

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LARYSSA KATLYN CHINEIDER SILVA

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIES DE PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS NA ÁREA RURAL DO MUNICÍPIO DE ENTRE RIOS DO OESTE-PR**

TOLEDO

2022

LARYSSA KATLYN CHINEIDER SILVA

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIES DE PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS NA ÁREA RURAL DO MUNICÍPIO DE ENTRE RIOS DO OESTE-PR**

**Evaluation of the conditions of asphalt pavement surfaces in the rural area of
Entre Rios do Oeste-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(a): Guilherme Alan Souza Costa

TOLEDO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LARYSSA KATLYN CHINEIDER SILVA

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIES DE PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS NA ÁREA RURAL DO MUNICÍPIO DE ENTRE RIOS DO OESTE-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 24 de novembro de 2022

Guilherme Alan Souza Costa
Mestre em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

José Gustavo Venâncio da Silva Ramos
Mestre em Engenharia Civil
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Lucia Bressiani
Doutora em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

TOLEDO

2022

Dedico este trabalho as pessoas mais importantes
da minha vida, minha família.

AGRADECIMENTOS

Provavelmente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas saibam que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Primeiramente a Deus, por toda força transmitida durante a minha vida e principalmente durante toda minha caminhada dentro da graduação.

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais Maria Lucia Chineider Silva e Vanderlei Aparecido Silva por todo apoio, suporte e compreensão nos dias difíceis, por entender a distância, vocês são a razão de tudo.

Aos meus irmãos Pâmela e Junior, por sempre me apoiarem e auxiliarem nessa caminhada.

Aos meus amigos que fiz, os quais tornaram esta minha caminhada muito mais agradável. Em especial a Amanda e ao Rafael meus companheiros de estudo, pesquisa, trabalhos, conversas e risadas, saibam que vocês foram muito importantes nessa caminhada junto comigo, me ajudando, não me deixando desistir.

A todos os professores pelos conhecimentos transmitidos, pela paciência e amizade ao longo curso. Em especial ao meu orientador, professor Guilherme Alan Souza Costa pelo apoio e confiança para a realização deste trabalho.

Enfim, a todas as pessoas que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

Nos municípios brasileiros nos quais predominam a economia agropecuária, a infraestrutura das estradas rurais é de suma importância para o desenvolvimento social e econômico dos municípios. Boas condições das mesmas garantem o íntegro escoamento da produção e trazem uma maior segurança e conforto ao tráfego de veículos. No entanto, nos deparamos frequentemente com estradas em condições precárias e até mesmo abandonadas. Este estudo visou determinar o grau de deterioração mediante a contagem e classificação de defeitos superficiais, avaliando as condições de tráfego e realizando contagem volumétrica do mesmo, além de desenvolver um acervo digital e o monitoramento do desenvolvimento de manifestações patológicas existentes nas estradas rurais localizadas no interior do município de Entre Rios do Oeste. Para a avaliação da via de estudo seguiu-se o método estabelecido na norma DNIT 006/2003 – PRO, baseado nas terminologias da norma DNIT 005/2003 – TER. Tendo como resultados os IGGs encontrados: 196,2 (Linha Boa Esperança), 194 (Linha Felicidade), 176,7 (Linha Golondrina), 106 (Linha Vista Alegre) e 225 (Linha Volta Gaúcha), que classificou as vias com conceito ruim e péssimos em seu estado de conservação. Por fim, foi realizado um diagnóstico geral da rodovia, obtendo dados de composição de tráfego, além do acompanhamento dos defeitos. A partir disso, pôde-se determinar as causas das patologias sendo elas: o excesso de tráfego e carga, ineficiência ou falta de manutenção, inexistência ou ineficiência dos sistemas de drenagem e a compactação ou imprimação deficientes.

Palavras-chave: Pavimentação; Estradas rurais; Patologias em pavimentos; levantamento visual.

ABSTRACT

In Brazilian municipalities where the agricultural economy predominates, the infrastructure of rural roads is of paramount importance for the social and economic development of the municipalities. Their good conditions guarantee the complete flow of production and bring greater safety and comfort to vehicle traffic. However, we are often faced with roads in precarious and even abandoned conditions. This study aimed to determine the degree of deterioration by counting and classifying surface defects, evaluating traffic conditions and carrying out a volumetric count of the same, in addition to developing a digital collection and monitoring the development of existing pathological manifestations on rural roads located in the interior of the municipality of Entre Rios do Oeste. For the evaluation of the course of study, the method established in the DNIT 006/2003 – PRO standard was followed, based on the terminologies of the DNIT 005/2003 – TER standard. Having as results the IGGs found: 196.2 (Linha Boa Esperança), 194 (Linha Felicidade), 176.7 (Linha Golondrina), 106 (Linha Vista Alegre) and 225 (Linha Volta Gaúcha), which classified them with concept bad and terrible in its state of conservation. Finally, a general diagnosis of the highway was carried out, obtaining traffic composition data, in addition to monitoring defects. From this, it was possible to determine the causes of the pathologies, namely: excess traffic and load, inefficiency or lack of maintenance, inexistence or inefficiency of drainage systems and poor compaction or priming.

Keywords: Paving; Rural roads; Pathologies in paving; visual survey

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema da distribuição de carga no pavimento flexível e rígido	17
Figura 2 - Camadas genéricas de um pavimento flexível.	18
Figura 3 - Alvenaria Poliédrica.	20
Figura 4 - Classificação dos Defeitos segundo DNIT (2003a).	23
Figura 5 - Trinca isolada. a. Transversal; b. Longitudinal.	24
Figura 6 - Trinca interligada. a. Tipo Couro de jacaré; b. Tipo bloco.....	25
Figura 7 – Defeitos. a. Exsudação; b. Desgaste.	25
Figura 8 – Defeitos. a. Ondulações; b. Escorregamento	26
Figura 9 - Afundamento. a. Trilha de roda; b. Local.	27
Figura 10 - Panela/Buraco	28
Figura 11 - Remendo. a. Mal executado; b. Bem executado.....	28
Figura 12 - Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos.	30
Figura 13 - Fluxograma das Arividades.	33
Figura 14 - Localização do município de Entre Rios do Oeste.	34
Figura 15 - Localização dos Trechos de estudo.....	36
Figura 16 - Subtrechos Analisados.	38
Figura 17 - Medição dos Afundamentos em trilhas de roda com auxílio de Treliza.....	38
Figura 18 - Ficha utilizada para determinação do Volume de Tráfego.	40
Figura 19 - Detalhe da Seção Tipo do Pavimento.....	42
Figura 20 - Detalhe Recape CBUQ.....	42
Figura 21 - Pátio da Empresa BMG Foods	51
Figura 22 – Defeitos nas bordas.	57

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Manifestações Patológicas	44
Gráfico 2 - Manifestações Patológicas	45
Gráfico 3 - Manifestações Patológicas	47
Gráfico 4 - Manifestações Patológicas	48
Gráfico 5 - Manifestações Patológicas	50
Gráfico 6 - Quantitativo de Veículos	51
Gráfico 7 - Medições dos Veículos de 6:30 às 9:30	52
Gráfico 8 - Medições dos Veículos de 11:30 às 14:30	52
Gráfico 9 - Medições dos Veículos de 16:30 às 19:30	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Terminologia das Bases.....	20
Quadro 2 - Planilha de cálculo do IGG	43
Quadro 3 - Planilha de cálculo do IGG	45
Quadro 4 - Planilha de cálculo do IGG	46
Quadro 5 - Planilha de cálculo do IGG	48
Quadro 6 - Planilha de cálculo do IGG	49
Quadro 7 - Identificação das possíveis causas e soluções.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Defeitos contemplados por DNIT (2003a) e fatores de ponderação <i>fp</i>	30
Tabela 2 - Condição do Pavimento em função do IGG.	31
Tabela 3 - Características dos Trechos	35
Tabela 4 - Condição do pavimento em função do IGG	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Afundamento
CA	Concreto Asfáltico
CAP	Cimentos Asfálticos de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CNT	Confederação Nacional de Trânsito
D	Defeito
DER	Departamento de Estradas e Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
E	Escorregamento
EX	Exsudação
F	Fendas
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
O	Ondulação
P	Panela ou Buraco
PMQ	Pré-Misturado a Quente
R	Remendo
TER	Terminologia
TRE	Trilhas de roda externa
TRI	Trilhas de roda Interna
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	14
1.2	Objetivos	15
1.2.1	Objetivo Geral.....	15
1.2.2	Objetivos Específicos	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Definição e Classificação do Tipos de Pavimentação	16
2.2	Estruturas dos Pavimentos Flexíveis	17
2.3	Revestimento	19
2.3.1	Revestimento Flexível por Calçamento	19
2.3.2	Revestimento Flexível Betuminoso	21
<u>2.3.2.1</u>	<u>Pré-Misturado a Quente (PMQ)</u>	<u>21</u>
<u>2.3.2.2</u>	<u>Concreto Asfáltico (CA)</u>	<u>22</u>
2.4	Defeitos nos Pavimentos Asfálticos	23
2.4.1	Fendas	23
<u>2.4.1.1</u>	<u>Fissura</u>	<u>24</u>
<u>2.4.1.2</u>	<u>Trincas</u>	<u>24</u>
2.4.2	Exsudação de Asfalto	25
2.4.3	Desgaste	25
2.4.4	Corrugações e Ondulações	26
2.4.5	Escorregamento	26
2.4.6	Afundamentos	27
2.4.7	Panela ou Buraco	27
2.4.8	Remendo	28
2.5	Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos	29
2.6	Conservação dos Pavimentos Flexíveis	32
3	MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1	Localização e caracterização do Município de Entre Rios do Oeste 33	
3.1.1	Caracterização dos Trechos escolhidos	35
3.2	Classificação dos defeitos e das superfícies	37
3.2.1	Demarcação das superfícies	37

3.2.2	Inventário das ocorrências e medidas das flechas	38
3.2.3	Frequências absolutas	39
3.2.4	Índice de Gravidade Individual e Índice de Gravidade Global	39
3.3	Contagem Volumétrica de Tráfego	39
3.4	Condições de Drenagem	40
3.5	Acompanhamento das Patologias	40
3.6	Problemas Encontrados e Possíveis Soluções	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Característica dos trechos	42
4.2	Índice de Gravidade Global	43
4.2.1	Boa Esperança	43
4.2.2	Linha Felicidade	44
4.2.3	Linha Golondrina	46
4.2.4	Vista Alegre	47
4.2.5	Volta Gaúcha.....	49
4.3	Contagem Volumétrica	50
4.4	Análise Geral.....	53
4.5	Patologias Encontradas.....	55
4.6	Possíveis Causas e Propostas de Soluções.....	55
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
	REFERÊNCIAS.....	59
	APÊNDICE A - INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO, LINHA BOA ESPERANÇA	62
	APÊNDICE B - PATOLOGIAS ENCONTRADAS NOS SUBTRECHOS, LINHA BOA ESPERANÇA	63
	APÊNDICE C - INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO, LINHA FELICIDADE	64
	APÊNDICE D - PATOLOGIAS ENCONTRADAS NOS SUBTRECHOS, LINHA FELICIDADE	65
	APÊNDICE E - INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO, LINHA GOLONDRINA.....	66
	APÊNDICE F - PATOLOGIAS ENCONTRADAS NOS SUBTRECHOS, LINHA GOLONDRINA	67
	APÊNDICE G - INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO, LINHA VISTA ALEGRE	68
	APÊNDICE H - PATOLOGIAS ENCONTRADAS NOS SUBTRECHOS, LINHA VISTA ALEGRE	69

APÊNDICE I - INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO, LINHA VOLTA GAÚCHA	70
APÊNDICE J - PATOLOGIAS ENCONTRADAS NOS SUBTRECHOS, LINHA VOLTA GAÚCHA.....	71
APÊNDICE K - DADOS DE CONTAGEM CLASSIFICATÓRIA DE VEÍCULOS	72
APÊNDICE L - EVOLUÇÃO DE UMA PATOLOGIA 1, TRECHO A – LINHA BOA ESPERANÇA	73
APÊNDICE M - EVOLUÇÃO DE UMA PATOLOGIA 2, TRECHO A – LINHA BOA ESPERANÇA	74
APÊNDICE N - EVOLUÇÃO DE UMA PATOLOGIA 3, TRECHO B – LINHA FELICIDADE	75
APÊNDICE O - EVOLUÇÃO DE UMA PATOLOGIA 4, TRECHO B – LINHA FELICIDADE	76
ANEXO A - Modelo de Formulário de Inventário do estado da superfície do pavimento	77
ANEXO B - Treliça para medição das Flechas da Trilha da Roda. .	78
ANEXO C - Modelo de Planilha de Cálculo do IGG	79
ANEXO D - Modelo de Ficha de contagem volumétrica	80

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Departamento de Estradas e Rodagem (DER, 2014), por causa das constantes evoluções tecnológicas no setor agropecuário e de transportes, as estradas e rodovias rurais estão mais requisitadas para o escoamento de grandes produções agrícolas por meio de veículos pesados. Elas possibilitam a conexão de pessoas, produtos e serviços entre o campo e as zonas urbanas, sendo necessárias para o escoamento da produção do agronegócio e o recebimento de insumos e recursos humanos para o desenvolvimento de atividade agrícola.

Contudo, uma grande parte do sistema rodoviário rural não atende as condições mínimas de trafegabilidade, como consequência, tem-se a competitividade dos produtos agropecuários brasileiros e as perdas expressivas de produção. Este problema ocorre pela falta de planejamento e aplicação de técnicas adequadas para o processo de construção, que além de causar os problemas mencionados, pode gerar tanto problemas ambientais quanto socioeconômicos.

De acordo com Confederação Nacional do Transporte (CNT) em pesquisa realizada no ano 2017, 48% da extensão total das rodovias avaliadas apresentam algum tipo de problema no pavimento, já no ano de 2019 este valor foi de 53%, sendo classificadas como regular, ruim ou péssimas. Estas condições aumentam o custo do transporte de cargas em 25%, por conta do aumento do tempo de viagem, da redução da durabilidade dos componentes veiculares e do consumo desnecessário de combustível. Devido ao uso excessivo de combustível, no ano de 2016, este consumo foi estimado em quase 775 milhões de litros de diesel, o que gera para o transportador um gasto adicional de R\$ 2,34 bilhões, somente em razão da má qualidade do pavimento. Além disso, os veículos ainda são obrigados a trafegar em uma velocidade consideravelmente mais baixa, facilitando as ações de roubos de cargas e os assaltos a passageiros (CNT, 2016; CNT,2017a; CNT, 2019).

Grande parte da malha rodoviária de estradas rurais pertence a rede municipal e a sua manutenção ocorre muitas vezes sem a preocupação com as possíveis causas das patologias encontradas ao longo da via, tornando-se muitas vezes não eficiente. Quando estão sob domínio municipal elas colaboram para o melhoramento socioeconômico da região sendo necessária para o desenvolvimento da agricultura, da distribuição de alimentos, dos serviços de saúde e transporte de alunos.

Com base no exposto, este trabalho identifica os principais problemas recorrentes em alguns trechos de estradas rurais no município de Entre Rios do Oeste, Paraná. Ao analisar essas estradas, foi possível fornecer ferramentas que subsidiem as tomadas de decisões do setor público sobre a malha rodoviária rural, possibilitando assim um melhor aproveitamento da produção agrícola.

1.1 Justificativa

De acordo com CNT (2017b), o elevado grau de degradação dos pavimentos é ocasionado pela influência direta das condições climáticas, relacionadas ao volume intenso de tráfego e ao excesso de cargas, ligada a qualidade e a falta de manutenção nas rodovias. Ao decorrer dos anos, a deterioração tende a acelerar-se, quando não são realizadas as devidas intervenções periódicas, transformando um pavimento sem capacidade de servir ao tráfego satisfatoriamente.

Segundo Bonfim (2017), o contínuo recapeamento da camada de revestimento, sem a remoção do pavimento, ou parte dele já existente, pode gerar obstáculos de ordem estética, funcional e de segurança. Tendo isso em vista, a realização de estudos que investiguem a qualidade das vias rurais e que venham a acrescentar conhecimento técnico sobre suas demandas, tendem a garantir um maior suporte para uma execução de alterações com qualidade, prevenindo assim a deterioração dessas estruturas, gerando conhecimento necessário para readequações mais eficientes que a simples raspagem nas vias já existentes.

A classificação e avaliação das patologias existentes em um pavimento é uma forma de auxiliar na tomada de decisões visando a garantia de um bom estado de conservação, pois consegue-se prever o tempo de vida útil e determinar qual o método ideal para restaurá-lo (ANJOS, 2008). Com a falta de manutenção adequada o índice de utilidade do pavimento é prejudicado, resultando na diminuição do tempo de vida útil da rodovia. Bernucci (1995) em sua tese traz que em geral a idade média de um pavimento de baixo custo é de 10 anos.

As estradas pavimentadas localizadas nas zonas rurais dos municípios ocupam uma grande parte da malha viária do Brasil e representam um papel fundamental na vida dos moradores. Por serem geralmente de menor tráfego e importância comercial, são negligenciadas pelos órgãos responsáveis por sua

manutenção, tornando-se impróprias ou apresentando danos tão severos os quais diminuem a sua usabilidade e além de aumentar os riscos de acidentes.

Observa-se que usualmente, quando são realizadas intervenções para melhoria destas estradas, executa-se com caráter provisório, sem a utilização de técnicas adequadas e sem uma análise apropriada. Pouco tempo depois, a mesma volta à situação semelhante a anterior aos reparos, precisando de novas intervenções. Diante disso, o trabalho visa o estudo da situação das rodovias municipais localizadas na área rural de Entre Rios do Oeste - Paraná, a fim de avaliar a superfície desse pavimento para a obtenção de um diagnóstico do seu atual estado de conservação e, posteriormente, a determinação de medidas para sua restauração através de estudo de caso.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar as condições atuais do estado de conservação das superfícies dos pavimentos localizados na área rural do município de Entre Rios do Oeste, região oeste do estado Paraná.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Levantar as características dos projetos de estradas rurais executados pelo município;
- Identificar as patologias existentes nos trechos e classificar suas ocorrências de acordo com seu tipo;
- Analisar o volume do tráfego;
- Gerar um diagnóstico geral dos trechos relacionando-os com as condições de superfície;
- Propor soluções para os problemas patológicos identificados com o objetivo de reduzir o desconforto e possíveis gastos desnecessários.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a realização deste trabalho, tornou-se necessário definir os principais termos para um melhor entendimento referente ao assunto. Sendo assim, os tópicos a serem abordados são: definição e classificação dos tipos de pavimentação; estruturas dos pavimentos flexíveis; revestimento; defeitos nos pavimentos asfálticos; avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos e a conservação dos pavimentos flexíveis.

2.1 Definição e Classificação do Tipos de Pavimentação

O pavimento é uma estrutura que tem em sua principal função econômica e técnica suportar esforços devido a ações climáticas combinadas com a ação do tráfego, possuindo estruturas e materiais adequados à esta finalidade, a um custo mínimo. Além disso, busca propiciar aos usuários uma melhor condição de trafegabilidade, com conforto, economia e segurança, possuindo uma superfície mais regular, aderente e pouco ruidosa. É composto por múltiplas camadas de espessuras finitas, sendo construído sobre a superfície final de terraplanagem (BERNUCCI *et al.*, 2008; BALBO, 2007).

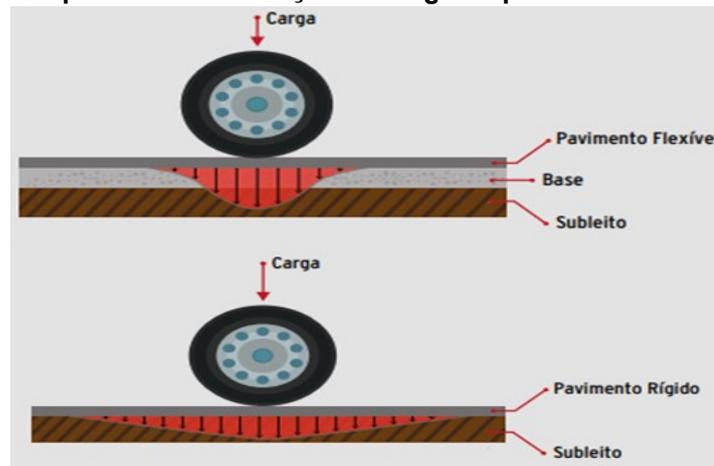
Balbo (2007), ainda reitera que os esforços do pavimento devem ser distribuídos de forma que as pressões sejam aliviadas para as camadas inferiores. Para isso ocorrer, cada camada deve resistir a tensões e deformações de acordo com sua natureza e capacidade. Com isso, a ocorrência de danos ou rupturas prematuras e inadvertidas nos materiais que compõem as camadas do pavimento, conseguem ser evitadas.

Senço (2007) e Bernucci *et al.* (2008), afirmam de modo geral, que os pavimentos são divididos em dois tipos: flexível e rígido. Diferenciados por conta de suas camadas e seus respectivos materiais utilizados. Para os autores, os pavimentos flexíveis resistem aos esforços causados por deformações, sendo dimensionados para resistir esforços de compressão, entretanto, os esforços de tração na flexão, ocasionados pelas bacias de deformação geradas pelas rodas dos veículos, resultam em deformações permanentes em sua estrutura causando um rompimento por fadiga.

Já o pavimento rígido apresenta pouca deformação e tem como seu principal material o concreto de cimento.

Ainda assim, a principal diferença entre estes dois tipos de pavimento é a maneira pela qual estes tipos distribuem a carga sobre o subleito (Figura 1). Enquanto no pavimento flexível o campo de tensão é concentrado próximo ao ponto de aplicação dessa carga, no pavimento rígido o campo de tensões é bem desconcentrado, tendo efeitos distribuídos de maneira similar.

Figura 1 - Esquema da distribuição de carga no pavimento flexível e rígido



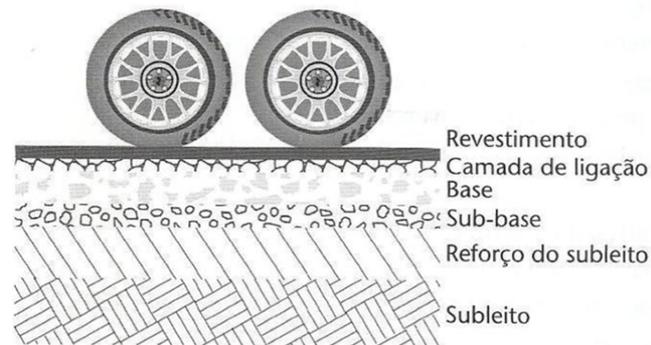
Fonte: Adaptado de CNT (2017a).

2.2 Estruturas dos Pavimentos Flexíveis

Segundo Motta (1995), a estrutura do pavimento flexível é um sistema composto por várias camadas. Sua construção se dá a partir de um conjunto solidário que sofre deformações e tensões a fim de resistir às cargas solicitantes pelos veículos e clima. Sendo essas cargas distribuídas de acordo com a resistência de cada camada do pavimento.

Para Balbo (2007), um pavimento flexível apresenta as seguintes camadas: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito, sendo este último a fundação e parte constituinte mínima da estrutura (Figura 2). O autor afirma que a condição mínima de caracterizar um pavimento é apresentar em sua estrutura camadas de revestimento e subleito (fundação), não sendo obrigatória a existência da camada de sub-base ou de reforço do subleito.

Figura 2 - Camadas genéricas de um pavimento flexível.



Fonte: Balbo (2007)

Senço (2007) afirma que em alguns casos há a necessidade de uma camada de regularização acima do subleito, a fim de conformá-lo, transversal e longitudinalmente, com o projeto. Senço (2007), Petrobras (2013) e CNT (2017a) definem as camadas de um pavimento, sendo:

- Subleito: o terreno de fundação em que é apoiado o pavimento. Considerado a camada responsável pela absorção definitiva dos esforços verticais causados pelo tráfego e é constituída de material natural consolidado e compactado.
- Regularização: é a camada de espessura irregular, construída sobre o subleito e destinada a conformá-lo e nivelá-lo de acordo com o projeto. Podendo ser chamada de preparo do subleito, ela deve também fornecer à superfície as características geométricas, sendo a inclinação transversal do pavimento acabado.
- Reforço do subleito: é a camada construída, se necessário, acima da regularização, tem características tecnológicas superiores às das regularizações e inferiores às da sub-base. Possui função de complemento de base, resistindo e distribuindo os esforços verticais, porém não possui característica de absorção, para absorvê-lo completamente.
- Sub-base: é a camada complementar à base, e quando por circunstâncias técnicas e econômicas não é aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito. O material constituinte da sub-base deverá possuir características tecnológicas superiores às do material de reforço.
- Base: é a camada destinada a resistir aos esforços verticais originados do tráfego e distribuí-los às camadas subjacentes. O pavimento pode ser

considerado composto de base e revestimento, sendo que a base poderá ou não ser complementada pela sub-base e pelo reforço do subleito.

- Camada de ligação: entre as camadas do pavimento, há a necessidade da execução de imprimação (serve para aumentar a coesão da superfície) ou de pintura de ligação (promove a aderência entre as camadas, executada no caso de reforço ou recapeamento), as quais consistem na aplicação de uma camada fina de material asfáltico sobre a superfície.
- Revestimento: é a camada conhecida como capa de rolamento ou capa, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do tráfego e destinada a melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste, aumentando a durabilidade da estrutura. A espessura da camada de revestimento é definida em função do tráfego previsto ou dos critérios do método utilizado para o dimensionamento.

2.3 Revestimento

Atualmente há uma grande quantidade de tipos de revestimentos encontrados. Considerando que o foco do estudo deste trabalho, é o revestimento flexível por calçamento e o revestimento flexível betuminoso, será realizada uma revisão bibliográfica específica sobre estes tipos de revestimentos em questão.

2.3.1 Revestimento Flexível por Calçamento

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT ,2006a), Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER,1997), e Senço (2007), a alvenaria poliédrica é definida como um revestimento de pedras irregulares, as quais são assentadas manualmente lado a lado sobre uma base de solo escolhido, formando um autêntico mosaico e comprimidas sobre um colchão de regularização, constituído de material granular apropriado.

Senço (2007) afirma que o calçamento é um revestimento exclusivo de áreas urbanas, pois sua execução apresenta uma certa lentidão, trepidações e sonoridades. Porém, possui facilidade de remoção para serviços no subsolo e um reaproveitamento praticamente total do revestimento após o serviço ser finalizado, compensando assim

seu uso (Figura 3). Além disso, seu revestimento pode ser reaproveitado para projetos futuros, uma vez que a via já tenha sua base consolidada e compactada, se torna mais fácil a sua melhoria com o revestimento asfáltico.

Figura 3 - Alvenaria Poliédrica.



Fonte: Autor (2022).

A alvenaria poliédrica além de ser considerada um revestimento, ela pode funcionar como base, quando há a utilização de um outro revestimento sobre sua superfície (Marques, 2010). Como pode ser visto no Quadro 1, onde o pavimento poliédrico é citado tanto na utilização como revestimento quanto como base por aproveitamento.

Quadro 1 - Terminologia das Bases.

Bases	Rígidas	Concreto de cimento	
		Macadame de cimento	
		Solo-cimento	
	Flexíveis	Solo estabilizado	Granulometricamente - SAFL
			Solo-betume - Solo-cal
			Solo-brita
		Macadame hidráulico	
		Brita graduada com ou sem cimento	
		Macadame betuminoso	
		Alvenaria poliédrica	Por aproveitamento
		Paralelepípedos	

Fonte: Adaptado de Senço (2007).

Os materiais que são utilizados para a execução do calçamento geralmente estão disponíveis em locais próximos às obras, constituídos de rochas duras e cortadas na forma de poliedros irregulares ou regulares (paralelepípedos). A sua obtenção pode ser realizada em qualquer tempo e qualquer clima, facilitando a estocagem do produto (PELLENZ, 1983).

O autor ainda traz que para a sua execução, não há a necessidade de mão de obra especializada ou equipamentos sofisticados, podendo ainda ser empregada a mão de obra semiqualficada (calceteiros) e sem qualificação (ajudantes) através de pequena estrutura, através de pequenos empreiteiros ou subempreiteiros locais, num ritmo compatível com o aporte de recursos, otimizando o aproveitamento da mão-de-obra segundo as peculiaridades e sazonalidades da economia de cada região.

Para Senço (2007), o pavimento poliédrico não é mais executado sendo substituído por pavimentos de construção mecanizada. Sua utilização só ocorre geralmente em estradas municipais com pouca densidade de tráfego, locais de acessos, ruas de cidades pequenas e onde não se tem meios de empregar tipos mais nobres de pavimento.

2.3.2 Revestimento Flexível Betuminoso

Segundo o DNIT (2006a), há uma grande variedade de revestimentos flexíveis betuminosos, sendo realizada uma pesquisa específica sobre o Pré-misturado a quente e Concreto asfáltico.

2.3.2.1 Pré-Misturado a Quente (PMQ)

DER/SP (2006a) traz que o revestimento pré-misturado a quente (PMQ) é uma mistura de agregado graúdo, cimento asfáltico e, caso necessário, é adicionado um melhorador de adesividade. Esta mistura é realizada a quente através de uma usina apropriada, como também espalhada e compactada a quente, onde seu volume de vazios é maior que 12%. Além de ter a finalidade de revestimento, o PMQ pode apresentar várias outras funções em um pavimento, como servir de camada de regularização, de ligação, binder ou base. (DER/SP, 2006a).

Para Bernucci *et al.* (2008) os pré-misturados a quente (PMQ) são os que não atendem a requisitos granulométricos de camada intermediária ou de nivelamento, porém são preparados com tamanhos nominais máximos de agregados graúdos de grandes dimensões. Além disso, eles devem também atender a especificação de serviço particular para camada especial de correção de desnivelamentos ou regularização em pavimentos em uso. Senço (2007) explica que a expressão “a

quente” se dá pela exigência perante ao agregado, pois o mesmo deve ser aquecido até uma temperatura próxima a temperatura do betume, igual no concreto betuminoso.

O PMQ como já exposto é uma mistura de ligante asfáltico e agregados. Para o ligante asfáltico, segundo o DER/SP (2006a) deve ser empregado os cimentos asfálticos de petróleo dos tipos CAP 30-45, CAP 50-70 e CAP 85-100. O CAP é definido quando o asfalto se enquadra em uma determinada classificação particular, que em geral se baseia em propriedades físicas que pretendem assegurar o bom desempenho do material na obra (BERNUCCI *et al.*, 2008).

2.3.2.2 Concreto Asfáltico (CA)

DNIT (2006e), considera um concreto asfáltico uma mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, material de enchimento (filer) e cimento asfáltico, espalhada e compactada a quente.

Segundo a CNT (2017a) e Bernucci *et al.* (2008), o processo executivo do revestimento mais comum encontrado nas rodovias brasileiras, é o de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), chamado também de concreto asfáltico (CA). O CBUQ é o mais nobre dos revestimentos flexíveis. É uma mistura de agregados feita em usina seguindo rigorosas especificações. A execução desse revestimento é o serviço que requer mais controle dentre os que compõem as etapas de pavimentação.

A base sobre a qual é aplicado o CBUQ deve estar imprimada, sem crateras ou depressões. A aplicação do CBUQ é feita por uma vibroacabadora, máquina que promove o espalhamento da massa na espessura e largura desejada e executa parte do trabalho de compactação. Imediatamente após a distribuição da massa, inicia-se a operação de rolagem para compactação final da camada (CNT,2017a).

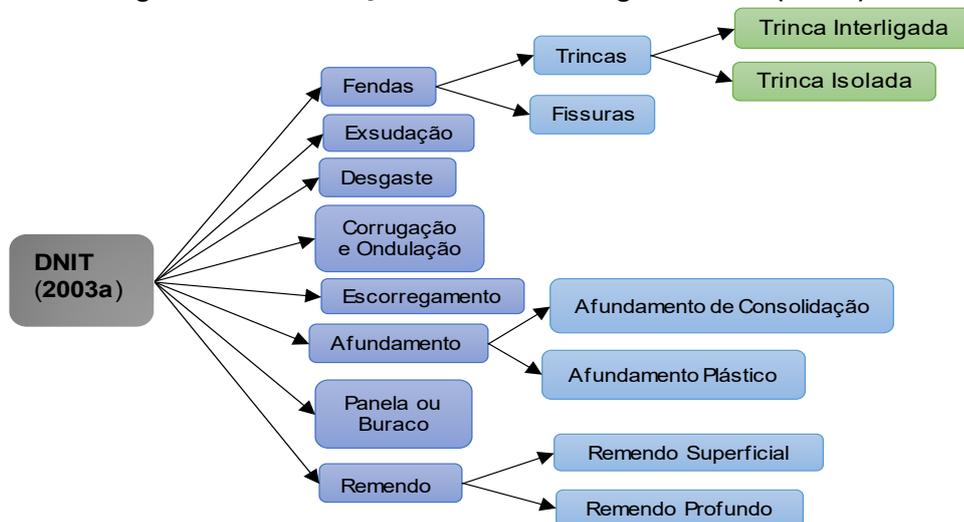
A diferença entre o pré-misturado a quente e o concreto asfáltico, segundo Senço (2007), é a qualidade em relação às especificações sobre a granulometria do agregado e as condições de resistência da mistura. No CA há uma adição de um filer quando há uma faixa de vazios não preenchidos, já no PMQ os vazios podem atingir valores maiores.

2.4 Defeitos nos Pavimentos Asfálticos

DNIT (2003a) define os termos técnicos que são empregados em defeitos verificados nos pavimentos flexíveis e semirrígidos, padronizando a linguagem nas normas, projetos e manuais deste segmento.

Estes defeitos servem para a determinação do indicador de qualidade da superfície do pavimento (IGG – Índice de Gravidade Global) e são classificadas em (Figura 4): fendas, exsudação, desgaste, corrugação e ondulação, escorregamento, afundamento, buraco ou panela e remendos (DNIT, 2003a).

Figura 4 - Classificação dos Defeitos segundo DNIT (2003a).



Fonte: Autor (2022).

2.4.1 Fendas

Bernucci *et al.* (2008), considera as fendas um dos defeitos mais significativos dos pavimentos asfálticos, sendo divididas de acordo com seu tipo e gravidade. Citam ainda que as fendas são aberturas na superfície do asfalto podendo ser classificadas como fissuras, quando a abertura consegue ser identificável a olho nu a distância inferior a 1,5 metros, ou como trincas quando a abertura é maior que a fissura.

De acordo com Pinto (2003), outros fatores contribuem para o fendilhamento, sendo eles: as camadas granulares sem capacidade de suporte, a utilização de materiais de má qualidade e a camada superficial com elevada rigidez.

2.4.1.1 Fissura

Considerada uma fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente em relação ao eixo da via, como citado anteriormente sendo somente visualizada a olho nu em uma distância inferior a 1,5 metros. Além disso elas não causam problemas funcionais ao revestimento, não sendo consideradas na análise das condições de superfícies (DNIT, 2003a).

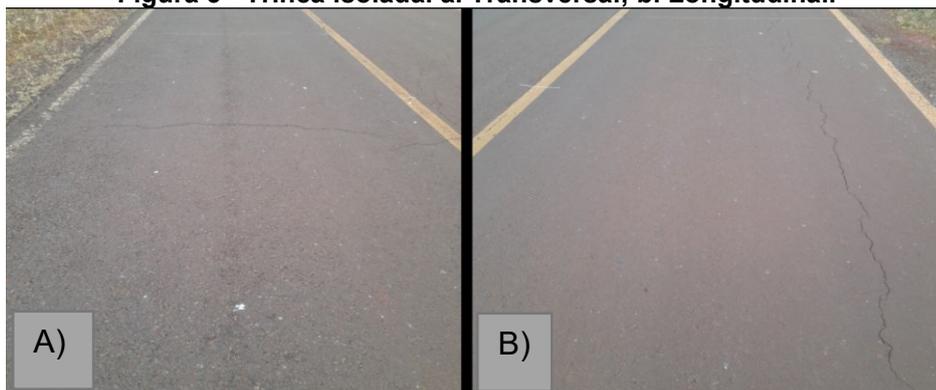
2.4.1.2 Trincas

Possui uma abertura superior à da fissura, sendo facilmente visível a olho nu. Elas têm como causa a fadiga podem se apresentar na forma de trinca isolada ou trinca interligada (SILVA,2008).

Segundo o DNIT (2003a) a subdivisão ocorre da seguinte forma:

a) Trincas isoladas, subdivididas em trinca transversal, longitudinal e de retração. As trincas transversais apresentam direções ortogonais ao eixo da via. Já as trincas longitudinais se apresentam paralelamente ao eixo da via, a Figura 5 mostra essas trincas. E por fim, as trincas de retração, não ocorrem por conta da fadiga, mas sim pelos fenômenos de retração térmica, do revestimento do material, do material da base rígida ou semirrígida inferiores ao revestimento trincado.

Figura 5 - Trinca isolada. a. Transversal; b. Longitudinal.

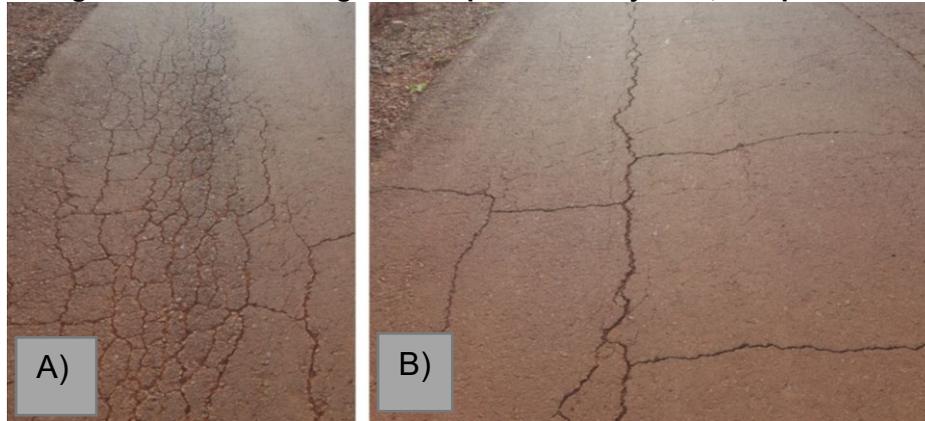


Fonte: Autor (2022).

b) Trincas interligadas, divididas em trinca tipo “Couro de Jacaré” e a tipo “Bloco” e podem ou não apresentar uma erosão acentuada nas bordas. As trincas tipo “Couro de Jacaré” são o conjunto de várias trincas interligadas sem direções. Já as trincas tipo “Bloco” são consideradas um conjunto de trincas interligadas que se

caracterizam pelas configurações de blocos formados por lados bem definidos, como está mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Trinca interligada. a. Tipo Couro de jacaré; b. Tipo bloco.



Fonte: Autor (2022).

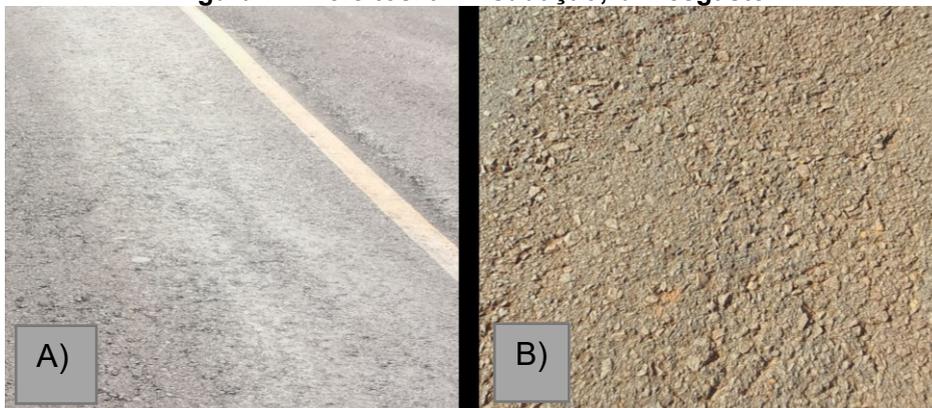
2.4.2 Exsudação de Asfalto

Segundo DNIT (2003a), exsudação é o excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento. Aparecimento de manchas escurecidas sobre o pavimento, mostrado na Figura 7.a.

2.4.3 Desgaste

De acordo com a norma DNIT (2003a), o desgaste é provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego, caracterizado por aspereza superficial e é uma consequência do desprendimento do agregado com o pavimento, mostrado na Figura 7. b.

Figura 7 – Defeitos. a. Exsudação; b. Desgaste.



Fonte: Autor (2022).

2.4.4 Corrugações e Ondulações

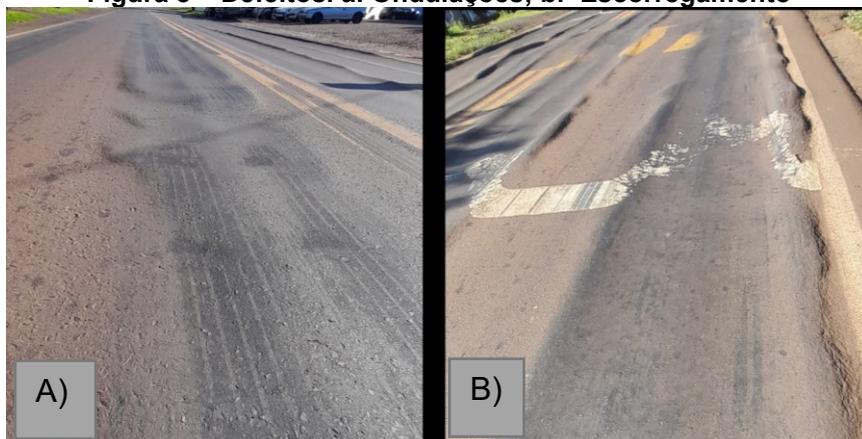
Para Bernucci *et al.* (2008), a corrugação apresenta comprimento de onda entre as duas cristas da ordem de centímetros, já a ondulação apresenta em ordem de metros. Já DNIT (2003a), determina que as corrugações e ondulações são deformações que acontecem de maneira transversal ao eixo da pista, causadas pela instabilidade da mistura betuminosa presente no revestimento ou da base (Figura 8.a).

Para Silva (2008) as corrugações, conhecidas como costela de vaca, são ondulações transversais ao eixo da via e estão associadas às tensões cisalhantes horizontais geradas pelos veículos em áreas de aceleração ou frenagem, sendo mais comum encontradas em subidas, rampas, curvas e interseções. Já as ondulações, chamadas de escorregamento em massa, ocorrem pela baixa estabilidade da mistura asfáltica, onde a massa asfáltica é expulsa pelo tráfego para fora da trilha da roda. Essa baixa estabilidade ocorre pelo excesso de asfalto e agregado fino e pela graduação inadequada.

2.4.5 Escorregamento

Ocorre quando há um deslocamento do revestimento do pavimento em relação a sua camada inferior (Figura 8.b). Assim, a baixa resistência de massa asfáltica ou a falta de aderência entre elas, ocasiona o aparecimento de fendas em forma de meia-lua (DNIT, 2003a). Para Silva (2008), a frenagem dos veículos é o agente causador responsável pela formação dos escorregamentos.

Figura 8 – Defeitos. a. Ondulações; b. Escorregamento



Fonte: Autor (2022).

2.4.6 Afundamentos

Silva (2008) traz que os afundamentos são deformações plásticas ou permanentes e são caracterizados pela depressão longitudinal da superfície do pavimento, sendo causados pela ação repetida do fluxo canalizado de veículos pesados ou comerciais.

DNIT (2003a) classifica os afundamentos em afundamento plástico e afundamento de consolidação. O afundamento plástico ocorre pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, sendo acompanhado de solevamento, no caso, uma compensação volumétrica lateral. Se sua extensão seja de até 6 m, é considerado um afundamento plástico local, caso contrário é denominado afundamento plástico da trilha de roda. Já o afundamento de consolidação ocorre quando há uma consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito sem estar acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m, é considerado um afundamento de consolidação local, quando a extensão for superior a 6 m é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda. A Figura 9 exemplifica o afundamento de trilha de roda e local.



Fonte: Autor (2022).

2.4.7 Panela ou Buraco

Panelas ou buracos aparecem no decorrer da evolução de outras patologias como fendas, desgastes, afundamentos e a falta de aderência entre as camadas formando uma cavidade ou buraco no revestimento, suscetível a passar para camadas inferiores como a base (PINTO,2003).

Considerando que a água é incompressível, quando comprimida ela tende a desagregar ou amolecer as camadas do pavimento, aumentando assim os afundamentos em trilha de roda. A água da chuva em acúmulo nas trincas superficiais existentes nas camadas asfálticas causa uma degradação consideravelmente mais rápida do revestimento, conhecido como stripping (SILVA,2008). A Figura 10 mostra uma panela/buraco de uma via pavimentada.

Figura 10 - Panela/Buraco

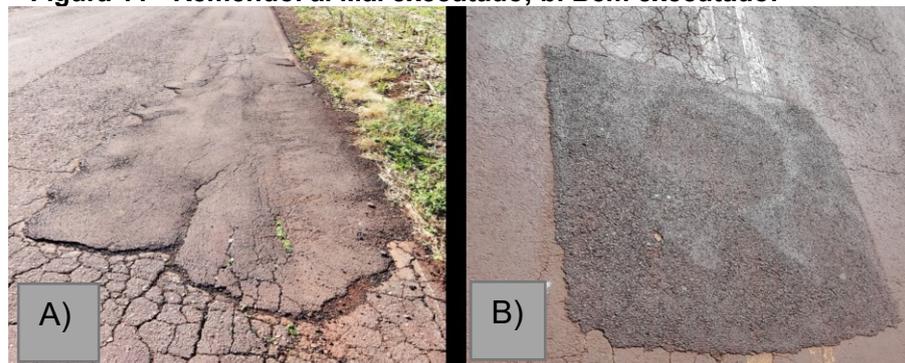


Fonte: Autor (2022).

2.4.8 Remendo

O remendo caracteriza-se pelo preenchimento de panelas com a massa betuminosa, como mostra a Figura 11. Considerando que indicam no pavimento um local de fragilidade, a operação de remendo está relacionada à conservação da superfície podendo ser considerada como um defeito (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Figura 11 - Remendo. a. Mal executado; b. Bem executado.



Fonte: Autor (2022).

Segundo DNIT (2003a) o remendo pode ser classificado como profundo e superficial. No remendo profundo, ocorre a substituição do revestimento e ocasionalmente de outras camadas inferiores, apresentando forma retangular. Já o

remendo superficial é a correção da superfície do revestimento na área localizada, sendo corrigido com a aplicação de uma camada betuminosa.

2.5 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos

A Norma DNIT (2003b), Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, evidencia os parâmetros para a aplicação do método do IGG. A finalidade deste método é chegar a um valor numérico para a condição em que se apresenta o pavimento aonde, varia de 0 (ótimo) a 160 (péssimo). Por fim, IGG avalia a ocorrência dos defeitos nas seções analisadas.

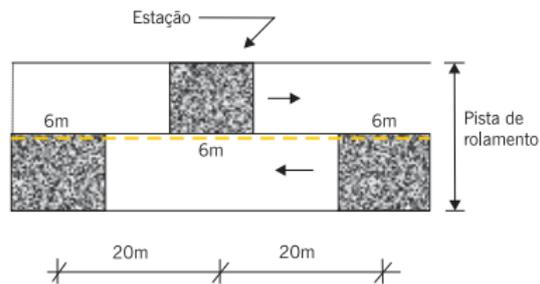
A realização desta avaliação é indicada quando há a necessidade da obtenção de um inventário das ocorrências no pavimento e suas prováveis causas, também é indicada quando precisa ser realizado uma avaliação estrutural do pavimento. Basicamente é uma avaliação embasada em índices, os quais expressam o estado geral do pavimento em função da incidência de defeitos que caracterizem seu grau de degradação (VIEIRA *et al.*, 2016).

Além da identificação dos defeitos definidos pela norma DNIT (2003a), é realizada a medição da flecha nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TRE), sendo a medida da deformação permanente no sulco formado em cada trilha de roda.

Segundo Bernucci *et al.* (2006), a determinação do IGG não se dá para a pista inteira, mas sim, realizado por amostragem. Em caso de pista simples, as estações são inventariadas a cada 20 m, alternando-se a faixa a cada avaliação. Para pista dupla a cada 20 m, na faixa mais solicitada pelo tráfego, em cada uma das pistas.

A superfície de avaliação compreende 3,0 metros, antes e após a estaca demarcada, totalizando 6 m de comprimento e largura igual à da faixa avaliada. A metodologia de cálculo inicia-se pela multiplicação da frequência relativa de cada evento pelo seu respectivo fator de ponderação, a fim de ser determinado o valor do Índice de Gravidade Individual (IGI). A Figura 12 mostra um exemplo das estações em pista simples.

Figura 12 - Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos.



Fonte: Bernucci, et al. (2006).

Após realizada a demarcação das superfícies de avaliação, deve ser anotada para cada trecho demarcado, a presença de qualquer defeito no pavimento de acordo com a norma DNIT (2003a) em um formulário de Inventário. Também se anota as medidas das flechas em cada estação, considerando o maior valor medido em cada trilha.

Para cada uma das ocorrências inventariadas, o Índice de Gravidade Individual (IGI) é obtido por meio da Equação 1, conforme DNIT (2003b):

$$IGI = fr - fp \quad (1)$$

Onde:

fr = Frequência relativa;

fp = Fator de ponderação.

A tabela 1 traz os valores de ponderação de cada tipo de patologia.

Tabela 1 - Defeitos contemplados por DNIT (2003a) e fatores de ponderação fp

Tipo de ocorrência	Tipo de defeito	fp
1	Fissuras e trincas isoladas	0,2
2	Trincas Jacaré e em bloco	0,5
3	Trincas Jacaré e bloco com erosão de borda	0,8
4	Afundamentos	0,9
5	Escorregamento, Ondulações e Panelas	1,0
6	Exsudação	0,5
7	Desgaste	0,3
8	Remendo	0,6

Fonte: Adaptado DNIT (2003b).

Para o afundamento de trilho de rodas, deve-se levar em conta alguns parâmetros para a realização dos cálculos, segundo o DNIT (2003b):

- Para as rodovias de pista simples, a média (x) e a variância (s^2) das flechas medidas nas TRI e TRE de ambas as faixas de tráfego. No caso de “terceiras faixas”, estes parâmetros devem ser considerados separadamente;
- Para as rodovias de pista dupla, a média (x) e a variância (s^2) das flechas medidas nas TRI e TRE das faixas de tráfego mais solicitadas de cada pista, separadamente.

Para a realização do cálculo da média e da variância dos valores das flechas TRI e TRE, utiliza-se a Equação 2 e Equação 3.

$$x = \frac{\sum xi}{n} \quad (2)$$

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

em que:

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

xi = valores individuais;

s = desvio padrão dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

s^2 = Variância.

Já o Índice de Gravidade Global (IGG) é calculado de acordo com a Equação 4.

$$IGG = \sum IGI \quad (4)$$

A partir da obtenção do valor de IGG, já é possível estabelecer a condição do pavimento por meio dos limites apresentados na Tabela 2, conforme o DNIT (2003b).

Tabela 2 - Condição do Pavimento em função do IGG.

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG \geq 160$

Fonte: Adaptado DNIT (2003b).

2.6 Conservação dos Pavimentos Flexíveis

O Manual de restauração de pavimentos asfálticos do DNIT (2006b), traz que a conservação das rodovias possui três finalidades, sendo elas: o prolongamento da vida útil, a redução do custo de operação dos veículos e a contribuição para que as rodovias se mantenham abertas ao tráfego, permitindo uma regularidade, pontualidade e segurança aos serviços de transporte.

Silva (2008) traz que segundo o Instituto do Asfalto dos Estados Unidos, o método de aumentar a vida útil de um pavimento, considerado o mais econômico seria a realização de manutenções preventivas em épocas adequadas. Senço (2001) comenta que se deve priorizar a conservação corretiva, a qual as correções ocorram assim que as falhas surjam, diminuindo assim os gastos com a conservação. Já para Castro (2009) as conservações podem ser consideradas atividades rotineiras, as quais visam manter o pavimento sobre as condições normais, da natureza e de tráfego, tornando o mais próximo possível daquelas imediatas à construção.

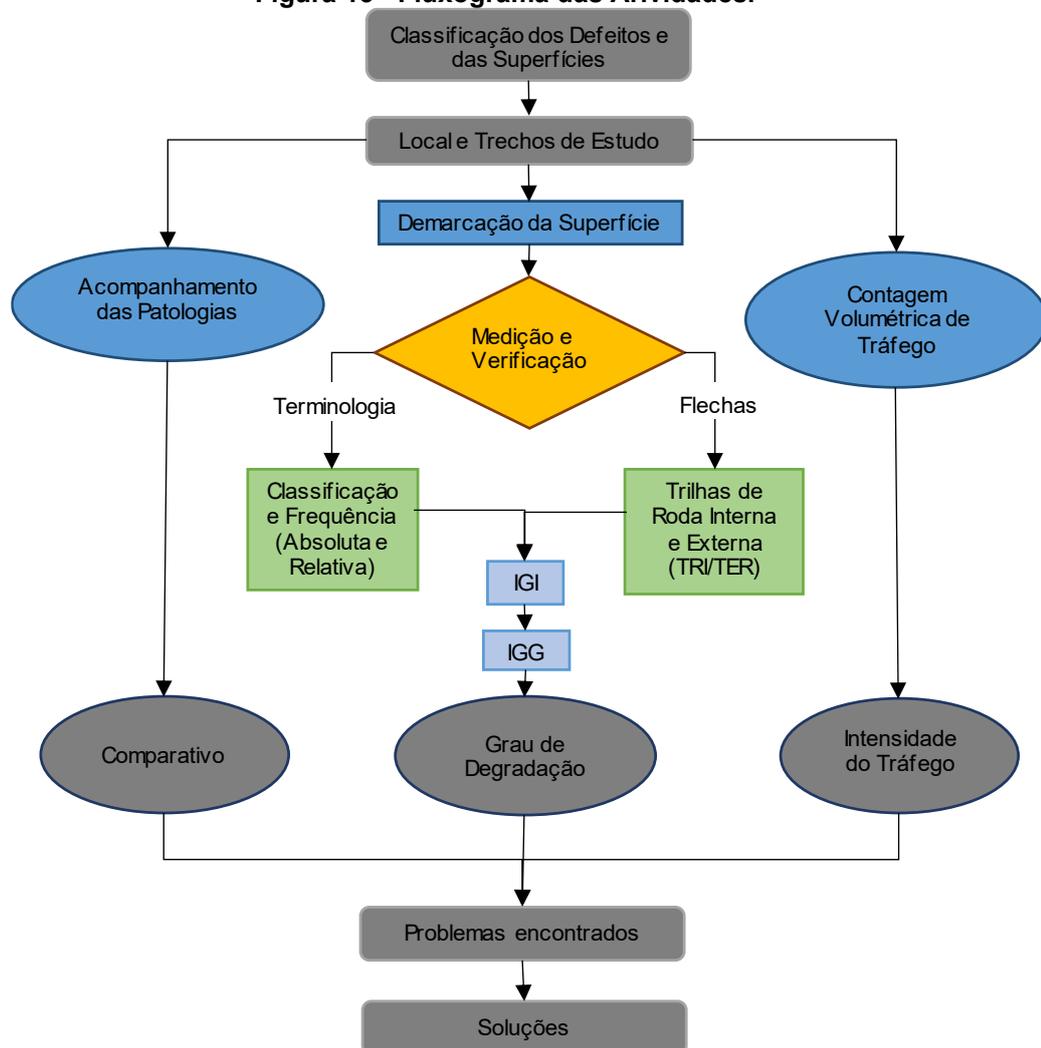
A conservação rotineira segundo o DNIT (2006b) tem como objetivo sanar e/ou reparar um defeito, esses serviços para a pavimentação asfáltica são divididos em dois tipos: remendos e selagens de trincas. Os remendos são realizados por colocação ou preenchimento com misturas betuminosas à quente ou a frio e sua execução é indicada para reparos de painéis ou buracos, recomposição de trechos com trincamento por fadiga e reperfilamento ou reparos localizados para a regularização prévia da superfície. Já na selagem de trincas é realizado o enchimento de trincas e fissuras com materiais como cimentos asfálticos, asfaltos diluídos, emulsões ou selantes especiais, para impedir a penetração de água.

Já a conservação periódica tem como objetivo impedir o surgimento/agravamento de defeitos nos pavimentos. Os serviços considerados são a capa selante, a lama asfáltica, as camadas porosas de atrito e os recapeamentos esbeltos com misturas densas, sendo estes serviços muito utilizados em restaurações de rodovias de baixo volume de tráfego. Suas principais finalidades são: melhoria da superfície excessivamente desgastada, selagem das trincas, impermeabilização do pavimento, melhoria das características de drenagem e de atrito do revestimento, reparo/prevenção do desgaste e oxidação do pavimento, melhoria da aparência do revestimento e a delimitação visual entre pista e acostamento (DNIT, 2006b). revestimento e a delimitação visual entre pista e acostamento (DNIT, 2006b).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo tem como propósito analisar, compreender e realizar uma avaliação superficial dos pavimentos localizados na área rural, no município de Entre Rios do Oeste, Paraná, com a realização de um diagnóstico geral utilizando o método IGG- Índice de Gravidade Global, além da realização de contagem volumétrica de tráfego e o acompanhamento das patologias. A Figura 13 traz um fluxograma que ilustra as etapas da metodologia.

Figura 13 - Fluxograma das Atividades.



Fonte: Autor (2022)

3.1 Localização e caracterização do Município de Entre Rios do Oeste

Os trechos escolhidos para a análise encontram-se no município de Entre Rios do Oeste, na região oeste do estado do Paraná (Figura 14). O município tem

uma extensão territorial de 122,071 km², subdivididos em 103,11 Km² de área rural e 3 Km² de área urbana. Está localizado as margens do Rio Paraná (Lago de Itaipu), com uma altitude média de 261 metros sobre o nível do mar e está situado no 3º Planalto ou Planalto de Guarapuava. A distância da Capital do Estado é de aproximadamente 600 Km.

Figura 14 - Localização do município de Entre Rios do Oeste.



Fonte: Autor (2022).

O clima é quente e temperado, classificando o Município de Entre Rios do Oeste como CFA (clima subtropical úmido) sem estação seca com verões quentes, sendo 22.6 °C a temperatura média, contudo nos últimos anos, segundo observações dos moradores, a temperatura vem gradativamente aumentando, apresentando verões muito quentes. (PREFEITURA MUNICIPAL DE ENTRE RIOS DO OESTE, 2022).

A pluviosidade média anual considerada é de 1545 mm, no mês de agosto a precipitação é de 86 mm tido como o mês mais seco, já o mês de outubro é o mês com maior precipitação, apresentando uma média de 169mm. A temperatura média do mês mais quente do ano, janeiro, é 26.2°C, já a mais baixa considerada é 17.6 °C, no mês de julho. As temperaturas médias possuem uma variação de 8.6 °C durante o ano. (CLIMATE-DATA.ORG, 2022).

O município ainda tem como principal atividade econômica a agropecuária. No setor agrícola tem a produção de soja, milho, trigo e mandioca. Na pecuária a principal atividade econômica é voltada a criação de suínos, na qual o município conta com cerca de 155 mil cabeças.

3.1.1 Caracterização dos Trechos escolhidos

O primeiro critério para a definição da área de estudo foi escolher os trechos mais utilizados pelos munícipes, sendo estes, os que mais recebem melhorias.

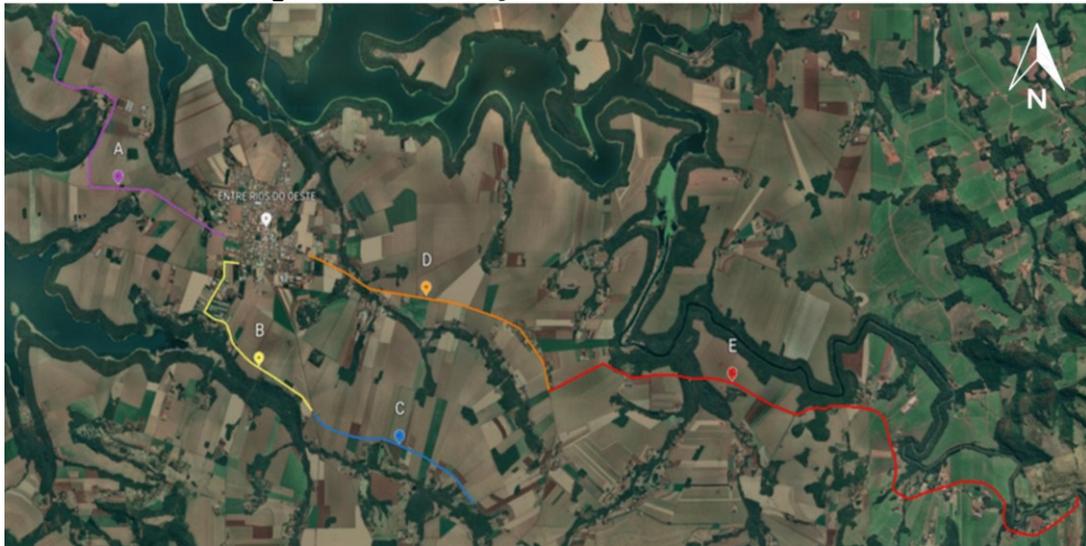
Assim, definiu-se como as áreas de estudo as estradas localizadas na área rural do município. Estas estradas ligam a cidade as linhas, sendo elas: Linha Boa Esperança, Linha Felicidade, Linha Golondrina e Linha Vista Alegre. Já a Linha Volta Gaúcha está conectada com a linha Vista Alegre.

Por estarem localizados na área rural do município estes trechos são bastante utilizados para o escoamento da agricultura e da suinocultura, além da utilização da população de maneira geral. A Tabela 3 traz as coordenadas iniciais e finais dos trechos, além de sua extensão. Já a Figura 15 traz a localização dos trechos escolhidos.

Tabela 3 - Características dos Trechos					
Trecho	Coordenadas				Extensão (km)
	Inicial		Final		
	Latitude Longitude	Latitude Longitude	Latitude Longitude	Latitude Longitude	
A	Boa Esperança	24°42'20.20"S 54°15'3.50"O	24°40'25.60"S 54°16'54.60"O	6,54	
B	Linha Felicidade	24°42'35.10"S 54°14'54.50"O	24°43'52.60"S 54°14'7.40"O	3,48	
C	Linha Golondrina	24°43'54.40"S 54°14'6.10"O	24°44'40.40"S 54°12'22.60"O	3,41	
D	Vista Alegre	24°42'30.50"S 54°14'9.80"O	24°43'42.30"S 54°11'32.60"O	5,3	
E	Volta Gaúcha	24°43'42.30"S 54°11'31.50"O	24°44'37.50"S 54° 5'47.50"O	12	

Fonte: Autor (2022).

Figura 15 - Localização dos Trechos de estudo.



Fonte: Adaptado do Google Earth (2022).

Estas estradas rurais já existem há alguns anos e passaram por melhorias realizadas de acordo com as suas necessidades. Assim, algumas características e melhorias que estes trechos receberam ao decorrer dos anos são apresentadas (PORTAL DA TRANSPARENCIA-WEBSITE):

- Trecho A – Linha Boa Esperança: Inicialmente não havia pavimentação, era somente estrada de terra, o trecho teve a necessidade de um pavimento mais confortável para os usuários, sendo assim realizada a pavimentação asfáltica e no ano de 2018 foi realizado o último recape no trecho em CBUQ.
- Trecho B – Linha Felicidade: No ano de 2013 foi pavimentada inicialmente em alvenaria poliédrica, e tendo a necessidade de um pavimento mais confortável para os usuários, no ano de 2019 foi realizado a recuperação de base e o recape asfáltico sobre os trechos com pavimentação poliédrica, sendo o recape realizado em Capa asfáltica em CBUQ. Já o último recape realizado em uma parte deste trecho foi executado no ano de 2020.
- Trecho C – Linha Golondrina: Em 2013 foi pavimentada inicialmente em alvenaria poliédrica, teve seu reperfilamento no ano de 2020 realizado sobre os trechos com pavimentação poliédrica, o qual foi realizado em CBUQ.
- Trecho D – Linha Vista Alegre: Pavimentada inicialmente em alvenaria poliédrica, no ano de 2008 recebeu a recuperação asfáltica em CBUQ. Esse trecho recebeu melhoria no ano de 2017, sendo a recuperação do pavimento asfáltico realizada em Capa asfáltica em CBUQ. No ano de 2019 foi realizado

a recuperação de base e o recape asfáltico sobre os trechos com defeitos, o recape foi realizado em Capa asfáltica em CBUQ. A última melhoria deste trecho ocorreu no ano de 2021 onde foi realizado o capeamento asfáltico em CBUQ.

- Trecho E – Linha Volta Gaúcha: Pavimentado inicialmente em alvenaria poliédrica, no ano de 2014 teve sua primeira melhoria, sendo realizado o recapeamento asfáltico sobre a pavimentação poliédrica, em CBUQ. Alguns quilômetros deste trecho receberam melhoria no ano de 2020, sendo a recuperação do pavimento asfáltico realizada em Capa asfáltica em CBUQ.

3.2 Classificação dos defeitos e das superfícies

Para a avaliação foi aplicada a metodologia proposta pela norma DNIT 006/2003–PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos asfálticos – Procedimento.

3.2.1 Demarcação das superfícies

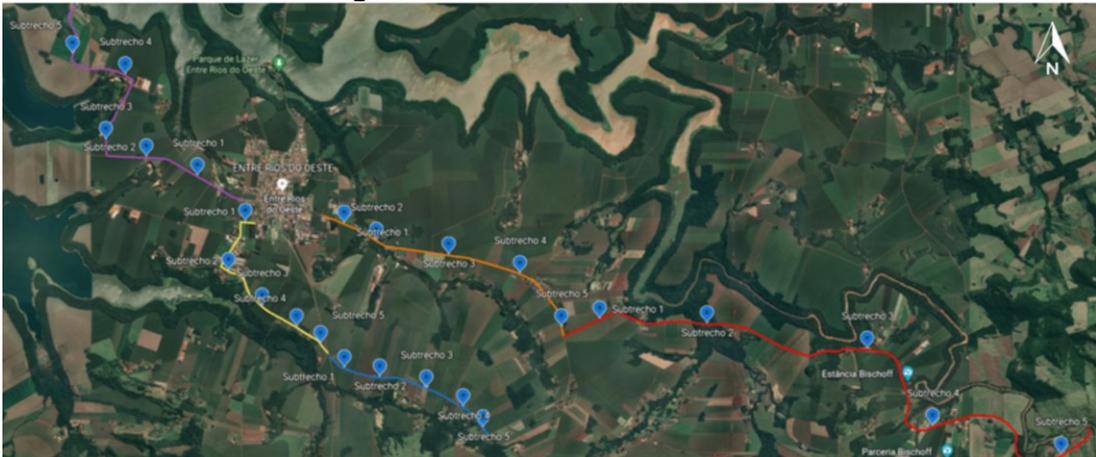
Os trechos que foram estudados possuem extensões que variam de 3,5 a 12 km conforme a Tabela 3. Para a demarcação das superfícies foi necessário uma trena de 50 metros e giz. As demarcações ocorreram nos dias 15 a 19 de agosto de 2022, durante todo o dia.

Inicialmente, selecionou-se no decorrer das vias, 5 (cinco) subtrechos com extensão de 100m. Em cada um deles foram demarcadas estações distanciadas 20m entre si e alternadas em relação ao eixo da pista de rolamento (DNIT, 2003c).

Em seguida, demarcou-se com giz duas seções transversais: uma 3m avante e outra 3m à ré de cada estação, totalizando 6 metros. A área entre essas seções será a superfície de avaliação, como exposto na Figura 12 da seção 2.5.

Durante a avaliação da superfície do pavimento, foi utilizado um aparelho de GPS (Global Positioning System) da marca Garmin – GPSMAP 64sc, pôde-se obter as referências espaciais dos cinco subtrechos escolhidos e dos locais onde se evidenciou as patologias. A Figura 16 apresenta os trechos das estradas estudadas e aponta os locais dos cinco subtrechos das mesmas.

Figura 16 - Subtrechos Analisados.



Fonte: Adaptado do Google Earth (2022).

3.2.2 Inventário das ocorrências e medidas das flechas

Após a demarcação das superfícies, foi realizada a identificação e classificação dos defeitos de acordo com as definições previstas pela norma DNIT (2003a) os quais foram expostas na seção 2.4.

Para realizar essa atividade, preencheu-se manualmente o Inventário do estado da superfície do pavimento (Anexo A), no qual deve-se assinalar caso haja presença de defeitos identificados dentro de cada uma das superfícies que serão avaliadas. Também foram medidas as flechas, em milímetros, utilizando uma treliça em alumínio (Anexo B), sendo elas, medidas nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TRE) de cada estação e anotado o maior valor medido em cada trilha (Figura 17).

Figura 17 - Medição dos Afundamentos em trilhas de roda com auxílio de Treliça.



Fonte: Autor (2022).

3.2.3 Frequências absolutas

Após o preenchimento dos inventários de estado de superfície, calculou-se, então, as frequências absolutas e relativas de cada ocorrência e anotadas na planilha de cálculo do IGG (Anexo C). Também foram calculadas, para as flechas medidas, a média (\bar{x}) e a variância (s^2) nas trilhas de roda interna e externa (TRI e TRE) e anotados seus valores na planilha de cálculo do IGG.

3.2.4 Índice de Gravidade Individual e Índice de Gravidade Global

As ocorrências inventariadas são divididas em “Tipos”, cada qual com um valor de fator de ponderação (fp) prefixado pela norma, conforme apresentado na Tabela 1. A partir desses valores, das frequências relativas e do fator de ponderação calculou-se o Índice de Gravidade Individual (IGI). E por fim, determinou-se o Índice de Gravidade Global (IGG), com o valor calculado foi possível atribuir o conceito de degradação do pavimento, de acordo com a Tabela 2.

3.3 Contagem Volumétrica de Tráfego

O estudo de tráfego serve para conhecer as classes dos veículos que transitam, além de determinar a intensidade do tráfego na rodovia. Ele foi realizado de forma manual e por meio de contagem volumétrica classificatória, onde houve o preenchimento da ficha de contagem volumétrica, disponível em DNIT (2006c) e apresentada no Anexo D.

Como os trechos escolhidos possuem baixo tráfego de veículos, esta ficha foi adaptada para uma melhor identificação. Foram realizadas contagens marcando traços para cada veículo identificado, em um intervalo de tempo definido de três horas.

As contagens de cada trecho foram realizadas nos dias 19 a 23 de setembro nos horários de pico do tráfego das rodovias, sendo eles das 6h30 às 9h30, das 11h30 às 14h30 e por fim das 16h30 às 19h30, período da entressafra, como mostra a Figura 18. Assim a ordem das contagens ocorreu da seguinte forma: segunda-feira dia 19 na Linha Volta gaúcha, terça-feira dia 20 na Linha Golondrina, quarta-feira dia 21 na Linha

Felicidade, quinta-feira dia 22 na Linha Boa Esperança e sexta-feira dia 23 na Linha Vista Alegre.

Figura 18 - Ficha utilizada para determinação do Volume de Tráfego.

Volume de Tráfego				
Estrada:				
Operador:			Data:	
HORA	CARRO	CAMINHÃO	ÔNIBUS	TRATOR
6:30 às 9:30				
11:30 às 14:30				
16:30 às 19:30				
TOTAL				

Fonte: Autor (2022).

A obtenção desses dados de tráfego é uma forma de auxiliar na determinação das possíveis causas dos defeitos no pavimento, visto que a incidência de patologias, dentre outros fatores, está também diretamente ligada ao volume de tráfego e ao tipo de veículo que transita pela via.

3.4 Condições de Drenagem

Segundo o Manual do DNIT (2006d), existem três tipos de drenagem em rodovias, sendo elas: a drenagem superficial, a drenagem do pavimento e a drenagem profunda/subterrânea, ambas são importantes para a proteção do corpo estradal das águas que o atingem.

A drenagem do pavimento e a drenagem profunda estão localizadas dentro da estrutura do pavimento ou do solo, sendo só visualizadas em casos específicos, devido a topografia do terreno ou as patologias. Já drenagem superficial consegue-se verificar devido a observações “in situ”

3.5 Acompanhamento das Patologias

Para o acompanhamento das patologias, foi realizado um registro fotográfico mensal dos locais selecionados com o intuito de desenvolver um acervo digital dos defeitos. Com o auxílio de um GPS– GPSMAP 64sc, foi possível obter as coordenadas de cada patologia acompanhada.

O objetivo desta sequência fotográfica foi demonstrar a evolução e o desenvolvimento de algumas das patologias encontradas nos trechos de estudo.

3.6 Problemas Encontrados e Possíveis Soluções

A partir das etapas concluídas, sendo elas: o estudo da bibliografia e a execução da metodologia em campo, foi possível realizar uma avaliação em função das patologias descobertas, além da possibilidade de elaboração de propostas para a redução das mesmas.

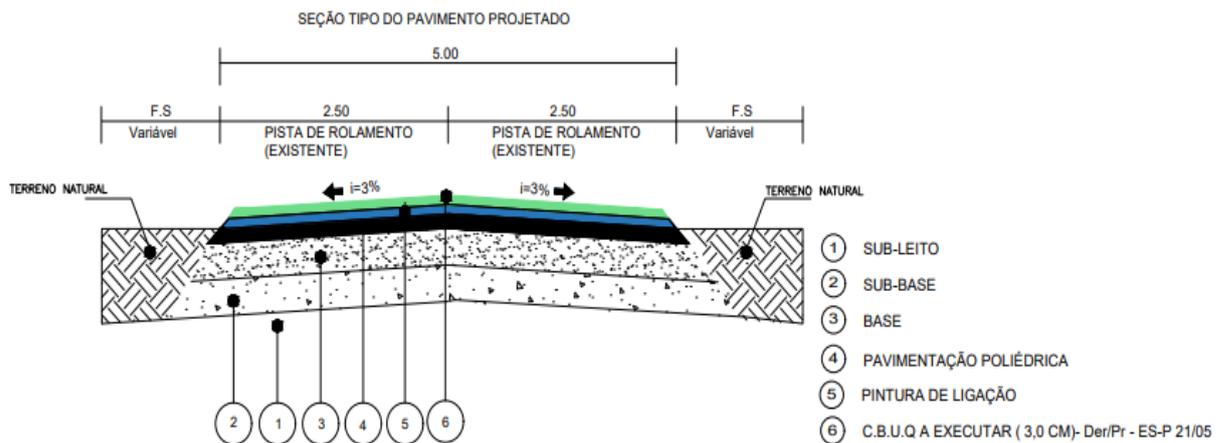
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Característica dos trechos

De acordo com o Portal da Transparência dos Municípios é possível encontrar os modelos e as principais características das vias estudadas, bem como os seus projetos de execução.

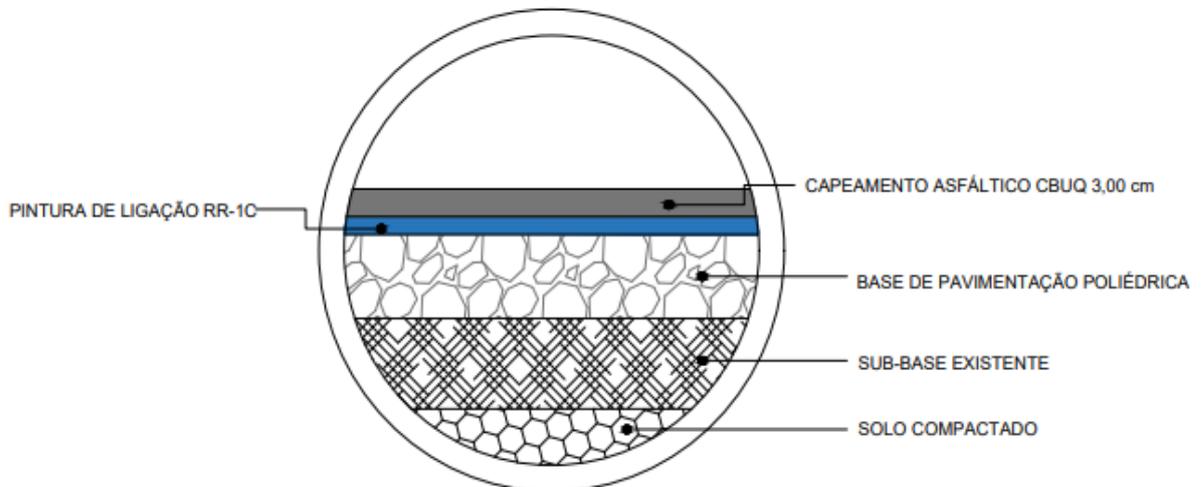
Segundo os projetos disponíveis, nota-se uma característica em comum, onde a maioria dos pavimentos possui uma capa de CBUQ de 3,00 cm. As Figuras 19 e 20 mostram os detalhes dos projetos das estradas estudadas.

Figura 19 - Detalhe da Seção Tipo do Pavimento



Fonte: Adaptado do Portal da transparência (2022).

Figura 20 - Detalhe Recape CBUQ



Fonte: Adaptado do Portal da transparência (2022).

4.2 Índice de Gravidade Global

O índice de gravidade global foi calculado com base em todo o procedimento apresentado no item 3.2. Como este procedimento é amostral e considera somente algumas áreas para a determinação do grau de degradação geral do pavimento foram escolhidos cinco trechos para estudo.

4.2.1 Boa Esperança

O primeiro trecho analisado foi o da Linha Boa esperança, o Quadro 2 mostra os resultados obtidos. O IGG no trecho foi 196,2, o que determina um pavimento com superfície em estado de degradação péssimo, de acordo com a Tabela 2 exposta no item 2.5.

Quadro 2 - Planilha de cálculo do IGG

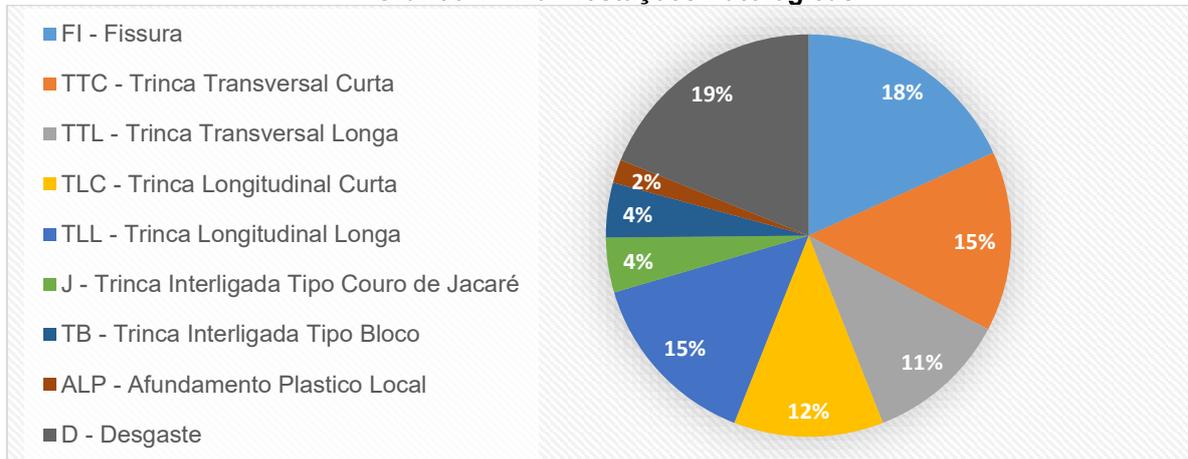
PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)					Data:				
TRECHO: LINHA BOA ESPERANÇA					15/08/2022				
REVESTIMENTO TIPO: CBUQ									
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta		Frequência relativa		Fator de ponderação	Índice de gravidade individual		
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	112,0		373,3		0,2	74,7		
2	(FC – 2) J, TB	14,0		46,7		0,5	23,3		
3	(FC – 3) JE, TBE	0,0		0,0		0,8	0,0		
4	ALP, ATP, ALC, ATC	3,0		10,0		0,9	9,0		
5	O, P, E	0,0		0,0		1,0	0,0		
6	EX	0,0		0,0		0,5	0,0		
7	D	30,0		100,0		0,3	30,0		
8	R	0,0		0,0		0,6	0,0		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE=	10,0	TRI=	3,8	F =	6,9	$\frac{1A(x)}{1B(x)}$	9,2
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv=	87,9	TRlv=	33,0	FV =	60,4	$\frac{2A(x)}{2B(x)}$	50,0
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n=	30,0		∑ IND. GRAVID. IND. = IGG		196,2		
1A) IGI=F*4/3 quando F<=30			FV<=50		2A) IGI=FV quando			Operador: Laryssa Silva	
1B) IGI=40 quando F>30			2B) IGI=50 quando FV>50						

Fonte: Autor (2022).

No Apêndice A está localizada a planilha dos inventários dos defeitos. A partir dela fica evidente que o trecho em estudo possui muitas patologias e o pavimento bem desgastado. Visto que sua última recuperação foi realizada no ano de 2018,

sendo a mesma parcial, ou seja, somente nos primeiros 1.200 metros aproximadamente, por conta disso, os outros 5 km foram os que mais apresentaram patologias, sendo as principais: as trincas isoladas e as trincas interligadas. O Gráfico 1 mostra a porcentagens das patologias encontradas.

Gráfico 1 - Manifestações Patológicas



Fonte: Autor (2022).

Ao analisar as patologias encontradas e relacionando-as com o Fator de Ponderação (Tabela 1), o qual identifica qual a gravidade da patologia, na Linha Boa Esperança a patologia mais grave encontrada foi o Afundamento seguido das trincas interligadas. Com relação as trincas isoladas, as fissuras e o desgaste não são considerados defeitos graves, uma vez que seu fator de ponderação é 0,2 e 0,3 respectivamente.

O Apêndice B traz algumas imagens dos defeitos encontrados nas subestações analisadas ao decorrer da via. A Imagem D faz referência ao trecho recuperado explicado anteriormente.

4.2.2 Linha Felicidade

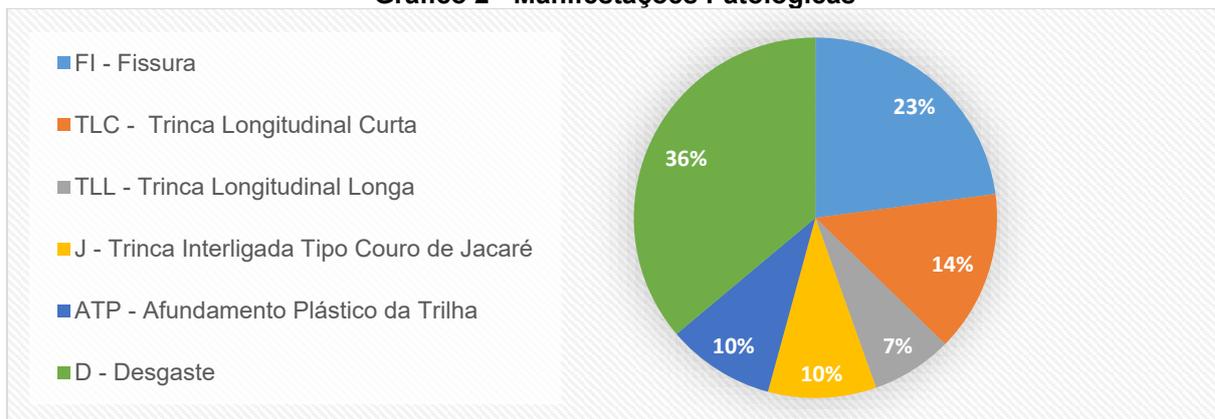
O segundo trecho analisado foi o da Linha Felicidade, o Quadro 3 mostra os resultados obtidos. O IGG no trecho foi 194, o que determina também um pavimento com superfície em estado de degradação péssimo, de acordo com a Tabela 2 exposta no item 2.5.

Quadro 3 - Planilha de cálculo do IGG

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)										Data:
TRECHO: LINHA FELICIDADE										16/08/2022
REVESTIMENTO TIPO: CBUQ										
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta			Frequência relativa		Fator de ponderação		Índice de gravidade individual	
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	37,0			123,3		0,2		24,7	
2	(FC – 2) J, TB	8,0			26,7		0,5		13,3	
3	(FC – 3) JE, TBE	0,0			0,0		0,8		0,0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	12,0			40,0		0,9		36,0	
5	O, P, E	6,0			20,0		1,0		20,0	
6	EX	0,0			0,0		0,5		0,0	
7	D	30,0			100,0		0,3		30,0	
8	R	0,0			0,0		0,6		0,0	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE=	20,0	TRI=	10,0	F =	15,0	1 A (x) 1 B ()	20,0	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv=	246,4	TRlv=	121,9	FV =	184,2	2 A () 2 B (x)	50,0	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n=	30,0			∑ IND. GRAVID. IND. = IGG			194,0	
1A) IGI=F*4/3 quando F<=30					2A) IGI=FV quando FV<=50					Operador: Laryssa Silva
1B) IGI=40 quando F>30					2B) IGI=50 quando FV>50					

Fonte: Autor (2022).

O Apêndice C traz a planilha dos inventários dos defeitos preenchida. Um fato que fica bem evidente nesta via é a falta de conservação, pois sua implantação ocorreu no ano de 2019. O Gráfico 2 mostra a porcentagens das patologias encontradas.

Gráfico 2 - Manifestações Patológicas

Fonte: Autor (2022).

Ao analisar as patologias encontradas e relacionando-as com o Fator de Ponderação (Tabela 1), o qual identifica qual a gravidade da patologia, na Linha Felicidade a patologia mais grave encontrada foi o Afundamento seguido da trinca interligada tipo couro de jacaré. Com relação as trincas isoladas, as fissuras e o

desgaste não são considerados defeitos graves, uma vez que seu fator de ponderação é 0,2 e 0,3 respectivamente.

O Apêndice D traz algumas imagens dos defeitos encontrados nas subestações analisadas ao decorrer da via. A Imagem H mostra o Afundamento plástico presente na estação. Além disso é possível observar o desgaste do pavimento.

4.2.3 Linha Golondrina

O terceiro trecho analisado foi o da Linha Golondrina, o Quadro 4 mostra os resultados obtidos. O IGG no trecho foi 176,7, o que determina também um pavimento com superfície em estado de degradação péssimo, de acordo com a Tabela 2 exposta no item 2.5.

Quadro 4 - Planilha de cálculo do IGG

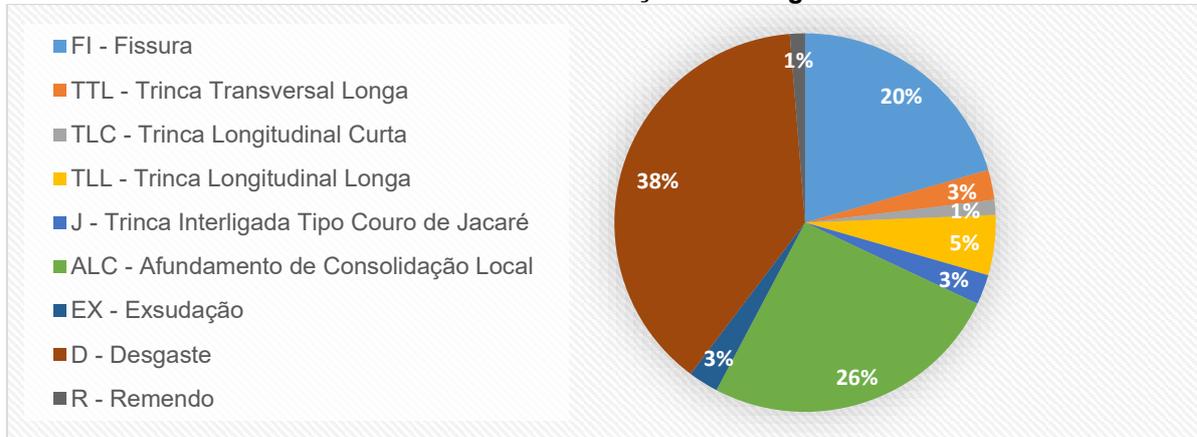
PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)										Data:
TRECHO: LINHA GOLONDRINA										17/08/2022
REVESTIMENTO TIPO: CBUQ										
Item	Natureza do defeito		Frequência absoluta			Frequência relativa		Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR		23,0			76,7		0,2	15,3	
2	(FC – 2) J, TB		2,0			6,7		0,5	3,3	
3	(FC – 3) JE, TBE		0,0			0,0		0,8	0,0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC		20,0			66,7		0,9	60,0	
5	O, P, E		0,0			0,0		1,0	0,0	
6	EX		2,0			6,7		0,5	3,3	
7	D		30,0			100,0		0,3	30,0	
8	R		1,0			3,3		0,6	2,0	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE=	10,0	TRI=	9,0	F =	9,5	1 A (x) 1 B ()	12,7	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv=	75,5	TRIV=	84,1	FV =	79,8	2 A () 2 B (x)	50,0	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n=	30,0			Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			176,7	
1A) IGI=F*4/3 quando F<=30					2A) IGI=FV quando FV<=50					Operador: Laryssa Silva
1B) IGI=40 quando F>30					2B) IGI=50 quando FV>50					

Fonte: Autor (2022).

No Apêndice E pode ser visualizado a planilha dos inventários dos defeitos. Um dos problemas que este trecho apresenta é o desgaste em alguns pontos, uma vez que essa pista teve sua camada em CBUQ em 2020.

O Gráfico 3 mostra a porcentagens das patologias encontradas. O Apêndice F traz algumas imagens dos defeitos encontrados nas subestações analisadas ao decorrer da via.

Gráfico 3 - Manifestações Patológicas



Fonte: Autor (2022).

Ao analisar as patologias encontradas e relacionando-as com o Fator de Ponderação (Tabela 1), o qual identifica qual a gravidade da patologia, na Linha Golondrina a patologia mais grave encontrada foi o Afundamento seguido pelo remendo, exsudação e trincas interligadas. Com relação as trincas isoladas, as fissuras e o desgaste não são considerados defeitos graves, uma vez que seu fator de ponderação é 0,2 e 0,3 respectivamente.

4.2.4 Vista Alegre

O quarto trecho analisado foi o da Linha Vista Alegre, o Quadro 5 mostra os resultados obtidos. O IGG no trecho foi 106, o que classifica como um pavimento com superfície em estado de degradação ruim, de acordo com a Tabela 2 exposta no item 2.5.

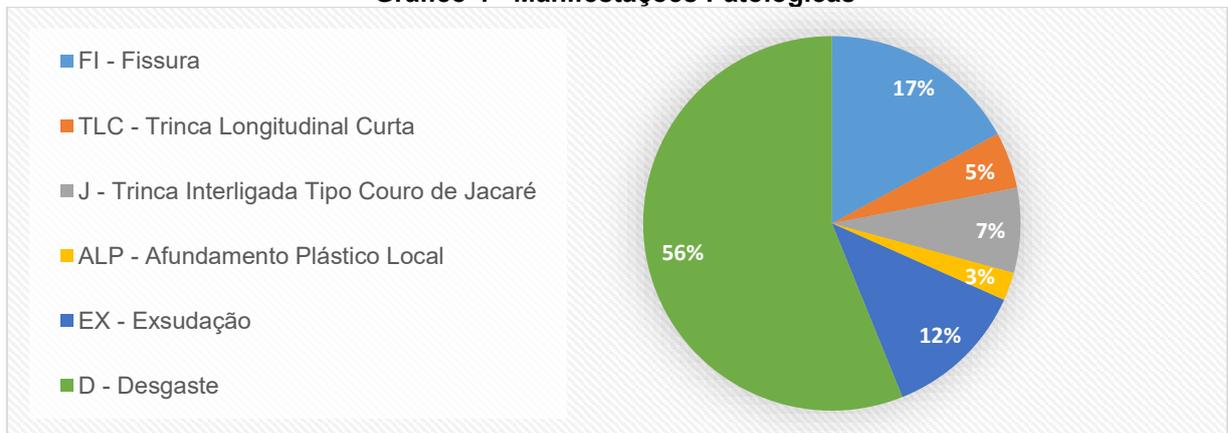
Quadro 5 - Planilha de cálculo do IGG

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)										Data:
TRECHO: LINHA VISTA ALEGRE										18/08/2022
REVESTIMENTO TIPO: CBUQ										
Item	Natureza do defeito		Frequência absoluta		Frequência relativa		Fator de ponderação		Índice de gravidade individual	
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR		10,0		33,3		0,2		6,7	
2	(FC – 2) J, TB		3,0		10,0		0,5		5,0	
3	(FC – 3) JE, TBE		0,0		0,0		0,8		0,0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC		1,0		3,3		0,9		3,0	
5	O, P, E		0,0		0,0		1,0		0,0	
6	EX		5,0		16,7		0,5		8,3	
7	D		23,0		76,7		0,3		23,0	
8	R		0,0		0,0		0,6		0,0	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE		TRE=	10,0	TRI=	5,0	F =	7,5	$1 A (\quad x \quad)$ $1 B (\quad)$	10,0
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas		TREv=	47,8	TRIV=	40,4	FV =	44,1	$2 A (\quad x \quad)$ $2 B (\quad)$	50,0
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES			n=	30		\sum IND. GRAVID. IND. = IGG				106
1A) $IGI=F*4/3$ quando $F \leq 30$			quando $FV \leq 50$				2A) $IGI=FV$			Operador: Laryssa Silva
1B) $IGI=40$ quando $F > 30$			quando $FV > 50$				2B) $IGI=50$			

Fonte: Autor (2022).

No Apêndice G pode ser visualizado a planilha dos inventários dos defeitos preenchida. Um fato desta via é a mesma passou por várias recuperações desde a recuperação de base em 2019 à recuperação do pavimento em 2021. O principal defeito encontrado nesta via foi a exsudação e o desgaste.

O Gráfico 4 mostra a porcentagens das patologias encontradas. O Apêndice H traz algumas imagens dos defeitos encontrados nas subestações analisadas ao decorrer da via.

Gráfico 4 - Manifestações Patológicas

Fonte: Autor (2022).

Ao analisar as patologias encontradas e relacionando-as com o Fator de Ponderação (Tabela 1), o qual identifica qual a gravidade da patologia, na Linha Vista Alegre a patologia mais grave encontrada foi o Afundamento seguido da trinca interligada tipo couro de jacaré e exsudação. Com relação as trincas isoladas, as fissuras e o desgaste não são considerados defeitos graves, uma vez que seu fator de ponderação é 0,2 e 0,3 respectivamente.

4.2.5 Volta Gaúcha

O quinto trecho analisado foi o da Linha Volta Gaúcha, o Quadro 6 mostra os resultados obtidos. O IGG no trecho foi 225, o que classifica como um pavimento com superfície em estado de degradação péssimo, de acordo com a Tabela 2 exposta no item 2.5.

Quadro 6 - Planilha de cálculo do IGG

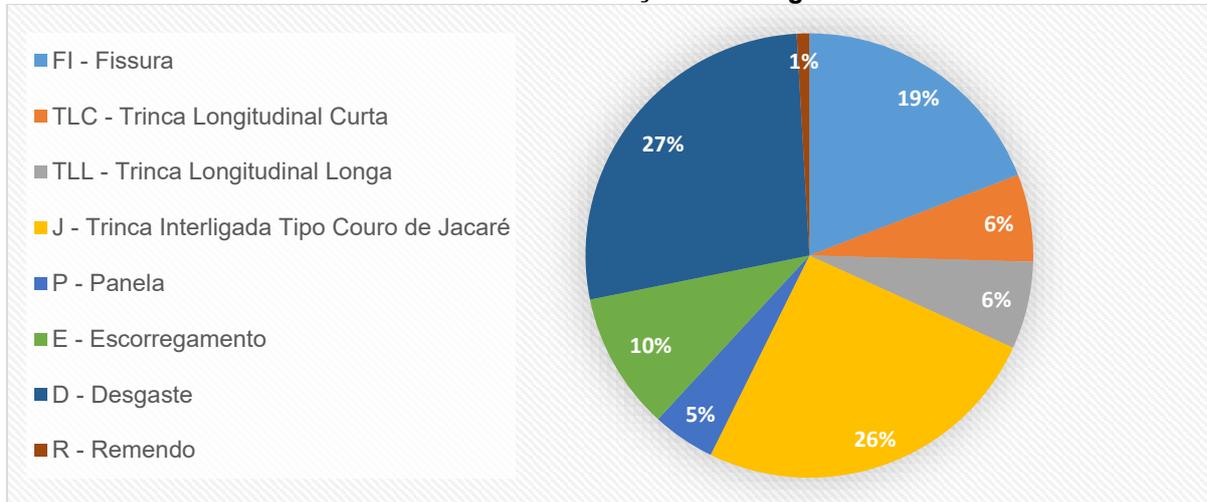
PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)										Data:
TRECHO: LINHA VOLTA GAÚCHA										19/08/2022
REVESTIMENTO TIPO: CBUQ										
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta			Frequência relativa		Fator de ponderação	Índice de gravidade individual		
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	35,0			116,7		0,2	23,3		
2	(FC – 2) J, TB	28,0			93,3		0,5	46,7		
3	(FC – 3) JE, TBE	0,0			0,0		0,8	0,0		
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0,0			0,0		0,9	0,0		
5	O, P, E	16,0			53,3		1,0	53,3		
6	EX	0,0			0,0		0,5	0,0		
7	D	30,0			100,0		0,3	30,0		
8	R	1,0			3,3		0,6	2,0		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE=	15,5	TRI=	14,0	F =	14,8	1 A (x) 1 B ()	19,7	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv=	200,6	TRIV=	120,1	FV =	160,3	2 A () 2 B (x)	50,0	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n=	30,0			Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			225,0	
1A) IGI=F*4/3 quando F<=30										Operador: Laryssa Silva
2A) IGI=FV quando FV<=50										
1B) IGI=40 quando F>30										
2B) IGI=50 quando FV>50										

Fonte: Autor (2022).

No Apêndice I pode ser visualizado a planilha dos inventários dos defeitos preenchida. Um fato importante referente esta via, é que a mesma foi feita no ano de 2014 e somente um trecho dela foi recuperado no ano de 2020.

O Gráfico 5 mostra a porcentagens das patologias encontradas. Já o Apêndice J traz algumas imagens dos defeitos encontrados nas subestações analisadas ao decorrer da via.

Gráfico 5 - Manifestações Patológicas



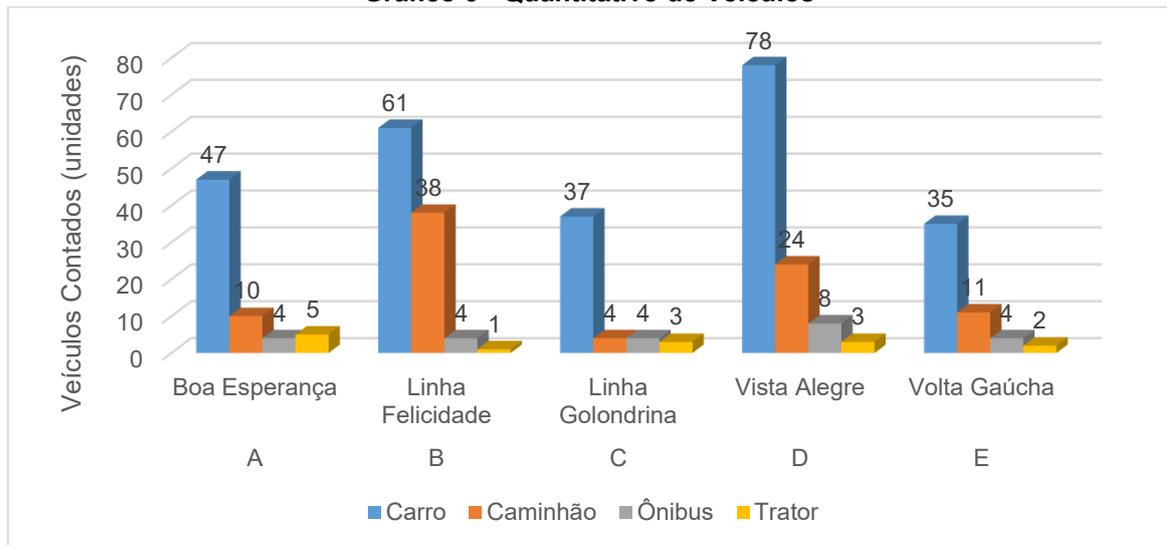
Fonte: Autor (2022).

Ao analisar as patologias encontradas e relacionando-as com o Fator de Ponderação (Tabela 1), o qual identifica qual a gravidade da patologia, na Linha Volta Gaúcha a patologia mais grave encontrada foi a panela, escorregamento seguido do remendo e trinca interligada tipo couro de jacaré. Com relação as trincas isoladas, as fissuras e o desgaste não são considerados defeitos graves, uma vez que seu fator de ponderação é 0,2 e 0,3 respectivamente.

4.3 Contagem Volumétrica

O volume de tráfego, como mencionado na metodologia, avaliado através de contagem manual dos veículos, os quais transitaram pelos trechos escolhidos para estudo nos horários de pico sendo eles manhã (6:30 às 9:30), meio-dia (11:30 às 14:30) e final da tarde (16:30 às 19:30). As fichas dos levantamentos encontram-se no Apêndice K deste trabalho.

Para um melhor entendimento referente a quantitativo, observa-se o Gráfico 6, onde mostra em barras os resultados obtidos.

Gráfico 6 - Quantitativo de Veículos

Fonte: Autor (2022).

Analisando o tipo de veículo (Caminhão) observa-se que o Trecho B (Linha Felicidade) apresenta uma maior proporção, pois nesta linha se encontra o Grupo BMG Foods, o qual tem como principal atividade econômica a criação de suínos, além de possuir uma unidade de fabricação própria de ração, a Figura 21 mostra o pátio da mesma. Já o trecho de Vista alegre conta com a Industria Cerâmica Steim.

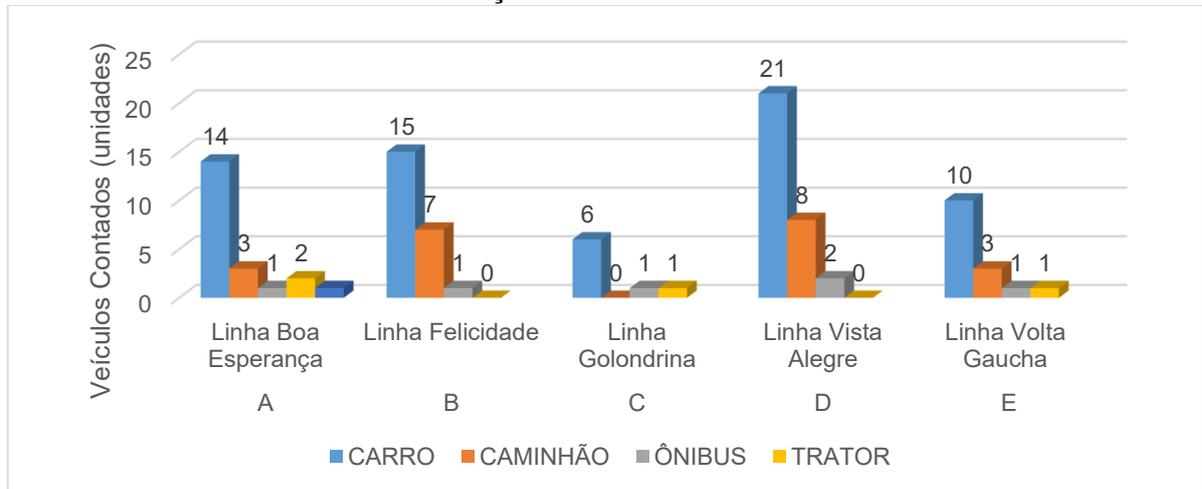
Figura 21 - Pátio da Empresa BMG Foods

Fonte: Autor (2022).

Além disso, é possível observar um valor baixo de tráfego de ônibus no município, pois só se tem aula no período diurno e somente transitam por estas estradas rurais, ônibus que levam os mesmos.

Avaliando os resultados das medições de cada trecho estudado obtém-se os resultados dos horários das medições da manhã no Gráfico 7.

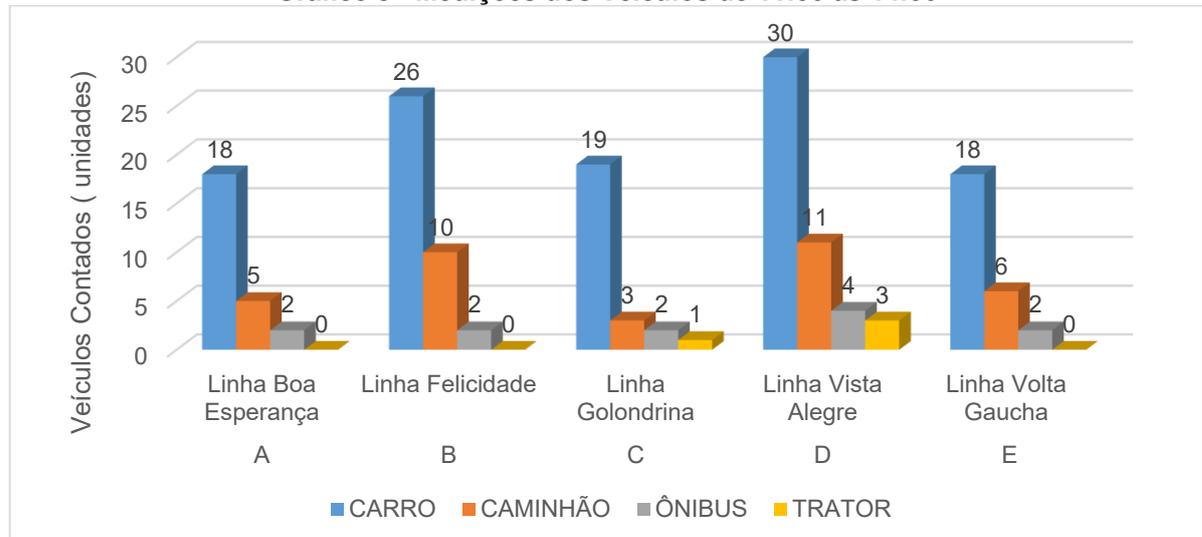
Gráfico 7 - Medições dos Veículos de 6:30 às 9:30



Fonte: Autor (2022).

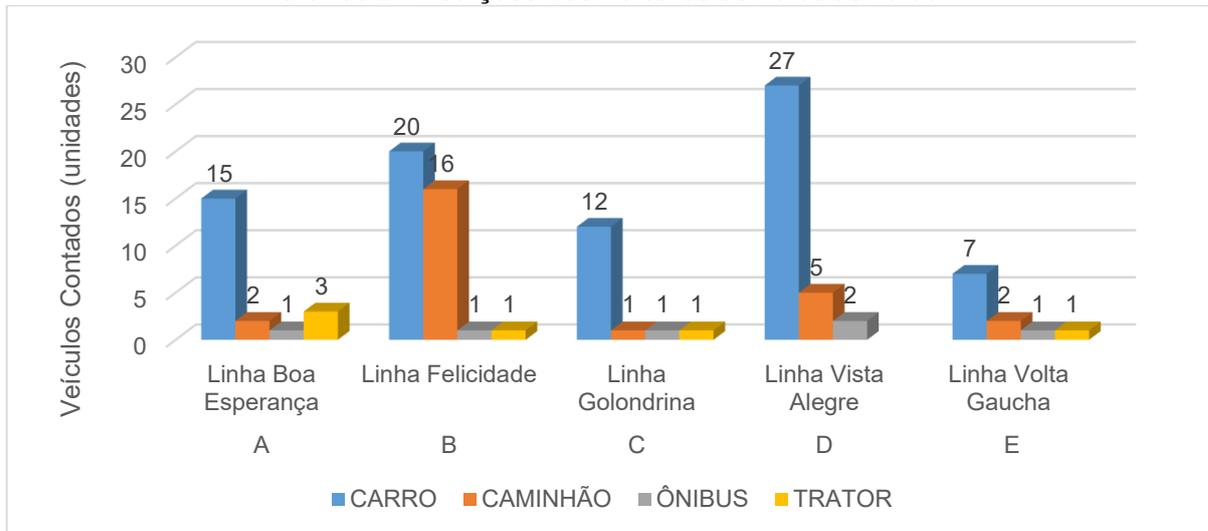
Os resultados obtidos no período do meio-dia de cada trecho estudado é apresentado no Gráfico 8.

Gráfico 8 - Medições dos Veículos de 11:30 às 14:30



Fonte: Autor (2022).

Já os resultados do final da tarde e início da noite podem ser visualizados no Gráfico 9.

Gráfico 9 - Medições dos Veículos de 16:30 às 19:30

Fonte: Autor (2022).

Por fim, fica evidente que nestas estradas o período de maior tráfego de veículos ocorre no período do meio-dia ao início da tarde.

4.4 Análise Geral

Considerando os trechos estudados, chegou-se à conclusão de que os cinco trechos apresentam condições péssimas de trafegabilidade, segurança e conforto. Possuindo uma média de IGG ponderada de 189 e o mesmo variando de 106 a 225 nos mostra que a qualidade do pavimento nas estradas é considerada péssima. Resultando assim, na diminuição da vida útil dos pavimentos, em muitos casos, devido à falta de investimentos e manutenções.

Outro fator a se analisar, é a relação do IGG com o ano de execução do pavimento. A maioria dos pavimentos foram recuperados ao decorrer dos anos, sendo que no trecho A, B e E a manutenção foi realizada nos trechos que estavam mais críticos e já nos trechos C e D ela foi total.

Se comparados entre si, nos trechos em estudo fica nítido que mesmo possuindo defeitos semelhantes e até os conceitos iguais o valor do IGG de cada trecho é diferente, ou seja, o conceito não deve substituir o resultado numérico pois um complementa o outro, e quanto maior o IGG, mais deteriorado o pavimento se encontra. A tabela 4 traz a média geral dos trechos estudados no município, além do ano de execução da última melhoria nos trechos.

Tabela 4 - Condição do pavimento em função do IGG.

Trecho	Estaca	Extensão	IGG	Conceito	Última melhoria na via toda	
A	Boa Esperança	1-30	6,54	196,2	Péssimo	2018
B	Linha Felicidade	1-30	3,48	194,0	Péssimo	2019
C	Linha Golondrina	1-30	3,41	176,7	Péssimo	2020
D	Vista Alegre	1-30	5,30	106,0	Ruim	2021
E	Volta Gaúcha	1-30	12	225,0	Péssimo	2014
Média				179,6	Péssimo	

Fonte: Autor (2022).

Ainda analisando o IGG em relação ao ano de melhoria, observa-se que os trechos da Vista Alegre e Linha Golondrina os quais foram recuperados totais apresentaram um valor de IGG menor em comparação aos outros trechos que somente tiveram manutenções nos trechos mais críticos. Outra análise realizada é em relação ao ano de melhoria, fica evidente que quanto mais antiga pior se encontra o estado da via.

Quando relacionado o IGG e a frota de veículos, observa-se que a quantidade de veículos que trafegam pela via por dia, influência no resultado da degradação do pavimento. E por serem áreas agrícolas os caminhões e veículos pesados (tratores, colheitadeiras) em algumas áreas do ano passam mais vezes por elas, danificando assim ainda mais os pavimentos.

E se associado estes três fatores juntos (IGG x Quanti. Veículos x Última melhoria) obtemos os resultados mais aprofundados, uma vez que a condição do pavimento se deteriora ao longo dos anos com a alta trafegabilidade dos veículos.

O trecho que teve o IGG mais alto foi o de Volta Gaúcha, conseqüentemente é a única via que não teve melhorias ao longo dos anos, sendo realizada somente em 2014 sendo o mesmo, o ano em que a via foi projetada para receber a pavimentação asfáltica. Já o trecho da Linha Felicidade, o qual tem a empresa BMG Foods instalada, possui a maior frota de caminhões que deslocam pela via, porém os mesmos só trafegam por alguns quilômetros dela e foram nesses quilômetros que a Prefeitura realizou a última melhoria.

O que fica evidente é que mesmo sendo realizadas melhorias nestas vias ao decorrer dos anos o IGG encontrados nelas determina que a condição destes pavimentos está péssima.

4.5 Patologias Encontradas

Ao decorrer dos trechos estudados foi possível constatar os principais defeitos encontrados, sendo estes as trincas tipo couro de jacaré e bloco, e os buracos (panelas). O grande problema dos defeitos citados, podem ser considerados problemas estruturais do pavimento, apresentando assim um maior risco para os usuários da via (RIBEIRO, 2017).

Já as outras patologias visualizadas e relacionadas, como por exemplo, as trincas isoladas, os remendos e os desgastes, são problemas funcionais da via. Estas irregularidades prejudicam a qualidade de rolamento e o conforto dos usuários, porém, são menos propensas a causar dano material ou humano aos motoristas.

A primeira patologia monitorada é um remendo superficial, juntamente com trincas tipo couro de jacaré. No Apêndice L é possível visualizar esta sequência.

Já em outro local, no Apêndice M é apresentada a segunda patologia monitorada, onde mostra a evolução de uma panela sobre um remendo superficial.

O Apêndice N traz a terceira patologia monitorada, sendo ela, a evolução de um conjunto de patologias os quais originaram uma panela. Já o Apêndice O mostra a última patologia monitorada, a qual é a evolução de uma panela já existente.

Observando esses defeitos encontrados, nota-se que os processos de manutenção não são efetuados e são poucos utilizados, ou quando são realizados é somente a manutenção corretiva, ou seja, a execução somente ocorre quando é extremamente necessário e não há a realização de nenhum estudo para estar procedendo de forma mais eficaz.

Assim, percebe-se que essas medidas não têm caráter preventivo, somente corretivo. Possivelmente com o auxílio de índices como o IGG e outros estudos auxiliares, seria possível idealizar formas de conservação periódicas com o intuito de prevenção, e não somente a correção por meio de manutenções rotineiras.

4.6 Possíveis Causas e Propostas de Soluções

A realização da coleta dos dados, juntamente com o levantamento dos defeitos resultam na quantificação, identificação e severidade dos defeitos. Estas informações precisam ser monitoradas de acordo com o tempo, permitindo

estabelecer algumas estratégias corretamente localizadas para intervenções e atividades de manutenção e reabilitação (FIALHO, 2015).

Os defeitos mais encontrados em pavimentos asfálticos são as trincas, as deformações permanentes de trilha da roda, as panelas, os remendos, e o desgaste do agregado. Para uma melhor facilitação na identificação das causas da degradação dos pavimentos estudados, foi elaborado um quadro com os defeitos mais encontrados e suas causas individuais, além de sugestões de manutenção e reabilitação para as patologias identificadas.

Quadro 7 - Identificação das possíveis causas e soluções

DEFEITOS	CAUSAS	SOLUÇÕES
Remendo	Devido aos reparos necessários ao pavimento.	Reconstrução.
Buraco	Desgaste de alta severidade; Excesso de carga proveniente do tráfego; Má execução; Trincamento por fadiga em estágio terminal.	Reconstrução conhecido como operação “tapa-buraco”. Recapeamento da rua (reforço estrutural) após a execução dos remendos
Trinca tipo Couro de Jacaré	Ação constante das cargas de Tráfego; Alta vulnerabilidade à tração da mistura asfáltica; Fadiga devido ao processo repetitivo de carregamento e descarregamento; Baixas temperaturas.	Tratamento superficial; Remendo; Fresagem de parcela do revestimento. Recapeamento; Reciclagem.
Desgaste	Falta de ligante; Presença de água no interior do revestimento; Oxidação, endurecimento e envelhecimento do revestimento; Perda de coesão entre agregado e ligante.	Capa selante (reparo temporário); Lama asfáltica; Tratamento superficial. Recapeamento
Afundamento	Tráfego intenso e o grande volume de carga e temperatura; Excesso de ligante asfáltico e falha na escolha do tipo de revestimento aplicado na rua, conforme a carga solicitante; Erro na dosagem da mistura asfáltica.	Remendo; Recapeamento; Reciclagem.

Fonte: Autor (2022).

Após desenvolver o trabalho foi possível identificar algumas causas e circunstâncias de acordo com a metodologia que tornaram essa classificação do pavimento como péssimo. Abaixo está listado por meio de tópicos os principais motivos identificados.

- Excesso de tráfego e carga.
- Ineficiência ou falta de manutenção.

- Inexistência ou ineficiência dos sistemas de drenagem.
- Compactação ou imprimação deficientes.

Para tentar solucionar ou amenizar estes problemas encontrados, o primeiro passo é dar maior importância aos projetos de manutenção e restauração. Pois até onde a autora tem conhecimento, não é desenvolvido nenhum estudo ou medida de acompanhamento das patologias existentes.

A degradação nos pavimentos é muito elevada, portanto, somente a substituição ou reforço da camada de revestimento com material de qualidade igual ou superior, provavelmente não surtirá o efeito desejado, pois muitas destas patologias não estão relacionadas diretamente a essa camada.

Outro problema é mostrado na Figura 22, o qual observa-se que os agricultores, nos períodos de plantio, realizam o contorno e em alguns casos até mesmo o cruzamento dos maquinários nas vias, ocasionando assim o afundamento do pavimento e conseqüentemente a quebra do mesmo.

Figura 22 – Defeitos nas bordas.



Fonte: Autor (2022).

Apesar disso, nenhuma destas medidas teria o efeito desejado sem a resolução do principal problema encontrado, a inexistência dos sistemas de drenagem. Para conter este efeito, a maneira mais viável seria a construção de sistemas de drenagem superficial, em conjunto com a adequada manutenção dos pontos propícios a infiltração.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho de conclusão de curso teve como intuito analisar as condições superficiais dos pavimentos rurais do município de Entre Rios do Oeste - 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.

Sendo os IGGs encontrados: 196,2 (Linha Boa Esperança), 194 (Linha Felicidade), 176,7 (Linha Golondrina), 106 (Linha Vista Alegre) e 225 (Linha Volta Gaúcha). Resultando assim o conceito observado nas vias sendo ruim e péssimo. Além disso, a contagem de veículos determinou que a quantidade de veículos pesados que trafegam no local deve ser considerada para o dimensionamento do pavimento.

Com as visitas “in situ” realizadas no decorrer do estudo, foi possível constatar a falta de projetos de manutenção dos trechos pesquisados, visto a grande quantidade de patologias funcionais e estruturais encontradas e sua magnitude. Também podemos verificar que um defeito identificado tende a aumentar, seja em frequência ou gravidade, se agravando quando não ocorrem manutenções.

Como medida mitigadora, propõe-se que o pavimento passe por serviços de conservação periódica, de modo que haja um recapeamento da superfície, com dosagem e dimensões ideais do revestimento para receber a carga de tráfego atual.

Desta forma, esses serviços de conservação periódica irão prevenir o surgimento de novas patologias, além de sanar e evitar o agravamento dos defeitos existentes. Assim, a vida útil do pavimento será prolongada e as condições de conforto e segurança aos usuários serão ideais.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, M. R. dos. **Avaliação da superfície do pavimento da rodovia BR-324 no trecho Feira De Santana** – Amélia Rodrigues. 2008. 118 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia. 2008.
- 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.
- BERNUCCI, L. B. **Considerações sobre o dimensionamento de pavimentos utilizando solos lateríticos para rodovias de baixo volume de tráfego**. 237 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica – USP, São Paulo, 1995.
- BONFIM, V. **Fresagem de pavimentos asfálticos**. 3. ed. São Paulo: Exceção editorial, 2007. 127 p.
- CASTRO, Pery C. G. de. (2009) **Conservação do pavimento**.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2016**: relatório gerencial. Brasília, 2016. 402 p.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT. **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** Brasília, CNT, 2017a.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2017**: relatório gerencial. Brasília, 2017b. 406 p.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2019**: relatório gerencial. Brasília, 2019. 238 p.
- Climate-data.org. Clima: Entre Rios do Oeste. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/entre-rios-do-oeste-313072/> > Acesso em: 10 de setembro de 2022.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DER/SP. Especificação Técnica ET – DE – POO/26 - **Pré-Misturado a Quente**, S.P, 2006a.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER-SP. **Projeto de Restauração de Pavimento** – Instrução de projeto. São Paulo, 2006b.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER-SP. **Avaliação funcional e estrutural de pavimento** – Instrução de projeto. São Paulo, 2006c.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER-SP. **Avaliação de Impacto Social e Ambiental – AISA**–Complementar. São Paulo, 2014.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER. **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Rio de Janeiro, 1997. 296p. (IPR Publ.,700)

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

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **DNIT 006/2003b – PRO**: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **DNIT 007/2003c – PRO**: Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003c.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes; **Manual de pavimentação**. 3ª ed. Rio de Janeiro-RJ: Ministério dos Transportes, 2006a. 274 p

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes; **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006b. 310 p.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes; **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro: IPR, 2006c. 384 p.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes; **Manual de drenagem de rodovias**. Rio de Janeiro: IPR, 2006d. 337 p.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço**. 031/2006e – ES. 14p.

FIALHO, P. C. G. (2015). **Validação de Resultados do Inventário de Pavimentos Flexíveis com o Emprego do Equipamento Pavement Scanner**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

GOOGLE. Google Earth. Version 9.1.39.3. 2022. Mapa das rodovias do Município de Entre Rios do Oeste. Disponível em:< <https://earth.google.com/web/@-24.7152799,-54.22261137,978.26566718a,15808.92802022d,35y,0h,0t,0r>>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

MARQUES, G.L.O., **Notas de Aula da Disciplina Pavimentação**. Versão: 06.2, Juiz de Fora-MG., 2010

MOTTA, L.M.G. (1995). Considerações a respeito de pavimentos e tráfegos em vias urbanas. In: **REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA**, 6ª. 1995, Santos. Anais...Santos, Associação Brasileira de Pavimentação, Santos. p 25-52.

PELLENZ, Elbio. Paralelepípedos e alvenaria poliédrica – **Manual de utilização**. Mineropar, Paraná, 1983.

PETROBRAS – Construção de Pavimentos. **N – 1602**. SC-04. Procedimento, 2013

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

PORTAL DA TRANSPARENCIA. Disponível em: <<https://entrieriosdoeste.atende.net/transparencia/item/licitacoes-gerais>>. Acesso em: 03 out. 2022

PREFEITURA MUNICIPAL DE ENTRE RIOS DO OESTE. Website oficial do Município de Entre Rios do Oeste.2022. Disponível em: <<https://entrieriosdoeste.pr.gov.br/>>. Acesso em: 08 mai. 2022

RIBEIRO, T. P. **Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. 4. ed. Ano 02, v. 01. p. 733-754, jul. de 2017. ISSN:2448-0959

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.

SILVA, Paulo F. A. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2008.

VIEIRA, S.A.; Pinho Jr, A.A.E.; Oliveira, F.H.L.; Aguiar, M.F.P. (2016). **Análise comparativa de metodologias de avaliação de pavimentos através do IGG e PCI**. Revista Conexões, Ciência e Tecnologia. 10, n. 3, 20-30pp. DOI:doi.org/10.21439/conexoes.v10i3.799.

VILLIBOR, D. F., D. F. Nogami; J. R. Cincerre; P. R. M. Serra e A. Zuppolini Neto. **Pavimentos de baixo custo para vias urbanas**. Arte & Ciência, São Paulo, 2007.

**APÊNDICE A - INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO,
LINHA BOA ESPERANÇA**

Estaca ou km	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS						TRINCAS RODAS			
	ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID		DEFEITOS						TRI mm	IRE mm		
	FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC - 2		FC - 3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4	O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8				
							J 2	TB 2	JE 3	TBE 3														
1	1	1	1	1	1																1	0	0	
2	1			1																		1	5	8
3	1			1	1		1															1	10	5
4	1			1	1																	1	15	25
5	1		1		1		1				1											1	20	10
6	1	1			1																	1	5	20
7	1	1	1	1	1		1				1											1	7	20
8	1	1	1	1	1			1														1	5	15
9	1	1	1																			1	2,5	0
10	1	1		1	1						1											1	10	28
11	1	1	1		1																	1	5	10
12	1	1	1	1	1		1	1														1	2,5	20
13	1	1	1	1	1																	1	0	25
14	1	1	1	1																		1	0	5
15	1	1	1	1	1																	1	5	20
16	1		1	1	1																	1	0	0
17	1	1	1	1	1		1															1	7	29
18	1	1		1	1			1														1	0	2,5
19	1	1	1	1	1		1															1	5	0
20	1	1	1		1			1														1	5	20
21	1	1	1				1															1	12	20
22	1	1			1			1														1	2,5	5
23	1	1	1	1	1																	1	20	10
24	1		1					1														1	0	15
25	1	1		1	1																	1	0	0
26	1																					1	2,5	5
27	1	1		1																		1	0	5
28		1	1		1																	1	0	0
29	1	1			1																	1	0	5
30	1	1		1	1			1														1	0	10

APÊNDICE B - PATOLOGIAS ENCONTRADAS NOS SUBTRECHOS, LINHA BOA ESPERANÇA



**APÊNDICE C - INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO,
LINHA FELICIDADE**

Estaca ou km	TRINCAS						AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS					
	ISOLADAS			INTERLIGADAS			PLASTICO		CONSOLID		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI mm	IRE mm				
	FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC - 2		FC - 3										ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4
							J 2	TB 2	JE 3	TBE 3												
1	1			1							1						0	25				
2	1										1						0	5				
3				1			1							1	1		25	20				
4															1		0	5				
5	1			1	1									1	1		20	25				
6	1			1											1		10	10				
7	1			1						1					1		10	10				
8	1				1		1								1		0	10				
9	1			1						1				1	1		45	50				
10	1						1								1		30	25				
11	1														1		20	10				
12	1				1										1		15	10				
13															1		10	5				
14										1					1		10	15				
15															1		20	15				
16															1		5	4				
17	1									1					1		5	15				
18															1		0	25				
19	1														1		0	5				
20										1					1		10	20				
21										1					1		20	30				
22	1			1											1		0	8				
23															1		16	22				
24	1			1											1		0	30				
25				1			1			1					1		10	40				
26	1									1				1	1		0	30				
27	1				1		1								1		0	21				
28	1			1			1			1				1	1		15	55				
29	1			1	1		1								1		0	40				
30	1			1	1		1			1				1	1		3	65				

APÊNDICE D - PATOLOGIAS ENCONTRADAS NOS SUBTRECHOS, LINHA FELICIDADE



APÊNDICE E - INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO, LINHA GOLONDRINA

Estaca ou km	TRINCAS						AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS					
	ISOLADAS			INTERLIGADAS			PLASTICO		CONSOLID		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI mm	IRE mm				
	FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC - 2		FC - 3										ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4
							J 2	TB 2	JE 3	TBE 3												
1	1											1					1	8	20			
2	1			1			1					1					1	12	10			
3												1					1	8	10			
4												1					1	3	2			
5							1					1					1	5	5			
6	1											1					1	5	5			
7	1											1					1	5	10			
8												1					1	20	30			
9	1											1					1	0	5			
10	1											1					1	10	0			
11	1											1					1	0	5			
12												1					1	15	5			
13																	1	5	10			
14												1					1	5	5			
15																	1	10	5			
16												1					1	20	15			
17	1																1	2	10			
18												1					1	10	20			
19	1																1	0	10			
20																	1	20	30			
21												1					1	15	10			
22	1											1					1	30	25			
23																	1	10	20			
24	1																1	1	15	20		
25	1		1		1										1		1	30	25			
26	1		1									1					1	20	20			
27	1				1												1	0	10			
28	1											1					1	0	5			
29	1				1												1	5	0			
30					1							1					1	1	30	20		

APÊNDICE F - PATOLOGIAS ENCONTRADAS NOS SUBTRECHOS, LINHA GOLONDRINA



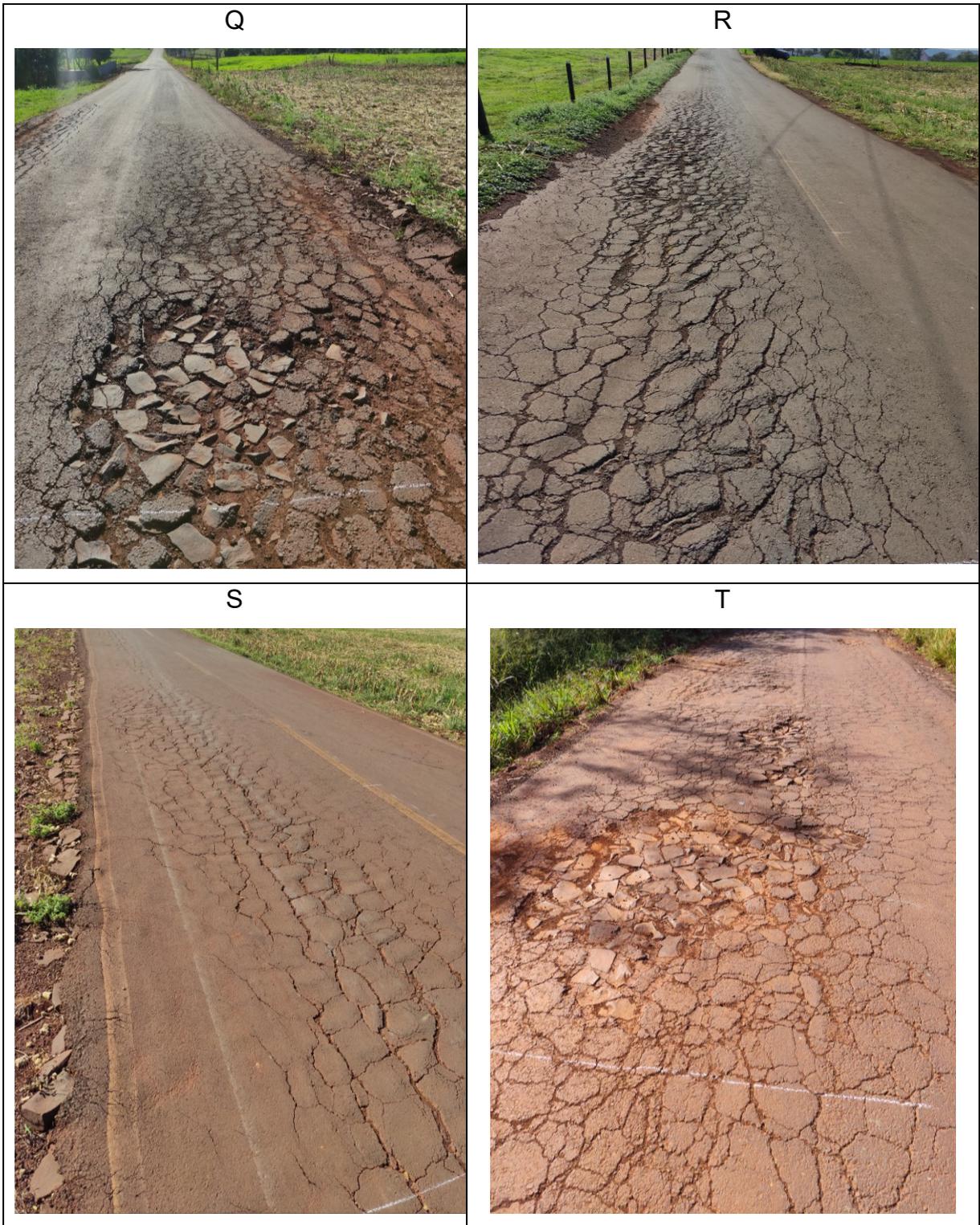
APÊNDICE H - PATOLOGIAS ENCONTRADAS NOS SUBTRECHOS, LINHA VISTA ALEGRE



**APÊNDICE I - INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO,
LINHA VOLTA GAÚCHA**

Estaca ou km	TRINCAS							AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS						
	ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLASTIC		CONSOLID								TRI mm	IRE mm		
	FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC - 2	FC - 3			ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4	O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8				
							J 2	TB 2	JE 3	TBE 3														
1							1														1	11	19	
2							1								1	1					1	54	45	
3							1								1	1					1	25	38	
4							1									1					1	17	11	
5	1						1														1	6	11	
6	1						1														1	15	25	
7	1				1		1														1	9	14	
8	1				1		1														1	9	20	
9	1						1														1	34	30	
10					1		1														1	19	21	
11	1						1														1	10	50	
12					1		1								1	1					1	21	57	
13	1						1									1					1	27	15	
14	1			1			1														1	2	3	
15	1																				1	6	4	
16	1			1																	1	5	11	
17	1			1			1														1	7	3	
18	1			1			1														1	5	15	
19							1								1	1					1	22	16	
20							1								1						1	24	5	
21							1									1					1	20	36	
22	1						1														1	1	10	4
23	1						1														1	14	10	
24	1						1														1	18	5	
25	1						1									1					1	14	20	
26	1			1			1														1	3	17	
27	1			1			1									1					1	13	22	
28	1				1		1														1	4	9	
29	1			1	1		1									1					1	26	10	
30	1				1		1									1					1	20	25	

APÊNDICE J - PATOLOGIAS ENCONTRADAS NOS SUBTRECHOS, LINHA VOLTA GAÚCHA



APÊNDICE K - DADOS DE CONTAGEM CLASSIFICATÓRIA DE VEÍCULOS

Volume de Tráfego				
Estrada:	Linha Boa Esperança			
Operador:	Laryssa Silva		Data:	22/09/2022
HORA	CARRO	CAMINHÃO	ÔNIBUS	TRATOR
6:30 às 9:30	14	3	1	2
11:30 às 14:30	18	5	2	0
16:30 às 19:30	15	2	1	3
TOTAL	47	10	4	5

Volume de Tráfego				
Estrada:	Linha Felicidade			
Operador:	Laryssa Silva		Data:	21/09/2022
HORA	CARRO	CAMINHÃO	ÔNIBUS	TRATOR
6:30 às 9:30	15	7	1	0
11:30 às 14:30	26	10	2	0
16:30 às 19:30	20	16	1	1
TOTAL	61	33	4	1

Volume de Tráfego				
Estrada:	Linha Golondrina			
Operador:	Laryssa Silva		Data:	20/09/2022
HORA	CARRO	CAMINHÃO	ÔNIBUS	TRATOR
6:30 às 9:30	6	0	1	1
11:30 às 14:30	19	3	2	1
16:30 às 19:30	12	1	1	1
TOTAL	37	4	4	3

Volume de Tráfego				
Estrada:	Linha Vista Alegre			
Operador:	Laryssa Silva		Data:	23/09/2022
HORA	CARRO	CAMINHÃO	ÔNIBUS	TRATOR
6:30 às 9:30	21	8	2	
11:30 às 14:30	30	11	4	3
16:30 às 19:30	27	5	2	
TOTAL	78	24	8	3

Volume de Tráfego				
Estrada:	Linha Volta Gaucha			
Operador:	Laryssa Silva		Data:	19/09/2022
HORA	CARRO	CAMINHÃO	ÔNIBUS	TRATOR
6:30 às 9:30	10	3	1	1
11:30 às 14:30	18	6	2	0
16:30 às 19:30	7	2	1	1
TOTAL	35	11	4	2

APÊNDICE L - EVOLUÇÃO DE UMA PATOLOGIA 1, TRECHO A – LINHA BOA ESPERANÇA

1



19/04/2022

2



19/06/2022

3



20/08/2022

4



20/10/2022

APÊNDICE M -EVOLUÇÃO DE UMA PATOLOGIA 2, TRECHO A – LINHA BOA ESPERANÇA



APÊNDICE N - EVOLUÇÃO DE UMA PATOLOGIA 3, TRECHO B – LINHA FELICIDADE

9



19/04/2022

10



19/06/2022

11



20/08/2022

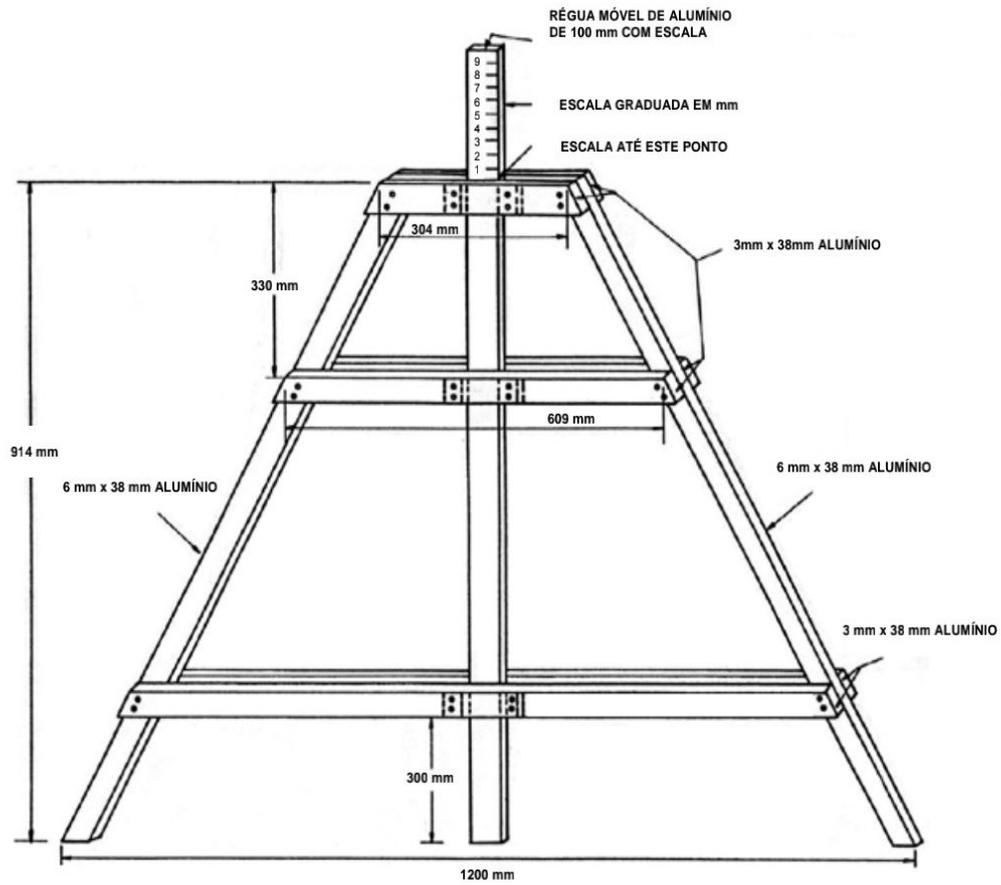
12



20/10/2022

APÊNDICE O -EVOLUÇÃO DE UMA PATOLOGIA 4, TRECHO B – LINHA FELICIDADE

<p>13</p>  <p>19/04/2022</p>	<p>14</p>  <p>19/06/2022</p>
<p>15</p>  <p>20/08/2022</p>	<p>16</p>  <p>20/10/2022</p>

ANEXO B - Treliça para medição das Flechas da Trilha da Roda.

Fonte: Adaptado DNIT (2003b).

ANEXO C - Modelo de Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA:		PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Data:		Folha:	
		TRECHO:						Estaca ou Quilômetro		Estaca ou Quilômetro	
		SUB-TRECHO:						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, ALC, ATC		X		0,9						
5	O, P, E		X		1,0						
6	EX		X		0,5						
7	D		X		0,3						
8	R		X		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 trihas	TREv =	TRIV =	FV =	2 A () 2 B ()						
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG						Conceito		
1A) $IGI = \bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$		2A) $IGI = \sqrt{FV}$ quando $\sqrt{FV} \leq 50$				Operador					
1B) $IGI = 40$ quando $\bar{F} > 30$		2B) $IGI = 50$ quando $\sqrt{FV} > 50$				Cálculo					
						Visto					

Fonte: Adaptado de DNIT (2003b).

