

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS CAJAZEIRAS

IRRAUALY SIQUEIRA SABINO
RAFAEL DA SILVA DIAS

**ESTUDO DE CASO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PAVIMENTO
FLEXÍVEL EM TRECHOS DA PB-393 ATRAVÉS DO MÉTODO ÍNDICE DE
GRAVIDADE GLOBAL (IGG)**

Cajazeiras-PB
2023

IRRAUALY SIQUEIRA SABINO
RAFAEL DA SILVA DIAS

**ESTUDO DE CASO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PAVIMENTO
FLEXÍVEL EM TRECHOS DA PB-393 ATRAVÉS DO MÉTODO ÍNDICE DE
GRAVIDADE GLOBAL (IGG)**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação da Prof.^a Amanda Jéssica Rodrigues da Silva.

Cajazeiras-PB
2023

IFPB / Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Cícero Luciano Félix CRB-15/750

S116e Sabino, Irraualy Siqueira.
Estudo de caso de manifestações patológicas de pavimento flexível em trechos da PB-393 através do método Índice de Gravidade Global (IGG) / Irraualy Siqueira Sabino, Rafael da Silva Dias. – 2023.

71. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2023.

Orientador(a): Prof^ª. Me. Amanda Jéssica Rodrigues da Silva.

1. Engenharia civil. 2. Pavimentação asfáltica. 3. Manifestação patológica. 4. Infraestrutura de transporte. I. Dias, Rafael da Silva. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. III. Título.

IRRAUALY SIQUEIRA SABINO
RAFAEL DA SILVA DIAS

**ESTUDO DE CASO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PAVIMENTO
FLEXÍVEL EM TRECHOS DA PB-393 ATRAVÉS DO MÉTODO ÍNDICE DE
GRAVIDADE GLOBAL (IGG)**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
Campus Cajazeiras, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 03 de Julho de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 AMANDA JESSICA RODRIGUES DA SILVA
Data: 17/07/2023 12:16:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a Me. Amanda Jéssica Rodrigues da Silva – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientadora

Documento assinado digitalmente
 GASTAO COELHO DE AQUINO FILHO
Data: 18/07/2023 16:28:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof Me. Gastão Coelho de Aquino Filho – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 1

Fernando Chagas de Figueiredo Sousa .

Prof Me. Fernando Chagas de Figueiredo Sousa – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 2

Dedico este trabalho aos meus pais, minha irmã e a minha namorada por sempre estarem ao meu lado, sendo os meus pilares durante a minha formação, graça ao apoio de vocês cheguei ao fim desse percurso.

Irraualy Siqueira Sabino

Dedico este trabalho a toda a minha família em especial aos meus pais, fundamentais em minha jornada. Sem o apoio e suporte de vocês, não teria conseguido chegar até aqui.

Rafael da Silva Dias

AGRADECIMENTOS

Irraualy Siqueira Sabino

A Deus primeiramente, por ter me guiado e me dado forças para chegar até aqui, sem Ele eu não teria entendido através de muitos dias ruins, que tudo tem seu devido tempo para que ocorra, Ele sempre me amparou, me protegeu e me segurou quando eu não tinha forças e pensava em desistir, mesmo quando duvidei que Ele estava comigo, Ele nunca soltou minha mão.

Ao meu pai Givaldo de Sousa Sabino que sendo um grande homem, formou-me um homem de caráter e me ajudou sempre que necessitei, a realização do seu sonho também está sendo concluída.

À minha mãe Maria Eliete Siqueira por toda a sua bondade e delicadeza, sempre justa e correta. Agradeço por todos os conselhos e ajuda. Toda a gratidão do mundo à senhora.

À minha querida namorada Layanne Saraiva da Silva por estar sempre ao meu lado nos bons e maus momentos, a quem tenho grandioso apreço e admiração. Agradeço por todas as conversas, por sempre levantar minha estima com seu carisma e bondade. Eu a amo.

Aos meus amigos, Rafael, De Assis, Emerson, Luana, que foram como minha segunda família durante essa trajetória da graduação, sendo essenciais para que eu estivesse aqui, obrigado por sempre estarem ao meu lado, me fazendo acreditar que sou capaz.

Aos colegas do IFPB, por compartilharem, conhecimento, conversas e companheirismo durante todos esses anos.

À Professora Amanda Jéssica Rodrigues da Silva pela orientação, se dispondo a ajudar sempre que necessitamos durante essa caminhada.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - *Campus* Cajazeiras, pelo excelente ensino, pelo comprometimento em acolher os alunos, e pelas incríveis experiências proporcionadas durante essa jornada.

E de modo geral, a todos que contribuíram direta ou indireta durante a minha formação profissional e crescimento pessoal.

AGRADECIMENTOS

Rafael da Silva Dias

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado a coragem, a perseverança e a fé necessárias para alcançar meus objetivos.

Aos meus pais Almir e Silvana por sempre estarem ao meu lado, que me incentivaram nos momentos difíceis, dando força e me apoiando, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço aos meus amigos, Irraualy, Emerson, De Assis, com quem convivi intensamente ao longo dos últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me possibilitaram amadurecer não apenas como estudante, mas também como pessoa.

Aos meus colegas de turma, por compartilharem comigo tantos momentos de descobertas e aprendizado e por todo o companheirismo ao longo deste percurso.

À Professora Amanda Jéssica Rodrigues da Silva pela orientação acadêmica, se dispondo a ajudar sempre que necessário.

Ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB), *Campus Cajazeiras*, essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação, acolhimento e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso.

E de modo geral, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

A infraestrutura de transporte apresenta grande relevância para o progresso socioeconômico do país, o que enfatiza a obrigatoriedade de manter as estradas em excelentes condições de tráfego e garantir que seus pavimentos apresentem bom desempenho a longo prazo. No entanto, apesar da importância da malha rodoviária, nota-se uma deterioração crescente do revestimento asfáltico, evidenciada pelo aparecimento de manifestações patológicas. Assim, o objetivo deste trabalho é detectar as principais manifestações patológicas que afetam o pavimento asfáltico flexível em trechos da PB-393, localizada no limite entre as Cidades de Cajazeiras e São João do Rio do Peixe. Além disso, propor solução técnica adequada para corrigir manifestações patológicas identificadas e avaliar o estado geral da rodovia com base no Índice de Gravidade Global (IGG). Ao examinar o caso e identificar as anomalias no pavimento, foi possível realizar uma avaliação das manifestações patológicas presentes. Os defeitos mais comuns encontrados nas seções analisadas foram as trincas isoladas, trincas tipo “couro de jacaré” e panelas, com as manifestações patológicas se manifestando predominantemente sobre os remendos existentes. A partir da avaliação realizada, é evidenciado que os segmentos analisados apresentam um nível de deterioração considerado "ruim", diante dessa constatação, a opção mais apropriada para a recuperação da rodovia é a fresagem seguida de recapeamento do pavimento, a fim de garantir aos usuários conforto e segurança.

Palavras-chave: índice de gravidade global; manifestações patológicas; rodovias.

ABSTRACT

Transport infrastructure is of great importance for the socioeconomic progress of the country, which emphasizes the obligation to keep roads in excellent conditions for traffic and ensure that their pavements present good performance in the long term. However, despite the importance of the road network, there is a growing deterioration of the asphalt coating, evidenced by the appearance of pathological manifestations. Thus, the objective of this work is to detect the main pathological manifestations that affect the flexible asphalt pavement in sections of the PB-393, located on the limit between the cities of Cajazeiras and São João do Rio do Peixe. In addition, propose an adequate technical solution to correct identified pathological manifestations and evaluate the general condition of the highway based on the Global Severity Index (IGG). By examining the case and identifying the anomalies on the pavement, it was possible to carry out an assessment of the pathological manifestations present. The most common defects found in the analyzed sections were isolated cracks, "alligator hide" cracks and pans, with pathological manifestations manifesting predominantly on the existing patches. From the evaluation carried out, it is evident that the analyzed segments present a level of deterioration considered "bad". Because of this finding, the most appropriate option for the recovery of the highway is milling followed by resurfacing the pavement, to guarantee comfort to users and security.

Keywords: global severity index; pathological manifestations; highways.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Camadas do pavimento flexível.....	19
Figura 2 – Fissuras no pavimento.....	21
Figura 3 – Trincas transversais.....	22
Figura 4 – Trincas longitudinais.....	22
Figura 5 – Trincas por retração.....	23
Figura 6 – Trincas tipo couro de jacaré.....	23
Figura 7 – Trincas tipo bloco.....	24
Figura 8 – Manifestação patológica tipo afundamento plástico.....	25
Figura 9 – Manifestação patológica tipo afundamento por consolidação.....	25
Figura 10 – Manifestação patológica tipo ondulação ou corrugação.....	26
Figura 11 – Manifestação patológica tipo escorregamento.....	27
Figura 12 – Manifestação patológica tipo exsudação.....	28
Figura 13 – Manifestação patológica tipo desgaste.....	28
Figura 14 – Manifestação patológica tipo panela ou buraco.....	29
Figura 15 – Manifestação patológica tipo remendo.....	30
Figura 16 – Demarcação de áreas para inventário de defeitos.....	31
Figura 17 – Localização do trecho em estudo.....	39
Figura 18 – Representação dos trechos.....	41
Figura 19 – Representação: remendo.....	42
Figura 20 – Representação: panela.....	42
Figura 21 – Representação: trincas isoladas.....	43
Figura 22 – Representação: trincas interligadas.....	44
Figura 23 – Inventário de defeitos do trecho 1.....	44
Figura 24 – Inventário de defeitos do trecho 2.....	47
Figura 25 – Inventário de defeitos do trecho 3.....	49
Figura 26 – Inventário de defeitos do trecho 4.....	51
Figura 27 – Inventário de defeitos do trecho 5.....	53
Figura 28 – Inventário de defeitos do trecho 6.....	55
Figura 29 – Fresagem e recapeamento da rodovia.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores do fator de ponderação.....	31
Tabela 2 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.....	32
Tabela 3 – Planilha de cálculo do trecho 1.....	46
Tabela 4 – Planilha de cálculo do trecho 2.....	48
Tabela 5 – Planilha de cálculo do trecho 3.....	50
Tabela 6 – Planilha e cálculo do trecho 4.....	53
Tabela 7 – Planilha de cálculo do trecho 5.....	55
Tabela 8 – Planilha de cálculo do trecho 6.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALC – Afundamento de Consolidação Local.

ATC – Afundamento de Consolidação da Trilha.

ALP – Afundamento Plástico Local.

ATP – Afundamento Plástico da Trilha.

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres.

CNT – Confederação Nacional dos Transportes.

CNTTL – Confederação Nacional dos Trabalhadores em Transportes e Logística.

DER – Departamento de Estradas de Rodagem.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

FR – Frequência Relativa.

FP – Fator de Ponderação.

IGG – Índice de Gravidade Global.

IGI – Índice de Gravidade Individual.

NBR – Norma Brasileira.

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso.

TRE – Trilha de Roda Externa.

TRI – Trilha de Roda Interna.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS.....	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1	PAVIMENTO	18
3.2	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL	19
3.2.1	<i>Fenda.....</i>	20
3.2.2	<i>Afundamento</i>	24
3.2.3	<i>Ondulação ou corrugação</i>	26
3.2.4	<i>Escorregamento</i>	26
3.2.5	<i>Exsudação</i>	27
3.2.6	<i>Desgaste</i>	28
3.2.7	<i>Panela ou buraco</i>	29
3.2.8	<i>Remendo.....</i>	29
3.3	MÉTODO IGG - ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL	30
3.4	AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS	33
3.5	AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO	33
3.6	TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO ASFÁLTICA	34
3.6.1	<i>Lama asfáltica.....</i>	35
3.6.2	<i>Microrrevestimento</i>	35
3.6.3	<i>Capa selante.....</i>	35
3.6.4	<i>Remendo</i>	36
3.6.5	<i>Reconstrução.....</i>	36
3.6.6	<i>Reciclagem</i>	36

3.6.7 <i>Fresagem</i>	36
3.6.8 <i>Recapeamento</i>	36
3.6.9 <i>Regularização</i>	37
4 METODOLOGIA	38
4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	38
4.2 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	38
4.3 COLETA DE DADOS	39
4.4 DIAGNÓSTICO	39
4.5 APLICAÇÃO DO MÉTODO IGG	39
4.6 ANÁLISE DOS DADOS	40
4.7 TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO A SEREM APLICADAS.....	40
5 RESULTADOS E ANÁLISES	41
5.2 DIAGNÓSTICO	42
5.2.1 <i>Remendo</i>	42
5.2.2 <i>Panela</i>	42
5.2.3 <i>Trincas Isoladas</i>	43
5.2.4 <i>Trincas Interligadas</i>	43
5.3 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL	44
5.3.1 <i>Trecho 1</i>	44
5.3.2 <i>Trecho 2</i>	46
5.3.3 <i>Trecho 3</i>	49
5.3.4 <i>Trecho 4</i>	51
5.3.5 <i>Trecho 5</i>	53
5.3.6 <i>Trecho 6</i>	55
5.3.7 <i>Análise geral</i>	57
5.4 TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO	58

6 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	62
ANEXO A – MODELO DE FORMULÁRIO DE INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO	67
ANEXO B – MODELO DE PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG).....	69

1 INTRODUÇÃO

As primeiras rodovias brasileiras, conforme afirma a Confederação Nacional dos Trabalhadores em Transportes e Logística (CNTTL, 2007), surgiram em meados do século XIX; entretanto a ampliação da malha rodoviária só ocorreu durante a Era Vargas, a partir do ano de 1932, após a criação do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER).

De acordo com Vasconcelos (2013), foi a partir da década de 60 que houve o incentivo para o uso do automóvel, por meio de diversas medidas implementadas, que impactaram tanto de forma direta quanto indireta. No que tange às medidas diretas, o apoio à indústria automobilística e a facilidade na aquisição de veículos se destacam, além da criação de uma infraestrutura favorável. Já em relação às medidas indiretas, observa-se a liberdade de circulação, a disponibilidade de estacionamentos públicos gratuitos, o licenciamento com custos reduzidos e uma fiscalização menos rigorosa tanto em relação aos condutores quanto aos veículos. Essas medidas estão alinhadas com uma iniciativa de unificação do país mediante extensas obras rodoviárias, que têm como propósito unificar, promover e modernizar a economia nacional (ROCHA, 2015).

Conforme Azevedo (2007), o principal objetivo da pavimentação deve ser projetar e construir uma estrutura forte o suficiente para suportar as cargas do tráfego e fornecer uma qualidade aceitável de conforto durante o trajeto. As propriedades que compõem as camadas do pavimento são afetadas pelo seu uso conforme o tempo, pelas características em que esse tráfego é realizado e às condições climáticas acerca da região.

Segundo especifica a Norma 006-PRO do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2003a), o sistema rodoviário de cada estado é constituído pelas rodovias federais, estaduais e municipais, e suas funções devem ser compatibilizadas de modo a otimizar o atendimento às necessidades dos transportes rodoviários nessa unidade federativa.

A economia do país se tornou um aspecto que está diretamente ligado com as rodovias e seu dinamismo, o transporte de carga e de pessoas é considerável nesse tipo de modal, fazendo-se necessário vias que apresentem um desempenho adequado para atender a grande demanda por um determinado período, caso não ocorra nenhuma interferência que altere sua condição. Segundo a Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2022) dos 110.333 km de rodovias, 55,5% da extensão da malha rodoviária do país avaliada apresenta problemas, 44,5% está em condição satisfatória, 0,6% está com o pavimento totalmente destruído. No Estado da Paraíba cerca de 48,5% da malha viária apresenta problemas.

Posto isto, neste trabalho foi desenvolvida uma análise das manifestações patológicas identificadas em pavimento flexível, os trechos utilizados se localizam na PB-393, que de acordo com o Departamento de Estradas de Rodagem (DER, 2022) possui aproximadamente 22,4 km e fica na divisa das Cidades de Cajazeiras e São João do Rio do Peixe; rodovia que possui um trânsito excessivo de automóveis de pequeno e grande porte, como caminhões e ônibus, os quais carregam variados tipos de carga, desde estudantes para os centros de ensino a produtos para infraestrutura.

A PB-393 é uma das rodovias mais importantes da região, já que é rota de acesso ao Estado do Rio Grande do Norte, gerando grande número de viagens entre os dois estados. A rodovia em estudo é também rota de várias cidades da região, tendo em vista que Cajazeiras é polo em educação e possui diversas faculdades privadas e públicas, possuindo diariamente grande quantidade de ônibus transitando pela referida rodovia.

Segundo Gonçalves e Espíndola (2020) há várias maneiras de avaliar o nível de deterioração de um pavimento, podendo ser feita a análise conjunta dos defeitos para gerar uma avaliação geral ou analisando-os individualmente, considerando a frequência e a intensidade de cada um.

Para a análise utilizou-se o método IGG (Índice de Gravidade Global) baseado na Norma 006-PRO (DNIT, 2003a). O IGG avalia a ocorrência dos defeitos nas seções analisadas. O método é um índice combinado de falhas que nos permite classificar um trecho homogêneo de pavimento, em razão da ocorrência dos defeitos de superfície, atribuindo um conceito de condição do pavimento em função do valor encontrado, este pode variar entre 0 (Ótimo) até 160 (Péssimo).

Assim, este trabalho tem como objetivo identificar e analisar as manifestações patológicas presentes no trecho da PB-393, divisa entre as Cidades de Cajazeiras e São João do Rio do Peixe, conforme sugere a Norma 006-PRO (DNIT, 2003a) referente a avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis.

2 OBJETIVOS

Neste capítulo estão apresentados os objetivos do seguinte Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as manifestações patológicas presentes no trecho da PB-393, divisa das Cidades de Cajazeiras e São João do Rio do Peixe.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Delimitar metas a fim de expor e justificar as manifestações patológicas que se manifestam no trecho em estudo é necessário para um aprofundamento do tema, posto isso, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- identificar trechos com manifestações patológicas presentes na rodovia;
- avaliar o estado atual da superfície do pavimento através do método Índice de Gravidade Global (IGG), conforme sugere a Norma 006-PRO (DNIT, 2003a) referente a avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis;
- analisar e propor soluções adequadas para as manifestações patológicas identificadas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

No presente capítulo estão contidos os aspectos da literatura relacionados aos temas essenciais para a elaboração do trabalho, assim como resultados de trabalhos de outros autores inseridos no conteúdo.

3.1 PAVIMENTO

Assim como especifica o Manual de Pavimentação (DNIT, 2006a), o pavimento é uma superestrutura composta por um sistema de camadas de espessuras finitas, sobrepostas a um espaço considerado teoricamente como infinito – a infraestrutura ou terreno de fundação denominado subleito.

Para Balbo (2016), a pavimentação possibilita, antes de tudo, a melhoria no tráfego, oferecendo maior conforto no deslocamento, uma superfície mais aderente e maior segurança em condições de pista úmida ou molhada.

Os pavimentos classificam-se em três categorias, que segundo DNIT (2006a) são: flexível, semirrígido ou semiflexível e rígido.

- Pavimento Flexível: onde todas as camadas sofrem deformações elásticas significativas sob o carregamento aplicado e, portanto, as camadas sofrem parcelas aproximadamente equivalentes. Como exemplo: pavimentos com base de brita ou composta de solo pedregulhoso com revestimento asfáltico.
- Pavimento Semirrígido ou Semiflexível: se caracteriza por possuir uma base cimentada por algum aglomerante de propriedades cimentícias. Como exemplo: uma camada de solo-cimento revestida por camada asfáltica.
- Pavimento Rígido: possui camada de revestimento com resistência em relação às camadas inferiores e, portanto, tem a camada de revestimento como principal absorvente das tensões advindas dos carregamentos. Como exemplo: rodovias constituídas com lajes de concreto de cimento Portland.

Para Araújo *et al.* (2016) o pavimento rígido possui maior durabilidade e resistência às intempéries quando comparado ao pavimento flexível, todavia possui maior custo de implantação e demanda maior tempo para a execução, o que pode tornar inviável a sua utilização. Devido a isso, a utilização do pavimento flexível é o mais utilizado no Brasil.

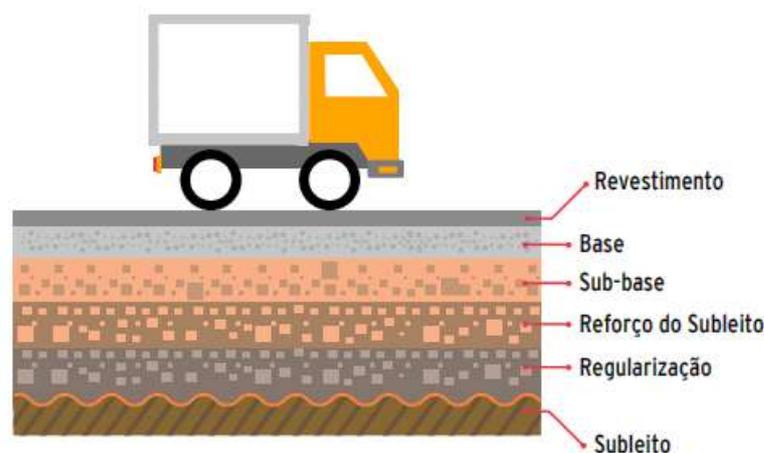
O pavimento flexível compõe-se de várias camadas, que de acordo com Senço (2007) são: subleito, camada de regularização, reforço do subleito, base, sub-base e camada de

revestimento.

- Subleito: é a camada de terreno natural consolidado e compactado, a fundação do pavimento (BALBO, 2016).
- Camada de Regularização: camada construída acima do subleito com o objetivo de moldá-lo, respeitando cotas e larguras estabelecidas no projeto (SENÇO, 2007).
- Reforço do Subleito: é a camada que possui espessura transversal constante, suas principais funções são: regularizar o subleito e reduzir a espessura da sub-base (DNIT, 2017).
- Sub-base: tem a mesma função da base, é composta por um material de qualidade inferior (DNIT, 2006a).
- Base: é a camada criada para suportar e dispersar as forças verticais provocadas pelo tráfego transmitidas pelo revestimento e distribuí-las ao subleito ou reforço de subleito. A base pode ou não ser complementada pelo reforço de subleito e pela sub-base (SENÇO, 2007).
- Revestimento: considerada a camada mais nobre do pavimento, recebe diretamente a ação do tráfego e transmite as cargas para as camadas seguintes sem sofrer grandes deformações. Está designada a melhorar a superfície de rolamento em termos de conforto e segurança (BALBO, 2016)

A Figura 1 apresenta a seção transversal do pavimento flexível e como as camadas referidas estão dispostas.

Figura 1 – Camadas do pavimento flexível.



Fonte: CNT (2017).

3.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL

CNT (2017) explica que as propriedades dos materiais que compõem o pavimento sofrem alterações de acordo com o seu uso, piorando de forma gradativa, essa piora se dá pelo tempo de vida da estrutura, mas também pela solicitação do tráfego e pelas intempéries. Assim

como afirma Bernucci *et al.* (2008) os defeitos de superfície são danos ou deteriorações das camadas do pavimento flexível que podem ser visualizadas a olho nu.

De acordo com CNT (2017) para garantia do conforto e da segurança do pavimento, são necessárias intervenções de restaurações. A análise da necessidade se dá através de testes e ensaios das propriedades das camadas.

A Norma 005-TER (DNIT, 2003b) classifica essas manifestações patológicas e são utilizadas como indicadores na avaliação das condições da superfície dos pavimentos. A seguir temos as principais manifestações patológicas encontradas pela norma supracitada.

3.2.1 Fenda

A Norma 154-ES (DNIT, 2010) apresenta a fenda como qualquer descontinuidade na superfície do pavimento que conduza a aberturas de menor ou maior porte como fissuras ou trincas.

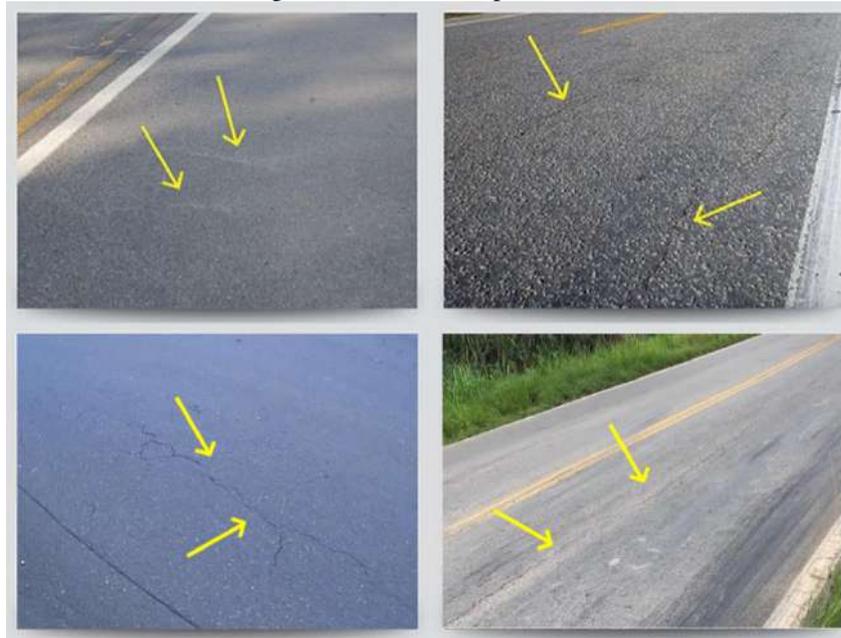
Para Beskou (2016) *apud* Ribeiro (2017) a fenda é a forma de degradação mais frequente nos pavimentos flexíveis. Sendo causada principalmente pela fadiga dos materiais utilizados nas camadas betuminosas, devido a repetição dos esforços de tração por flexão dessas camadas, gerados com a passagem de carga dos automóveis.

3.2.1.1 Fissura

Segundo Bernucci *et al.* (2008), fissuras são aberturas na camada asfáltica perceptível a olho nu apenas a distância inferior a 1,5 metros. Como exemplo para esse tipo de manifestação patológica têm-se a Figura 2.

A CNT (2017) explica que as principais causas das fissuras são: a má dosagem do asfalto (excesso de *filler* ou materiais de enchimento) e compactação em momento inapropriado ou de maneira excessiva.

Figura 2 – Fissuras no pavimento.



Fontes: CNT (2017), Brum; Mello e Freitas (2020), Almeida e Pereira (2017).

3.2.1.2 Trinca

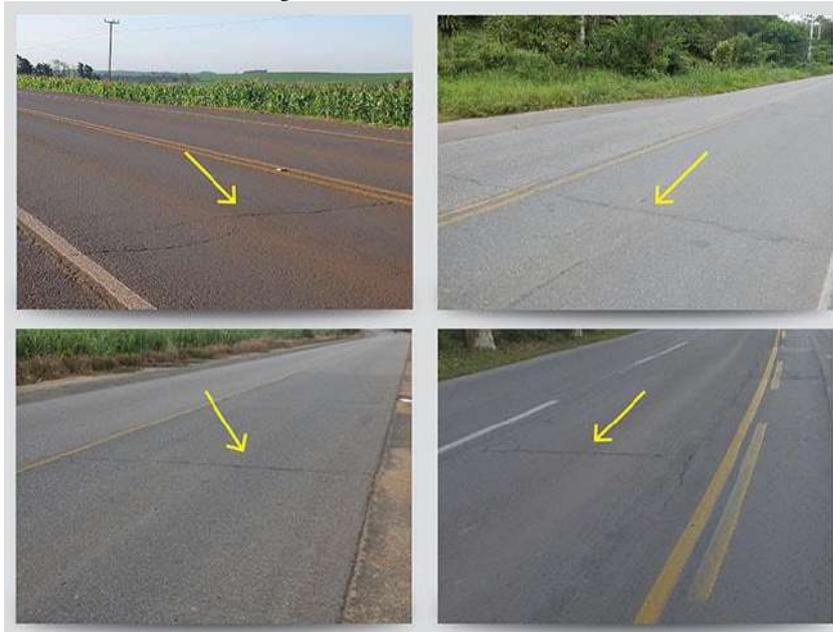
Como explicam a Norma 154-ES (DNIT, 2010) e Bernucci *et al.* (2008), a trinca é uma fenda existente no revestimento, facilmente visível com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

A trinca isolada divide-se em três tipos, assim como explica CNT (2017), são elas trinca transversal, trinca longitudinal e trinca por retração.

A trinca transversal é definida como: trinca isolada em direção perpendicular ao eixo da via. Quando possui comprimento de até 1 metro, é denominada trinca transversal curta. Quando o comprimento for superior a 1 metro, denomina-se trinca transversal longa (DNIT, 2010). Tem como principais causas, segundo CNT (2017), a contração da capa asfáltica devido a baixas temperaturas e/ou endurecimento do asfalto, outro motivo se dá pela propagação de trincas nas camadas inferiores do pavimento. Como exemplo para esse tipo de manifestação patológica, pode-se observar a Figura 3.

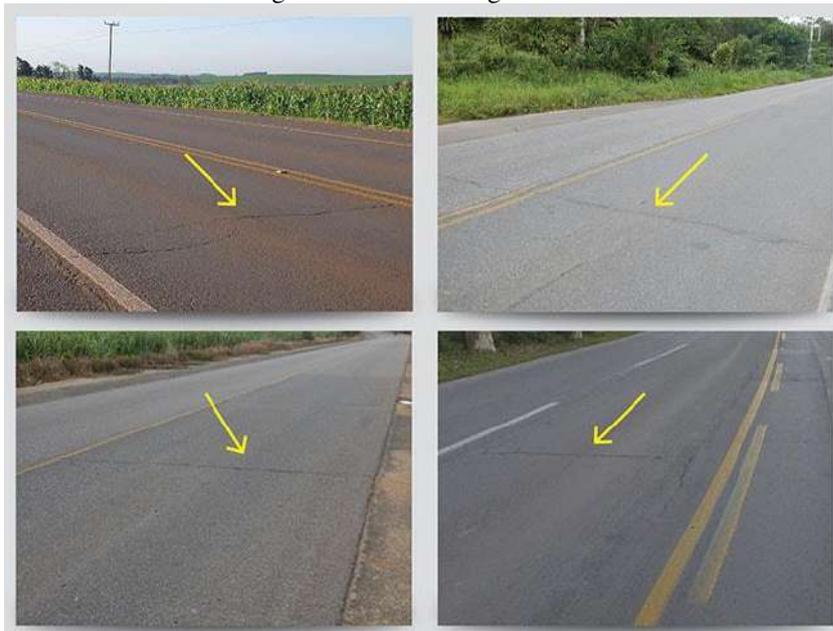
A trinca longitudinal define-se como: trinca isolada em direção paralela ao eixo da via. Se a extensão for de até 1 metro, é denominada trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 1 metro, denomina-se trinca longitudinal longa (DNIT, 2010), conforme abordado na Figura 4. Lins, Nascimento e Martins (2022) definem como principais razões para a ocorrência dessa manifestação patológica, a propagação de trincas provenientes das camadas inferiores e a execução inadequada da junta longitudinal.

Figura 3 – Trincas transversais.



Fonte: CNT (2017).

Figura 4 – Trincas longitudinais.



Fonte: CNT (2017).

Define-se a trinca por retração como: trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica do material do revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida, subjacentes ao revestimento trincado (DNIT, 2010). Como exemplificado na Figura 5.

Figura 5 – Trincas por retração.



Fonte: Bernucci *et al.* (2008), A Gazeta do Povo (2018), A Gazeta do Povo (2022).

A trinca interligada de acordo com a Norma 154-ES (DNIT, 2010) divide-se em duas, são elas trincas tipo couro de jacaré e trincas tipo bloco. Para Silva (2008) representam o estágio atual avançado de fadiga, caracterizando-se por ângulos agudos e com maior aresta de comprimento inferior a 30 centímetros, como ilustra a Figura 6.

Figura 6 – Trincas tipo couro de jacaré.



Fonte: CNT (2017).

Assim como afirma CNT (2017), tem como principais causas o colapso do revestimento devido à repetição das ações do tráfego, a má qualidade de uma das camadas do pavimento ou o subdimensionamento da camada de revestimento, envelhecimento do pavimento (fim da vida)

e o asfalto duro e quebradiço.

As trincas tipo bloco tem como principais causas, segundo Silva (2008), a retração da camada de revestimento devido a alternância de temperatura, indica o endurecimento significativo da camada de revestimento devido a oxidação ou volatilização dos maltenos, como ilustra a Figura 7.

Figura 7 – Trincas tipo bloco.



Fonte: CNT (2017).

3.2.2 Afundamento

Conforme define a Norma 154-ES (DNIT, 2010) afundamento é uma deformação permanente que se caracteriza pela depressão superficial do pavimento, acompanhada ou não de solevamento, apresentando-se em dois tipos, plástico ou de consolidação.

Como afirma Bernucci *et al.* (2008) o afundamento plástico é definido como: afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento, como demonstrado na Figura 8. Quando menor que 6 metros denomina-se Afundamento Plástico Local (ALP), quando o comprimento excede os 6 metros e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado o Afundamento Plástico da Trilha de roda (ATP).

Conforme Lins, Nascimento e Martins (2022) explicam, as principais causas para esse tipo de manifestação patológica são falhas na compactação, aumento da densidade nas camadas inferiores e a deformação plástica.

Figura 8 – Manifestação patológica tipo afundamento plástico.



Fonte: CNT (2017).

Segundo Bernucci *et al.* (2008) o afundamento de consolidação é definido como: afundamento causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do solo, sendo esta não acompanhada por levantamento. Quando menor que 6 metros denomina-se Afundamento de Consolidação Local (ALC), quando o comprimento excede os 6 metros e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado o Afundamento por Consolidação da Trilha de roda (ATC), como podemos analisar na Figura 9.

Figura 9 – Manifestação patológica tipo afundamento por consolidação.



Fonte: CNT (2017).

3.2.3 Ondulação ou corrugação

Assim como afirma a Norma 154-ES (DNIT, 2010) e Ribeiro (2017) são deformações caracterizadas por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento. Para Silva (2008) essa condição é resultado de uma base instável devido à má execução ou à baixa resistência da massa asfáltica, o que resulta em excesso de asfalto ou de finos. Essa manifestação patológica está relacionada às tensões cisalhantes horizontais geradas em regiões que sofrem aceleração de veículos.

Como confirma CNT (2017), tem como principais causas a falta de estabilidade da mistura asfáltica, excessiva umidade da camada do subleito, contaminação da mistura asfáltica e a falta de aeração das misturas líquidas de asfalto. A Figura 10 ilustra alguns exemplos.

Figura 10 – Manifestação patológica tipo ondulação ou corrugação.



Fonte: CNT (2017).

3.2.4 Escorregamento

O escorregamento como afirma a Norma 154-ES (DNIT, 2010) é o deslocamento da camada de revestimento em relação a camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua. Conforme argumenta Ribeiro (2017), os escorregamentos ocorrem perpendicularmente ao eixo da pista, tipicamente compensatórias, apresentando depressões alternadas com elevações, cujo comprimento de onda varia alguns centímetros.

Lins, Nascimento e Martins (2022) elegeram como principal causa para o aparecimento dessa Manifestação patológica, a resistência reduzida da mistura betuminosa e a adesão insuficiente entre o revestimento e a camada inferior, como ilustra a Figura 11.

Figura 11 – Manifestação patológica tipo escorregamento.



Fonte: CNT (2017).

3.2.5 Exsudação

Para Bernucci *et al.* (2008) a exsudação é caracterizada pelo surgimento de ligante em abundância na superfície, como manchas escuras, decorrentes em geral do excesso do ligante na massa asfáltica. Segundo Pinto (2003), essa manifestação patológica ocorre quando o ligante betuminoso presente no revestimento sobe para a superfície do pavimento devido à dilatação térmica do asfalto. Esse fenômeno é observado quando há baixo volume de vazios no revestimento ou quando há excesso de ligante em sua composição, dificultando a ocupação do espaço disponível.

A CNT (2017) define como principais causas desse tipo de manifestação patológica o baixo conteúdo de vazios e excessiva quantidade de ligante na mistura asfáltica. Como mostra a Figura 12.

Figura 12 – Manifestação patológica tipo exsudação.



Fonte: CNT (2017).

3.2.6 Desgaste

Segundo Mendes e Carvalho (2017), o desgaste superficial se dá pelo encontro do tráfego com o intemperismo, influenciando diretamente na derrapagem e conseqüentemente na segurança da via, segue exemplos na Figura 13. Assim como afirma Ribeiro (2017) é resultante da deficiência na ligação entre os componentes das misturas betuminosas, sua má formulação, utilização de materiais não apropriados e/ou erros na construção.

Figura 13 – Manifestação patológica tipo desgaste.



Fonte: CNT (2017).

3.2.7 *Panela ou buraco*

De acordo com Brum, Mello e Freitas (2020), panelas são cavidades que se formam no revestimento, podendo ter extensões e distâncias da superfície ao fundo diferentes, em sua maioria formadas pela carência da junção das camadas superpostas do pavimento podendo atingir outras camadas ocasionando sua fragmentação, como ilustrado na Figura 14.

Conforme afirma Balbo (2016) sua causa se dá pela evolução de outros defeitos, como fendas, afundamentos, desgastes, desagregações da camada de desgaste e a falta de aderência entre as camadas do pavimento.

Figura 14 – Manifestação patológica tipo panela ou buraco.



Fonte: CNT (2017).

3.2.8 *Remendo*

Para Bernucci *et al.* (2008) o remendo é um tipo de defeito, mesmo relacionando-se a uma conservação da superfície e tendo como característica o preenchimento de panelas ou de qualquer outro orifício ou depressão com massa asfáltica, como pode-se observar na Figura 15.

Essa manifestação patológica divide-se em dois tipos, remendo profundo, que é quando há a substituição da camada de revestimento, sendo geralmente na forma quadrada e o remendo superficial, o qual ocorre apenas na parte superficial da camada de revestimento (DNIT, 2010).

Segundo Lins, Nascimento e Martins (2022), os principais fatores que levam ao aparecimento de remendos são o uso de materiais de qualidade inferior, falhas durante o processo de construção e aplicação de cargas em excesso.

Figura 15 – Manifestação patológica tipo remendo.



Fonte: CNT (2017).

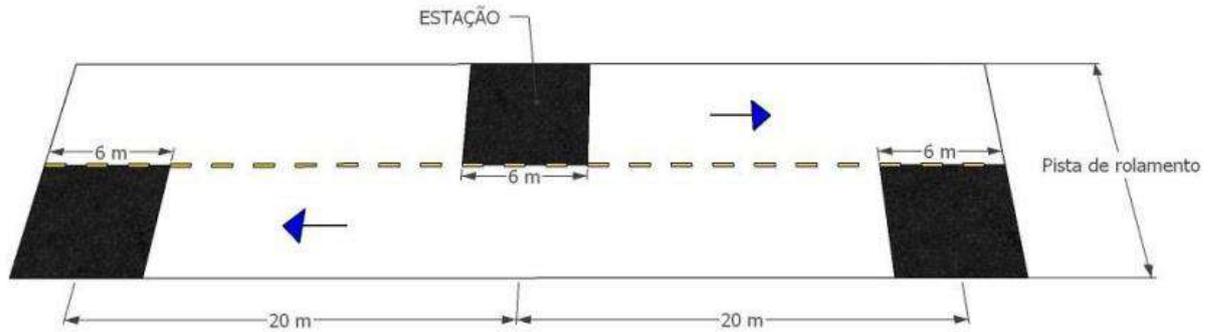
3.3 MÉTODO IGG - ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL

O Índice de Gravidade Global é o índice combinado de falha que nos permite classificar um trecho homogêneo de um pavimento, em razão da ocorrência de defeitos de superfície, atribuindo um conceito de condição ao pavimento em função do valor encontrado de acordo com a Norma 006-PRO (DNIT, 2003a). De acordo com DNIT (2006a) esse processo atribui valores de ponderação para cada tipo de defeito, considerando a sua frequência de estações com cada tipo.

Conforme Bernucci *et al.* (2008), o IGG não é determinado em toda extensão da pista, mas sim, feito através de amostragem, com sua determinação regida pela especificação do DNIT. Quando se tem pista simples, as estações são inventariadas a cada 20 m, alternando o lado da faixa a cada avaliação. Em caso de pista duplicada, as estações são inventariadas a cada 20 m, escolhendo a faixa mais solicitada pelo tráfego, em cada uma das pistas.

De acordo com Silva (2019) a superfície de avaliação compreende a 3 metros antes e 3 metros depois da estaca demarcada, obtendo assim 6 metros de comprimento e de largura igual à da faixa avaliada, assim como exemplifica a Figura 16. O método de cálculo tem início com a multiplicação da frequência relativa de cada evento pelo seu respectivo fator de ponderação, deste modo calcula-se o valor do Índice de Gravidade Individual (*IGI*). Por fim, com o somatório destes índices (*IGI*), encontra-se o valor do IGG.

Figura 16 – Demarcação de áreas para inventário de defeitos.



Fonte: Marcato e Oliveira (2021).

Conforme a Norma 006-PRO (DNIT, 2003a) o Índice de Gravidade Individual (*IGI*) é obtido por meio da Equação 1.

$$IGI = f_r \times f_p \quad (1)$$

Onde:

f_r = frequência relativa;

f_p = fator de ponderação.

Na Tabela 1, observa-se os valores dos fatores de ponderação para cada tipo de defeito.

Tabela 1 – Valores do fator de ponderação.

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma 005-TER (DNIT, 2003b)	Fator de Ponderação f_p
1	FC-1 (Fissuras e Trincas Isoladas)	0,2
2	FC-2 (Trincas “Couro de Jacaré” e “Bloco”) Obs.: quando forem constatadas ocorrências do tipo 1 e 2, deve-se considerar o tipo 2 para efeito de cálculo	0,5
3	FC-3 (Trincas “Couro de Jacaré” e “Bloco” com Erosão Acentuada) Obs.: quando forem constatadas ocorrências 1, 2 e 3, deve-se considerar o tipo 3 para efeito de cálculo	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O (Ondulação/Corrugação), P (“Panela”), E (Escorregamento)	1,0
6	EX (Exsudação do ligante betuminoso)	0,5
7	D (Desgaste)	0,3
8	R (Remendos Superficiais e Remendos Profundos)	0,6

Fonte: Adaptado de DNIT (2003a).

Ainda, segundo a Norma 006-PRO (DNIT, 2003a) para afundamentos de trilho de rodas, devem ser calculados os parâmetros: média (\bar{x}) e variância (s^2) das flechas.

Para as rodovias de pista simples, esses parâmetros são medidos nas Trilhas de Roda Internas (TRI) e Trilhas de Rodas Externas (TRE) de ambas as faixas de tráfego. No caso de “terceiras faixas”, estes parâmetros devem ser considerados separadamente.

Para as rodovias de pista dupla, esses parâmetros são medidos são medidos nas TRI e TRE das faixas de tráfego mais solicitadas de cada pista, separadamente.

Conforme a Norma 006-PRO (DNIT, 2003a) o cálculo da média e da variância dos valores das flechas, tanto na Trilha de Roda Interna (TRI), quanto na Trilha de Roda Externa (TRE) se dá através das Equações 2 e 3.

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

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

Em que:

\bar{x} = média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

x_i = valores individuais;

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

s^2 = variância.

Ainda, seguindo a referida norma, para a média aritmética das médias das flechas e para a média aritmética das variâncias das flechas, o fator de ponderação a utilizar depende do valor das médias aritméticas, conforme o critério a seguir estabelecido:

- para valores de média aritmética das medidas das flechas menor ou igual a 30, o fator de ponderação equivale a 4/3, acima de 30 o *IGI* é igual a 40;
- para valores de média das variâncias das flechas menor ou igual a 50, o fator de ponderação é igual a 1, acima de 50 o *IGI* é igual a 50.

O cálculo para o IGG é dado pela Equação 4.

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

Em que:

IGG = Índice de Gravidade Global;

IGI = Índice de Gravidade Individual.

Assim, a Norma 006-PRO (DNIT, 2003a) explica que obtendo o valor do IGG, é possível estabelecer a condição do pavimento por meio dos valores fornecidos pela Tabela 2.

Tabela 2 – Conceitos de degradação 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	$IGG > 160$

Fonte: Adaptado de DNIT (2003a).

3.4 AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS

De acordo com o que explica o Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005) os pavimentos são concebidos para durarem determinado período. Durante cada um destes períodos ou ciclos de vida, o pavimento inicia numa condição ótima até alcançar uma condição ruim. O decréscimo da condição ou da serventia do pavimento ao longo do tempo é denominado deterioração do pavimento”.

A deterioração independentemente do tipo de revestimento utilizado, pode ser entendida como a soma de processos que tem origem nas eventuais falhas de projeto, na execução e nos materiais utilizados na construção (MENEZES; MENEZES, 1996 *apud* FERREIRA, 2010)

Seguindo o que afirma Ferreira (2010) o indicativo para fazer a reabilitação desse pavimento são as avaliações executadas sobre o mesmo, são elas a avaliação funcional e a avaliação estrutural.

A utilização desses métodos segundo Fernandes Junior (1996) *apud* Silva (2019) é a obtenção do melhor retorno possível para os recursos investidos, garantindo segurança, conforto e economia aos usuários.

3.5 AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO

A avaliação funcional assim como afirmam DNIT (2006a), Silva (2006) e Silva (2019) tem como objetivo estabelecer o nível de degradação da via, por meio de quantificação e identificação dos problemas superficiais que prejudicam o conforto e a segurança dos usuários. O método de avaliação tem como foco a análise dos defeitos superficiais, a irregularidade e a aderência do pavimento. Este trabalho aborda apenas a análise nos defeitos superficiais.

Conforme CNT (2017) essa análise é feita por avaliações realizadas periodicamente no pavimento, orientando sobre as intervenções necessárias e definindo o momento em que a manutenção corretiva ou de reforço deve ser realizada, a partir do valor mínimo admissível para cada parâmetro ou para a combinação deles.

Como explica DNIT (2006b) a avaliação das características funcionais do pavimento relaciona-se com as condições da pista e engloba os defeitos superficiais e as deformações de perfil, sendo divididas em duas técnicas.

- Técnicas Subjetivas: o estado de restauração do pavimento é definido através de conceitos qualitativos.

- Técnicas Objetivas: permite expressar a restauração do pavimento a partir da quantificação numérica e distribuição de severidade das manifestações patológicas existentes.

Avaliação superficial objetiva, como afirma DNIT (2003a), estabelece um método para a avaliação do pavimento através do Índice de Gravidade Global (IGG) que através da frequência em que estão presentes as deformações permanentes na trilha de roda e ocorrências aparentes pode-se determinar o grau de deterioração do pavimento.

Para aplicar a Norma 006-PRO (DNIT, 2003a), é necessário conhecer a Norma 005-TER (DNIT, 2003b). Esta norma é um documento onde estão apresentados os termos técnicos empregados em defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semirrígidos, servindo para padronizar a linguagem adotada na elaboração das normas, manuais, projetos e textos relativos aos pavimentos flexíveis e semirrígidos.

Ao realizar um estudo utilizando o método IGG, Andrade (2022) delimitou um trecho da Avenida São Sebastião, Cidade de Cuiabá-MT, com pista simples. A coleta de dados realizou-se em 8 estações no decorrer de 140 metros. A partir do inventário das ocorrências foi calculado o IGG, obtendo um resultado de 189,3 e sendo avaliado como de péssima qualidade, devido à grande quantidade de fissuras, desgaste e afundamento plástico, causado pelo má dosagem ou má usinagem do CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente), sendo recomendadas medidas para a restauração do revestimento.

Utilizando o mesmo método Rohrig (2017) avaliou um trecho da ERS-307 que possui 56 km de extensão e localiza-se na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, delimitando quatro trechos de 300 metros cada, sendo 150 metros para cada sentido. A partir do inventário das ocorrências calculou o IGG, obtendo um valor de 237,37 para o lado direito e 296,97 para o lado esquerdo, que significa que tanto para o lado direito quanto para o lado esquerdo da rodovia, o pavimento se enquadra no conceito péssimo, caracterizado pelo $IGG > 160$, tornando difícil a segurança, conforto e trafegabilidade dos usuários.

3.6 TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO ASFÁLTICA

Depois de selecionada a estrutura que atenda de forma mais eficiente e econômica às necessidades, o pavimento é construído, fazendo-se necessário analisar o comportamento ao longo do tempo útil e realizar manutenções com o intuito de manter o desempenho a que é proposto. Com base nesse comportamento, será determinado o serviço a ser feito (SENÇO, 2007).

De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006b), a manutenção do pavimento é o conjunto de atividades ou operações de engenharia realizados objetivando a preservação do pavimento nas condições iniciais existentes, após a sua construção ou no estado em que foi restaurado, tem como finalidade o prolongamento da vida útil das rodovias, reduzir custos de operação dos veículos e retornar a serventia da rodovia por um maior tempo.

3.6.1 *Lama asfáltica*

Este serviço é particularmente útil para renovar revestimentos que apresentam porosidade e/ou fissuras, é um material produzido a partir da mistura de emulsão asfáltica, água, filler e agregados minerais, aplicado em camadas finas sobre a superfície a ser pavimentada. Caso a lama asfáltica seja descartada de maneira inadequada, ela pode se tornar um resíduo contaminante e prejudicar o meio ambiente. Portanto, é crucial que esse tipo de resíduo seja tratado e destinado adequadamente após o uso (DNIT, 2005).

3.6.2 *Microrrevestimento*

Esse processo pode ser utilizado para várias finalidades, como preenchimento de pequenos afundamentos em trilhas de roda, proteção das camadas inferiores e aumento do atrito (SILVA, 2008). Sua mistura é composta por asfalto modificado, agregados minerais, polímeros e aditivos que conferem às camadas aplicadas características como resistência ao desgaste, aderência, impermeabilização e reflexão de luz (DNIT, 2005).

3.6.3 *Capa selante*

É o processo de manutenção preventiva realizado em superfícies asfálticas para protegê-las contra os efeitos do envelhecimento, da oxidação, da abrasão e da penetração de água. A capa selante é composta por uma mistura de asfalto diluída em solventes, aplicada em pavimentos com bom estado, mas que apresentam sinais de desgaste superficial, como trincas, fissuras e outras irregularidades. No procedimento, a capa penetra nas fissuras e poros da superfície, preenchendo-os e criando uma camada protetora que ajuda a prolongar a vida útil da pavimentação (DNIT, 2005).

3.6.4 *Remendo*

É o processo de reparo de superfícies asfálticas, que há a remoção do asfalto danificado e a substituição por uma nova mistura de asfalto quente ou frio. A nova mistura é compactada e nivelada para garantir uma superfície uniforme e resistente e o processo é eficaz para corrigir pequenas áreas danificadas. Essas técnicas podem ser úteis para reparos temporários, mas não é uma solução permanente para o problema e pode precisar ser substituída por uma solução mais duradoura no futuro (DNIT, 2005).

3.6.5 *Reconstrução*

A reconstrução asfáltica tem como objetivo, remodelar o pavimento através da adição ou substituição de camadas estruturais ou do revestimento, de forma a melhorar sua estrutura, é utilizada quando a pavimentação está muito danificada para ser simplesmente reparada ou recapeada. Busca permitir que as cargas que incidem sobre a estrutura sejam suportadas de maneira segura e que proporcione conforto aos usuários durante a vida útil do pavimento (BERNUCCI *et al.*, 2008).

3.6.6 *Reciclagem*

É o procedimento utilizado para reaproveitar misturas asfálticas antigas e deterioradas com o objetivo de produzir novas misturas, fazendo uso dos agregados e ligantes que ainda estão disponíveis. O procedimento envolve a trituração do asfalto existente e a mistura do material com aditivos para melhorar suas características (BERNUCCI *et al.*, 2008).

3.6.7 *Fresagem*

Para Bernucci *et al.* (2008) a fresagem é a operação de corte com o uso de máquinas especiais, tendo como finalidade a remoção de uma ou mais camadas do pavimento, como forma de restauração da qualidade do rolamento ou como melhoria na capacidade de suporte, sendo executada previamente à execução de novo revestimento do asfalto.

3.6.8 *Recapeamento*

O recapeamento asfáltico é uma técnica de manutenção corretiva comum para superfícies asfálticas que apresentam desgaste e danos significativos, é geralmente utilizado para corrigir problemas mais graves na pavimentação, como fissuras, rachaduras, deformações,

buracos e desgaste excessivo. O propósito fundamental desta intervenção é proporcionar uma estrutura de apoio mais eficiente ao pavimento já existente (DNIT, 2005).

3.6.9 *Regularização*

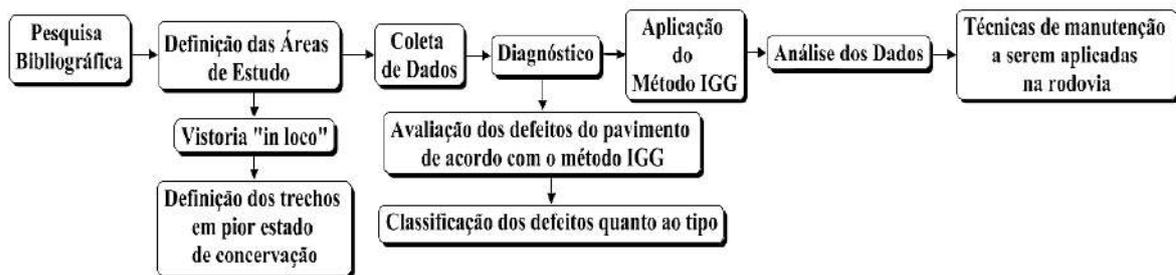
O processo em questão é usado para nivelar a superfície asfáltica a partir da análise dos trechos, a fim de corrigir imperfeições como desníveis, ondulações, buracos e outras deformidades (DNIT, 2005).

4 METODOLOGIA

Este estudo tem como propósito fazer uma avaliação superficial do pavimento de um trecho da rodovia PB-393, entre as Cidade de Cajazeiras e São João do Rio do Peixe, ambas no Estado da Paraíba, utilizando o método IGG. A pesquisa foi de ordem qualitativa, pois através de uma classificação das manifestações patológicas do pavimento, serão utilizadas notas, a fim de permitir diagnosticar o estado de conservação do pavimento.

A metodologia consistiu na aplicação do IGG. Sendo realizada uma inspeção no local registrando todas as manifestações patológicas e a gravidade das mesmas em uma ficha de inspeção onde consta todos os dados do trecho analisado. O levantamento manual foi executado por uma equipe técnica composta por duas pessoas que caminhavam pelo pavimento a ser avaliado e, através do uso de ferramentas simples como trena e régua, identificando o tipo de defeito, sua extensão e sua severidade. O desenvolvimento da pesquisa foi feito de acordo com o exposto no Fluxograma 1.

Fluxograma 1 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Os autores (2023).

4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Realizou-se um levantamento bibliográfico sobre o tema em estudo, verificando toda a bibliografia sobre o conteúdo de conceitos de pavimentos; avaliação superficial de pavimentos; técnicas de recuperação de pavimentos; método IGG; e gerência de pavimentos.

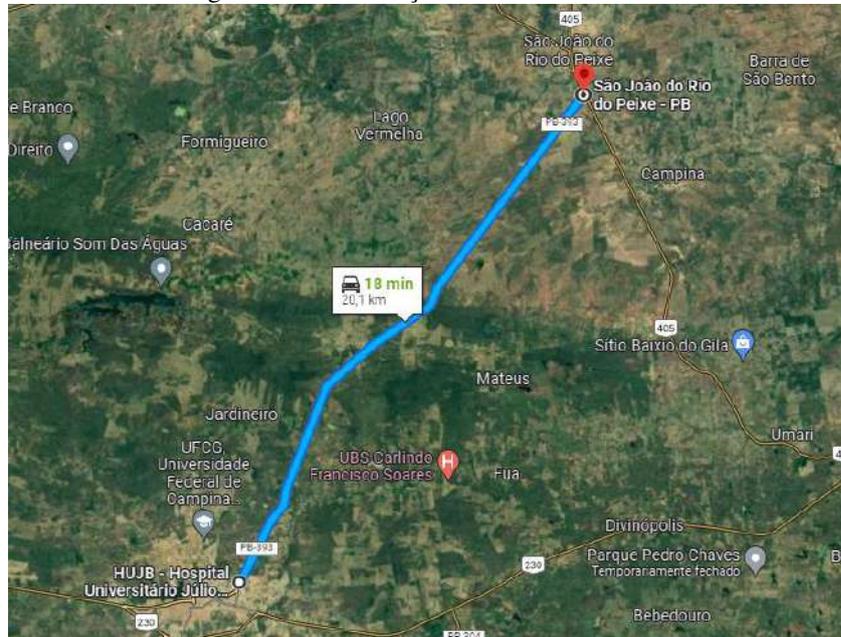
4.2 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Nessa fase, foi escolhida a área de estudo e a localização do trecho da pesquisa. Foi selecionada o trecho da rodovia PB-393, entre as Cidades de Cajazeiras e São João do Rio do Peixe, no Estado da Paraíba, devido a rodovia ser uma das principais rotas de tráfego da região, e ter um alto fluxo de automóveis de grande, médio e pequeno porte.

O trecho selecionado possui 22,4 km de extensão como representado a Figura 17. Na

rota foi verificada em uma inspeção visual *in loco*, apesar de ter sido recentemente feito o seu recapeamento, ela possui inúmeras manifestações patológicas no pavimento, em função do intenso tráfego de automóveis de carga.

Figura 17 – Localização do trecho em estudo.



Fonte: Google Maps (2023), adaptado pelos autores.

4.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada manualmente através de medições, imagens fotográficas e preenchimento das tabelas necessárias para o método IGG, através dos dados disponibilizados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT).

O pavimento após vários anos sem manutenção adequada, ele se encontra em médio estado de conservação.

4.4 DIAGNÓSTICO

O diagnóstico das manifestações patológicas encontradas a partir da Norma 005-TER (DNIT, 2003b) e da revisão bibliográfica, foi relacionado de acordo com as manifestações patológicas encontradas, as causas e origens.

4.5 APLICAÇÃO DO MÉTODO IGG

O método IGG caracteriza-se como uma avaliação superficial da condição de deterioração do pavimento e é composto pelo preenchimento de uma ficha de análise, conforme

exposto no, partindo das manifestações patológicas encontradas e após para o cálculo com o auxílio de uma planilha, exposta no Anexo B, é utilizada a frequência de cada uma das manifestações patológicas no trecho e seu respectivo fator de ponderação para assim determinar o grau de degradação atingido pelo pavimento.

Para a realização dos cálculos do método do IGG foram realizados os passos a seguir:

- demarcação das estacas e áreas de pesquisa;
- inventário das ocorrências por área, anotando a terminologia e a codificação de defeitos existentes na área delimitada com o auxílio de um formulário sugerido na Norma 006-PRO (DNIT, 2003a);
- contagem das ocorrências e cálculo da frequência relativa;
- cálculo do índice de gravidade individual (IGI) de cada uma das ocorrências através da multiplicação da frequência relativa de cada defeito pelo seu fator de ponderação;
- soma dos IGI individuais para determinação do IGG.

Na utilização do método IGG, aplicou-se o método da rodovia de pista simples, as estações foram enumeradas a cada 20 metros, alternando entre faixas, assim, em cada faixa a cada 40 metros. Para obter os dados referentes ao método IGG, realizou-se uma análise prévia de forma a subdividir a via em segmentos que possuíssem características ou defeitos semelhantes. A descrição dos defeitos analisados obedeceu a Norma 006-PRO (DNIT, 2003a), e os fatores de ponderação utilizados foram conforme a Tabela 1.

Com a finalização do levantamento de dados, foi realizada uma análise prévia de forma a subdividir a via em segmentos homogêneos, que possuam os mesmos defeitos.

4.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os defeitos identificados no campo foram digitalizados em uma planilha de cálculo de forma a se obter o valor do IGG e em seguida, pode-se embasar tomadas de decisões, e caso necessário, intervenção na via.

4.7 TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO A SEREM APLICADAS

Com os dados analisados foi possível saber qual o tipo de manutenção mais apropriado para a intervenção na via. Com essas informações, foi possível determinar as intervenções que deveriam ser feitas em cada seção e, ao analisá-las, foi possível sugerir a manutenção adequada para a via.

5 RESULTADOS E ANÁLISES

A análise visual *in loco* dos trechos em estudo ocorreu no dia 24 de março de 2023, no período da manhã, a fim de identificar as manifestações patológicas e suas possíveis causas ao longo dos trechos da rodovia. O primeiro trecho está localizado no km 3, o segundo no km 12, o terceiro no km 14, o quarto no km 16, o quinto no km 18, e o sexto no km 20, da PB-393, ambos trechos passaram recentemente pela operação “tapa buraco” e possuem pavimento flexível, como pode-se observar na Figura 18. Foram escolhidos os piores trechos no quesito visual a fim de viabilizar e tornar o estudo mais completo. Cada trecho possui 80 metros, contabilizando um total de 04 estações por trecho.

Figura 18 – Representação dos trechos.



Fonte: Os autores, 2023.

5.2 DIAGNÓSTICO

Durante todo o percurso, foram identificadas diversas anomalias e, com a ajuda da Norma 005-TER (DNIT, 2003b), foi possível identificar e classificar cada uma delas.

5.2.1 Remendo

Os remendos presentes no pavimento em estudo, como mostra a Figura 19, foram realizados em 2021, apesar da data recente a sobrecarga de tráfego na estrada juntamente com o uso de possíveis materiais de baixa qualidade são fatores que contribuíram para a deterioração e o desnivelamento dos remendos com relação à condição geral, bem como à transição entre as áreas reparadas.

Figura 19 – Representação: remendo.



(a) Trecho 3

(b) Trecho 5

Fonte: Os autores, 2023.

5.2.2 Panela

O tipo de manifestação patológica em questão esteve presente em quase todos os trechos em estudo, de acordo com a Figura 20, com exceção do trecho 4. Seu desenvolvimento se deve pelo desgaste por fadiga e o excesso de umidade do solo ocasionando danos estruturais e funcionais ao pavimento, resultando em um aumento significativo dos custos de manutenção.

Figura 20 – Representação: panela



(a) Trecho 2

(b) Trecho 6

Fonte: Os autores, 2023.

5.2.3 *Trincas Isoladas*

As trincas isoladas foram encontradas em todos os trechos em estudo, como mostra a Figura 21, considerada um defeito funcional e estrutural, esse tipo de defeito afeta a uniformidade do pavimento e enfraquece o revestimento, quando combinadas com outros tipos de problemas estruturais, essas trincas podem levar à rápida degradação do pavimento.

As trincas longitudinais se fazem presentes em todos os trechos e suas possíveis causas, segundo Bernucci *et al.* (2008), destacam-se: problemas na execução da pavimentação, na temperatura de compactação ou na dosagem da mistura asfáltica, bem como o envelhecimento do ligante asfáltico. Já as trincas transversais foram pouco frequentes, sua origem está relacionada à execução inadequada da junta longitudinal que separa as faixas de rolamento do acostamento.

Figura 21 – Representação: trincas isoladas.



(a) Trecho 3

(b) Trecho 4

Fonte: Os autores, 2023.

5.2.4 *Trincas Interligadas*

Conhecida como trinca “couro de jacaré”, o desenvolvimento dessa manifestação patológica deve-se pela falha do revestimento asfáltico, proveniente do tráfego frequente no local e a uma compactação inadequada. Esse problema parece persistir mesmo após as tentativas de remendo, já que novas trincas surgiram em áreas que foram consertadas. Foi constatado essa situação nos trechos 1, 5 e 6, com mais incidência do tipo em que há erosão nas extremidades.

Nos trechos 2 e 3, a trinca se desenvolve especialmente na trilha de rodagem, com a presença de trincas isoladas, principalmente longitudinais, tendo como causa a sobrecarga contínua do tráfego, além da falta de dispositivos de drenagem para a água da chuva favorecendo a infiltração na estrutura do pavimento. Na Figura 22 é possível identificar esse tipo de trinca.

Figura 22 – Representação: trincas interligadas.



(a) Trecho 1

(b) Trecho 5

Fonte: Os autores, 2023.

5.3 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL

Ao analisar individualmente cada seção da estrada e considerando cada estação, foi possível identificar os tipos de defeitos presentes em cada trecho, bem como a frequência e semelhanças entre eles. Além disso, foi utilizado o mesmo processo para calcular o IGG de cada trecho em estudo.

5.3.1 Trecho 1

O inventário dos defeitos do trecho 1 foi realizado conforme a Norma 006-PRO (DNIT, 2003a) através de preenchimento manual do formulário do Anexo A e apresentado na Figura 23.

Nesse trecho foi observada a predominância de trincas transversais curtas em estado de erosão médio, apresentando também pontos com estado de erosão acentuado originando painelas, observou-se também alguns pontos com presença de exsudação surgindo sobre os remendos existentes.

Figura 23 – Inventário de defeitos do trecho 1.

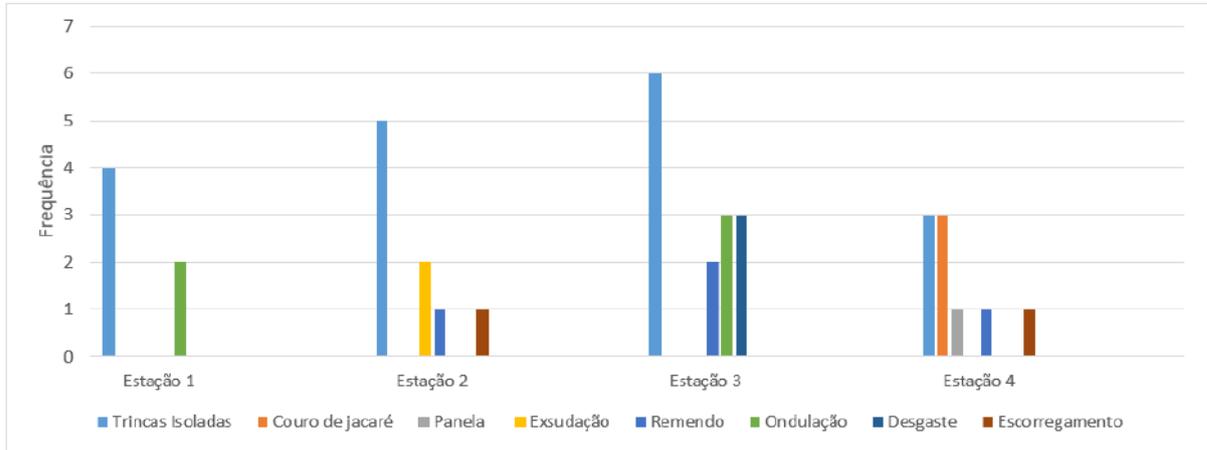
INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: PB - 393												OPERADOR:				ESTACA OU QUILÔMETRO				FOLHA: 01					
TRECHO: 01 (km 3)												REVESTIMENTO TIPO: Tratamento Superficial Duplo - TSD								ESTACA OU QUILÔMETRO					
SUBTRECHO:												DATA: 24/03/2022								ESTACA OU QUILÔMETRO					
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS							AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS								TRINCAS RODAS		Observações:	
			ISOLADAS			INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE				
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC - 2 J 2	FC - 3 TB 2	JE 3	TBE 3	ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4	5	5	5	6	7	8	mm		mm
1	A				X										X										
2	A				X												X	X			X				
3	A			X			X								X					X					
4	A					X			X							X	X				X				

Fonte: Os autores (2023).

O Gráfico 1 apresenta a ocorrência de cada defeito, tendo como base os dados levantados em campo. Pode-se observar que o trecho apresenta grande frequência de trincas

isoladas, sendo encontradas em todas as estações, sendo a estação 3 a mais prejudicada, as trincas isoladas também apresentam quantidade significativa nas estações 1 e 2. O trecho possui diversos tipos de manifestações patológicas, sendo essas distribuídas em pequenas quantidades pelas estações.

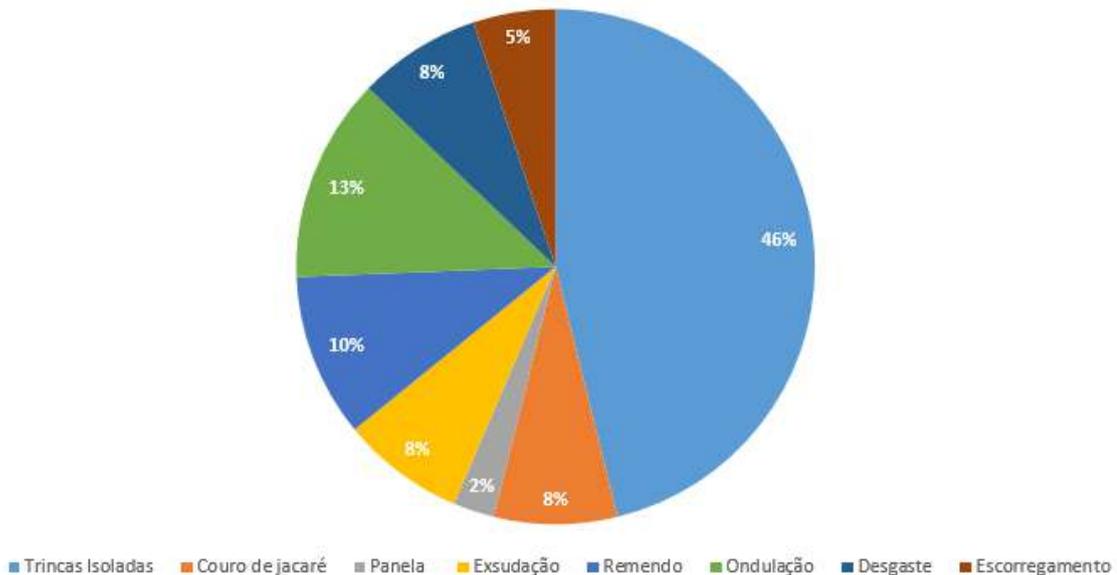
Gráfico 1 – Frequência de defeitos por estação no trecho 1.



Fonte: Os autores (2023).

O Gráfico 2 apresenta as porcentagens de cada tipo de manifestação patológica distribuídas no trecho. É possível observar que as trincas isoladas possuem maior porcentagem com 46%, seguida pela ondulação com 13%, embora não teve desgaste em excesso, o trecho demonstra que em sua maior parte a execução de remendos foi realizada de forma incorreta ou com material inadequado, favorecendo assim o aparecimento de outros tipos de manifestações patológicas, inclusive painelas e escorregamentos.

Gráfico 2 – Porcentagem de defeitos por estação no trecho 1.



Fonte: Os autores (2023).

Após terem sido identificadas as manifestações patológicas no trecho e realizar a frequência absoluta, foi-se necessário calcular a frequência considerada relativa dos defeitos. A primeira seguindo a orientação da norma e a segunda através da Equação 2.

Com esses dados e com os valores de ponderação de cada defeito disponibilizado pela norma, foi possível calcular o Índice de Gravidade Individual de cada tipo de manifestação patológica de acordo com a Equação 1, para posteriormente efetuar a soma e determinar o Índice de Gravidade Global total do trecho.

A Tabela 3 indica os resultados encontrados nos cálculos realizados com auxílio da planilha do Excel. É possível verificar que o IGG do trecho está entre 80 e 160, portanto é considerado “ruim”, não oferecendo total segurança aos usuários da rodovia. Esse resultado se dá devido a expressiva quantidade de trincas em todas as estações, assim como também remendos de má qualidade que geraram vários outros defeitos no pavimento e podem ocasionar o agravamento da situação com o aparecimento de novas trincas “couro de jacaré” e novas painéis.

Tabela 3 – Planilha de cálculo do trecho 1.

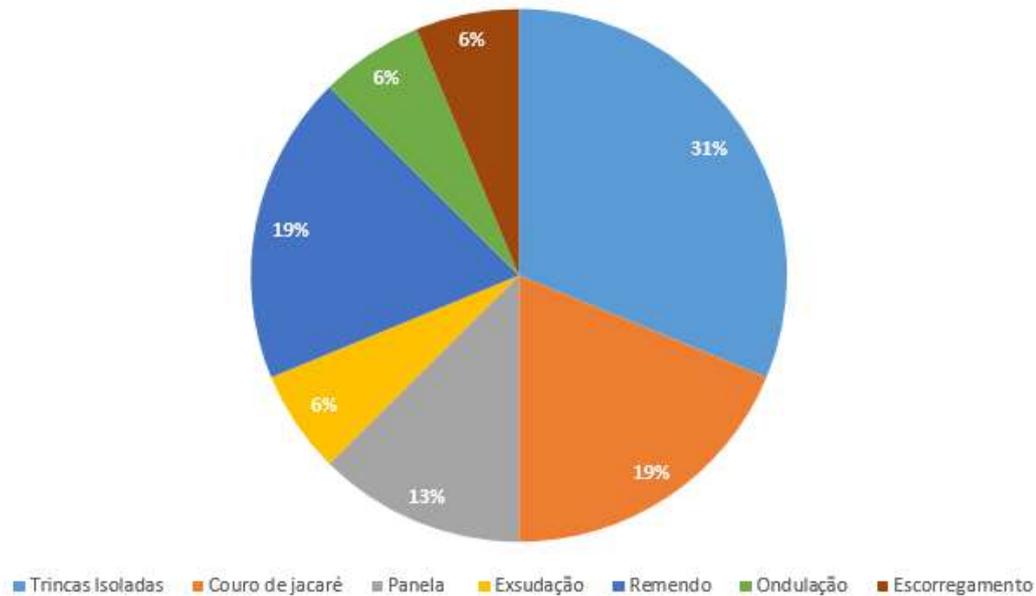
Rodovia: PB-393				Observadores: Irrauly Siqueira, Rafael da Silva			
Trecho: 01 (km 3)				Extensão: 80 m			
Tipo de revestimento: Flexível - TSD							
Item	Natureza do Defeito	Frequência Absoluta	Frequência Absoluta Considerada	Frequência Relativa	Fator de Ponderação	IGI	Observações
1	FC-1	18	2	50	0,2	25	
2	FC-2	0	0	0	0,5	0	
3	FC-3	3	1	25	0,8	20	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	0	25	0,9	0	
5	O, P, E	8	1	25	1,0	25	
6	EX	2	0	0	0,5	0	
7	D	3	3	60	0,3	18	
8	R	3	2	40	0,6	24	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		N = 04	$\sum IGI = IGG$			112,0	Ruim 80 < IGG < 160

Fonte: Os autores (2023).

5.3.2 Trecho 2

Para o trecho em questão seguiu-se o mesmo procedimento realizado no trecho 1, a Figura 24 apresenta o levantamento do inventário de todas as estações do trecho 2.

Gráfico 4 – Porcentagem de defeitos por estação no trecho 2.



Fonte: Os autores (2023).

A Tabela 4 representa a planilha de cálculo do IGG, que apresenta o resultado dos cálculos e a condição superficial da rodovia.

Tabela 4 – Planilha de cálculo do trecho 2.

Rodovia: PB-393		Observadores: Irrauly Siqueira, Rafael da Silva					
Trecho: 02 (km 12)		Extensão: 80 m					
Tipo de revestimento: Flexível - TSD							
Item	Natureza do Defeito	Frequência Absoluta	Frequência Absoluta Considerada	Frequência Relativa	Fator de Ponderação	IGI	Observações
1	FC-1	5	2	50	0,2	25	
2	FC-2	2	1	25	0,5	12,5	
3	FC-3	1	1	25	0,8	20	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	0	25	0,9	0	
5	O, P, E	4	1	25	1,0	25	
6	EX	1	1	25	0,5	12,5	
7	D	0	0	0	0,3	0	
8	R	3	1	25	0,6	15	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		N = 04	$\sum IGI = IGG$			110,0	Ruim 80 < IGG < 160

Fonte: Os autores (2023).

Observando o resultado, é possível verificar que o IGG do trecho está entre 80 e 160, portanto adequa-se ao estado de conservação “ruim”, portanto não atende de forma satisfatória os parâmetros de segurança necessários para a rodovia. Esse resultado se dá devido a considerável quantidade de trincas isoladas e do tipo “couro de jacaré” que se formaram em sua maioria sobre os remendos existentes na rodovia.

O alto valor do índice se dá também pela quantidade de defeitos com alto fator de ponderação, com quantidades que chegam a 5 unidades.

5.3.3 Trecho 3

Através da avaliação visual realizada, obteve-se o inventário de manifestações patológicas do trecho 3, apresentadas na Figura 25.

Figura 25 – Inventário de defeitos do trecho 3.

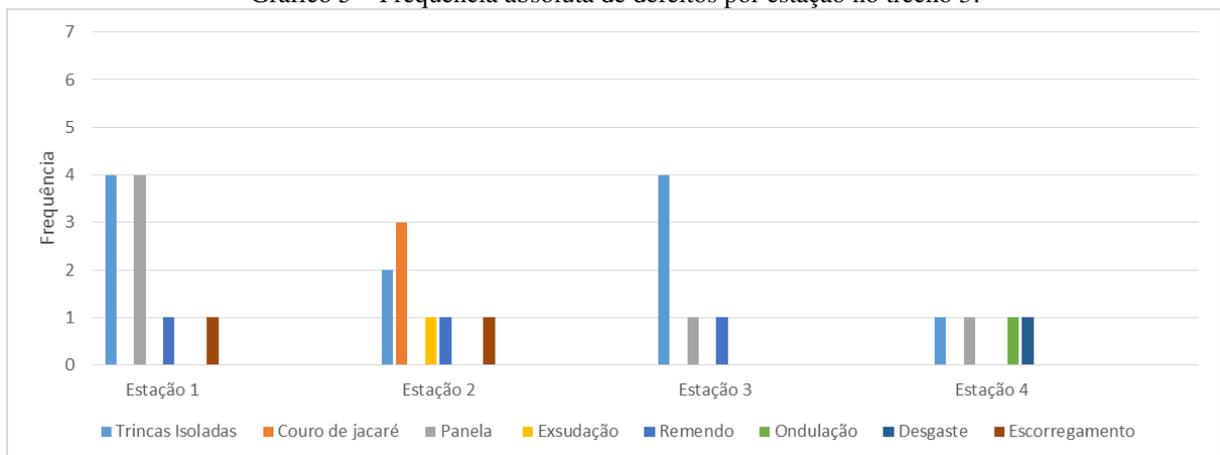
INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																										
RODOVIA: PB - 393												OPERADOR:						FOLHA: 03								
TRECHO: 03 (km 14)												REVESTIMENTO TIPO: Tratamento Superficial Duplo - TSD						ESTACA OU QUILOMETRO		ESTACA OU QUILOMETRO						
SUBTRECHO:												DATA: 24/03/202														
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS							AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:				
			ISOLADAS							INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID										
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC - 2 J 2 TB 2		FC - 3 JE 3 TBE 3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4	O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7		R 8	TRI mm	IRE mm	
1	A				X	X												X	X			X				
2	A							X											X	X			X			
3	A		X		X													X					X			
4	A																X	X			X					

Fonte: Os autores (2023).

Nesse trecho observa-se assim como no trecho 2 a grande quantidade de remendos, panelas e exsudação. Vale salientar que a maioria das manifestações patológicas eram as trincas isoladas, observou-se que estiveram presentes por todas as estações.

Através do Gráfico 5 é possível visualizar a frequência absoluta das manifestações patológicas presentes no trecho em estudo. Pode-se notar que as trincas isoladas são maioria em praticamente todas as estações, principalmente na primeira estação, em grande quantidade foram visualizadas também as trincas tipo “couro de jacaré” seguidas pelas panelas.

Gráfico 5 – Frequência absoluta de defeitos por estação no trecho 3.

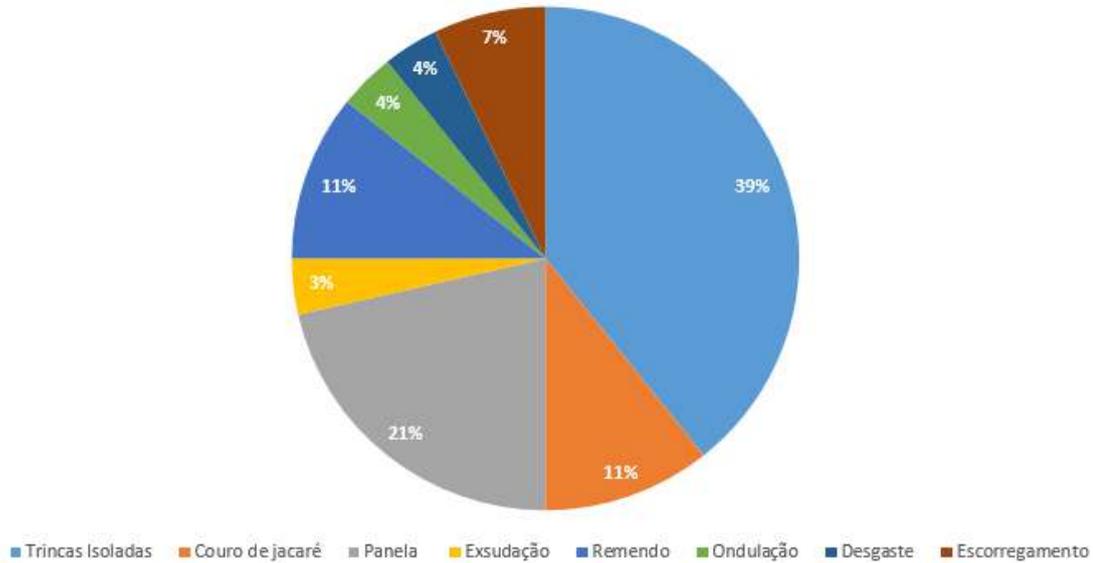


Fonte: Os autores (2023).

O Gráfico 6 demonstra a porcentagem de cada tipo de manifestação presente nas estações do trecho. É possível observar que as trincas isoladas tem a maior porcentagem de com 39% de

ocorrência, na sequência estão as painelas que possuem 21% e sendo seguidas pelas trincas tipo “couro de jacaré” e os remendos, ambas com 11%.

Gráfico 6 – Porcentagem de defeitos por estação no trecho 3.



Fonte: Os autores (2023).

Os resultados do cálculo do IGG do trecho são representados na Tabela 5.

Tabela 5 – Planilha de cálculo do trecho 3.

Rodovia: PB-393		Observadores: Irraualy Siqueira, Rafael da Silva					
Trecho: 03 (km 14)		Extensão: 80 m					
Tipo de revestimento: Flexível - TSD							
Item	Natureza do Defeito	Frequência Absoluta	Frequência Absoluta Considerada	Frequência Relativa	Fator de Ponderação	IGI	Observações
1	FC-1	11	2	50	0,2	10	
2	FC-2	3	1	25	0,5	12,5	
3	FC-3	0	0	0	0,8	0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	0	0	0,9	0	
5	O, P, E	9	2	50	1,0	50	
6	EX	1	1	25	0,5	12,5	
7	D	1	1	25	0,3	7,5	
8	R	3	2	50	0,6	30	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		N = 04	$\sum IGI = IGG$			122,5	Ruim 80 < IGG < 160

Fonte: Os autores, 2023.

Através do resultado da tabela, têm-se que o IGG do trecho está entre 80 e 160, sendo considerado assim em estado de conservação “ruim”, portanto não apresenta qualidade satisfatória dos parâmetros de segurança necessários para a rodovia. Esse resultado se dá devido

a considerável quantidade de trincas isoladas e de painelas que foram formadas em sua maioria sobre os remendos existentes no trecho.

O alto valor do índice se dá também pela quantidade de defeitos com alto fator de ponderação, como ondulações, painelas e escorregamento, que tiveram grande quantidade de ocorrência.

5.3.4 Trecho 4

Foi adotado o mesmo método utilizado nos trechos anteriores para realizar o procedimento descrito neste trecho, a Figura 26 mostra o registro de todas as estações presentes no trecho 4.

Figura 26 – Inventário de defeitos do trecho 4.

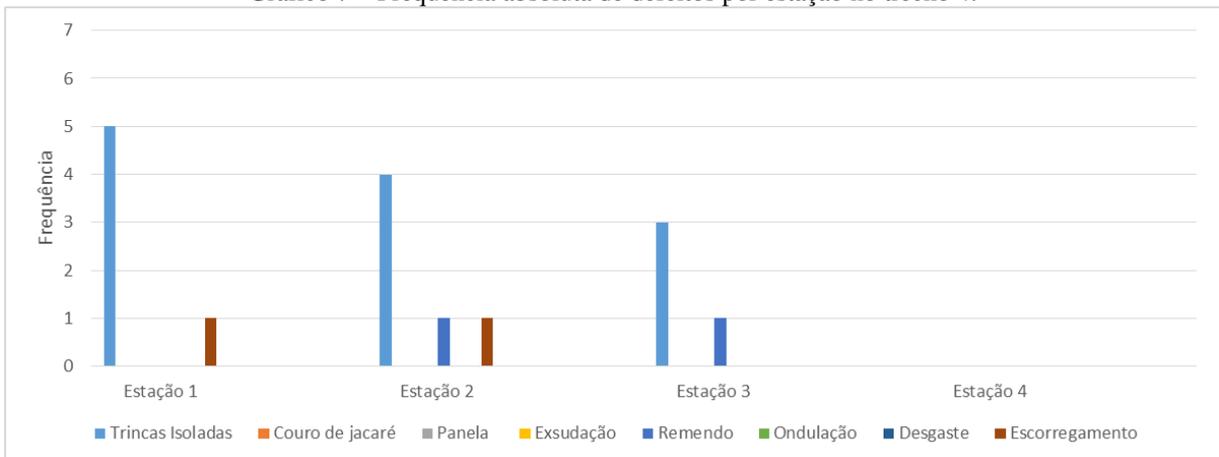
INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																							
RODOVIA: PB - 393										OPERADOR:										FOLHA: 04			
TRECHO: 04 (km 16)										REVESTIMENTO TIPO: Tratamento Superficial Duplo - TSD										ESTACA OU QUILOMETRO		ESTACA OU QUILOMETRO	
SUBTRECHO:										DATA: 24/03/202													
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS						AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS							TRINCAS RODAS		Observações:	
			ISOLADAS			INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE			
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2	FC-3	ALP	ATP	ALC	ATC	5	5	5	6	7	8	mm		mm
						J	TB	JE	TBE	4	4	4	4										
1	A					X																	
2	A				X																X		
3	A				X																X		
4	A																						

Fonte: Os autores (2023).

No decorrer desse trecho, verificou-se que a predominância de falhas foi de trincas isoladas, também há presença de escorregamentos e assim como em outros trechos, A maioria das anomalias observadas está relacionada a remendos de baixa qualidade executados na rodovia.

Com base nas informações coletadas em campo, o Gráfico 7 representa a contagem total de ocorrências de cada defeito em termos absolutos. Pode-se observar que o trecho não apresenta uma variedade de manifestações patológicas, as trincas isoladas são as que ocorrem com maior frequência, sendo encontrada em quase todas as estações, exceto na estação 4. É na estação 1 que as trincas isoladas apresentam quantidade significativa, com 5 ocorrências. O trecho ainda possui alguns remendos, além da presença de escorregamentos.

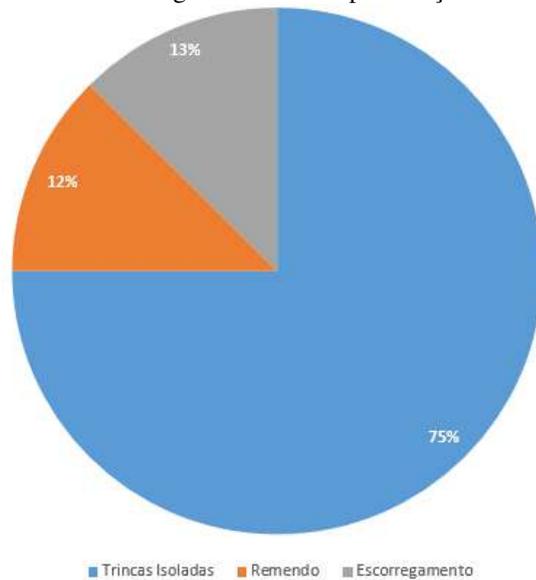
Gráfico 7 – Frequência absoluta de defeitos por estação no trecho 4.



Fonte: Os autores (2023).

O Gráfico 8 exibe a distribuição percentual de cada tipo de anomalia observada ao longo do trecho analisado. É possível constatar que as trincas isoladas são a manifestação patológica mais frequente no trecho estudado, estando com 70%, sendo seguidas pelos remendos com 18% e escorregamentos com 12%. É importante salientar que, nesse trecho, há uma baixa diversidade de anomalias observadas.

Gráfico 8 – Porcentagem de defeitos por estação no trecho 4.



Fonte: Os autores (2023).

A Tabela 6 representa a planilha de cálculo do IGG, que apresenta o resultado dos cálculos e a condição superficial da rodovia.

Analisando os dados, é perceptível que o Índice de Gravidade Global (IGG) do trecho está compreendido entre 80 e 160, enquadrando-se, portanto, no estado de conservação "ruim". Isso significa que não atende satisfatoriamente aos parâmetros de segurança exigidos para a

rodovia. Esse resultado se deve principalmente à considerável quantidade de trincas isoladas, que se formaram principalmente sobre os remendos existentes na pista.

Tabela 6 – Planilha e cálculo do trecho 4.

Rodovia: PB-393		Observadores: Irrauly Siqueira, Rafael da Silva					
Trecho: 04 (km 16)		Extensão: 80 m					
Tipo de revestimento: Flexível - TSD							
Item	Natureza do Defeito	Frequência Absoluta	Frequência Absoluta Considerada	Frequência Relativa	Fator de Ponderação	IGI	Observações
1	FC-1	12	3	75	0,2	15	
2	FC-2	0	0	0	0,5	0	
3	FC-3	0	0	0	0,8	0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	0	0	0,9	0	
5	O, P, E	2	2	50	1,0	50	
6	EX	0	0	0	0,5	0	
7	D	0	0	0	0,3	0	
8	R	3	2	50	0,6	30	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		N = 04	$\sum IGI = IGG$			95	Ruim 80 < IGG < 160

Fonte: Os autores, 2023.

5.3.5 Trecho 5

O procedimento mencionado neste trecho foi conduzido com o método utilizado previamente, e a Figura 27 apresenta um registro completo de todas as estações encontradas no trecho 5.

Figura 27 – Inventário de defeitos do trecho 5.

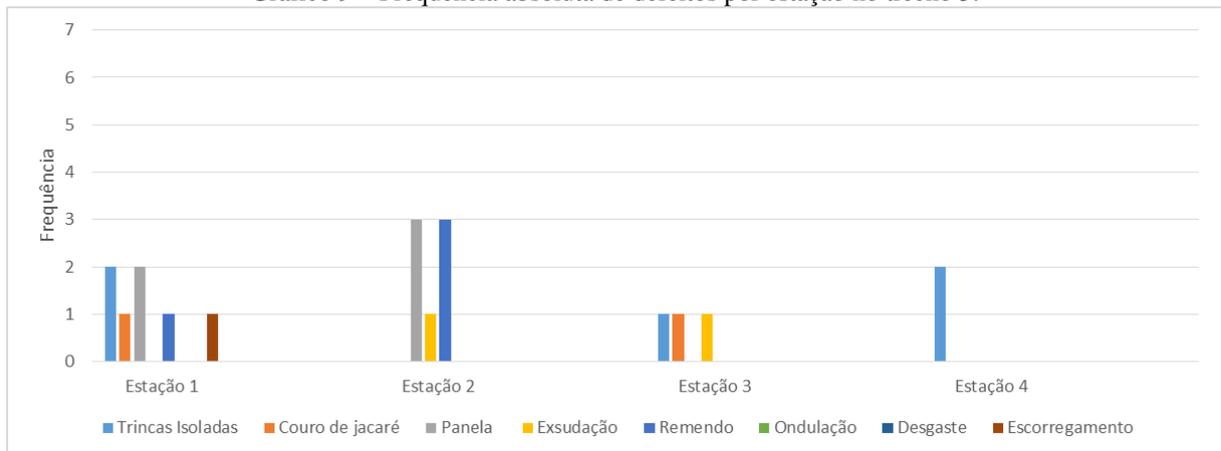
INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																										
RODOVIA: PB - 393												OPERADOR:						FOLHA: 05								
TRECHO: 05 (km 18)												REVESTIMENTO TIPO: Tratamento Superficial Duplo - TSD						ESTACA OU QUILOMETRO								
SUBTRECHO:												DATA: 24/03/202						ESTACA OU QUILOMETRO								
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS							AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:				
			ISOLADAS							INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID										
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC - 2		FC - 3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D		R	TRI	IRE	
1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm					
1	A				X				X							X	X	X		X						
2	A															X		X		X						
3	A							X										X								
4	A					X																				

Fonte: Os autores (2023).

Nesse trecho foi observada a predominância de remendos, apresentando também diversas trincas isoladas e tipo “couro de jacaré” sem bordas acentuadas, além da presença considerável de exsudações que podem ter sido causadas devido ao baixo volume de vazios.

Com base nos dados obtidos durante a coleta em campo, o Gráfico 9 exibe o número absoluto de ocorrências de cada tipo de defeito registrado.

Gráfico 9 – Frequência absoluta de defeitos por estação no trecho 5.

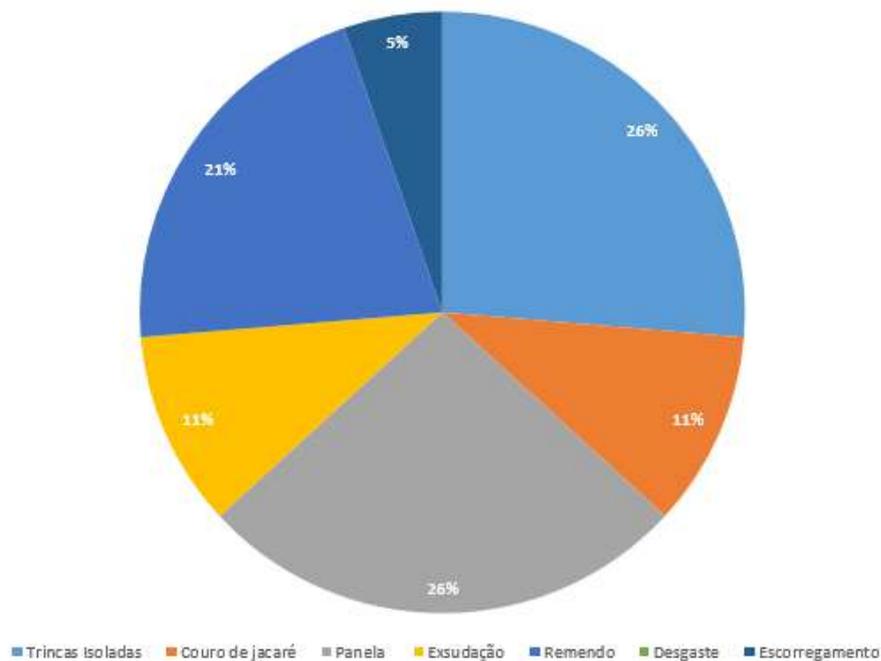


Fonte: Os autores (2023).

As manifestações patológicas de maior ocorrência foram as painelas, com maior incidência na estação 2, e trincas isoladas durante quase todo o trecho.

O Gráfico 10 ilustra a proporção de cada categoria de ocorrência identificada nas estações do percurso.

Gráfico 10 – Porcentagem de defeitos por estação no trecho 5.



Fonte: Os autores (2023).

Analisando o gráfico, pode-se notar que as trincas isoladas e as painelas são as manifestações patológicas mais comuns no trecho examinado, representando 26% dos casos cada uma, seguidos por painelas, com 21%, couro de jacaré e exsudação, com 11%, e escorregamento, com 5%. É importante mencionar a diversidade de manifestações patológicas encontradas ao longo do trecho estudado.

A planilha de cálculo do IGG está representada na Tabela 7, onde é possível verificar os resultados dos cálculos realizados e a condição superficial da rodovia.

Tabela 7 – Planilha de cálculo do trecho 5.

Rodovia: PB-393		Observadores: Irrauly Siqueira, Rafael da Silva					
Trecho: 05 (km 18)		Extensão: 80 m					
Tipo de revestimento: Flexível - TSD							
Item	Natureza do Defeito	Frequência Absoluta	Frequência Absoluta Considerada	Frequência Relativa	Fator de Ponderação	IGI	Observações
1	FC-1	5	3	75	0,2	15	
2	FC-2	0	0	0	0,5	0	
3	FC-3	2	1	25	0,8	20	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	0	0	0,9	0	
5	O, P, E	6	1	25	1,0	25	
6	EX	2	1	25	0,5	12,5	
7	D	0	0	0	0,3	0	
8	R	4	2	50	0,6	30	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		N = 04	$\sum IGI = IGG$			102,5	Ruim 80 < IGG < 160

Fonte: Os autores, 2023.

Ao examinar os dados, nota-se que o Índice de Gravidade Global (IGG) do trecho situa-se entre 80 e 160, classificando-o como "ruim" em termos de conservação. Esse resultado indica que a rodovia não atende adequadamente aos padrões de segurança exigidos. Essa conclusão é resultado principalmente da presença significativa de exsudações e de trincas isoladas as quais se formaram predominantemente sobre as áreas que foram reparadas anteriormente na estrada.

5.3.6 Trecho 6

Foi possível obter um inventário das manifestações patológicas do trecho 6, mostradas na Figura 28, por meio da inspeção visual que foi conduzida.

Figura 28 – Inventário de defeitos do trecho 6.

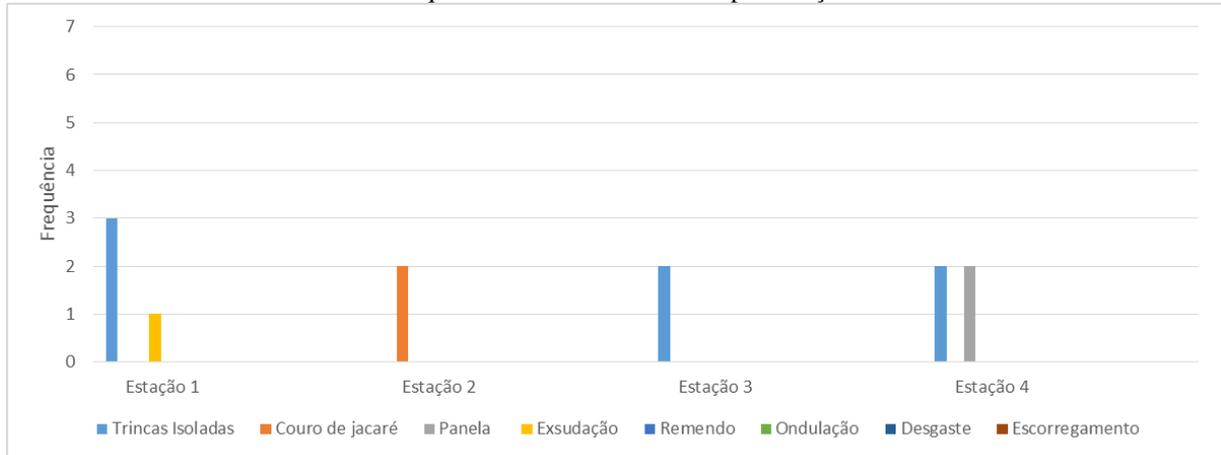
INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																										
RODOVIA: PB - 393										OPERADOR:					FOLHA: 06											
TRECHO: 05 (km 20)										REVESTIMENTO TIPO: Tratamento Superficial Duplo - TSD																
SUBTRECHO:										DATA: 24/03/2022																
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS							AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:				
			ISOLADAS							INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID										
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2	FC-3	ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	TRI		IRE			
1	1	1	1	1	1	J 2	TB 2	JE 3	TBE 3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm					
1	A				X	X			X																	
2	A				X										X				X							
3	A				X														X							
4	A				X										X											

Fonte: Os autores (2023).

Foi observado que, nessa seção, há uma predominância de trincas isoladas em todas as seções do trecho, além de alguns casos de panela e desgaste.

O Gráfico 11 apresenta o número total de ocorrências de cada tipo de falha registrada, com base nos dados obtidos durante a coleta em campo.

Gráfico 11 – Frequência absoluta de defeitos por estação no trecho 6.

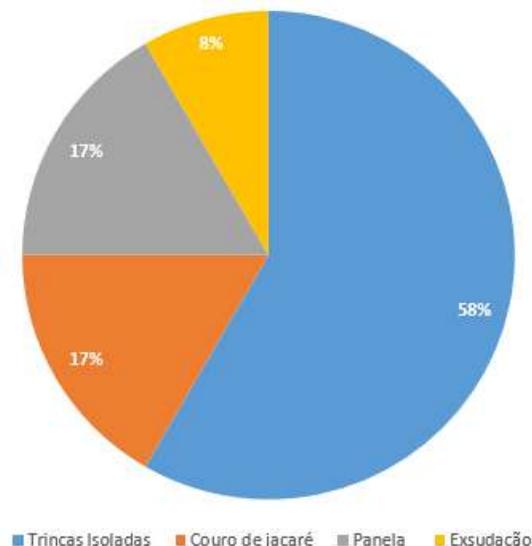


Fonte: Os autores (2023).

Apesar de um baixo índice de manifestações patológicas nesse trecho, o menor dos que estão em estudo, as trincas isoladas seguem com predominância, chegando a 7 ocorrências.

O Gráfico 12 representa a distribuição proporcional das diferentes categorias de ocorrências identificadas em cada estação ao longo do percurso. Pode-se observar que as trincas isoladas e as de tipo “couro de jacaré” são as manifestações patológicas mais frequentes no trecho examinado predominando 75% dos defeitos, seguidos por panelas, representando 17%, e por fim exsudação, com 8% das manifestações patológicas. É importante mencionar que além da baixa incidência, há uma limitada variedade de anomalias identificadas nessa seção.

Gráfico 12 – Porcentagem de defeitos por estação no trecho 6.



Fonte: Os autores (2023).

A Tabela 8 exibe a planilha de cálculo do IGG, na qual é possível constatar os resultados dos cálculos realizados e a condição superficial da via.

Tabela 8 – Planilha de cálculo do trecho 6.

Rodovia: PB-393 Trecho: 06 (km 20) Tipo de revestimento: Flexível - TSD			Observadores: Irrauly Siqueira, Rafael da Silva Extensão: 80 m				
Item	Natureza do Defeito	Frequência Absoluta	Frequência Absoluta Considerada	Frequência Relativa	Fator de Ponderação	IGI	Observações
1	FC-1	7	3	75	0,2	15	
2	FC-2	0	0	0	0,5	0	
3	FC-3	2	1	25	0,8	20	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	0	0	0,9	0	
5	O, P, E	2	2	50	1,0	50	
6	EX	1	1	25	0,5	12,5	
7	D	0	0	0	0,3	0	
8	R	0	0	0	0,6	0	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		N = 04	$\sum IGI = IGG$			97,5	Ruim 80 < IGG < 160

Fonte: Os autores, 2023.

Observando os dados, é possível constatar que o Índice de Gravidade Global (IGG) da seção analisada encontra-se na faixa entre 80 e 160, o que indica uma classificação "ruim" em termos de conservação. Esse resultado sugere que a estrada não atende aos padrões de segurança exigidos.

5.3.7 Análise geral

Efetuada a análise dos trechos em estudo, observa-se que todos estão em estado de conservação “ruim”, necessitando submeter-se a técnicas de restauração para melhorar o conforto e segurança dos usuários da rodovia.

É de suma importância salientar que embora os trechos estejam classificados com estado de conservação ruim, não se deve aplicar o mesmo conceito para toda a rodovia, tendo em vista que foram escolhidos os piores trechos dela. Ao fazer a análise visual para a escolha dos trechos do estudo, foi possível observar que a rodovia estava em bom estado de conservação até o km 12, e só a partir deste o trecho foi ficando com mais defeitos.

Ao fazer o estudo em campo, foi visualizado o início de obras de recapeamento da rodovia em sentido São João do Rio do Peixe.

Lins, Nascimento e Martins (2022) realizaram em seu estudo o uso dos métodos Levantamento Visual Contínuo, da Análise Objetiva (LVC) segundo a Norma 008-PRO (DNIT, 2003c) e o Valor de Serventia Atual (VSA) da Análise Subjetiva, de acordo com a Norma 009-PRO (DNIT, 2003d). Obteve-se como resultado para a análise objetiva o estado da rodovia considerado “ruim”, já pela análise subjetiva, o estado da rodovia é considerado “regular”. Verificando que o pavimento apresentou defeitos como: desgaste, trincas tipo “couro de jacaré”, trincas longitudinais e transversais, tipo bloco, remendo, afundamentos plásticos, exsudação e escorregamento. Teve como possíveis causas o fluxo contínuo de veículos, falhas de execução e técnicas de manutenção ineficientes. Sendo escolhido como métodos de soluções a utilização de lama asfáltica, reconstrução, fresagem e recomposição.

Utilizando o mesmo método do estudo realizado, Silva (2021) realizou em ruas da Cidade de Caucaia- CE, onde, apresentou nos trechos resultados semelhantes ao do trabalho, tendo resultados de IGG entre 93,65 e 135,15, sendo classificados como “ruim”, apresentado manifestações patológicas dos tipos trincas isoladas, “couro de jacaré”, desgaste e panelas. Seu estudo realizou-se antes e após a realização da manutenção das ruas, possibilitando ponderar também a parte orçamentária da obra.

Pelo mesmo método Jadão Junior (2016), realizou o estudo em quadra residencial no sul da Cidade de Palmas - TO, obteve o estado de conservação de um dos seus trechos avaliado em condições péssimas de trafegabilidade, segurança e conforto, obtendo o valor do IGG de 187,4. Tendo como motivação do valor alto a grande quantidade de afundamentos, remendos e desgaste.

Ao comparar os trechos em estudo com os trabalhos mencionados anteriormente e obter o mesmo conceito entre ambos, percebe-se que o resultado do IGG é diferente. O que mostra que mesmo tendo conceitos iguais, não se pode desconsiderar o valor numérico de cada situação.

5.4 TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO

Com os dados obtidos anteriormente e com a utilização do Manual (DNIT, 2006b), é possível indicar quais as melhores técnicas a serem efetuadas para melhorar a capacidade estrutural e funcional dos trechos da rodovia.

Para as trincas transversais e longitudinais, DNIT (2006b) indica para a manutenção o selante com ligante betuminoso para evitar entrada de água e conseqüente enfraquecimento estrutural.

Para as trincas tipo “couro de jacaré”, DNIT (2006b) indica como método de manutenção, a realização de remendo ou a fresagem da parcela prejudicada da rodovia, e como método de reabilitação, a reciclagem ou o recapeamento são medidas indicadas.

Se tratando de ondulações, DNIT (2006b) explica que uma das maneiras de reabilitação para esse tipo de manifestação patológica é a reconstrução do revestimento asfáltico. Que dependendo do caso pode ser realizada a remoção parcial ou total da camada de revestimento.

No tocante às painéis, DNIT (2006b) informa que para a manutenção dessa manifestação patológica o uso de capa selante, tratamento superficial ou a lama asfáltica são os mais indicados. Já para a reabilitação as técnicas a serem utilizadas são a reciclagem ou o recapeamento do revestimento.

Para os remendos a técnica de manutenção a ser realizada é o remendo, que seria realizado de forma a melhorar a estrutura do pavimento, como afirma DNIT (2006b).

O Quadro 1 demonstra de forma objetiva as manifestações patológicas e as técnicas de manutenção indicadas para cada caso.

Quadro 1 – Manifestações patológicas e suas técnicas de manutenção.

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO
Trincas Isoladas	Aplicação de selante Microrrevestimento Lama asfáltica
Trincas tipo "couro de jacaré"	Remendo Fresagem Reciclagem Recapeamento
Ondulações	Reconstrução da camada de revestimento
Panelas	Remendos Recapeamento
Desgaste	Capa selante Recapeamento Lama asfáltica
Remendo	Remendo

Fonte: Os autores (2023).

Através do Quadro 1 é possível observar que existem variados tipos de manutenção para as manifestações patológicas, há a viabilidade da união de técnicas para a solução dos problemas de maneira coletiva, visto que aplicar técnicas diferentes para cada tipo de

manifestação seria bastante oneroso além de necessitar de mais tempo para a realização de todos.

Levando o conhecimento adquirido através dos estudos realizados na área, assim como o conhecimento adquirido através das normas que regem o campo de estudo, optou-se pela fresagem como forma de recuperação dos trechos e como técnica de reabilitação o recapeamento do pavimento, como apresentado na Figura 29.

Figura 29 – Fresagem e recapeamento da rodovia.



Fonte: Batista (2016).

6 CONCLUSÃO

A escolha dos trechos foi realizada através de verificação visual, ao percorrer de automóvel toda a extensão da rodovia. Foram determinados 6 trechos com piores situações de trafegabilidade. Trechos esses escolhidos para a realização do estudo.

Depois de selecionar os trechos, foram analisados e coletados os dados de cada trecho para os cálculos do Índice de Gravidade Individual e posteriormente calcular o Índice de Gravidade Global.

Com a avaliação, observou-se que os trechos da rodovia em estudo se encontram em estado de conservação “ruim”. A partir das análises realizadas conclui-se que as manifestações patológicas mais presentes nos trechos em estudo são as trincas isoladas, trincas tipo “couro de jacaré”, panelas e remendos. De forma geral observou-se que na maioria dos trechos, os defeitos eram gerados sobre os remendos existentes.

Após a análise dos resultados, foi escolhido como medida de intervenção para a manutenção dos trechos o uso da fresagem, já para a reabilitação da rodovia recomendou-se o recapeamento, sendo útil para a adequada recuperação da vida útil do pavimento, adequando-se às normas que regulam as rodovias.

Para futuros trabalhos, sugere-se que sejam realizados estudos em mais trechos da rodovia através do método IGG, a fim de obter resultados mais precisos. Assim como também realizar estudos após a realização das melhorias, a fim de confrontar os resultados com o presente estudo.

REFERÊNCIAS

- A GAZETA DO POVO. **Cinco meses após tampar cratera, asfalto da Rua João Dembinski volta a ceder.** 2017. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/curitiba/cinco-meses-apos-tampar-cratera-asfalto-da-rua-joao-dembinski-volta-a-ceder-ckh5kcrhnezf3vnp2ckg1odv8/>. Acesso em: 01 maio 2023.
- A GAZETA DO POVO. **DER-PR vai contratar empresa especializada para consertar pista da Estrada da Graciosa.** 2022. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/parana/breves/der-pr-vai-contratar-empresa-especializada-para-consertar-pista-da-estrada-da-graciosa/>. Acesso em: 01 maio 2023.
- ALMEIDA, M. R. de; PEREIRA, M. S. **Levantamento de manifestações patológicas em pavimento asfáltico em dois trechos localizados em avenidas de Serra-ES.** 2017. Disponível em: <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2018/06/levantamento-de-manifestacoes-patologicas-em-pavimento-asfaltico-em-dois-trechos-localizados-em-avenidas-de-serra-es.pdf>. 2017. Acesso em: 25 maio 2023.
- ANDRADE, M. G. T. de. **Avaliação superficial das manifestações patológicas presentes no pavimento flexível em um trecho da Avenida São Sebastião.** 2022. TCC (Graduação em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Mato Grosso – *Campus* de Várzea Grande, Cuiabá. 2022. Disponível em: <https://bdm.ufmt.br/handle/1/2244>. Acesso em: 25 maio 2023.
- ARAÚJO, M. A.; SANTOS, M. J. P. dos; PINHEIRO, H. P.; CRUZ, Z. V. Análise comparativa de métodos de pavimentação – pavimento rígido (concreto) x flexível (asfalto). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento.** São Paulo, ano 01, n. 11, v. 10, p. 187-196, novembro de 2016. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenhariacivil/metodos-de-pavimentacao>. Acesso em: 10 maio 2023.
- AZEVEDO, A. M. **Considerações sobre a drenagem superficial na vida útil de pavimentos rodoviários.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-14012008-115049/publico/Dissertacao_AngelaMAzevedo.pdf. Acesso em: 25 maio 2023.
- BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração.** 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.
- BATISTA, R. S. **Reciclagem do resíduo produzido pela fresagem do concreto asfáltico.** (2016). Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-AGUQ4L/1/monografia_rafael_santos_batista___ufmg_r5___rev_banca.pdf. Acesso em: 25 maio 2023.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** 3. ed. Rio de Janeiro: Imprinta, 2008.

BRUM, L. C.; MELLO, M. de L.; FREITAS, V. I. G. L. de F. **Análise de manifestações patológicas em pavimentação asfáltica nas rodovias: MGC-120, MG-447 (km 99) e LMG-850 (km 12).** 2020. Disponível em: <http://dspace.doctum.edu.br:8080/bitstream/123456789/3690/1/Mello%3B%20Brum.pdf>. Acesso em: 25 maio 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRABALHADORES EM TRANSPORTES E LOGÍSTICA-CNTTL. **Modal rodoviário: história do transporte rodoviário no Brasil.** 2007. Disponível em: <https://cnttl.org.br/modal-rodoviario>. Acesso em: 08 mai. 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES-CNT. **Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** Brasília: Agência CNT Transporte Atual, 2017. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/cnt-divulga-estudo-por-que-pavimento-rodovias-brasil-nao-duram-resultados>. Acesso em: 25 maio 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES-CNT. **Pesquisa rodoviária – relatório gerencial.** Brasília: Confederação Nacional do Transporte, 2022. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/>. Acesso em: 22 nov. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES-CNT. **Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** Brasília: Agência CNT Transporte Atual, 2017. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/cnt-divulga-estudo-por-que-pavimento-rodovias-brasil-nao-duram-resultados>. Acesso em: 25 maio 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE-DNIT. **Norma 005–TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos. Terminologia.** Rio de Janeiro: DNIT, 2003b. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/terminologia-ter/dnit_005_2003_ter-1.pdf. Acesso em 25 maio 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE-DNIT. **Norma 008 – PRO: Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos. Procedimento.** Rio de Janeiro: DNIT, 2003c. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro/DNIT_008_2003_PRO. Acesso em 30 maio 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE-DNIT. **Norma 009 – PRO: Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos: Procedimento.** Rio de Janeiro DNIT, 2003d. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro/DNIT_009_2003_PRO. Acesso em 30 maio 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE-DNIT. **Manual de conservação rodoviária.** Ministério dos Transportes. DNIT, 2005. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/710_manual_de_conservacao_rodoviaria.pdf. Acesso em: 25 maio 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE-DNIT. **Manual de pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006a. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/710_manual_de_conservacao_rodoviaria.pdf. Acesso em: 25 maio 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE-DNIT. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. Publicação IPR-720, 313 p. Rio de Janeiro, 2006b. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/720_manual_restauracao_pavimentos_afalticos.pdf. Acesso em: 25 maio 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE-DNIT. **Norma 154– ES: Pavimentação asfáltica – Recuperação de defeitos em pavimentos asfálticos - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro: DNIT, 2010. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_154_2010_es-1.pdf. Acesso em: 25 maio 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE-DNIT. **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2017. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/noticias/novas-normas-em-consultapublica/MinutaGlossrioTermosTcnicos_def.pdf. Acesso em 10 maio 2023.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM-DER. **Relação descritiva de rodovias e estradas estaduais divisão em trechos**. João Pessoa, 2022. Disponível em: <https://der.pb.gov.br/institucional/rodoviario/rodovias/>. Acesso em: 23 mar. 2023.

FERREIRA, E. R. **Procedimentos automáticos para apoio na avaliação de pavimentos com o uso de imagens digitais**. PhD *thesis*, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/819/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 25 maio 2023.

GOOGLE MAPAS. <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 14 abr. 2023.

GONÇALVES, A. K. L; ESPÍNDOLA, A. C. Diagnóstico da condição dos pavimentos das rodovias federais do Estado do Piauí. 2020. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 24. **Anais Digitais [...]**, v. 1, p. 899–910. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/56292>. Acesso em: 25 maio 2023.

JADÃO JUNIOR, Y. M. **Determinação de manifestações patológicas em pavimentação asfáltica na quadra residencial 1204 sul na cidade de Palmas – TO: estudo de caso de 4 alamedas**. (2016). Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas, 2016. Disponível em: <https://ulbrato.br/bibliotecadigital/publico/home/documento/360>. Acesso em: 25 maio 2023.

LINS, G. R; NASCIMENTO, M. V. L. de A.; MARTINS, L. K. P. Análise patológica das condições da superfície do pavimento flexível da BR-104/PE no trecho entre Caruaru-PE e

Quipapá-PE pelos métodos DNIT 008/2003 – PRO e 009/2003 - PRO. *In*: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 36. **Anais eletrônicos**, Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://proceedings.science/anpet-2022/trabalhos/analise-patologica-das-condicoes-da-superficie-do-pavimento-flexivel-da-br-104pe?lang=pt-br>. Acesso em: 10 maio 2023.

MARCATO, V. D.; OLIVEIRA, R. F. de. Manifestações patológicas em estruturas asfálticas: estudo de caso na rodovia MG-190. **Revista GeTeC**, v. 10, n. 30, 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2458>. Acesso em: 25 maio 2023.

MENDES, R. R; CARVALHO, L. C. **Avaliação pelo método superficial das manifestações patológicas do pavimento flexível**: estudo de caso em via pública de Lambari–MG, para proporcionar soluções de recuperação funcional. 2019. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1274/1/Raphael%20Rodrigues%20Mendes.pdf>. 2017. Acesso em: 25 maio 2023.

PINTO, J. I. B. R. **Caracterização superficial de pavimentos rodoviários**. 2003. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2003. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/11100>. Acesso em: 25 maio 2023.

RIBEIRO, T. P. Estudo descritivo das principais manifestações patológicas em pavimento flexível. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Edição 04, ano 02, v. 01. p. 733-754, julho de 2017. ISSN:2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimento-flexivel>. Acesso em: 10 abr. 2023.

ROCHA, C.F. **O transporte de cargas no Brasil e sua importância para a economia**. 2015. TCC (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, Ijuí – RS, 2015. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/3003/O%20Transporte%20de%20Cargas%20no%20Brasil%20e%20sua%20Import%20c%20a%20ncia%20para%20a%20Economia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ROHRIG, B. A. W. **Avaliação funcional de pavimento flexível em diferentes trechos da ERS-307 na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul**. 2017. TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJU, Santa Rosa - RS, 2017. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/5069>. Acesso em: 25 de maio 2023.

SALOMAO, T. R.; AMARANTE, M. dos S. A; JUNIOR, R. de O. Evolução do motor a combustão ciclo Otto. **Revista Pesquisa e Ação**, v.4, n.1, p.106-113. Mai. 2018. Disponível em: <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/388>. Acesso em: 25 maio 2023.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2. ed. São Paulo: Pini, v. I, 2007.

SILVA, M. C. **Avaliação funcional e estrutural das vias asfaltadas do campus da UFV**.

2006. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil-*Magister Scientiae*) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. 111 p. Disponível em:
<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/3810>. Acesso em: 10 mar. 2023.

SILVA, P. F. A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008. Disponível em:
https://www.academia.edu/41404697/Manual_de_Patologia_e_Manutencao_de_Pavimentos. Acesso em: 14 abr 2023.

SILVA, L. L. M. **Avaliação superficial de pavimentos, usando o método IGG (Índice de Gravidade Global)**: um estudo de caso na Av. Anhanguera, em Goiânia. 2019. TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – *Campus* Goiânia, Goiás. 2019. Disponível em:
https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/380/1/Tcc_Lauro%20Lucio%20Martins.pdf. Acesso em: 25 maio 2023.

SILVA, S. O. da. **Avaliação funcional de vias urbanas por meio do Índice de Gravidade Global (IGG)**. Estudo de caso: município de Caucaia-CE. 2021. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Unichristus. Fortaleza, 2021. Disponível em:
<https://repositorio.unichristus.edu.br/jspui/handle/123456789/1211>. Acesso em: 25 maio 2023.

VASCONCELOS, E. A. **Políticas de transporte no Brasil**: a construção da mobilidade excludente. Barueri: Manole, 2013.

**ANEXO A – MODELO DE FORMULÁRIO DE INVENTÁRIO DO ESTADO DA
SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO**

**ANEXO B – MODELO DE PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE
GRAVIDADE GLOBAL (IGG)**

RODOVIA:		PLANIHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Data:	
TRECHO:								Estaca ou Quilômetro	
SUB-TRECHO:		REVESTIMENTO TIPO:						Folha:	
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações		
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				0,9				
5	O, P, E				1,0				
6	EX				0,5				
7	D				0,3				
8	R				0,6				
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A () 1 B ()				
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as tiras	TREv =	TRN =	FV =	2 A () 2 B ()				
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG				Conceito		
1A) IGI = \bar{F} x 40 quando $\bar{F} \leq 30$				2A) IGI = \bar{FV} quando $\bar{FV} \leq 50$		Operator			
1B) IGI = 40 quando $\bar{F} > 30$				2B) IGI = 50 quando $\bar{FV} > 50$		Cálculo			
						Visto			

Fonte: DNIT (2003a).



Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Entrega de TCC

Assunto: Entrega de TCC
Assinado por: Irraualy Sabino
Tipo do Documento: Relatório
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Irraualy Siqueira Sabino, ALUNO (201722200005) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - CAJAZEIRAS**, em 19/07/2023 14:04:40.

Este documento foi armazenado no SUAP em 19/07/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 882359
Código de Autenticação: 37ecdbc3ed

