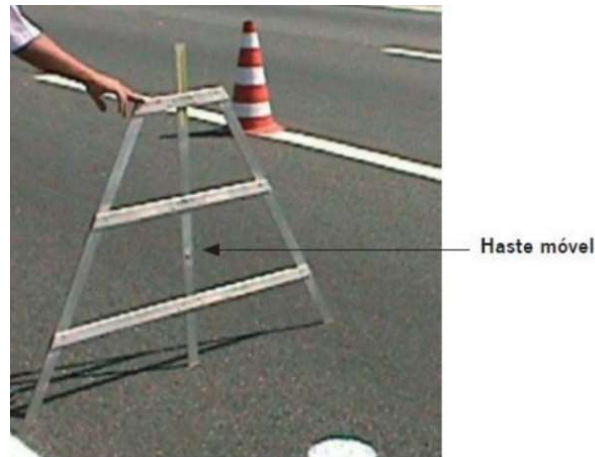


Fonte: Bernucci et al., (2008).

Com a demarcação das estações realizada, verifica-se a existência de patologias em cada uma das áreas demarcadas, utilizando as terminologias apresentadas pela Norma DNIT 005/2003 – TER - Defeitos nos Pavimentos Asfálticos – Terminologia. Neste procedimento indica-se apenas a existência ou não de defeitos, não sendo necessário quantificar.

Devem ser anotados também os afundamentos nas trilhas de rodas externas (TRE) e internas (TRI) em cada estação, caso existam. Essas flechas devem ser mensuradas com o auxílio de uma treliça metálica com base de 1,2 metros, munida de uma régua graduada em milímetros (FIGURA 16).

**Figura 16 – Treliza metálica para medir flecha do trilho da roda.**



Fonte: Bernucci et al (2008).

Deve-se anotar ainda o tipo de seção de terraplanagem ocorrente na estação, sendo A para aterro, C para corte, SMA para seção mista - lado de aterro, SMC para seção mista - lado de corte, CRC para corte em rocha e PP para ponto de passagem.

Todos os dados levantados são anotados em um inventário disponibilizado pela norma (ANEXO 1).

Após o preenchimento do inventário, calcula-se o IGG utilizando a planilha disponibilizada pela norma (ANEXO 2). Vale ressaltar que inicialmente devem ser calculadas as frequências absolutas e relativas de cada tipo de patologia. A frequência absoluta ( $f_a$ ) correspondente ao número de vezes em que a ocorrência foi verificada. A frequência relativa ( $f_r$ ) se dá pela seguinte equação:

$$f_r = \frac{f_a \times 100}{n} \quad (1)$$

Onde,  $f_a$  é a frequência absoluta,  $f_r$  é a frequência relativa e  $n$  é o número de enumeradas.

Para cada ocorrência inventariada, deve ser calculado o Índice de Gravidade Individual (IGI), pela seguinte equação:

$$IGI = f_r \times f_p \quad (2)$$

Onde  $f_p$  é o fator de ponderação, que obtemos pela Tabela 1, onde também se encontra todos os tipos de ocorrência, somando em 8 tipos no total.

**Tabela 1 – Tipos de ocorrência e 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 $f_p$
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.

Para as flechas medidas deve-se calcular a média ( $\bar{x}$ ) e a variância ( $s^2$ ) das flechas medidas nas TRI e TRE de ambas faixas de tráfego. A fórmula da média e da variância se dá pelas Equações (3) e (4) respectivamente:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3)$$

$$s^2 = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Onde,  $x_i$  são os valores individuais,  $\bar{x}$  média aritmética dos valores das flechas medidas,  $s$  é o desvio padrão dos valores das flechas medidas e  $s^2$  é a variância.

Para o cálculo do IGI das flechas utiliza-se a Equação (2), onde o fator de ponderação depende da média destas flechas e da média das variâncias das flechas, sendo que:

- Quando a média aritmética das médias das flechas for igual ou inferior a 30, o fator de ponderação é 4/3; quando superior a 30, o IGI é igual a 40;
- Quando a média das variâncias das flechas for igual ou inferior a 50, o fator de ponderação é igual a 1; quando superior a 50, o IGI é igual a 50.

O IGG é obtido por meio da seguinte equação:

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

O IGG permite classificar o estado geral de um determinado trecho homogêneo de pavimento. É um indicador muito importante para a tomada de decisão quanto intervenções, atribuindo ao pavimento o grau de degradação, como pode-se observar na Tabela 2.

**Tabela 2 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.**

CONCEITO	LIMITES
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Fonte: DNIT 006/2003 - PRO.

### **3 MATERIAIS E METÓDOS**

Ao longo deste capítulo detalha-se a metodologia adotada para realização da pesquisa, com o objetivo verificar as condições atuais do pavimento encontrado na rodovia PR-239.

#### **3.1 ÁREA DE ESTUDO**

O local escolhido para o estudo foi um trecho da rodovia que liga os municípios de Toledo e Assis Chateaubriand, no oeste do estado do Paraná, com aproximadamente 40 quilômetros de extensão (FIGURA 1).

Vale ressaltar que, de acordo com o Departamento de Estradas de Rodagem, o trecho da rodovia que liga os dois municípios possui duas nomenclaturas devido ao entroncamento das rodovias, sendo elas estaduais: Rodovia Padre Felipe Sierra Ruiz PR-239 e a Rodovia Deputado Moacir Micheletto PR-317.

#### **3.2 AVALIAÇÃO PRÉVIA – VISITA A ÁREA DE ESTUDO**

Para conhecer a área de estudo, afim de verificar as condições iniciais do pavimento e realizar um levantamento breve das patologias existentes, realizou-se uma visita prévia por toda extensão do trecho.

Após a visita, foram escolhidos conforme a Norma DNIT 006/2003 – PRO – Avaliação objetiva da superfície de pavimentos asfálticos – Procedimento, trechos homogêneos com no máximo 10 quilômetros, com intuito de avaliar as condições do pavimento.

#### **3.3 AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO**

Para realizar a avaliação da superfície do pavimento da rodovia PR 239 foi utilizado o procedimento determinado pela norma DNIT 006/2003 – PRO – Avaliação objetiva da superfície de pavimentos asfálticos – Procedimento. Além disso, a classificação das patologias do pavimento estará de acordo com a norma DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos asfálticos – Terminologia.

No procedimento não foi realizada a etapa de anotar o tipo de seção de terraplanagem ocorrente na estação, pois não influencia diretamente no cálculo do IGG, sendo importante para outros estudos complementares.

Para o procedimento foram escolhidos três trechos críticos, localizados nas coordenadas geográficas de acordo com a Tabela (FIGURA 17).

**Tabela 3 – Localização dos trechos críticos.**

Trecho	Coordenadas	
	Início	Final
1	24°24'57"S, 53°31'44"W	24°25'33"S, 53°31'51"W
2	24°26'49"S, 53°33'10"W	24°27'3"S, 53°33'25"W
3	24°29'31"S, 53°33'54"W	24°29'56"S, 53°34'1"W

Fonte: Autor (2021).

**Figura 17 – Trechos críticos.**

### Trechos críticos



Fonte: Adaptado do Google Maps (2020).

Como este é um procedimento amostral e considera somente algumas áreas para determinação do grau de degradação do pavimento, foram escolhidos três seguimentos para estudo. Estas parcelas foram situadas próximas ao início, meio e fim de cada trecho crítico.

Primeiramente foram demarcadas as estacas com o auxílio de uma trena e giz, em seguida riscadas as extremidades das superfícies de avaliação usando as mesmas ferramentas. Posteriormente, efetuou-se o preenchimento da tabela com todas as informações citadas anteriormente e conforme a norma 006/2003 do DNIT preconiza.

Após a realização de todas estas etapas e o devido preenchimento da Tabela do Inventário do Estado da Superfície do Pavimento (ANEXO 1), foi realizado o cálculo do IGG, utilizando outra planilha disponibilizada pela norma (ANEXO 2).

### 3.4 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DAS PATOLOGIAS

Durante a visita prévia foi obtida as coordenadas geodésicas dos locais com ocorrências patológicas. Para isso, foi utilizado um GPS Garmin 64S, afim de obter com precisão os locais, permitindo um correto acompanhamento dessas patologias durante toda a pesquisa.

O acompanhamento se deu por meio de um relatório fotográfico, com periodicidade trimestral, com objetivo de observar a evolução destas patologias.

### 3.5 DIAGNÓSTICO GERAL

Para reconhecer as possíveis causas da evolução das patologias realizou-se um diagnóstico geral no trecho crítico, a partir um estudo de tráfego, uma análise das drenagens superficiais e dos dados climáticos do período de estudo.

#### 3.5.1 Estudo de tráfego

De acordo com a Transportation Research Board (2000), as condições de tráfego, que influenciam as capacidades e os níveis de serviço de um pavimento, incluem os tipos de veículos e quantidade de faixas.

Com isso foi realizado um estudo de contagem volumétrica com o objetivo de determinar quantidade, sentido e composição do fluxo de veículos que passam pelo local de estudo em determinado período de tempo.

A contagem volumétrica foi realizada de forma manual utilizando a ficha de contagem que se encontra no Manual de estudo de Tráfego do DNIT (2006) (ANEXO 3), a qual inclui os tipos de veículos previsto no trecho. O tipo de contagem utilizado é classificado como Contagem Direcional, onde o número de veículos registrados é por sentido de fluxo.



Segundo o Manual de estudo de Tráfego do DNIT (2006), a contagem deve ser realizada em pelo menos três dias, escolhidos de forma que se incluía o provável pico horário semanal. A contagem também deve ser feita em horários de pico do dia, sendo assim deve ser realizada nos períodos da manhã e da tarde, obtendo então os chamados “pico da manhã” e “pico da tarde”.

Com o volume da hora pico torna-se concluir se a via de estudo atende a capacidade de tráfego e posteriormente classificá-la. A classificação da via se dá em duas classes de rodovias (*I* e *II*) e seis níveis de serviço (A à F), sendo o nível F o limite máximo, onde a rodovia tem o seu pior nível de serviço.

Para não interferir no processo de contagem, o posto de contagem foi definido com base na visibilidade da rodovia, considerando a existência ou não de obstáculos que poderiam interferir no processo de contagem e na velocidade dos veículos.

Dessa forma, foi escolhido o Posto de combustível Isa na saída de Assis Chateaubriand, pois além do local atender as condições citadas anteriormente, também apresenta um fluxo elevado de pessoas e uma vasta área de estacionamento, possibilitando uma excelente visão e segurança ao operador.

A contagem volumétrica foi realizada em três dias, 07/12/20, 09/12/20 e 11/12/20. O horário definido para estudo foi das 6:30 horas às 8:30 horas, e das 16:30 às 18:30. O tráfego foi contabilizado nos dois sentidos da rodovia.

### 3.5.2 Drenagens superficiais

De acordo com Senço (2001), a água principal causa do fracasso dos pavimentos, sendo que o excesso de água no subleito é crucial na origem da deterioração dos pavimentos.

Dessa forma, durante a pesquisa foi observado e registrado fotograficamente a existência ou não de drenagem superficial na rodovia, visto que com o registro de presença, analisou-se o estado de conservação dessa drenagem.

As drenagens profundas e subsuperficiais não foram analisadas por se encontrarem fora de vista, já que se encontram embutidas na estrutura do pavimento ou do solo.

### 3.5.3 Dados climáticos

Segundo Senço (2001), as águas que atingem o pavimento são provenientes de diversas fontes, sendo uma delas a precipitação. Com a finalidade de reconhecer e quantificar a ocorrência de chuvas foram obtidos dados de alturas de precipitação da área estudada.

Os dados de alturas de precipitação em milímetros foram obtidos por meio do Instituto das Águas do Paraná (AGUAS PARANÁ), entidade que opera a estação meteorológica de Bragantina, município que fica entre Toledo e Assis Chaeaubriand, sendo assim a estação se encontra na região do trecho crítico estudado.

Requisitou-se primeiramente os dados de precipitação mensal referente aos meses da pesquisa, pois desta forma tornou-se possível comparar a evolução das patologias com o volume de chuva e também os dados mensais de outros anos, para verificar se o ano em que a rodovia foi estudada apresentou uma média de precipitação atípica.

### 3.5.4 Determinação das causas das patologias e de medidas mitigadoras

A partir de todo o estudo bibliográfico, da avaliação objetiva da superfície de pavimentos asfálticos e do diagnóstico geral realizado em campo, foi possível determinar as possíveis causas das patologias existentes na rodovia, bem como propor medidas mitigadoras.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

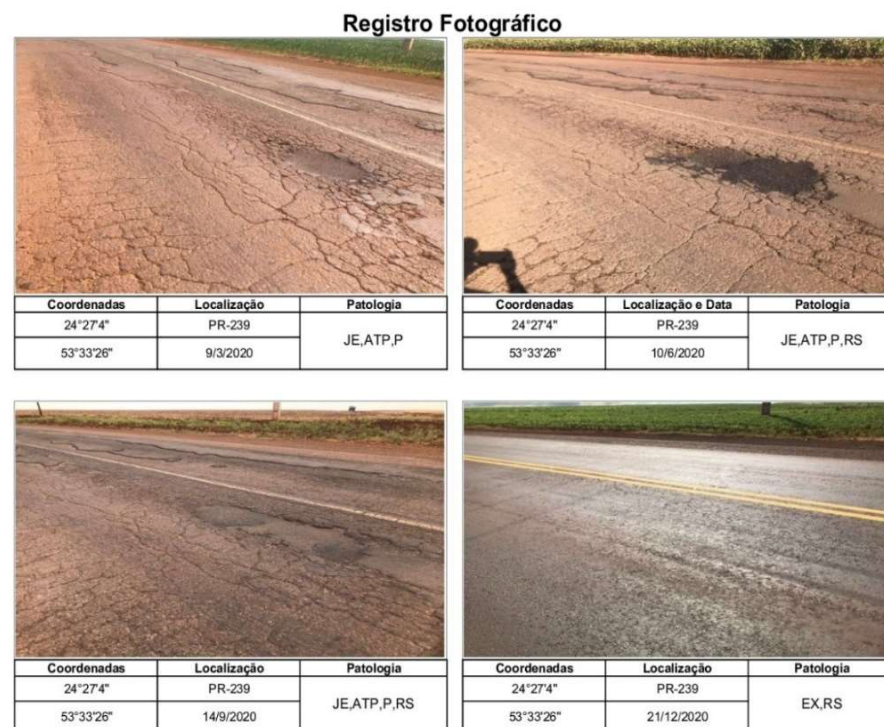
### 4.1 DEFEITOS ANALISADOS

O início do trabalho deu-se com a escolha do trecho crítico estudado (dia 02/03/2020). No percurso previsto já foram visualizadas várias patologias. Dessa forma, foi realizado a demarcação destes pontos no GPS, com o propósito de utilizar essas coordenadas para realizar um registro fotográfico e um posterior acompanhamento trimestral sempre da mesma posição.

O relatório fotográfico foi iniciado no dia 9/03/2020 e o acompanhamento se deu a cada 90 dias, sendo finalizado no dia 21/12/2020. O relatório fotográfico conta com as coordenadas geodésicas, a rodovia, a data em que a foto da patologia foi registrada e a classificação e codificação das mesmas segundo a norma 005/2003 do DNIT.

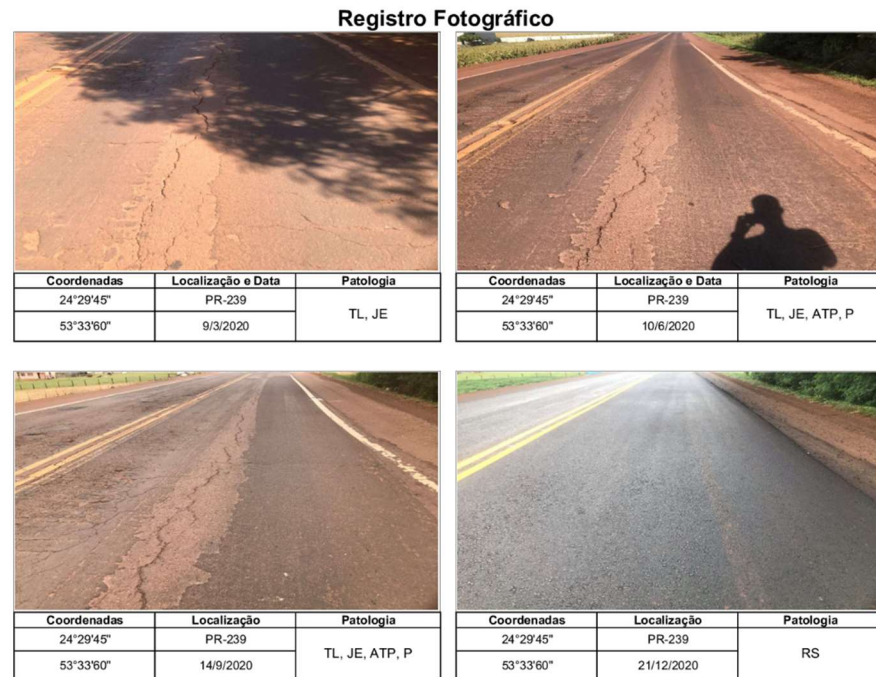
Na norma 005/2003 do DNIT, todos os defeitos apresentam-se de forma isolada, contudo quando realizou-se a análise em campo, constatou-se que este fato raramente ocorre, como observa-se na Figura 18.

**Figura 18 – Registro fotográfico 1.**



Fonte: Autor (2020).

**Figura 19 – Registro fotográfico 2.**



Fonte: Autor (2020).

Este efeito acontece visto que geralmente uma irregularidade no pavimento sofre gradativas evoluções ao decorrer do tempo, e este processo agrava essas irregularidades. Assim uma patologia existente, além de se expandir, acarreta a ocorrência de outras ao seu entorno ou até mesmo justapostas a ela (FIGURA 19).

Teoricamente esta sequência deveria ter fim quando efetuada a manutenção do pavimento, no entanto não é se observa no trecho durante o período de estudo. Nas Figuras 20 e 21 é possível visualizar de forma prática como este evento ocorre.

**Figura 20 – Registro fotográfico 3.**

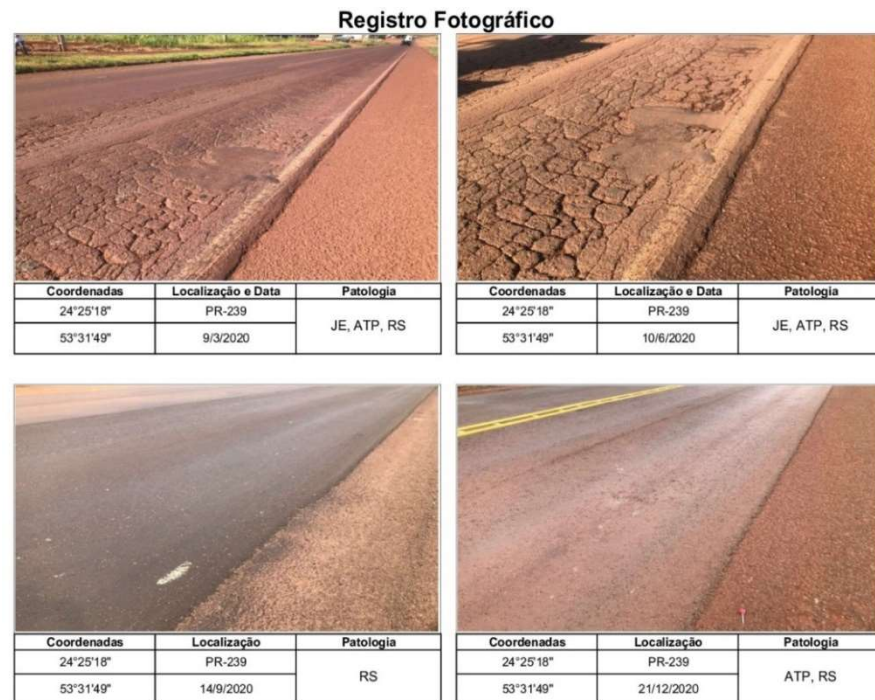


Fonte: Autor (2020).

Observa-se pelos exemplos que mesmo após a execução dos remendos superficiais o pavimento voltou a apresentar patologias, após um determinado período. Na Figura 22, é possível ver um exemplo de remendo superficial bem executado que não apresentou falhas durante o período analisado depois de sua execução.

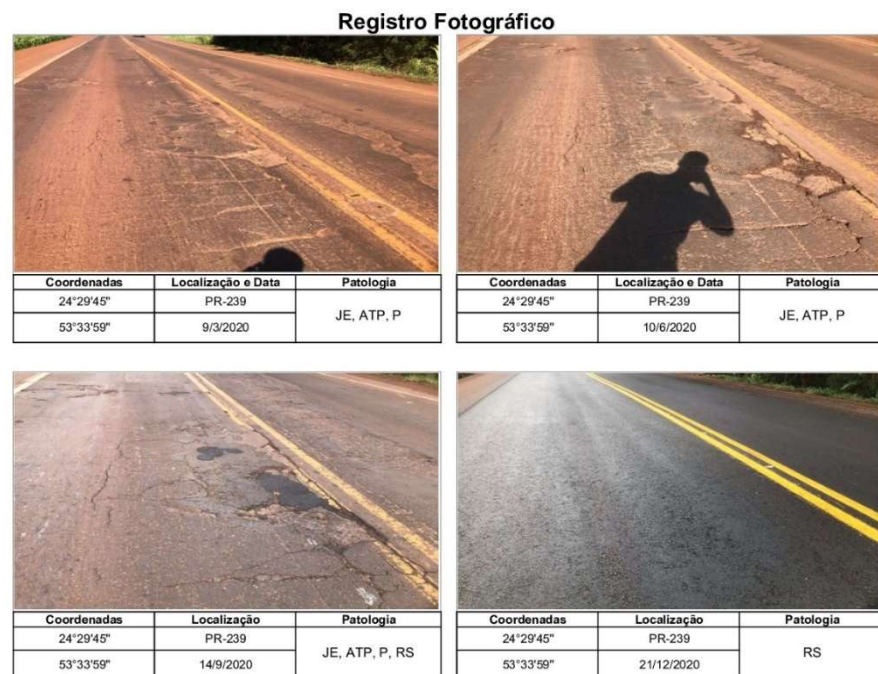


Figura 21 – Registro fotográfico 4.



Fonte: Autor (2020).

Figura 22 – Registro fotográfico 5.



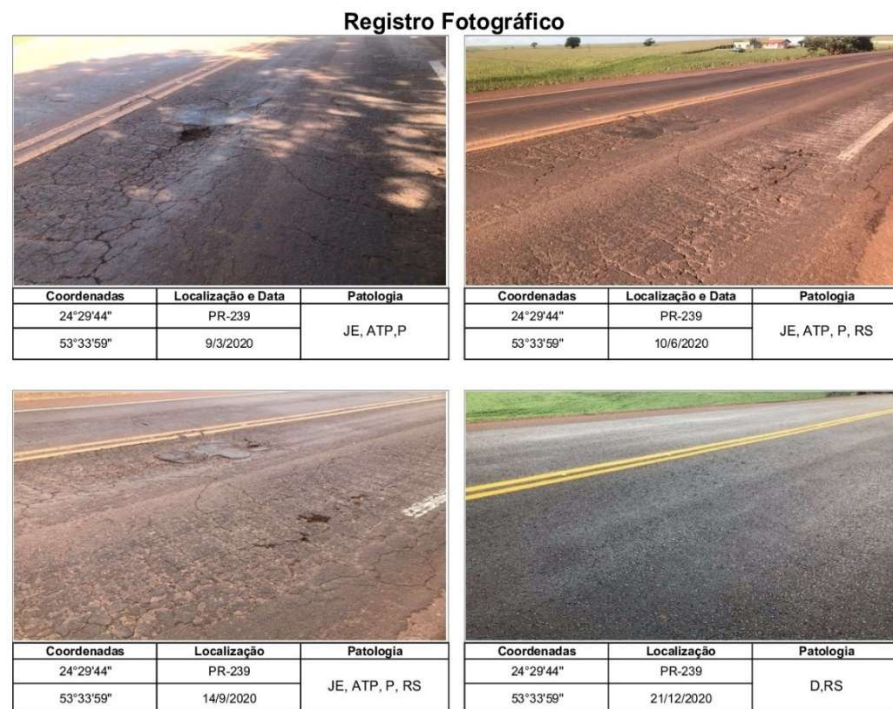
Fonte: Autor (2020).

Nota-se que os processos de manutenção são apenas corretivos e não tem caráter de preventivo. Possivelmente, com o auxílio de índices, como o IGG e outros estudos auxiliares (análise de drenagem e índice pluviométrico), seria possível

idealizar formas de conservação periódicas, com o intuito de prevenção e não somente correção por meio de manutenções rotineiras.

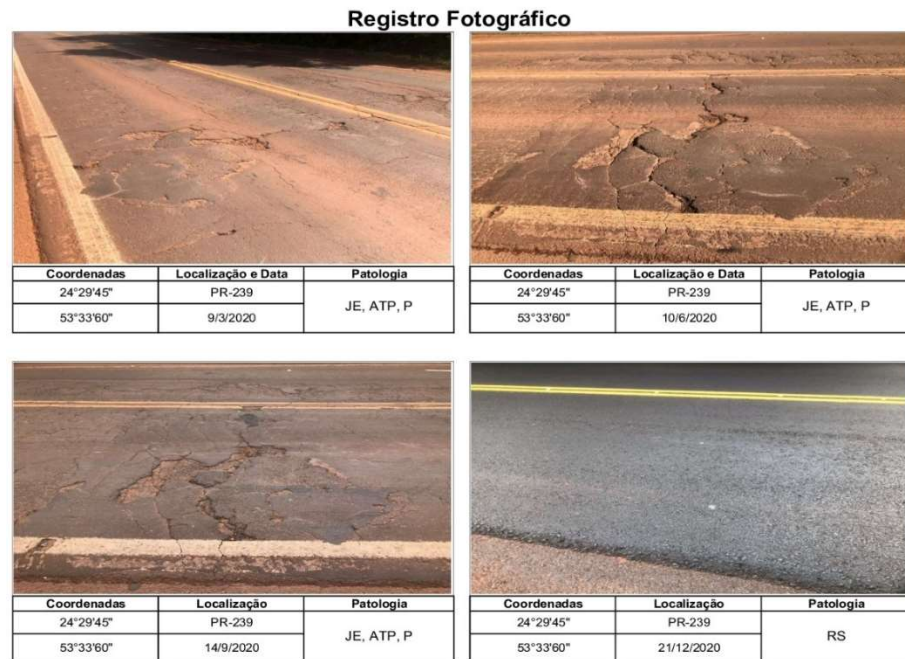
Ao longo do trecho estudado foi possível constatar que alguns defeitos (Figuras 23, 24 e 25) ocorrem de forma mais acentuada que outros. Os mais rotineiros são os afundamentos plásticos da trilha de roda, buracos (panelas) e as trincas do tipo couro de jacaré (com ou sem erosão nas bordas).

**Figura 23 – Registro fotográfico 6.**



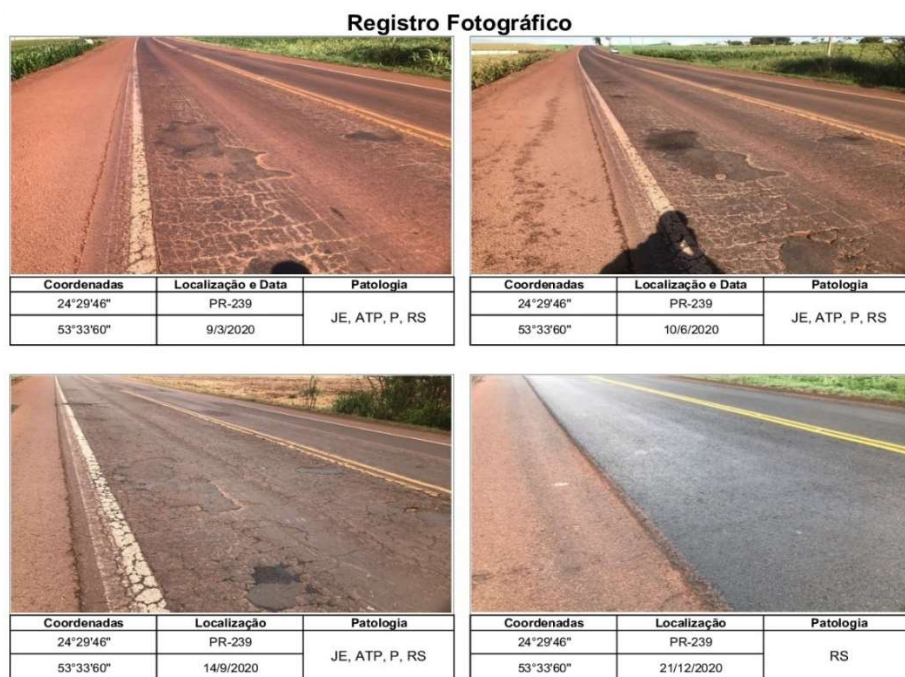
Fonte: Autor (2020).

Figura 24 – Registro fotográfico 7.



Fonte: Autor (2020).

Figura 25 – Registro fotográfico 8.



Fonte: Autor (2020).

O grande número de ocorrências patológicas é preocupante, pois estes são problemas estruturais do pavimento. Já as demais anomalias visualizadas e catalogadas, como as trincas isoladas, os remendos e os desgastes, são problemas



funcionais da via. Estas irregularidades também prejudicam a qualidade de rolamento, entretanto são menos propensas a causar dano material ou humano aos motoristas.

O impacto quantitativo de cada tipo de defeito existente no grau de degradação do pavimento fica mais evidente no tópico seguinte, onde o cálculo do IGG foi realizado, considerando em sua fórmula um fator de ponderação para os defeitos pautados.

Nos Apêndice A, B, C, D, E, F, G, H, I podemos ver mais algumas patologias acompanhadas durante o período de estudo.

#### 4.2 ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL

Para o cálculo do índice de gravidade global (IGG) foi utilizado o procedimento apresentado no item 2.8.1. Este cálculo é um procedimento amostral e considera apenas algumas áreas para determinar o grau de deterioração. Dessa forma, foram escolhidos três trechos críticos, já citados no item 3.3. A área de estudo para IGG estão localizadas no início, meio e fim de cada trecho crítico.

As demarcações das estações de estudo deram-se no dia 14/03/2021. As demarcações foram feitas com o auxílio de uma fita métrica para medir as distâncias e um giz para riscar as linhas limitantes de cada estação. Na Figura 26 é possível visualizar a demarcação de uma área específica.

**Figura 26 – Demarcação da estação.**



Fonte: Autor (2021).

Os intervalos escolhidos para amostragem foram limitados em 100 metros de extensão, ou seja, em cada trecho crítico foi dividido em três parcelas. Efetuou-se a demarcação de 6 estacas, que ao todo somaram 54 regiões de estudo. Por fim, foram contemplados 900 metros do total de 2400 metros do trecho total, correspondendo a 37,5 %.

Em seguida, efetuou-se o preenchimento da planilha de inventário dos defeitos observados em cada uma das estações que pode ser visualizada no Apêndice A como prescreve a norma 006/2003 do DNIT.

Após isso realizou-se o cálculo do IGI de cada patologia e então foi possível efetuar o cálculo do IGG como ilustrado no Tabela 3.

**Tabela 4 – Cálculo do IGG.**

Tipo	Patologias	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI
1	FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR	14	25.93	0.2	5.19
2	J e TB	3	5.56	0.5	2.78
3	JE e TBE	29	53.70	0.8	42.96
4	ATP, ALP, ATC e ALC	49	90.74	0.9	81.67
5	P, O e E	10	18.52	1	18.52
6	EX	16	29.63	0.5	14.81
7	D	17	31.48	0.3	9.44
8	R	54	100.00	0.6	60
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm na TRI e TER	F=	5.46	1.33333333	7.28
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	FV=	4	1	4
Número de estações inventariadas		54	Índice de gravidade global		246.65
Item 9 IGI=F*(4/3) quando F<=30, IGI=40 quando F>30.			Item 10 IGI=FV quando FV=50, IGI=50 quando FV>50.		

Fonte: Autor (2020).

Na Tabela 3 observa-se que o conjunto de estações estudadas resultou em um índice de gravidade global de 246,65. De acordo com a Tabela 2, apresentado no item 2.8.1, esse valor se enquadra como péssimo, sendo este o pior conceito possível (IGG>160).

A norma preconiza que na existência de trincas de tipologias diferentes, considere-se somente a de maior gravidade. Por esse motivo, a Tabela 3 não

apresenta de forma real todas as patologias encontradas em cada estação. Para este fim, deve-se observar a planilha de inventário das patologias nos Apêndices J, K e L.

Baseado na planilha de inventário é possível perceber remendos por todo o trecho de estudo, devido à manutenções realizadas por toda a rodovia estudada, incluindo o ponto escolhido para o estudo. Sendo assim, ela encontra-se atualmente em melhor estado do que no início do estudo. Porém, mesmo com a manutenção, em pouco tempo já foi possível identificar afundamentos por toda a via, como evidenciado pela média das flechas. Contudo, essa patologia só tende a se deteriorar com o passar do tempo e não foge do esperado.

Outro valor elevado foi encontrado em trincas tipo couro de jacaré. Esses valores tendem a piorar com o tempo, devido ao processo de deterioração da rodovia. Locais que não apresentam essa trinca já exibem desgastes na via, e com o tempo o processo de deterioração da rodovia tende a acelerar, evoluindo para pequenos desgastes para trincas e panelas.

Ademais, considerando todas as visitas a campo realizadas no decorrer do trabalho e o panorama geral do trecho verificado nas mesmas, é possível concluir que o índice de gravidade global calculado faz jus a situação na qual o pavimento da PR 239 se encontra na área em estudo.

#### 4.3 CONTAGEM VOLUMÉTRICA

O estudo de trafego foi realinhado no Posto de Combustível Isa, na saída de Assis Chateaubriand, pois o local atende todas as condições citadas no item 3.5.1. Com a intenção de estudar o fluxo de veículos entre Toledo e Assis, a contagem foi realizada em três dias para se ter uma base de dados robusta, sem a presença de problemas relacionados a um dia atípico de fluxo.

Com o apoio da ficha de contagem (ANEXO 3), foi possível realizar uma contagem manual. Nas Tabelas 4, 5 e 6 são exibidos os resultados obtidos durante o período de estudo.

**Tabela 5 – Contagem volumétrica dia 07/12/2020.**

	07/12/20 - Toledo -> Assis Chateaubriand				07/12/20 - Assis Chateaubriand -> Toledo			
	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões	Outros	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões	Outros
6:30 - 7:30	191	1	58	27	187	5	60	19
7:30 - 8:30	241	0	73	28	184	3	47	17
16:30 - 17:30	185	6	66	7	153	0	60	18
17:30 - 18:30	210	8	79	18	179	6	45	13

Fonte: Autor (2020).

**Tabela 6 – Contagem volumétrica dia 09/12/2020.**

	09/12/20 - Toledo -> Assis Chateaubriand				09/12/20 - Assis Chateaubriand -> Toledo			
	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões	Outros	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões	Outros
6:30 - 7:30	167	5	54	1	139	4	51	12
7:30 - 8:30	223	3	56	2	205	5	54	14
16:30 - 17:30	167	10	66	11	140	4	89	18
17:30 - 18:30	192	11	61	25	200	10	81	19

Fonte: Autor (2020).

**Tabela 7 – Contagem volumétrica dia 11/12/2020.**

	11/12/20 - Toledo -> Assis Chateaubriand				11/12/20 - Assis Chateaubriand -> Toledo			
	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões	Outros	Veículos Leves	Ônibus	Caminhões	Outros
6:30 - 7:30	156	8	52	34	125	6	41	18
7:30 - 8:30	221	4	43	32	205	2	63	14
16:30 - 17:30	197	5	75	14	182	7	69	15
17:30 - 18:30	220	11	65	23	211	4	63	20

Fonte: Autor (2020).

Vale salientar que são apresentadas apenas cinco classes de veículos, por conta da vasta variedade existente na contagem e do baixo volume apresentado por muitas delas. Por essa razão, os grupos Caminhão 2c, 3c, 4c, 2s2, 2s3, 3s2, 3s3 e +6 eixos foram enquadrados todos em um único grupo, denominado caminhão, e os ônibus 2c e 3c também foram enquadrados em um único grupo.

Com as Tabelas 4, 5 e 6 é possível observar que existe um maior fluxo de veículos trafegando de Toledo para Assis Chateaubriand. Observa-se o mesmo padrão em todas as classes de veículos, algo inesperado, pois esperava-se que a maior cidade recebesse o maior fluxo de veículos.

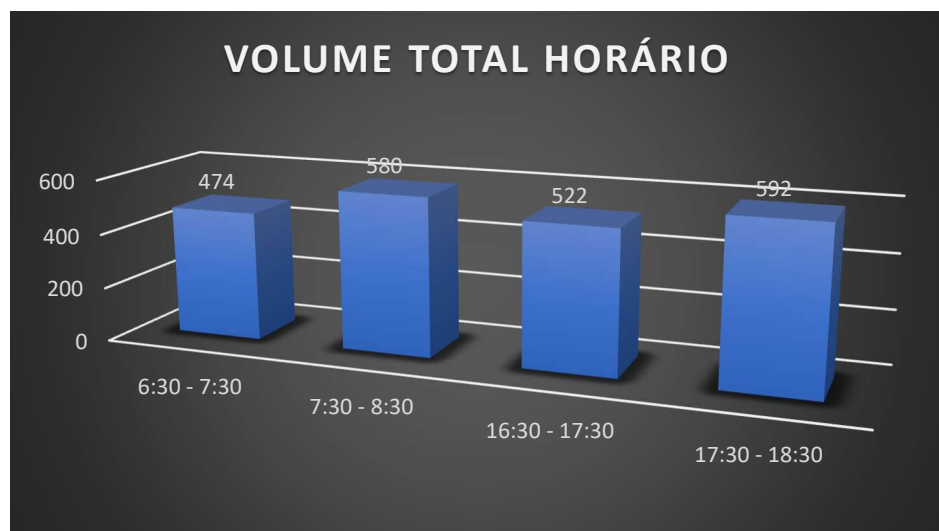
Para explicar este resultado utiliza-se a hipótese de problemas relacionados ao ponto escolhido para a contagem, na entrada de Assis Chateaubriand. Dessa forma, pega-se nesta contagem um grupo de pessoas que moram na saída da

cidade e estão dirigindo-se ao trabalho, além do grupo de pessoas que vem de outras cidades, como Toledo, Bragantina e até mesmo Tupãssi.

No Gráfico 1, é apresentado o volume total horário com a média entre os dias para cada um dos períodos da contagem, independente da classe dos veículos. No mesmo, é possível observar os horários de pico tanto de manhã quanto de tarde, como também a diferença destes para os demais períodos do dia.

Pode-se observar um fluxo considerável e constante entre os horários. A maior variação ocorre no primeiro horário do dia, horário em que a maioria das pessoas ainda não saíram para o trabalho. Em contra partida, no horário seguinte o fluxo aumenta consideravelmente, no momento em que as pessoas estão à caminho do trabalho, como pode-se observar nos quadros apresentados anteriormente.

**Gráfico 1 – Volume total horário.**



Fonte: Autor (2020).

Com relação ao comportamento dos veículos neste trecho, os mesmos respeitam bem a velocidade limite (110 km/h), já que o local está situado próximo a um trevo e a um posto da Polícia Federal. Na frente do local de contagem exibe-se um acive, mais um motivo para os motoristas respeitarem a velocidade limite.

O Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006) classifica as rodovias com base em sua capacidade e nível de serviço por meio de classes. Para efetuar esse enquadramento, analisa-se a quantidade máxima de veículos que podem circular por uma determinada faixa ou trecho durante um período de tempo estipulado, juntamente com as condições existentes da via e do trânsito.

Ainda conforme o mesmo manual, para uma rodovia de duas faixas e dois sentidos de tráfego, existe um limite de 1600 carros de passeio por hora (ucp/h) em cada faixa, ou 3200 carros de passeio no total. No entanto, existem duas classes de rodovias (1 e 2) e seis níveis de serviço (A à F), e esse limite é o máximo permitido para que a rodovia se enquadre no pior nível de serviço (F).

As rodovias de classe 1 são aquelas nas quais os motoristas esperam poder trafegar com velocidades relativamente elevadas, como o trecho em estudo. Na classe 2 os condutores não esperam trafegar com velocidades elevadas, como é o caso das rotas de acesso a rodovias classe 1 ou rodovias turísticas e recreacionais.

Sendo a PR-239 classificada como classe 1, existem seis níveis de serviço dentre os quais a mesma pode se enquadrar. Esse enquadramento varia conforme a quantidade de veículos verificados, a velocidade média desenvolvida no trecho, a proporção de zonas de ultrapassagem, o tempo perdido de viagem e também de acordo com a topografia do terreno.

Para efetuar esse enquadramento, o tráfego total foi convertido em unidade de carros de passeio (ucp), utilizando-se dos fatores de ponderação fornecidos pelo próprio Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006), conforme Tabela 7.

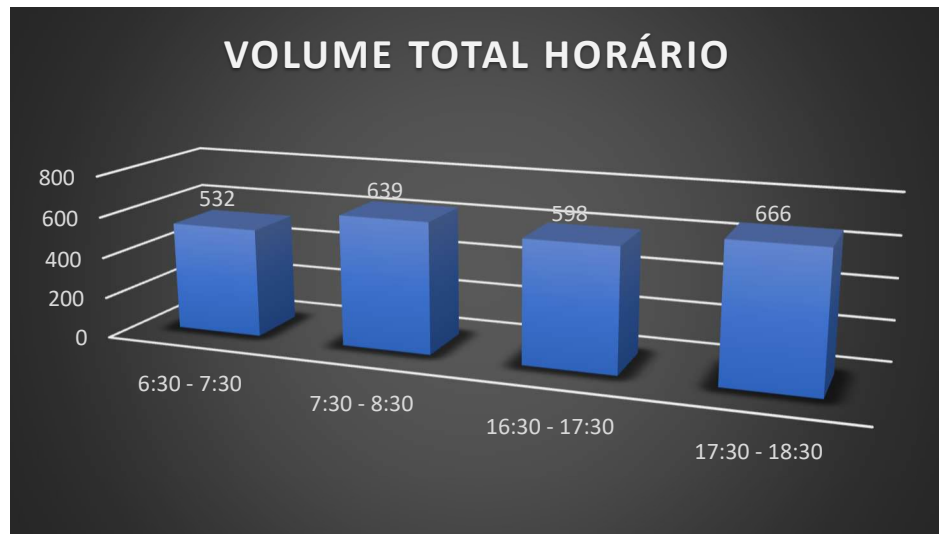
**Tabela 8 – Fator de equivalência para ucp.**

<b>Tipo de Veículo</b>	<b>Veículos de Passeio</b>	<b>Caminhões e Ônibus</b>	<b>Outros</b>
Fator de Equivalência	1	1.5	1

Fonte: DNIT, 2019.

Fazendo o uso destes fatores, foram obtidos os volumes totais horários apresentados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Volume total horário em UCP/h.



Fonte: Autor (2020).

Por norma, o DNIT recomenda que seja utilizado o pico de 15 minutos e o mesmo convertido em uma hora para a determinação do nível de serviço. Porém, como o volume de tráfego na rodovia varia de forma muito intensa, tornar-se necessário um estudo muito mais detalhado para tal. Neste estudo, o nível de serviço foi estabelecido a partir das contagens horárias.

Por meio do uso constante da rodovia e a partir do que foi possível visualizar nos dias de contagem, estimou-se que a velocidade média da via ainda excede 70 km/hora. Devido ao maior acréscimo do fluxo, resultando em mais frequentes e extensas filas de veículos, o tráfego se mantém estável, susceptível a engarrafamentos devido a manobras de giro e a veículos mais lentos.

Assim, mesmo tendo um ucp/h de nível B, o nível de serviço que melhor corresponde a todos os itens pesquisados é o C, que contempla uma escala que vai de A à F, sendo F o pior nível possível. Desta forma, com o nível de serviço encontrado é possível observar que a via atende atualmente o fluxo de veículos, então o problema do pavimento não ocorre devido ao excesso de veículos que circulam pela via.

Perante ao que foi observado, fica evidente que este trecho da PR-239, situado entre os municípios de Assis Chateaubriand-PR e Toledo-PR, não está sujeito a uma ação intensa de tráfego, então outros fatores devem estar acelerando o processo de degradação do pavimento.

#### 4.4 DADOS PLUVIOMÉTRICOS E CONDIÇÕES DE DRENAGEM

O local escolhido para o estudo foi um trecho da rodovia que liga os municípios de Toledo e Assis. Como citado no item 3.5.3, as alturas pluviométricas mensais do período em estudo foram obtidas por meio do site do Instituto das Águas do Paraná, em estação situada no distrito de Bragantina, município entre Toledo e Assis Chateaubriand.

Após elaborada a solicitação, foi fornecido um relatório que apresenta os dados de precipitação de cada mês, com um resumo de precipitação do ano 2016 ao ano de 2020. Na Tabela 8 são apresentadas todas as alturas pluviométricas ocorridas durante os meses de 2020.

**Tabela 9 – Alturas Pluviométricas 2020.**

Valores mensais												
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
TOTAL	118,2	83,8	37,3	33,9	246,8	61,4	27,5	150,1	10,5	28,5	68,7	198,2
TOT. CONS.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÁXIMA	41,0	22,1	25,6	18,5	134,0	14,3	6,7	41,6	5,0	15,5	31,4	52,3
DIAS CHUVA	10	9	3	2	4	8	5	7	3	2	6	9
Valores anuais												
366 dias observados	68 dias de chuva		Máxima: 134,0					Total: 1064,9				

Fonte: Instituto das Águas do Paraná, 2020.

Pode-se observar períodos com alto índice pluviométrico, com chuvas distribuídas ao longo do ano. Essa quantidade de chuva é atípica, os valores podem ser considerados baixos para um ano normal. A região oeste do Paraná apresenta clima subtropical úmido, com verão quente e sem estação seca no inverno (Cfa), segundo a classificação climática Köppen-Geiger. As precipitações anuais estão entorno de 1.900 mm (AZEVEDO, 2006), o que foge dos resultados encontrados no ano de 2020.

Na Tabela 9, pode-se comparar o índice pluviométrico de 2020 com os anos de 2016 à 2019.



**Tabela 10 - Alturas Pluviométricas de 2016 à 2020.**

ANO	Total anual	Máxima diária	Data da ocorrência	Dias de chuva
2016	2210,4	164,6	07/01/2016	106
2017	2054,8	101,3	30/10/2017	92
2018	1608,3	76,7	10/02/2018	94
2019	1431,4	95,0	16/12/2019	72
2020	1064,9	134,0	22/05/2020	68

Resumo Anual				
ANO	Total anual	Máxima diária	Dias de chuva	
MÉDIA	1674,0	114,3	86,4	
MÍNIMA	1064,9	76,7	68,0	
MÁXIMA	2210,4	164,6	106,0	
D. PADRAO	416,4	31,2	14,3	

Fonte: Instituto das Águas do Paraná, 2020.

Algo importante de se analisar é a máxima diária, onde no ano de 2020 observou-se a segunda maior precipitação máxima diária dos últimos cinco anos. Analisar essa máxima diária é importante porque o excesso de água sobre a superfície do pavimento é altamente prejudicial. A partir do momento em que a mesma consegue se infiltrar para as camadas inferiores da superestrutura ela se torna uma das principais causas de aparecimento e agravamento de patologias.

Em locais onde acontecem altas taxas de precipitações durante o ano, como é o caso do local em estudo neste trabalho, são projetados sistemas de drenagem para que a água advinda da chuva que se deposita sobre o pavimento consiga escoar, sem tempo para se infiltrar pelo mesmo.

Tendo em vista os sistemas de drenagem, para o presente trabalho analisou-se o sistema de drenagem superficial. Por meio dele é possível verificar a eficiência do sistema. Caso a drenagem superficial seja baixa, pode-se indicar que todo o sistema seja falho ou até mesmo não exista.

No trecho em estudo, em poucos lugares pode-se observar um sistema de drenagem superficial, como as sarjetas de concreto. Locais que apresentam o sistema, estavam precisando de limpeza devido ao grande aporte de terra. Sendo assim, quando a precipitação ocorre, a água vai transbordar para a pista. Pode-se observar o exemplo na Figura 27.

**Figura 27 – Drenagem superficial sem limpeza.**



Fonte: Autor (2020).

Porém, na maior parte do trecho não existe sistema de drenagem superficial, algo preocupante devido a grandeza das alturas pluviométricas ocorridas anualmente na região de estudo. Na Figura 28 observa-se como é a maior parte do trecho, com muito cascalho e sem nenhum sistema de drenagem.

**Figura 28 – Rodovia sem sistema de drenagem.**



Fonte: Autor (2020).

Um ponto a ser considerado é a possibilidade de aquaplanagem dos veículos, haja vista a falta de sistemas de escoamento das águas pluviais juntamente com as altas flechas verificadas nos afundamentos da trilha de roda.

No caso dos motociclistas esta junção de problemas pode ser ainda mais grave, pois em dias de muita chuva a visão dos mesmos já é afetada por conta da viseira dos capacetes. O excesso de água sobre a camada de rolamento que dificulta a visualização dos afundamentos, somado a baixa aderência da pista, pode levar a graves acidentes.

Para verificar a interferência da altura pluviométrica e a falta de elementos de drenagem, observa-se as figuras apresentadas no relatório fotográfico no Apêndice A, B, C e D.

Através das fotos do relatório fotográfico é possível observar que a maior evolução da patologia deu-se entre março e junho. Nota-se que no mês de maio ocorreu a maior concentração de precipitação e de máximas diárias.

Isto é, nos casos de patologias que já apresentavam ampla magnitude ou severidade, os altos índices pluviométricos serviram como acelerador do processo de degradação, tornando o processo de reparação obrigatório para a normalidade do tráfego na via.

Após o período chuvoso do mês de maio, as patologias acompanhadas se desenvolveram em ritmo muito mais lento que o observado anteriormente. Em alguns casos visualmente não é possível observar qualquer mudança. Pode-se analisar ainda que neste período a equipe que faz realiza manutenções no pavimento começou a trabalhar, fazendo remendos superficiais por todo o trecho crítico em estudo.

#### 4.5 POSSÍVEIS CAUSAS E SOLUÇÕES PROPOSTAS

Durante todo o desenvolvimento do trabalho foi possível enumerar algumas causas e circunstâncias pelas quais o pavimento encontra-se no estado em que estava antes da realização da manutenção. Abaixo são elencados por meio de tópicos os principais motivos identificados.

- Compactação ou imprimação deficientes. Visto que o desenvolvimento das patologias está estritamente ligado as alturas pluviométricas, a falta de imprimação resulta na infiltração de água

para as camadas subjacentes e o iminente carregamento de partículas consigo, ocasionando erosão interna e o aparecimento de diversos defeitos superficiais;

- Excesso de ligante no revestimento betuminoso. É o principal causador de afundamentos plásticos da trilha de roda ao mesmo tempo em que fornece boa resistência a fadiga. Estes fenômenos são notados em várias parcelas do trecho crítico;
- Ineficiência ou falta de manutenção. Este item fica evidente após a visualização de quantias numerosas de painelas e buracos de grande magnitude, vide que estes defeitos são decorrentes do desenvolvimento dos demais, os quais são menos significativos e perigosos.
- Inexistência ou ineficiência dos sistemas de drenagem. Aliado aos altos índices pluviométricos e a já existência de pontos propícios a infiltração, é um dos fatores que necessita de maior atenção e cuidado por parte dos órgãos responsáveis.

Para tentar solucionar ou amenizar os problemas encontrados, o primeiro passo é dar maior importância aos projetos e implantar um sistema de drenagem eficiente. Visto que a região apresenta ocorrência de altos índices pluviométricos e nenhum sistema de drenagem, nenhuma medida reparatória surtirá efeito sem esse sistema.

Para mitigar este efeito, a única maneira possível e viável é a construção de sistemas de drenagem superficial, juntamente com a adequada manutenção dos pontos propícios a infiltração. Isto resolveria o problema de carregamento de partículas e, por conseguinte, a ocorrência de inúmeros defeitos.

Outro passo a se realizar para amenizar os problemas encontrados é dar maior importância a projetos de manutenção. Atualmente não é desenvolvido nenhum estudo ou medida de acompanhamento das patologias existentes. Esses estudos poderiam fornecer as empresas ou órgãos responsáveis uma maior eficácia na conservação de rodovias.

Um estudo barato e de fácil aplicação seria o índice de gravidade global, que deveria servir como um dos parâmetros de avaliação dos processos de preservação. Desta forma, ele se tornaria além de um indicador instantâneo da eficácia das

medidas tomadas e executadas, um ótimo indicador desta eficiência ao longo do tempo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho de conclusão de curso teve como intuito analisar as condições superficiais do pavimento da PR-239 entre os municípios de Toledo-PR e Assis Chateaubriand-PR, localizados na região oeste do estado do Paraná, a fim de efetuar um diagnóstico geral do seu estado de conservação e posteriormente elaborar medidas que tornem o processo de manutenção mais eficaz.

O interesse pela elaboração deste trabalho deu-se inicialmente pelo uso constante do pavimento pelo próprio autor, constatando a elevada incidência de patologias. Em segundo, a grande influência da rodovia sobre a economia da região, visto que nela está a Coamo de Bragantina e a Frimesa em Assis Chateaubriand.

Com as visitas realizadas na rodovia, com periodicidade trimestral, foi possível constatar a evolução das patologias e a falta de projetos de manutenção no trecho, visto a grande quantidade de patologias funcionais e estruturais encontradas e sua magnitude.

O cálculo do índice de gravidade global é um procedimento que ao final mostra o grau de degradação do pavimento. Como é um procedimento amostral, é importante se realizar um estudo em várias partes do trecho, já que uma fração do trecho pode estar em um estado de deterioração mais avançado que outro. Sendo assim, o resultado obtido pode não demonstrar o verdadeiro estado do pavimento.

No cálculo do IGG para o pavimento em estudo, foi realizado o procedimento em 37,5% de todo o trecho crítico, obtendo então um IGG de 246,65. De acordo com o IGG o pavimento encontra-se em péssimo estado.

O estudo de tráfego foi muito importante para o trabalho, pois com ele foi possível notar que a via tem um fluxo de veículos bem constante, porém atende essa quantidade, visto que a via se encontrou em estado de serviço B de acordo com o ucp/h, sendo a segunda melhor classificação, sendo rebaixada para C devido alguns outros fatores citados no item 4.3. Mesmo assim considera-se como uma boa classificação.

Por fim, o último estudo e o mais importante, foi o de índice pluviométrico e análise do sistema de drenagem, tornando possível observar que o maior número de patologias e o processo de deterioração delas são acelerados devido ao alto índice de precipitação e a inexistência ou ineficácia de um sistema de drenagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, L.C.; NERY, J.T.; ANDRADE, A.R. **Análise da precipitação pluvial da bacia do rio Iguaçu-Paraná**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

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

BERNUCCI, Liedi B.; MOTTA, Laura M. G. da; CERATTI, Jorge A. P.; SOARES, Jorge B. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABEDA, 2008.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Estudos de Tráfego**. 1. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **O transporte move o Brasil: resumo das propostas da CNT ao país**. – Brasília: CNT, 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2019**. – Brasília: CNT: SEST SENAT, 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia**. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **DNIT 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos asfálticos – Procedimento**. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de drenagem de rodovias**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentação**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA e DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Gargalos e demandas da infraestrutura rodoviária e os investimentos do PAC: mapeamento IPEA de obras rodoviárias. Texto para Discussão**, Brasília: IPEA, 2011.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **PNLT**: plano nacional de logística e transportes. Relatório Executivo, Secretaria de Política Nacional de Transportes, Brasília: MT, 2011.

PINTO, Joana I. B. R. **Caracterização Superficial de Pavimentos Rodoviários**. 2003. Tese (Mestrado em Vias de Comunicação) — Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2003.

PINTO, Salomão; PINTO Isaac E. **Pavimentação Asfáltica: Conceitos Fundamentais sobre Materiais e Revestimentos Asfálticos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2015.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2001. v. 2.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2007. v. 1.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Highway Capacity Manual**. Washington DC, Transportation Research Board, 2000.

WOODS, K.B. **Highway engineering handbook**. New York: McGraw Hill, 1960.










## ANEXO 2

Planilha 2 - Cálculo do IGG






RODOVIA:		PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Data:		Folha:	
TRECHO:		SUB-TRECHO:						Estaca ou Quilômetro		Estaca ou Quilômetro	
		REVESTIMENTO TIPO:						Índice de gravidade individual		Observações	
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação						
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR				0,2						
2	(FC - 2) J, TB				0,5						
3	(FC - 3) JE, TBE				0,8						
4	ALP, ATP				0,9						
5	O e P				1,0						
6	EX				0,5						
7	D				0,3						
8	R				0,6						
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A ( ) 1 B ( )						
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRIV =	FV =	2 A ( ) 2 B ( )						
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES INVENTARIADAS		n =	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG						Conceito		
1A) IGI = $\bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$		2A) IGI = $\bar{FV}$ quando $\bar{FV} \leq 50$						Operador			
1B) IGI = 40 quando $\bar{F} > 30$		2B) IGI = 50 quando $\bar{FV} > 50$						Cálculo			
								Visto			



# APÊNDICE A






		Universidade Tecnológica Federal do Paraná	
<b>Registro Fotográfico</b> Trabalho de Conclusão de Curso			
			
Coordenadas	Localização e Data	Patologia	
24°25'17"	PR-239	TL, ATP, RS	
53°31'49"	9/3/2020		
Coordenadas	Localização e Data	Patologia	
24°25'17"	PR-239	TL, JE, ATP, RS	
53°31'49"	10/6/2020		
			
Coordenadas	Localização	Patologia	
24°25'17"	PR-239	RS	
53°31'49"	14/9/2020		
Coordenadas	Localização	Patologia	
24°25'17"	PR-239	ATP, D, RS	
53°31'49"	21/12/2020		

## APÊNDICE B






		Universidade Tecnológica Federal do Paraná	
<b>Registro Fotográfico</b> Trabalho de Conclusão de Curso			
			
Coordenadas	Localização e Data	Patologia	
24°25'27"	PR-239	JE, P, ATP	
53°31'51"	9/3/2020		
Coordenadas	Localização e Data	Patologia	
24°25'27"	PR-239	JE, P, ATP	
53°31'51"	10/6/2020		
			
Coordenadas	Localização	Patologia	
24°25'27"	PR-239	RS	
53°31'51"	14/9/2020		
Coordenadas	Localização	Patologia	
24°25'27"	PR-239	RS, D	
53°31'51"	21/12/2020		







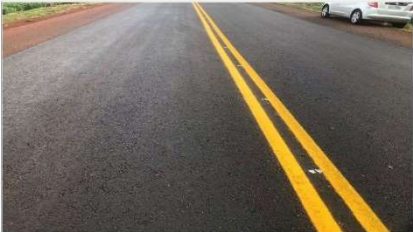
## APÊNDICE C

		Universidade Tecnológica Federal do Paraná			
<b>Registro Fotográfico</b> Trabalho de Conclusão de Curso					
					
Coordenadas	Localização e Data	Patologia	Coordenadas	Localização e Data	Patologia
24°29'46"	PR-239	TL, P, RS	24°29'46"	PR-239	TL, ATP, P, RS
53°34'0"	9/3/2020		53°34'0"	10/6/2020	
					
Coordenadas	Localização	Patologia	Coordenadas	Localização	Patologia
24°29'46"	PR-239	TL, ATP, P, RS	24°29'46"	PR-239	RS
53°34'0"	14/9/2020		53°34'0"	21/12/2020	

## APÊNDICE D






		Universidade Tecnológica Federal do Paraná	
<b>Registro Fotográfico</b> Trabalho de Conclusão de Curso			
			
Coordenadas	Localização e Data	Patologia	
24°27'4"	PR-239	JE, ATP, P	
53°33'27"	9/3/2020		
Coordenadas	Localização e Data	Patologia	
24°27'4"	PR-239	JE, ATP, P	
53°33'27"	10/6/2020		
			
Coordenadas	Localização	Patologia	
24°27'4"	PR-239	JE, ATP, P	
53°33'27"	14/9/2020		
Coordenadas	Localização	Patologia	
24°27'4"	PR-239	EX, RS	
53°33'27"	21/12/2020		

# APÊNDICE E






		Universidade Tecnológica Federal do Paraná	
<b>Registro Fotográfico</b>			
Trabalho de Conclusão de Curso			
			
Coordenadas	Localização e Data	Patologia	
25°29'50"	PR-239	JE, ATP, P	
53°34'1"	9/3/2020		
Coordenadas	Localização e Data	Patologia	
25°29'50"	PR-239	JE, ATP, P	
53°34'1"	10/6/2020		
			
Coordenadas	Localização	Patologia	
25°29'50"	PR-239	JE, ATP, P	
53°34'1"	14/9/2020		
Coordenadas	Localização	Patologia	
25°29'50"	PR-239	RS	
53°34'1"	21/12/2020		








## APÊNDICE F

		Universidade Tecnológica Federal do Paraná	
<b>Registro Fotográfico</b> Trabalho de Conclusão de Curso			
			
Coordenadas	Localização e Data	Patologia	
24°29'46"	PR-239	JE, TL, ATP, P	
53°33'60"	9/3/2020		
Coordenadas	Localização e Data	Patologia	
24°29'46"	PR-239	JE, TL, ATP, P	
53°33'60"	10/6/2020		
			
Coordenadas	Localização	Patologia	
24°29'46"	PR-239	JE, TL, ATP, P, RS	
53°33'60"	14/9/2020		
Coordenadas	Localização	Patologia	
24°29'46"	PR-239	RS	
53°33'60"	21/12/2020		






## APÊNDICE G

		Universidade Tecnológica Federal do Paraná			
<b>Registro Fotográfico</b> Trabalho de Conclusão de Curso					
					
Coordenadas	Localização e Data	Patologia	Coordenadas	Localização e Data	Patologia
24°27'3"	PR-239	JE, ATP, P	24°27'3"	PR-239	JE, ATP, P
53°33'26"	9/3/2020		53°33'26"	10/6/2020	
					
Coordenadas	Localização	Patologia	Coordenadas	Localização	Patologia
24°27'3"	PR-239	JE, ATP, P	24°27'3"	PR-239	RS
53°33'26"	14/9/2020		53°33'26"	21/12/2020	

# APÊNDICE H

		Universidade Tecnológica Federal do Paraná	
<b>Registro Fotográfico</b> Trabalho de Conclusão de Curso			
			
<b>Coordenadas</b>	<b>Localização e Data</b>	<b>Patologia</b>	
24°27'4"	PR-239	JE, ATP, P	
53°33'27"	9/3/2020		
<b>Coordenadas</b>	<b>Localização e Data</b>	<b>Patologia</b>	
24°27'4"	PR-239	JE, ATP, P	
53°33'27"	10/6/2020		
			
<b>Coordenadas</b>	<b>Localização</b>	<b>Patologia</b>	
24°27'4"	PR-239	JE, ATP, P	
53°33'27"	14/9/2020		
<b>Coordenadas</b>	<b>Localização</b>	<b>Patologia</b>	
24°27'4"	PR-239	EX,RS	
53°33'27"	21/12/2020		

# APÊNDICE I

		Universidade Tecnológica Federal do Paraná	
<b>Registro Fotográfico</b> Trabalho de Conclusão de Curso			
			
Coordenadas	Localização e Data	Patologia	
24°26'59"	PR-239	JE, ATP, P	
53°33'23"	9/3/2020		
Coordenadas	Localização e Data	Patologia	
24°26'59"	PR-239	JE, ATP, P, RS	
53°33'23"	10/6/2020		
			
Coordenadas	Localização	Patologia	
24°26'59"	PR-239	JE, ATP, P, RS	
53°33'23"	14/9/2020		
Coordenadas	Localização	Patologia	
24°26'59"	PR-239	EX, D, RS	
53°33'23"	21/12/2020		





# APÊNDICE K

Digitalizada com CamScanner

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																												
RODOVA: 02-23A		OPERADOR: CARLOS H. MALPATO										FOLHA: 02/03		ESTACA OU QUILÔMETRO														
TRECHO: Z		REVESTIMENTO TIPO: CAUA										19		ESTACA OU QUILÔMETRO														
SUBTRECHO:		DATA: 20/03/21										36		ESTACA OU QUILÔMETRO														
Estaca ou Terrep. km	OK	TRINCAS						AFUNDAMENTOS						OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:						
		FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2	INTERLIGADAS			PLÁSTICO			CONSOLID			O	P	E	EX		D	R	TR	IRE		
								J	TB	JE	FC-3	TBE	ALP	ATP	ALC	ATC	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm	
19		X								X				X							X				X	14	12	
20		X									X			X							X				X	0,5	19	
21														X											X	9	6	
22					X									X											X	8	7	
23										X				X											X	7	7	
24														X											X	0	0	
25		X								X				X											X	6	4	
26		X												X											X	5	7	
27		X								X															X	11	13	
28		X												X											X	9	11	
29		X												X											X	8	7	
30		X												X											X	0	3	
31										X															X	6	7	
32										X				X											X	4	4	
33														X											X	6	10	
34		X																							X	3	2	
35														X											X	0	1	
36														X											X	11	8	



# APÊNDICE L

Digitalizada com CamScanner

Estaca ou km		Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS						OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS			Observações:
				ISOLADAS			INTERLIGADAS			PLÁSTICO				CONSOLID		P	E	EX	D	R	TRI	IRE	mm						
				FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE	FC-3	ALP	ATP	ALC	ATC	O	5	6	7	8	mm	mm	mm				
37				X		X								X								X	2	0					
38				X	X	X						X		X								X	5	3					
39				X	X		X							X								X	4	6					
40				X	X	X						X		X					X			X	1	3					
41					X	X								X								X	7	7					
42					X									X								X	8	8					
43					X									X								X	4	3					
44					X									X					X			X	2	0					
45					X		X						X	X								X	0	2					
46						X							X	X								X	0	9					
47						X	X						X	X								X	0	0					
48					X		X						X	X								X	0	2					
49					X								X	X								X	3	5					
50					X								X	X								X	4	5					
51					X								X	X								X	3	6					
52					X								X	X								X	6	4					
53					X								X	X								X	0	1					
54					X								X	X								X	0	1					

## INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO

RODOVIA: PR-239  
 TRECHO: 3  
 SUBTRECHO:

OPERADOR: Gabriel H. Malcata  
 REVESTIMENTO TIPO: CRUQ  
 DATA: 2003/21

FOLHA: 03/03  
 ESTACA OU QUILÔMETRO: 37  
 ESTACA OU QUILÔMETRO: 54