

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

DANYELLE MARTINS TEIXEIRA

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO ASFÁLTICO
FLEXÍVEL: APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) EM
TRECHOS DA CE-371 ENTRE ACOPIARA-CE E CATARINA-CE**

Cajazeiras-PB
2022

DANYELLE MARTINS TEIXEIRA

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO
ASFÁLTICO FLEXÍVEL: APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL
(IGG) EM TRECHOS DA CE-371 ENTRE ACOPIARA-CE E CATARINA-CE**

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 do Prof. Robson Arruda dos Santos.

IFPB / Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Suellen Conceição Ribeiro CRB-2218

T266a Teixeira, Danyelle Martins

Análise das manifestações patológicas em pavimento asfáltico flexível: aplicação do índice de gravidade global (igg) em trechos da Ce-371 entre Acopiara-Ce e Catarina-Ce/ Danyelle Martins Teixeira. – Cajazeiras/PB: IFPB, 2022.

68f..il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB, Campus Cajazeiras. Cajazeiras, 2022.

Orientador(a): Profa. Robson Arruda dos Santos.

1. Pavimento Asfáltico. 2. Índice de Gravidade Global. 3. Rodovia Ce-371. 4. Acopiara-Ce. 5. Catarina-Ce.

I. Teixeira, Danyelle Martins. II. Título

CDU: 691.3 T266a

DANYELLE MARTINS TEIXEIRA

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO ASFÁLTICO FLEXÍVEL: APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) EM TRECHOS DA CE-371 ENTRE ACOPIARA-CE E CATARINA-CE

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 24 de março de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
ROBSON ARRUDA DOS SANTOS
Data: 13/04/2022 19:36:53-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Robson Arruda dos Santos – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador



Documento assinado digitalmente
CINTHYA SANTOS DA SILVA
Data: 19/04/2022 21:50:13-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Cinthya Santos da Silva – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 1

Amanda Jéssica Rodrigues da Silva

Amanda Jéssica Rodrigues da Silva – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 2

Dedico essa conquista aos meus pais e a minha irmã pelo apoio incondicional e por sempre estarem ao meu lado nos momentos mais difíceis, é graças ao esforço deles que cheguei ao fim desse percurso com grandes conquistas.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, por ter me guiado e me dado forças para chegar até aqui. Sempre me ajudando a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do caminho.

Aos meus familiares, em especial meus pais Francisco Deuzimar Teixeira e Roberlandia Vieira Martins Teixeira pela força, dedicação, incentivo nos momentos difíceis e carinho durante toda essa trajetória, sempre acreditando e lutando pela minha formação profissional. Obrigada por todo auxílio durante este trabalho. A vocês, todo meu amor e gratidão.

A minha irmã Gabryelle Teixeira por todo apoio prestado, pelo carinho e por sempre permanecer ao meu lado.

Ao meu namorado Virginio Neto, que sempre me incentivou a ser melhor a cada dia e a nunca desistir dos meus sonhos, sendo minha força nos momentos de dificuldade.

A todos os meus amigos, em especial ao República: Ana Caroline, Carollyne Hellen, Deise, Jéssica, Leila e Maria Luiza e a Mateus, Edmilson e Tiago que foram como minha família durante essa trajetória da graduação, sendo essenciais para que eu estivesse aqui, obrigada por sempre estarem ao meu lado, me fazendo acreditar que sou capaz.

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

Ao Professor Robson Arruda do Santos pela orientação, se dispondo a me ajudar durante esse caminho.

Sou grato 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.

RESUMO

A infraestrutura de transporte tem um papel importante no desenvolvimento socioeconômico de um país, o que torna essencial que as rodovias estejam em boas condições de uso e que seus pavimentos apresentem um bom desempenho ao longo do tempo. Porém mesmo com toda a importância da malha rodoviária tem-se observado o aumento do estado de deterioração do pavimento asfáltico, ou seja, a manifestação de patologias. O estudo e o diagnóstico correto desses defeitos é fundamental para a avaliação das condições do pavimento e solução dos problemas encontrados. O presente trabalho buscou identificar as principais manifestações patológicas em pavimento asfáltico flexível em três trechos da CE-371 entre Acopiara-CE e Catarina-CE, propor a solução tecnicamente adequada para a resolução do problema e avaliar a rodovia pelo Índice de Gravidade Global. Através de pesquisa bibliográfica e estudo de caso, utilizando como referência a norma DNIT 005/2003-TER para a identificação das manifestações patológicas e DNIT 006/2003-PRO para a avaliação do pavimento, pode-se concluir, que os trechos se apresentam em “ruim” estado de deterioração, associado este fato principalmente a fadiga do pavimento e o tráfego repetitivo de veículos que causam a deterioração do pavimento. Com esse resultado, recomenda-se como alternativa mais viável para a recuperação da rodovia a fresagem seguida de recapeamento do pavimento, para promover boas condições de tráfego e conforto aos usuários.

Palavras-chave: manifestações patológicas; pavimento flexível; rodovias.

ABSTRACT

Transport infrastructure plays an important role in the socioeconomic development of a country, which makes it essential that highways are in good use and that their floors perform well over time. However, even with all the importance of the road network, the state of asphalt pavement deterioration has increased, that is, the manifestation of pathologies. The study and correct diagnosis of these defects is fundamental for the evaluation of pavement conditions and solution of the problems encountered. The present work aimed to identify the main pathological manifestations in flexible asphalt pavement in three sections of the Ce-371 between Acopiara-CE and Catarina-CE, propose the technically appropriate solution for solving the problem and evaluate the highway by the Global Severity Index. Through bibliographic research and case study, using as reference the DNIT 005/2003-TER standard for the identification of pathological manifestations and DNIT 006/2003-PRO for pavement evaluation, it can be concluded that the stretches are in a "bad" state of deterioration, associated with this fact mainly the fatigue of the pavement and repetitive traffic of vehicles that cause the deterioration of the pavement. With this result, it is recommended as a more viable alternative for the recovery of the highway milling followed by resurfacing of the pavement, to promote good traffic conditions and comfort to users.

Keywords: pathological manifestations; flexible flooring; highways.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura de um pavimento flexível.....	18
Figura 2 - Fissuras.	20
Figura 3 - Trinca isolada transversal.	21
Figura 4 - Trinca isolada longitudinal.	22
Figura 5 - Trinca tipo “couro de jacaré”.....	23
Figura 6 - Trinca tipo “bloco”.	23
Figura 7 - Afundamento plástico.	24
Figura 8 - Afundamento de consolidação.....	25
Figura 9 - Ondulação ou corrugação.	26
Figura 10 - Escorregamento.	26
Figura 11 - Exsudação.	27
Figura 12 - Desgaste.....	28
Figura 13 - Panela.....	29
Figura 14 - Remendo.	29
Figura 15 - Fluxograma metodológico.	36
Figura 16 - Trecho analisado.	37
Figura 17 - Demarcação de áreas para inventário de defeitos em pista simples.	38
Figura 18 - Falta de manutenção da rodovia.	41
Figura 19 - Manifestação patológica: Trincas longitudinais.	42
Figura 20 - Manifestação patológica: Trinca tipo "couro de jacaré".....	43
Figura 21 - Manifestação patológica: Desgaste.....	44
Figura 22 - Manifestação patológica: Panelas.....	45
Figura 23 - Manifestação patológica: Remendo.....	46
Figura 24 - Exemplo de estação no trecho 1.	47
Figura 25 - Inventário dos defeitos no trecho 1.....	47
Figura 26 - Inventário dos defeitos no trecho 2.....	50
Figura 27 - Inventários dos defeitos no trecho 3.	53
Figura 28 - Exemplo de fresagem + recapeamento.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valor do fator de ponderação.....	39
Tabela 2 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.	40
Tabela 3 - Planilha de cálculo do trecho 1.....	49
Tabela 4 - Planilha de cálculo do trecho 2.....	52
Tabela 5 - Planilha de cálculo do trecho 3.....	54
Tabela 6 - Técnicas de recuperação.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNT – Confederação Nacional dos Transportes

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

IGG – Índice de Gravidade Global

IGI – Índice de Gravidade Individual

SGP – Sistema de Gerência de Pavimento

TSD – Tratamento Superficial Duplo

PCI – *Paviment Conditions Index*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	PAVIMENTO ASFÁLTICO	16
3.2	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO	18
3.2.1	<i>Fendas</i>	20
3.2.2	<i>Afundamento</i>	23
3.2.3	<i>Ondulação ou Corrugação</i>	25
3.2.4	<i>Escorregamento</i>	26
3.2.5	<i>Exsudação</i>	27
3.2.6	<i>Desgaste</i>	27
3.2.7	<i>Panela ou buraco</i>	28
3.2.8	<i>Remendo</i>	29
3.3	INTERVENÇÕES NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	30
3.3.1	<i>Técnicas de manutenção e restauração</i>	31
3.4	AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO	32
4	METODOLOGIA	35
4.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	35
4.2	LOCAL DE ESTUDO	36
4.3	APLICAÇÃO DO MÉTODO IGG	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
5.1	DIAGNÓSTICO	42
5.1.1	<i>Trincas Isoladas</i>	42

	12
5.1.2 Trinca “Couro de jacaré”	43
5.1.3 Desgaste	44
5.1.4 Panela	44
5.1.5 Remendo	45
5.2 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL	46
5.2.1 Trecho 1	47
5.2.2 Trecho 2	50
5.2.3 Trecho 3	52
5.2.4 Análise Geral	55
5.3 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO	56
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	60
REFERÊNCIAS	61
ANEXO A – MODELO DE FORMULÁRIO DE INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO.....	64
ANEXO B – MODELO DE PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)	66

1 INTRODUÇÃO

A origem das rodovias no Brasil data-se de 1861 com a inauguração da estrada União Indústria que ligava o estado de Minas Gerais ao estado do Rio de Janeiro sendo a primeira rodovia concessionada com cerca de 140 km e tornando-se símbolo da pavimentação no país. Porém somente nas décadas de 1940 e 1950 que o Brasil começou a vivenciar a ascensão da construção rodoviária com a criação do Fundo Rodoviário Nacional e hoje em dia o país possui em torno de 1.720.909,0 km de rodovias, dos quais apenas um pouco mais de 213 mil são pavimentados, o que corresponde somente a, aproximadamente, 12,4% do total, conforme Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2021).

Segundo Balbo (2007) a pavimentação tem como objetivo garantir um tráfego confortável e seguro aos usuários, com estruturas e materiais capazes de suportar os esforços provenientes da ação do tráfego combinados com as condições climáticas, recorrendo quando viáveis a aplicação de materiais locais para as obras, ou seja, a um baixo custo, propiciando um bom desempenho em termos de custo operacional e de manutenção ao longo dos anos de serviço desta infraestrutura social.

As rodovias são de grande importância tanto para o desenvolvimento da economia brasileira quanto para a mobilidade urbana da população sendo o principal modo de transporte de carga (64,9%) e de pessoas (90,0%) conforme CNT (2021), tornando-se essencial a qualidade desse tipo de infraestrutura. Todavia a realidade é muito diferente, e o que se encontra em muitas vias são pavimentos com diversos problemas.

De acordo com o Departamento de Estradas de Rodagem (2006) o pavimento é uma estrutura constituída por diversas camadas superpostas, de materiais diferentes, construída sobre o subleito, destinada a resistir e distribuir ao subleito simultaneamente esforços horizontais e verticais, bem como melhorar as condições de segurança e conforto ao usuário.

Os pavimentos são projetados para durar certo tempo, ou seja, espera-se que o pavimento tenha a vida útil para a qual foi planejada, inicia-se com uma ótima qualidade até atingir uma condição ruim, caso não ocorra algum tipo de intervenção, e assim a redução dessa condição ou da função do pavimento no decorrer dos anos é conhecida como deterioração do pavimento, conforme o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006b). Essa deterioração da rodovia danifica os veículos, aumenta o risco de acidentes, influenciam no consumo de combustível, tempo das viagens, aumentando o custo

operacional do transporte, interferindo no preço dos produtos que chegam aos consumidores e comprometendo a competitividade do país no mercado internacional (CNT, 2019).

Segundo CNT (2017) alguns fatores podem ser apontados como as possíveis causas do desgaste prematuro dos pavimentos rodoviários no país que seriam: o método antigo de dimensionamento dos pavimentos, a diversidade climática encontrada no país, deficiência no controle tecnológico dos materiais e das técnicas empregadas durante a execução das obras, falta de manutenção preventivas adequadas, sobrepeso no transporte de cargas.

Com base nas pesquisas da CNT (2021) de uma extensão de 109.103 km, que representa mais da metade (51,51%) da malha pavimentada do país, 52,2 % (56.970 km) apresentava algum problema de pavimentação e visto que a qualidade da rodovia influencia na economia do país e na vida do usuário, propiciando segurança, conforto e mobilidade é importante avaliar regularmente a situação dos pavimentos rodoviários, sendo necessário assim conhecer o real estado do asfalto e proceder à manutenção preventiva e corretiva, de acordo com o estado em que se encontre e do nível de qualidade que deseja alcançar.

Portanto, visto que a rodovia CE-371 passou por um processo de restauração por toda sua extensão de 2014 a 2016 e em um curto intervalo de tempo já apresenta defeitos e devido a sua importância para o tráfego de veículos de carga e de passageiros da região, este trabalho tem como objetivo analisar os tipos e causas das principais manifestações patológicas em pavimento asfáltico flexível encontrados em trechos da CE-371 que liga os municípios de Acopiara-CE e Catarina-CE, e através do cálculo do IGG determinar as condições funcionais do estado superficial do pavimento para assim apresentar a melhor forma de recuperação da via.

O trabalho é dividido em seis capítulos, o primeiro consiste na introdução sobre o tema, a problematização e a justificativa do estudo; o segundo delinea os objetivos geral e específicos; o terceiro detalha a revisão literária, abordando os conceitos principais do tema, as manifestações patológicas, principais formas de manutenção e restauração e o método IGG; a quarta descreve a metodologia do trabalho aplicada para o estudo de caso, normas, materiais e cálculos; quinto apresenta os resultados e discussões obtidos a partir do estudo de caso e por último a conclusão do trabalho e sugestões para novas pesquisas relacionadas ao tema.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um estudo de caso através do levantamento *in loco* das manifestações patológicas existentes no pavimento asfáltico da rodovia CE-371 que liga Acopiara-CE a Catarina-CE.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para se alcançar os resultados do trabalho são apresentados os objetivos específicos:

- identificar as manifestações patológicas e propor solução tecnicamente adequada para resolução do problema;
- avaliar a rodovia pelo método do Índice de Gravidade Global (IGG).

3 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo irá abordar os principais conceitos sobre o tema, discriminando os principais assuntos abordados neste estudo por meio de uma análise das obras, autores e normas de relevância para a pesquisa.

3.1 PAVIMENTO ASFÁLTICO

Segundo a Confederação Nacional do Transporte, a literatura define pavimento como:

Uma estrutura composta por camadas sobrepostas, de diferentes materiais, que atendam estrutural e operacionalmente ao tráfego, de forma durável e ao mínimo custo possível, devendo-se considerar diferentes horizontes de tempo para execução de serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação. (CNT, 2017, p. 15).

Por sua vez, Bernucci *et al.* (2010) afirma que o pavimento é designado como uma estrutura que apresenta várias camadas com espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem com função de resistir a esforços oriundos do clima e do tráfego de veículos, oferecendo as pessoas melhores condições de fluxo, segurança, conforto e economia.

De acordo com Manual de Pavimentação do DNIT (2006a) os pavimentos rodoviários são divididos em flexíveis, rígidos e semirrígidos, onde o pavimento flexível ou asfáltico caracteriza-se por suas camadas apresentarem deformação elástica significativa perante o carregamento aplicado, sendo a carga distribuída em parcelas equivalentes entre as camadas, já o pavimento rígido possui uma elevada rigidez nas camadas inferiores por serem constituídos principalmente de concreto, absorvendo assim todas as tensões provenientes da carga aplicada e o semirrígido apresenta uma base cimentada.

O pavimento rígido possui uma vida útil maior que o flexível sendo mais resistente a excesso de carga aplicada sobre ele, a ações do tempo e de ataques químicos com pequena necessidade de manutenção e conservação, porém o pavimento rígido chega a ser 30 % mais caro que o flexível que é o mais prejudicado pelo excesso de cargas aplicados sobre ele, segundo Araújo *et al.* (2016). Sendo necessário segundo a CNT (2017) a realização de uma análise de custo-benefício entre cada um dos tipos de pavimento para se definir o mais adequado para cada local.

Apesar das qualidades do pavimento rígido, o asfáltico é o principal tipo de revestimento no Brasil, estando presente em cerca de 99% das estradas federais e consiste em

uma das principais matérias-primas utilizadas na construção de novas rodovias, bem como na manutenção das vias já pavimentadas (CNT, 2019).

O Departamento de Estradas de Rodagem (2006) define pavimento flexível como aquele constituído por revestimento asfáltico sobre camada de base granular ou sobre camada de base de solo estabilizado granulometricamente, onde esforços provenientes do tráfego são absorvidos pelas diversas camadas constituintes da estrutura do pavimento.

Sobre o asfalto utilizado em pavimentação pode-se afirmar que:

É um ligante betuminoso que provém da destilação do petróleo e que tem a propriedade de ser um adesivo termoviscoplastico, impermeável à água e pouco reativo. A baixa reatividade química a muitos agentes não evita que esse material possa sofrer, no entanto, um processo de envelhecimento por oxidação lenta pelo contato com o ar e a água. (Bernucci et al., 2010, p. 26).

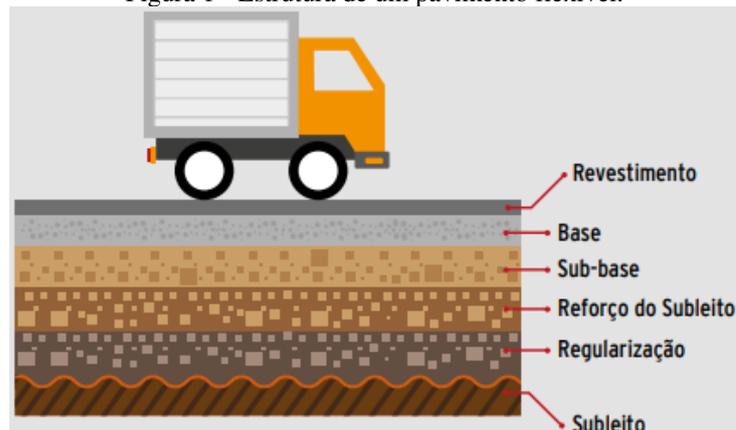
O autor deixa claro que o asfalto é um tipo de ligante derivado do petróleo, que tem como principal componente o betume, e apresenta propriedades de impermeabilidade à água, baixa reatividade química e passa do estado líquido para o sólido de maneira reversível.

As principais camadas constituintes da estrutura do pavimento flexível são definidas como:

- Subleito: maciço que serve de fundação para o pavimento e recebe os esforços verticais oriundos dos veículos (BRASIL, 2017);
- Reforço do subleito: camada de espessura transversal constante, colocada por motivos técnicos-econômicos com o objetivo de reduzir a espessura da sub-base (BRASIL, 2017);
- Sub-base: camada complementar à base, com as mesmas funções desta, e executada quando, por circunstâncias técnico-econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização (BRASIL, 2017);
- Base: camada estrutural sobre a qual se constrói o revestimento, destinada a resistir e distribuir os esforços devido ao tráfego de veículos, distribuindo-os ao subleito (BRASIL, 2017);
- Revestimento: camada de rolamento que recebe diretamente o tráfego e tem como objetivo melhorar as condições do rolamento quanto a segurança e conforto propiciando uma superfície mais durável e impermeável o máximo possível (BRASIL, 2017).

Na Figura 1 é possível visualizar a seção transversal típica de um pavimento flexível, com as camadas anteriormente descritas.

Figura 1 - Estrutura de um pavimento flexível.



Fonte: CNT (2017).

3.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO

Rocha (2009) *apud* Haiden (2018) determina as patologias como “doenças” que aparecem nos pavimentos, onde sua origem pode ser atribuída à má execução do projeto de pavimentação, problemas construtivos, falta de conservação e manutenção, fadiga e até mesmo falha na escolha de materiais. Portanto, as manifestações patológicas podem surgir a médio ou longo período, em consequência de diversos fatores, o que afeta a vida útil do pavimento, gerando insegurança e desconforto aos usuários, tornando importante sua análise.

A fadiga de pavimento, uma das principais causas das manifestações patológicas, é caracterizada pela deterioração de um pavimento devido a ação repetida de cargas ou de vibrações que provoca a redução gradual da resistência de um material (BRASIL, 2017).

O DNIT (2006b) divide a deterioração do pavimento em duas classes, funcional quanto a capacidade do pavimento de fornecer uma superfície com serventia adequada, ou seja, de garantir condições de conforto e segurança em termos de qualidade de rolamento, e a classe estrutural que se refere à capacidade do pavimento de manter sua integridade estrutural ao ser submetido a cargas.

O diagnóstico dos defeitos do pavimento e a compreensão de suas causas é uma etapa importante da investigação da condição do pavimento, pois cada defeito apresentado em um pavimento está relacionado a possíveis causas para seu aparecimento na superfície, o que permite diagnosticar a situação funcional e assim, definir a solução mais adequada para restaurar o pavimento (MARCATO; OLIVEIRA, 2021).

As patologias dos pavimentos flexíveis e semirrígidos são padronizadas e classificadas de acordo com a norma DNIT 005/2003 (DNIT, 2003a) que podem ser resumidas a partir do quadro 1.

Quadro 1 - Resumo dos defeitos - Codificação e Classificação.

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	“Jacaré”	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	“Bloco”	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3
	OUTROS DEFEITOS					CODIFICAÇÃO	
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP			
		Da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP			
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC			
		Da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC			
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base					O		
Escorregamento (do revestimento betuminoso)					E		
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento					EX		
Desgaste acentuado na superfície do revestimento					D		
“Painéis” ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores					P		
Remendos				Remendo Superficial	RS		
				Remendo Profundo	RP		

Fonte: DNIT (2003a).

A partir da norma DNIT 005/2003 e da Confederação Nacional de Transporte serão definidos respectivamente os termos técnicos empregados em defeitos que ocorrem em pavimentos flexíveis e semirrígidos bem como as possíveis causas que podem ter gerado as manifestações patológicas, apresentados e ilustrados a seguir.

3.2.1 Fendas

Se caracterizam por apresentar qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que ocasione aberturas de maior ou menor porte e podem se apresentar na forma de fissuras ou trincas (DNIT, 2003a).

3.2.1.1 Fissura

Para o DNIT (2003a) as fissuras são pequenas aberturas no revestimento asfáltico e se manifestam em posições longitudinais, transversais ou oblíquas ao eixo da via (Figura 2), não causam problemas funcionais, e podem ser identificadas a uma distância inferior a 1,50 m.

Principais causas de acordo com o CNT (2017):

- má dosagem do asfalto;
- excesso de finos no revestimento;
- compactação excessiva ou em momento inadequado.

Figura 2 - Fissuras.



Fonte: CNT, 2017.

3.2.1.2 Trinca

Para o DNIT (2003a) a trinca se caracteriza por ser uma fenda existente no revestimento com abertura superior a 1,50 m, ou seja, visíveis a olho nu e apresentam-se sob a forma de trinca isolada ou interligada.

A trinca isolada é classificada em:

- a) Transversal: de acordo com o DNIT (2003a), manifesta-se na direção ortogonal, isto é, perpendicular ao eixo da via, se apresentar extensão até 100 cm é considerada trinca transversal curta e quando a extensão é superior a 100 cm é chamada trinca transversal longa, conforme Figura 3.

Podem ocorrer segundo CNT (2017) por:

- propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento;
- contração da capa asfáltica causada devido ao endurecimento do asfalto ou a baixas temperaturas.

Figura 3 - Trinca isolada transversal.



Fonte: CNT, 2017.

- b) Longitudinal: segundo o DNIT (2003a) apresenta direção paralela ao eixo da via, se possuir extensão de até 100 cm é denominada trinca longitudinal curta e com extensão superior a 100 cm é designada trinca longitudinal longa, como mostra a Figura 4.

Pode ser causada devido à:

- má execução da junta longitudinal de separação entre as faixas de tráfego;
- recalque diferencial;
- propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento;
- contração da capa asfáltica causada devido ao endurecimento do asfalto ou a baixas temperaturas (CNT, 2017).

Figura 4 - Trinca isolada longitudinal.



Fonte: CNT, 2017.

- c) Retração: como aponta o DNIT (2003a) é atribuída aos fenômenos de retração térmica ou do material de revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado e não aos fenômenos de fadiga.

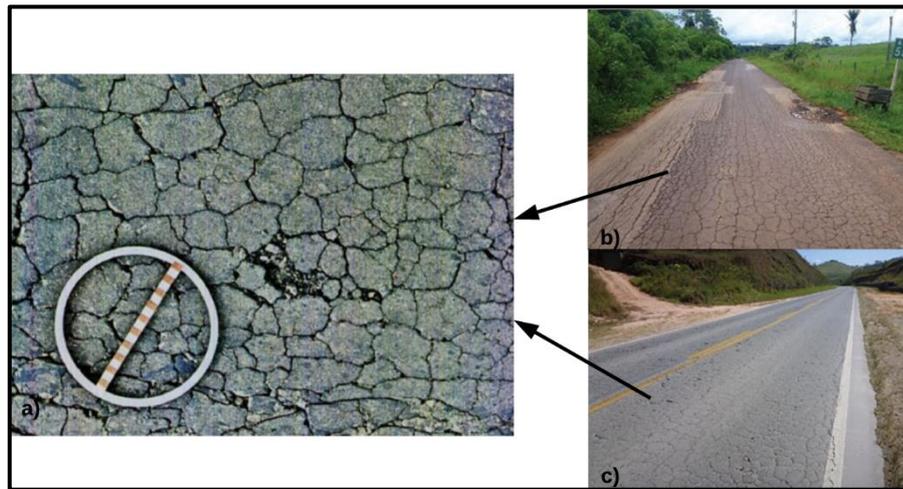
Já as trincas interligadas:

- a) Trinca tipo “Couro de Jacaré”: caracterizam-se por não possuírem direções preferenciais e com formato semelhante ao aspecto de couro de jacaré (Figura 5), e podem dispor ou não de erosão acentuada nas bordas (DNIT,2003a).

Principais causas segundo a CNT (2017):

- colapso do revestimento asfáltico devido à repetição das ações do tráfego;
- baixa capacidade de suporte do solo;
- envelhecimento do pavimento;
- asfalto quebradiço ou duro;
- má qualidade da estrutura ou de uma das camadas do pavimento;
- subdimensionamento.

Figura 5 - Trinca tipo “couro de jacaré”.



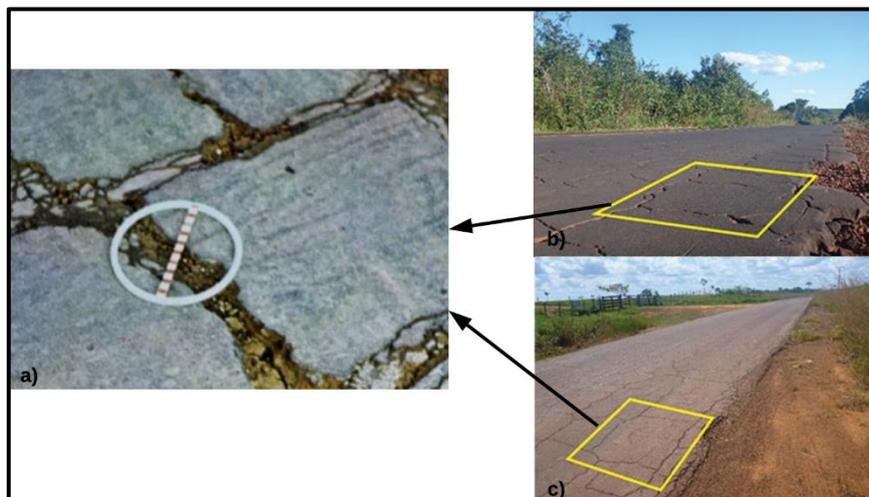
Fonte: a) DNIT 005/003; b) e c) CNT, 2017.

- b) Trinca tipo “Bloco”: a norma DNIT 005/2003 (DNIT, 2003a) afirma que a trinca apresenta formato de blocos com lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas, como mostra a Figura 6.

Conforme a CNT (2017) podem ocorrer devido:

- baixa resistência à tração da mistura asfáltica;
- contração da capa asfáltica em virtude da alternância entre baixas e altas temperaturas.

Figura 6 - Trinca tipo “bloco”.



Fonte: a) DNIT 005/003; b) e c) CNT, 2017.

3.2.2 Afundamento

Depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de levantamento, caracterizada por ser uma deformação permanente que pode apresentar-se de duas formas:

- a) Afundamento plástico: como mostra a Figura 7, ocorrem em consequência da fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, sendo acompanhado de solevamento, se possuir extensão de até 6 m é considerado um afundamento plástico local, com extensão superior a 6 m e estiver ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda (DNIT,2003a).

Pode ser causada de acordo com CNT (2017) por:

- fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito;
- falha na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante;
- falha na dosagem de mistura asfáltica – excesso de ligante asfáltico.

Figura 7 - Afundamento plástico.



Fonte: CNT, 2017.

- b) Afundamento de consolidação: para DNIT (2003a) caracteriza-se por ser ocasionado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, sem solevamento, quando ocorre em extensão de até 6 m tem-se afundamento de consolidação local, se ocorrer ao longo da trilha de roda e com extensão superior a 6 m é designado consolidação da trilha de roda, conforme a Figura 8.

CNT (2017) declara que as principais causas são:

- fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito;
- falha de compactação na construção;
- problemas de drenagem;
- ruptura por cisalhamento de camadas subjacentes ao revestimento.

Figura 8 - Afundamento de consolidação.



Fonte: CNT, 2017.

3.2.3 Ondulação ou Corrugação

De acordo com DNIT (2003a) se apresenta como uma deformação caracterizada por ondulações ou corrugações (enrugamentos) transversais dispostos na superfície do pavimento (Figura 9).

Podem ocorrer segundo a CNT (2017) devido:

- falta de estabilidade da mistura asfáltica;
- falta de aeração das misturas líquidas de asfalto;
- excessiva umidade de solo subleito;
- contaminação da mistura asfáltica.

Figura 9 - Ondulação ou corrugação.



Fonte: CNT, 2017.

3.2.4 Escorregamento

Movimentação do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com surgimento de fendas em formato de meia-lua, como mostra a Figura 10 (DNIT, 2003a).

Para CNT (2017) pode ser causado por:

- falhas construtivas e de pintura de ligação.

Figura 10 - Escorregamento.



Fonte: CNT, 2017.

3.2.5 Exsudação

Como aponta a norma DNIT (2003a) é descrita como o excesso de ligante betuminoso que aparece na superfície do pavimento, devido a migração do ligante através do revestimento, formando manchas escuras de várias dimensões. A Figura 11 traz um exemplo de exsudação.

Principais causas para CNT (2017):

- excessiva quantidade de ligante;
- baixo conteúdo de vazios.

Figura 11 - Exsudação.



Fonte: DNIT 005/003.

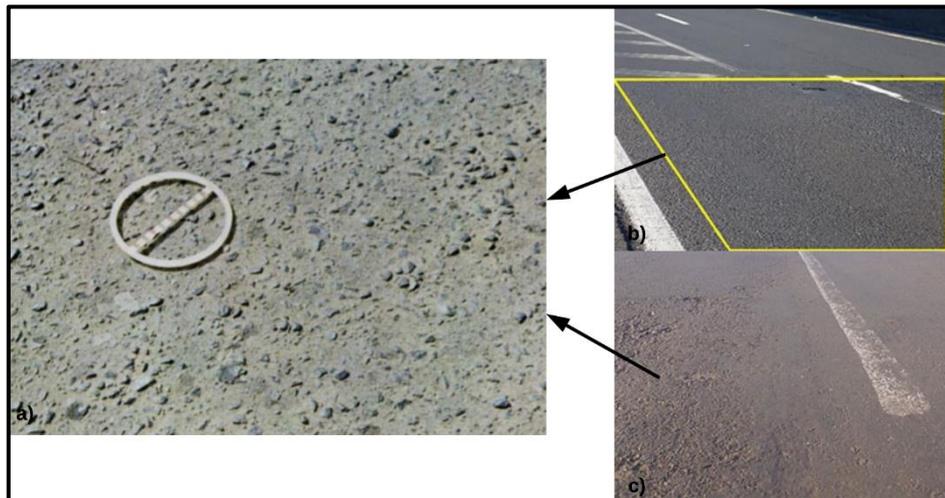
3.2.6 Desgaste

O DNIT (2003a) afirma que o desgaste é efeito do arrancamento gradual do agregado do pavimento, gerado por esforços tangenciais do tráfego, tornando a superficial do revestimento áspera, como mostra a Figura 12.

Podem ocorrer conforme CNT (2017) por:

- problemas executivos ou de projeto de misturas;
- falhas de adesividade ligante-agregado;
- presença de água aprisionada e sobreposição em vazios da camada de revestimento, gerando deslocamento de ligante;
- deficiência no teor de ligante.

Figura 12 - Desgaste.



Fonte: a) DNIT 005, 2003; b) e c) CNT, 2017.

3.2.7 Panela ou buraco

São cavidades que se formam no pavimento e apresentam tamanho e profundidade variadas, sendo capaz de atingir camadas inferiores do pavimento, provocando a fragmentação delas e podem surgir por diferentes fatores (DNIT, 2003a). O exemplo da Figura 13 ilustra a ocorrência de panelas ou buracos.

Para CNT (2017) as principais causas são:

- trincas de fadiga;
- falha na imprimação;
- desintegração localizada na superfície do pavimento;
- deficiência na compactação;
- umidade excessiva em camadas de solo.

Figura 13 - Painela.



Fonte: CNT, 2017.

3.2.8 Remendo

Para DNIT (2003a) se caracteriza por ser o preenchimento da painela ou buraco com uma ou mais camada de pavimento (Figura 14), sendo a operação “tapa-buraco” a responsável pelo reparo.

Ocorre de acordo com CNT (2017) devido:

- carga de tráfego;
- emprego de material de má qualidade;
- má construção;
- ação do meio ambiente.

Figura 14 - Remendo.



Fonte: CNT, 2017.

3.3 INTERVENÇÕES NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

É de conhecimento geral a importância de se ter políticas que coordenem desde a concepção de projeto de pavimentação à sua manutenção adequada e em vista disso surgiu o Sistema de Gerenciamento de Pavimento.

O Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) está associado ao planejamento, projeto, construção e a manutenção dos pavimentos e visa alcançar a melhor aplicação possível para os recursos públicos disponíveis e oferecer um transporte rodoviário econômico, seguro e compatível (DNIT, 2011). Posto isso, o SGP se torna uma ferramenta de grande valia para assegurar a manutenção das vias e mantendo o tráfego rápido e seguro.

De acordo com o Manual de restauração de pavimentos asfálticos (DNIT, 2006b), a manutenção do pavimento é um conjunto de atividades ou operações de engenharia realizados com o objetivo de preservar o pavimento nas condições iniciais existentes, logo após a construção ou no estado em que foi restaurado e tem como finalidade prolongar a vida útil das rodovias, reduzir os custos de operação dos veículos e recompor a serventia da rodovia por mais tempo.

Assim, a manutenção busca atenuar os efeitos causados pela deterioração do pavimento que interferem no bom desempenho, na segurança e conforto da rodovia e a partir de um diagnóstico bem feito das patologias é possível determinar as soluções mais viáveis.

A seguir são apresentadas as principais definições relacionadas aos tipos de intervenção no pavimento rodoviário:

a) Conservação rodoviária

A conservação é subdividida em 3 grupos:

- Conservação corretiva rotineira: de acordo com o Manual de Conservação Rodoviária (DNIT, 2005), é um conjunto de operações com o propósito de reparar defeitos existentes e restabelecer o bom funcionamento da rodovia, garantindo segurança e conforto aos usuários. Como o nome já retrata, sua intenção é corrigir um problema já existente;
- Conservação preventiva periódica: trata-se de procedimentos periódicos, ou seja, frequentes, com o objetivo de impedir o surgimento ou agravamento dos defeitos (DNIT, 2005). Sendo intervenções para prevenir o aparecimento das anomalias;

- Conservação de emergência: para o DNIT (2005) esse tipo de conservação ocorre quando os defeitos são causados por eventos excepcionais ou catastrófico que coloca o tráfego em risco ou precede sua interrupção.

b) Melhoria da rodovia

Se caracteriza por ser um conjunto de processos que agreguem novas características à rodovia ou que modifiquem as existentes, sendo esses melhoramentos de cunho operacional ou de segurança das rodovias. Tendo como exemplo execução de itens de drenagem, cerca ou plantio de árvores (CNT, 2017);

c) Restauração do pavimento

Processo destinado a recuperar as características técnicas e o perfeito desempenho do pavimento que se encontra próximo de alcançar o estágio final do ciclo de vida (DNIT, 2006b);

d) Reconstrução do pavimento

Segundo o Manual de restauração de pavimentos asfálticos (DNIT, 2006b) a reconstrução consiste na remoção parcial ou total da espessura do pavimento para a posterior execução de novas camadas estruturais. O novo revestimento formará um novo pavimento apto a exercer suas funções.

3.3.1 Técnicas de manutenção e restauração

A seguir são apresentadas algumas técnicas de manutenção e restauração do pavimento flexível:

- Lama asfáltica: é uma técnica aplicada em recuperações superficiais, destinada a impermeabilizar e rejuvenescer o pavimento e consiste na aplicação de uma mistura fluida de agregado miúdo, “filler”, emulsão asfáltica e água em quantidades determinadas (DNIT, 2006b).

- Capa selante: consiste na aplicação de emulsão asfáltica e na cobertura por agregado miúdo e tem como objetivo o incremento das condições de impermeabilização e segurança da camada a ser tratada. (DNIT, 2005);

- Tratamento superficial simples ou duplo: são executados através de aplicações alternadas de ligante asfáltico e cobertura de agregados sem uma mistura prévia para a sequente compactação, apresentando funções de alta resistência ao desgaste, impermeabilização, promovendo um revestimento antiderrapante e de alta flexibilidade, porém não aumenta

consideravelmente a resistência estrutural e nem corrige irregularidades (longitudinais ou transversais) (BERNUCCI, *et al.*, 2010);

- Microrrevestimento asfáltico: mistura a frio que usa os mesmos princípios e concepção da lama asfáltica, contudo utiliza emulsões modificadas com polímero para aumentar a vida útil, tornando uma evolução da lama asfáltica que pode ser utilizado na recuperação funcional, capa selante, revestimento de pavimento de baixo tráfego, entre outros (BERNUCCI, *et al.*, 2010);

- Remendo: são operações corretivas para reparar certos tipos de defeitos em revestimento asfáltico, realizados por meio do preenchimento de buracos ou escavações com misturas betuminosas à quente ou à frio, nas execuções dos remendos é importante e necessário a compactação, selagem dos bordos e limpeza do local (DNIT, 2006b);

- Recapeamento: técnica de intervenção que se caracteriza pela sobreposição de uma ou mais camadas de mistura betuminosa e/ou concreto Portland sobre o pavimento já existente, concedendo ao pavimento maior capacidade estrutural (DNIT, 2006b);

- Fresagem: operação que corresponde a remoção das camadas superficiais de um pavimento existente como forma de restauração da camada de rolamento, conferindo lhe um novo perfil (DNIT, 2005);

- Reciclagem: consiste no processo de reutilização de agregados e ligantes asfálticos deteriorados oriundos da fresagem para produção de novas misturas com o acréscimo de agentes rejuvenescedores e pode ser aplicada a quente ou a frio (BERNUCCI, *et al.*, 2010).

3.4 AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO

Como mencionado nos capítulos anteriores a pavimentação tem como objetivo garantir a trafegabilidade e gerar conforto e segurança aos usuários, tornando importante seu processo de manutenção preventiva e corretiva das vias. E são as avaliações periódicas feitas no pavimento que orientam sobre as intervenções necessárias, e define 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 (CNT, 2017).

Como aponta o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006b) a avaliação das características funcionais do pavimento relaciona-se com as condições da pista de rolamento e abrange os defeitos superficiais e das deformações em perfil, sendo divididas em duas técnicas:

- subjetiva: o estado de degradação é definido a partir de conceitos qualitativos;

- objetivos: a degradação é expressada a partir da quantificação numérica e da distribuição de severidade dos defeitos existentes.

3.4.1 Avaliação Superficial Objetiva

A norma DNIT 006/2003 – PRO (Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento) (DNIT, 2003b) estabelece um método para avaliação do pavimento através do Índice de Gravidade Global (IGG) que mediante a frequência e classificação das ocorrências aparentes e das deformações permanentes nas trilhas de roda é possível determinar o grau de deterioração do pavimento.

De acordo com Vieira *et al.* (2016) o método IGG não utiliza para a avaliação de seus defeitos níveis de severidade, contudo alguns tipos de manifestações patológicas diferem por peculiaridades que designam o grau de seriedade do defeito, como pela presença ou não de erosão nos bordos. O método IGG se apresenta como uma ferramenta para fornecimento de dados de um sistema de gerência a nível de rede, tendo como algumas vantagens a facilidade de execução na hora do levantamento em campo e recomendado para casos em que se demanda menor tempo para a avaliação e grandes extensões.

Ao se fazer um estudo utilizando o método IGG, Marcolan, Klamt, Knierim (2020) delimitou três trechos de 600 m cada na rodovia ERS-585 com pista simples e os analisou separadamente. A coleta de dados ocorreu durante 6 meses a cada 45 dias resultando em quatro avaliações para cada trecho e teve o seguinte resultado, alguns trechos teve a situação piorada devido ao aumento de panelas e trincas no trecho e alguns melhoraram, reflexo da execução de remendos no trecho. Por fim a última avaliação resultou em 2 trechos com péssima qualidade e um com ruim, recomendando-se como forma de restauração dos trechos a fresagem, seguido da recomposição do revestimento e como tratamento final a utilização de microrrevestimento asfáltico, o autor afirma que a avaliação pelo Índice de Gravidade Global é um processo que apresenta resultados eficazes e confiáveis no que lhe é disposto, e serve de base para a decisão de técnicas corretivas aplicadas aos trechos avaliados, permitindo resolução rápida.

Santos, Oliveira e Viana (2017) em seu estudo aplicou o mesmo procedimento para avaliar o estado de degradação da avenida Olívia Flores no estado da Bahia. Foram definidas 30 estações ao decorrer de 600 m de pista, sendo 300m em um sentido e 300m no outro devido ao trecho ter pista dupla. A partir do inventário das ocorrências foi calculado o IGG e obteve um valor de 237,48, sendo avaliado como de péssima qualidade devido à grande

incidência de trilha de roda e de exsudação causado pela má dosagem ou má usinagem do CBUQ, sendo recomendado medidas urgentes de restauração do pavimento e complementa que uma vantagem do método é que durante a avaliação não há a necessidade de interrupção do tráfego de veículos e confirma a rapidez do processo.

Por outro lado, o método pode apresentar desvantagens que contribuem para o insucesso da avaliação como, a influência da opinião do observador responsável pela avaliação, não identificação de alguns defeitos ou a identificação equivocada de algumas manifestações patológicas devido a dúvidas no momento do inventário, existentes em razão de discordâncias nas normas brasileiras quanto à definição de algumas patologias e a falta da avaliação de severidade dos defeitos (SILVA; OLIVEIRA; ARAÚJO, 2018). Dessa forma, a avaliação deve ser feita de forma rigorosa e precisa, de forma a se evitar erros e chegar a um resultado satisfatório e confiável.

4 METODOLOGIA

Este capítulo aborda a metodologia de desenvolvimento do trabalho, com a classificação da pesquisa, estratégias e técnicas para o levantamento dos dados.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho foi dividido em duas etapas: pesquisa bibliográfica e estudo de caso. A primeira etapa foi desenvolvida com base em pesquisas bibliográficas para dar um maior embasamento ao estudo, utilizando como referências livros, relatórios da CNT, normas e manuais da área, bem como pesquisas desenvolvidas pelas universidades, através de uma pesquisa descritiva e exploratória. Já a segunda etapa desenvolveu-se a partir da análise do local de estudo que se trata de trechos da CE-371 entre Acopiara-CE e Catarina-CE.

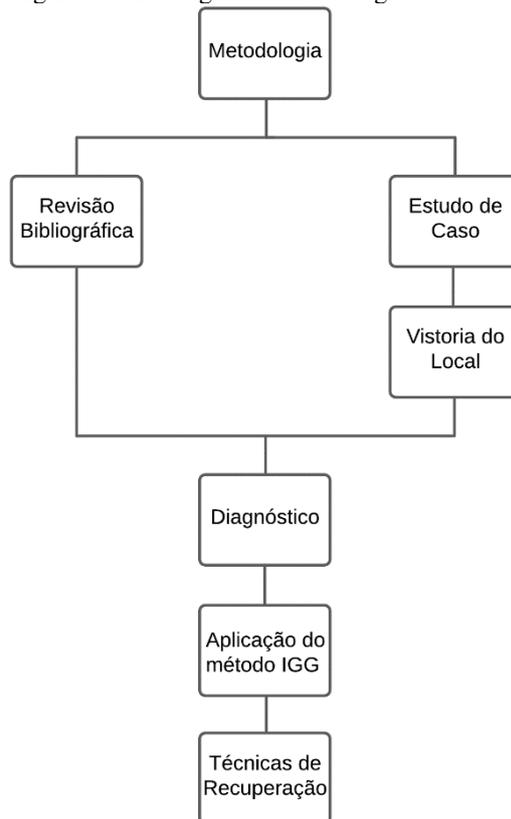
O levantamento bibliográfico abordou o tema do trabalho, definições importantes como o conceito de pavimento flexível, os tipos, características e terminologias das manifestações patológicas em pavimentos, como suas causas, trata sobre as manutenções preventivas e corretivas e as formas de recuperação do pavimento asfáltico, além da caracterização do método IGG.

O estudo de caso avaliou o estado ou as condições do pavimento no trecho e se desenvolveu a partir dos seguintes passos:

1. Escolha dos trechos da CE-371 entre Acopiara-CE e Catarina-CE;
2. Vistoria do local para o levantamento visual e fotográfico *in situ* das patologias visíveis na superfície do pavimento no trecho escolhido;
3. Diagnóstico das manifestações patológicas encontradas a partir da norma DNIT 005/2003 - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia e da revisão bibliográfica, elencando as patologias encontradas, as causas e origens;
4. Aplicação do método IGG de acordo com a norma DNIT 006/2003 – PRO;
5. Técnicas de recuperação dos trechos mediante o estudo bibliográfico como o Manual de restauração de pavimentos asfálticos.

Que podem ser resumidos no fluxograma da Figura 15.

Figura 15 - Fluxograma metodológico.



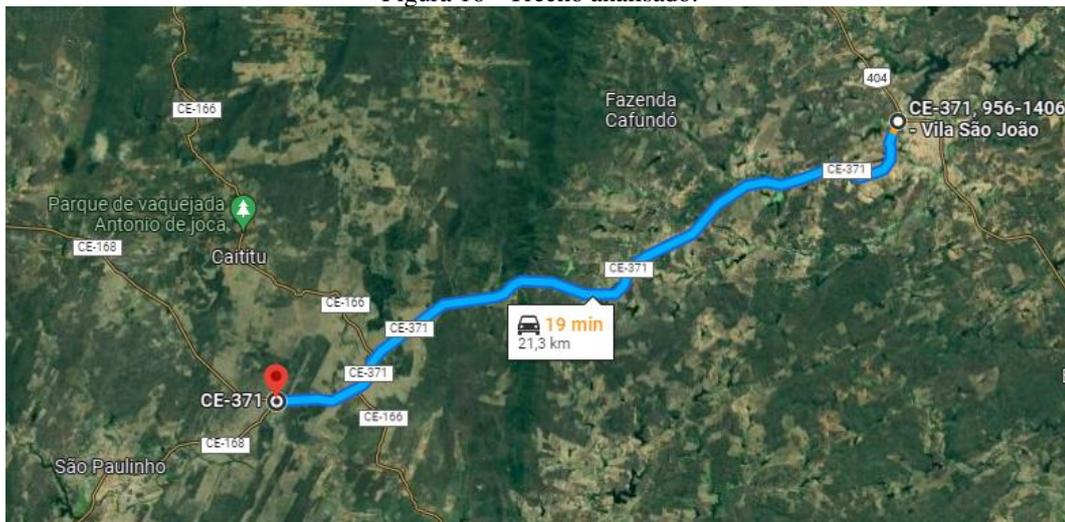
Fonte: Autoria Própria, 2022.

4.2 LOCAL DE ESTUDO

A escolha da CE-371 como objeto de estudo para o trabalho se deu devido sua importância para a ligação rápida entre vários municípios e o desenvolvimento da região, como também o fluxo de veículos de carga e passeio. Outro ponto de destaque é que entre 2014 e 2016 toda a rodovia que liga Acopiara e Catarina passou por processo de restauração em cerca de 56 km, e em 2021 ocorreu processo de manutenção através da operação “tapa buraco”, porém a rodovia já apresenta diversas manifestações patológicas.

O trecho da rodovia CE-371 selecionado para o estudo (Figura 16) situa-se entre a cidade de Acopiara-CE e Catarina-CE, com pista simples, compreendendo 21,3 km. Assim, para a realização do estudo em campo foram definidos 3 trechos da rodovia situados no km 330, 342 e 346, com 100 m de extensão cada.

Figura 16 - Trecho analisado.



Fonte: Google Maps, 2022.

4.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO IGG

O método IGG se configura como uma avaliação superficial da condição de deterioração do pavimento e constitui do preenchimento de uma ficha de análise (ver Anexo A) a partir das manifestações patológicas encontradas e posteriormente para o cálculo com o auxílio de uma planilha (ver Anexo B) utiliza-se 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.

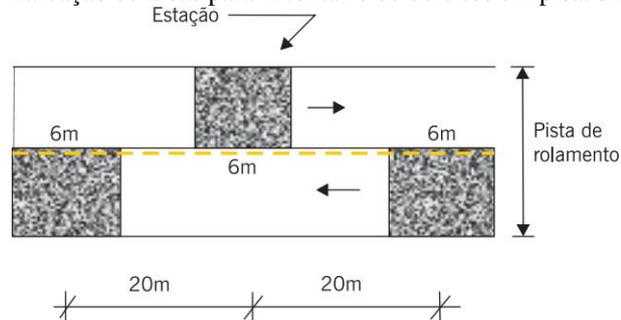
Simplificadamente, para a realização dos cálculos do método do IGG foram realizados os seguintes passos:

- 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 da norma DNIT 006/2003;
- 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.

Para a metodologia do método IGG aplicou-se a norma DNIT 006/2003- PRO que estabelece a localização das superfícies de avaliação nas rodovias de pista simples. Para o estudo foram estabelecidas parcelas amostrais a cada 20m de uma estaca para outra, alternados em relação ao eixo da pista de rolamento ou 40m em 40m em cada faixa de tráfego, ou seja, o IGG não foi aplicado para toda a área da pista.

Para a delimitação das superfícies de avaliações do estudo (Figura 17) foram analisadas 3m antes e 3m após cada estaca, totalizando 6 m de extensão e largura igual à da faixa de rolamento mais o acostamento.

Figura 17 - Demarcação de áreas para inventário de defeitos em pista simples.



Fonte: Bernucci et al, 2010.

Sendo assim cada trecho tem 5 áreas, totalizando 15 estações de estudo, as quais tiveram seus defeitos anotados e feitos os registros fotográficos.

A inspeção do pavimento foi realizada com o auxílio de ferramentas como:

- fita métrica de 20m;
- trena;
- régua;
- giz branco.

O levantamento dos defeitos realizado de forma amostral por estações, não deu importância à área atingida pelo defeito, mas sim a sua ocorrência ou não. Os defeitos encontrados foram registrados em uma planilha levando em consideração a seção de terraplanagem ocorrente (A – Aterro, C – Corte, SMA – Seção mista, lado de aterro, SMC - Seção mista, lado de corte, CR – Corte em rocha, PP – Ponto de passagem) em cada área demarcada.

A norma DNIT 006/2003-PRO (DNIT, 2003b) subdivide em oito categorias de defeitos considerados para o cálculo do IGG que são apresentados na Tabela 1, com seus respectivos fatores de ponderação.

Tabela 1 - Valor do fator de ponderação.

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

Fonte: DNIT 006 (2003).

Nos casos de flechas de trilha de roda, foram medidas em milímetros em cada estaca e executadas nas trilhas interna e externa, anotando-se o maior valor medido em cada trilha. Com o levantamento de dados finalizado, foi realizada uma análise prévia de forma a subdividir a via em segmentos homogêneos, que possuam os mesmos defeitos.

4.2.1 Cálculos

Para cada uma das ocorrências inventariadas foi calculado um Índice de Gravidade Individual (IGI) de cada defeito, que pode ser obtido a partir da Fórmula 1, conforme DNIT 006/2003 (DNIT, 2003b):

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

Onde:

f_r = frequência relativa;

f_p = fator de ponderação (de acordo com a Tabela 1 do DNIT).

Inicialmente, estimou-se a frequência absoluta de ocorrência de cada tipo de manifestação patológica, que corresponde ao número de vezes em que a ocorrência foi verificada. Em seguida obteve-se a frequência relativa, calculada pela equação 2:

$$f_r = \frac{f_a \times 100}{n} \quad (2)$$

Onde:

f_a = frequência absoluta;

n = número de estações inventariadas.

Defeitos do tipo 1, 2 e 3 da Tabela 1 são contabilizados apenas o de maior gravidade e os defeitos do mesmo tipo contabilizados apenas uma vez.

Para o cálculo do IGI dos afundamentos em trilha de roda, considerou-se a média e a variância das flechas medidas, a partir das seguintes fórmulas:

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

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

Em que:

\bar{x} = média aritmética dos valores das flechas medidas;

x_i = valores individuais;

S = desvio padrão dos valores das flechas medidas;

S² = variância.

A partir do cálculo da média e da variância das flechas é que foi possível definir os fatores de ponderação respectivamente:

- a) fator de ponderação = 4/3, quando $\bar{x} \leq 30$ mm ou $IGI_{\bar{x}} = 40$, quando $\bar{x} > 30$;
- b) fator de ponderação = 1, quando $s \leq 50$ mm² ou $IGI_s = 50$, quando $s > 50$ mm².

Com todos os parâmetros em mãos foi possível calcular o Índice de Gravidade Global pela seguinte expressão:

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

Com o auxílio da Tabela 2, obteve-se o conceito de degradação do pavimento em função do IGG.

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: DNIT 006 (2003).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise visual *in loco* dos trechos em estudo ocorreu no dia 13 de fevereiro de 2022, 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 330, o segundo no km 342 e o terceiro no km 346 da CE-371, todos passaram recentemente pela operação “tapa buraco” e possuem pavimento flexível com revestimento em tratamento superficial duplo. Foram escolhidos os piores trechos no quesito visual a fim de viabilizar e tornar o estudo mais completo. Cada trecho possui 100 metros, contabilizando um total de 05 estações por trecho.

Figura 18 - Falta de manutenção da rodovia.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

No decorrer do levantamento, constataram-se diversas negligências na manutenção do pavimento (Figura 18), como a falta de dispositivos de drenagem, erosão do acostamento, vegetação invadindo as faixas, que gera desconforto e insegurança aos usuários.

5.1 DIAGNÓSTICO

Ao longo dos trechos foram identificadas várias manifestações patológicas e com o auxílio da norma DNIT 005/003 – Terminologia, foi possível identificar cada tipo e a seguir são apresentadas as principais:

5.1.1 Trincas Isoladas

As trincas longitudinais foram encontradas em dois dos três trechos, tanto do tipo curta quanto longa, com algumas já apresentando pequenos buracos, o que aumenta o poder de penetração da água, e atrelada a outros tipos de manifestações patológicas conduzem a degradação rápida do pavimento, conforme Figura 19. Esse tipo de defeito causa irregularidades no pavimento e enfraquece o revestimento, sendo classificado como um defeito funcional e estrutural.

Silva (2020) ao fazer um estudo de caso na cidade de Souza-PB, verificou que as trincas longitudinais encontradas na avenida em estudo tinham como principais causas a dilatação ou contração do revestimento asfáltico e o início de fadiga do pavimento, intensificadas pelas cargas e a precipitação pluviométrica. Logo, as trincas encontradas na CE-371 podem ter sido causadas principalmente pelo início de fadiga do pavimento, junta de construção mal executada e dilatação e ou contração do revestimento devido ao gradiente térmico.

Figura 19 - Manifestação patológica: Trincas longitudinais.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Os trechos 1 e 3 apresentaram grande quantidade de trincas longitudinais no bordo da via, com algumas regiões já com abertura de panelas. A falta de proteção ao pavimento

devido à ausência de dispositivos de drenagem, como também a vegetação presente no trecho que retém a água e dificulta seu escoamento, infiltra a água lateralmente à pista e migra para o interior do pavimento, afetando a estrutura que combinado aos esforços do tráfego gera essas trincas.

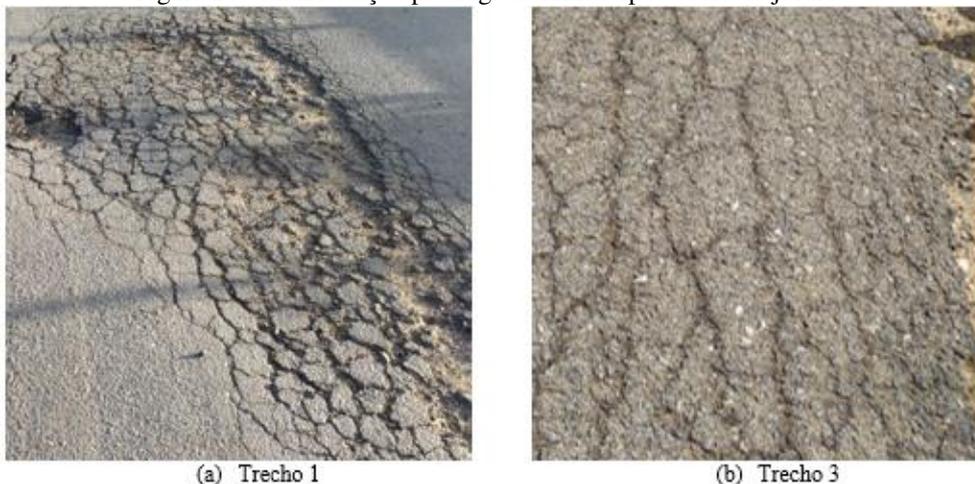
As trincas transversais foram identificadas poucas vezes nos trechos 1 e 3 e sua causa pode estar relacionada ao envelhecimento do asfalto e a dilatação e contração térmica do revestimento, como também pela má execução da junta longitudinal de separação entre as faixas e a borda, esse defeito é classificado como um defeito funcional e estrutural.

5.1.2 Trinca “Couro de jacaré”

Nos trechos 1 e 3 foi possível identificar uma presença significativa de trincas desse tipo, no trecho 1 observou-se maior incidência dessa manifestação patológica no trilho de roda, dispendo de erosão nas bordas, com abertura de painelas em alguns pontos dessa trinca, causados possivelmente pelo colapso do revestimento asfáltico devido a ação repetida do tráfego no local e a compactação deficiente, visto que em lugares que foram remendados já se encontra novas trincas.

No trecho 3 foi possível observar que a trinca “couro de jacaré” se propaga em uma grande extensão da faixa sentido longitudinal principalmente na trilha de roda, faixa essa que apresenta também trincas longitudinais no acostamento, logo possivelmente a causa se deve a constante ação das cargas no tráfego que combinado a ausência de dispositivos de drenagem que escoam a água das chuvas e presença de vegetação que retém a água, favorecem a infiltração na estrutura que leva ao colapso do revestimento asfáltico ou ainda pela má qualidade do pavimento. Na Figura 20 é possível identificar esse tipo de trinca.

Figura 20 - Manifestação patológica: Trinca tipo "couro de jacaré".



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Portanto, devido as “trincas couro de jacaré” serem um defeito que provoca o enfraquecimento da estrutura, ela é classificada como um defeito estrutural.

5.1.3 Desgaste

Foi possível identificar diversas regiões com desgaste em todos os trechos (Figura 21) e no bordo da pista dos trechos 2 e 3, com revestimento áspero e presença de agregado solto, em virtude da ação abrasiva do tráfego, se tornando um defeito funcional.

Segundo CNT (2017) esse desgaste pode ter surgido por uma série de falhas executivas ou de mistura, perda de aderência entre o agregado e o ligante ou até deficiência no teor de ligante, fazendo com que o agregado se desprenda.

Figura 21 - Manifestação patológica: Desgaste.

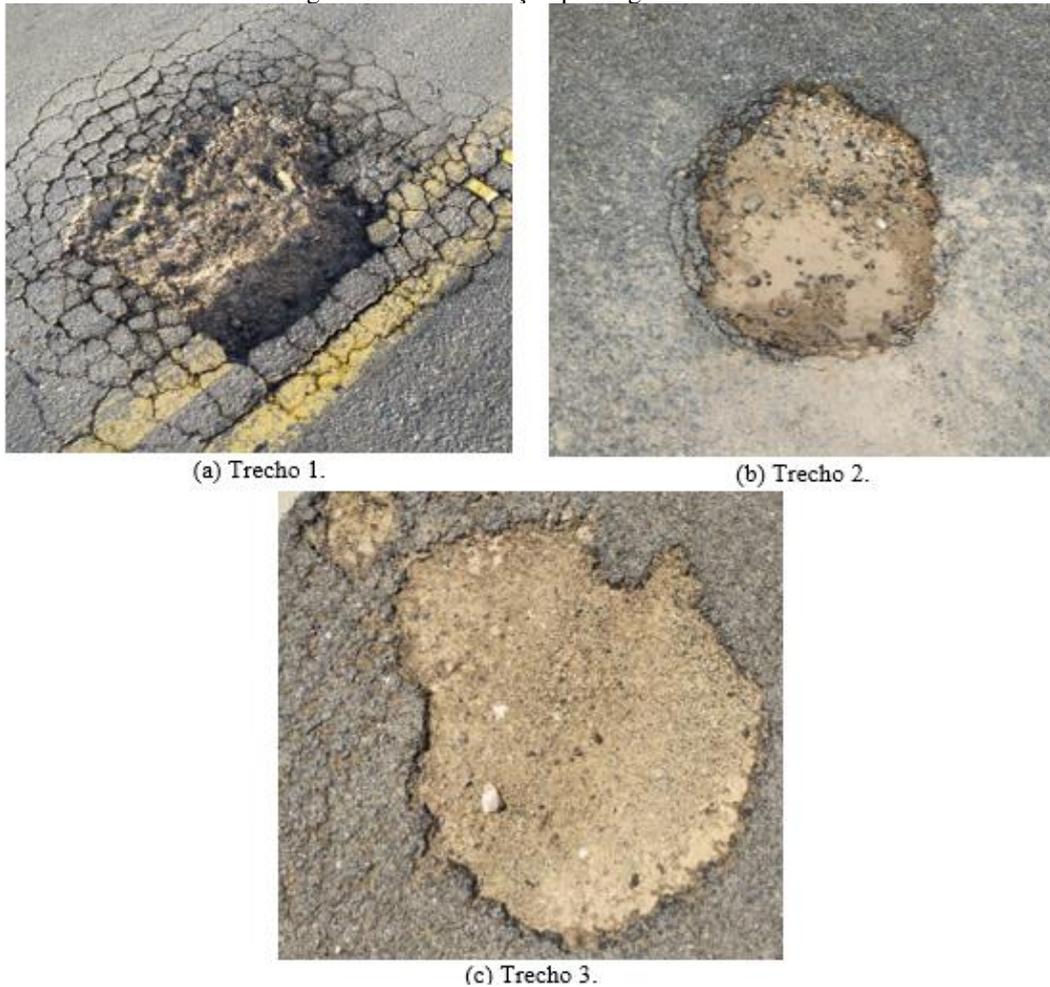


Fonte: Autoria Própria, 2022.

5.1.4 Panela

Foi possível observar a presença de panelas em todos os trechos em estudo (Figura 22).

Figura 22 - Manifestação patológica: Panelas.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

A principal causa desta patologia decorre do estágio final do trincamento por fadiga, agravado pela ação do tráfego, o que afeta a estrutura e a funcionalidade do pavimento, ou também pela desintegração localizada na superfície do pavimento, sendo classificada como um defeito estrutural e funcional e deixa a manutenção muito mais onerosa. Outras causas possíveis são a umidade excessiva do solo. Foi possível observar que algumas panelas encontradas surgiram da evolução de outros defeitos.

5.1.5 Remendo

Em todos os trechos foram identificados remendos de diversos tamanhos, de acordo com a Figura 23. Os remendos foram feitos no ano de 2021, porém alguns apresentam-se deteriorados, desnivelados em relação ao resto do pavimento e de um remedo para o outro, se tornando um defeito funcional e estrutural.

Os remendos observados podem ser provocados pela má qualidade dos materiais constituintes que atrelado a carga de tráfego na rodovia e má execução do pavimento causa

desconforto aos usuários da rodovia.

Figura 23 - Manifestação patológica: Remendo.



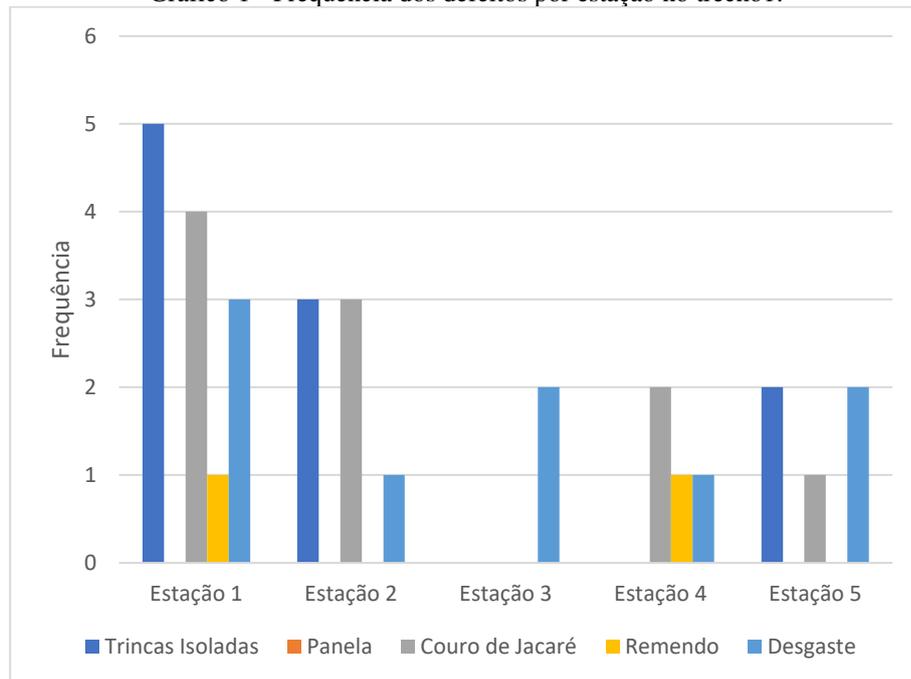
Fonte: Autoria Própria, 2022.

5.2 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL

Após o a inspeção detalhada dos trechos de modo geral e o diagnóstico das manifestações patológicas, constatou-se que nenhum dos trechos apresenta flechas nas trilhas de roda interna ou externa, logo para o cálculo do IGG não foram contabilizados esse tipo de defeito. É importante ressaltar que como não foram registradas ocorrências de afundamentos, a estrutura mais profunda do pavimento ainda se encontra em boas condições.

Analisando separadamente cada trecho e por estação como na Figura 24, foi possível determinar os tipos de defeito que cada um possui, bem como sua frequência, semelhanças e calcular o IGG de cada trecho em estudo, utilizando o mesmo processo.

Gráfico 1 - Frequência dos defeitos por estação no trecho1.

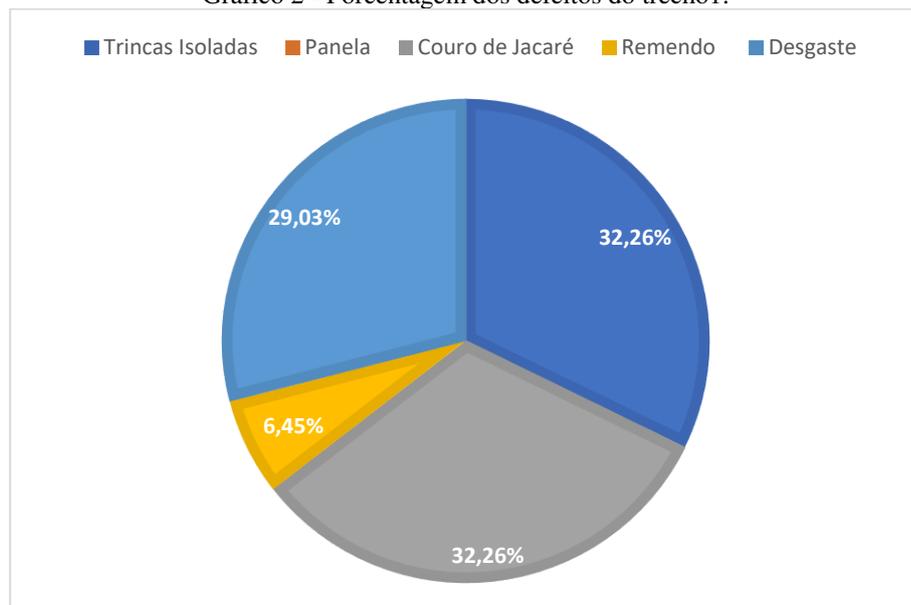


Fonte: Autoria Própria, 2022.

É possível observar que o trecho apresenta trincas isoladas e do tipo “couro de jacaré” de forma bastante assídua e encontrados em quase todas as estações, sendo a estação 1 a mais prejudicada. As trincas isoladas também apareceram em grande quantidade principalmente na estação 1 e 2 e desgaste aparece em todas as estações.

O Gráfico 2 representa as porcentagens de cada manifestação patológica do trecho em geral.

Gráfico 2 - Porcentagem dos defeitos do trecho1.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Com o gráfico pode-se observar que as trincas isoladas e “couro de jacaré” possuem as

maiores porcentagem com 32,26% cada, seguida por desgaste com 29,03% e remendo com 6,45%, que demonstra um trecho bastante desgastado e com muitas trincas, que potencializa e amplifica sua deterioração cada vez mais com o passar do tempo. Não foi identificada panela em nenhuma das estações.

Após a identificação de cada manifestação patológica no trecho e determinada a frequência absoluta foi necessário determinar a frequência considerada e relativa dos defeitos, a primeira seguindo os preceitos da norma e a segunda a partir da equação (2), disposto no processo metodológico desse estudo.

Com esses dados em mãos e o fator de ponderação de cada defeito foi possível calcular o IGI de cada tipo de manifestação patológica de acordo com a equação (1) para a posterior soma e determinação do IGG total do trecho. A Tabela 3 indica os resultados encontrados nos cálculos realizados com o auxílio da planilha do Excel.

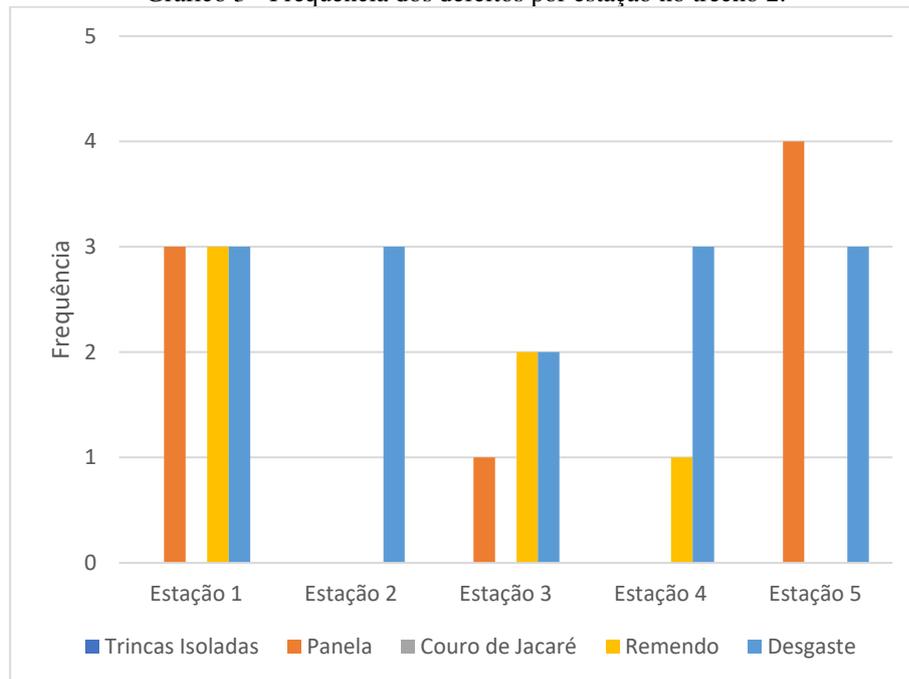
Nota-se que a frequência absoluta considerada para os cálculos é diferente da frequência absoluta real, isso se deve ao fato que defeitos do tipo 1, 2 e 3 encontrados em uma mesma estação só são contabilizados o de maior gravidade e defeitos do mesmo tipo que se repetem várias vezes em uma estação só são contabilizados apenas uma vez, para assim se evitar a contagem repetida dos defeitos.

Tabela 3 - Planilha de cálculo do trecho 1.

Rodovia: CE – 371			Observador: Danyelle Martins Teixeira				
Trecho: 01 (km 330)			Extensão: 100 m				
Tipo de revestimento: Flexível - TSD							
Item	Natureza do Defeito	Frequência Absoluta	Frequência Abs. Considerada	Frequência Relativa	Fator de Ponderação	IGI	Observações
1	Trincas isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR)	10	0	0	0,2	0	
2	(FC-2) J, TB	3	2	40	0,5	20	
3	(FC-3) JE, TBE	7	2	40	0,8	32	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	0	0	0,9	0	
5	O, P, E	0	0	0	1,0	0	
6	EX	0	0	0	0,5	0	
7	D	9	5	100	0,3	30	
8	R	2	2	40	0,6	24	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		N = 05	\sum IGI = IGG			106	Ruim 80<IGG<160

Fonte: Autoria Própria, 2022.

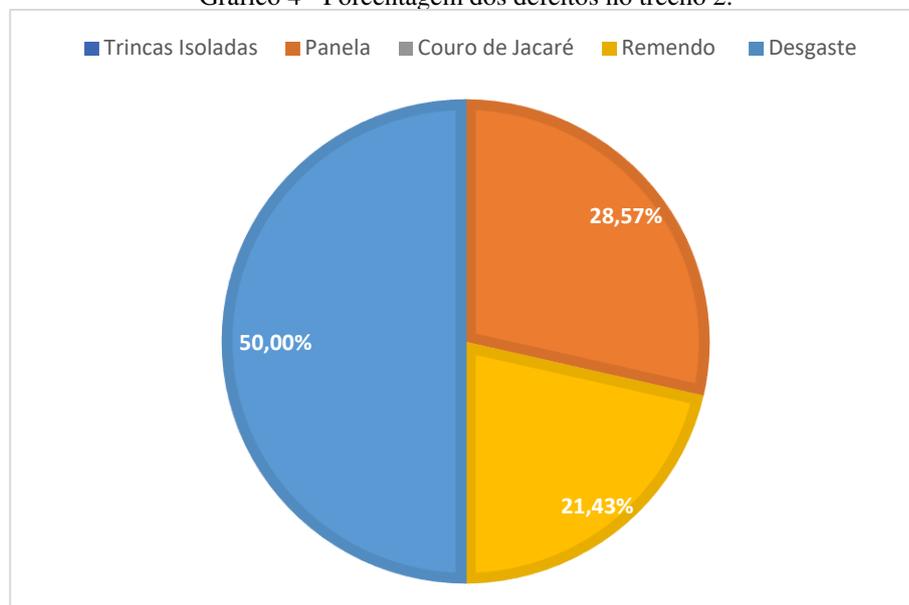
Gráfico 3 - Frequência dos defeitos por estação no trecho 2.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Com as frequências absolutas dos defeitos foi possível elaborar o gráfico geral das ocorrências no trecho 2, com as porcentagens de cada manifestação patológica como se pode ver no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Porcentagem dos defeitos no trecho 2.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Com o gráfico pode-se observar que o desgaste corresponde à metade das manifestações patológicas com 50%, e painelas e remendos equivale a 28,57% e 21,43% respectivamente.

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

Tabela 4 - Planilha de cálculo do trecho 2.

Rodovia: CE – 371				Observador: Danyelle Martins Teixeira			
Trecho: 02 (km 342)				Extensão: 100 m			
Tipo de revestimento: Flexível - TSD							
Item	Natureza do Defeito	Frequência Absoluta	Frequência Abs. Considerada	Frequência Relativa	Fator de Ponderação	IGI	Observações
1	Trincas isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR)	0	0	0	0,2	0	
2	(FC-2) J, TB	0	0	0	0,5	0	
3	(FC-3) JE, TBE	0	0	0	0,8	0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	0	0	0,9	0	
5	O, P, E	8	3	60	1,0	60	
6	EX	0	0	0	0,5	0	
7	D	14	5	100	0,3	30	
8	R	6	3	40	0,6	36	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		N = 05	$\sum IGI = IGG$			126	Ruim 80<IGG<160

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Analisando a tabela é possível perceber que o IGG do trecho está entre 80 e 160, portanto se encontra em “ruim” estado de conservação. Esse resultado se deve ao fato dos poucos tipos de defeitos encontrados se apresentarem distribuídos ao longo do trecho, panelas e remendos em 3 das 5 estações em estudo e desgaste em todas as estações, sendo perceptível esses defeitos também em pontos do trecho não contabilizados para o IGG.

5.2.3 Trecho 3

Através da avaliação feita pelo aspecto visual foi possível reconhecer e inventariar as manifestações patológicas do trecho 3, apresentadas na Figura 27.

As trincas longitudinais aparecem em grande escala, em todas as estações inventariadas, mas somente a estação 4 apresentou trincas transversais e as trincas do tipo “couro de jacaré” se apresentam em 3 estações, algumas já com erosões nas bordas e em um determinado local ocupa uma boa extensão da faixa. Na análise *in loco* foi possível perceber a presença de grandes remendos principalmente nas estações 3 e na 5 pegando quase toda a estação, como também muitas regiões desgastadas.

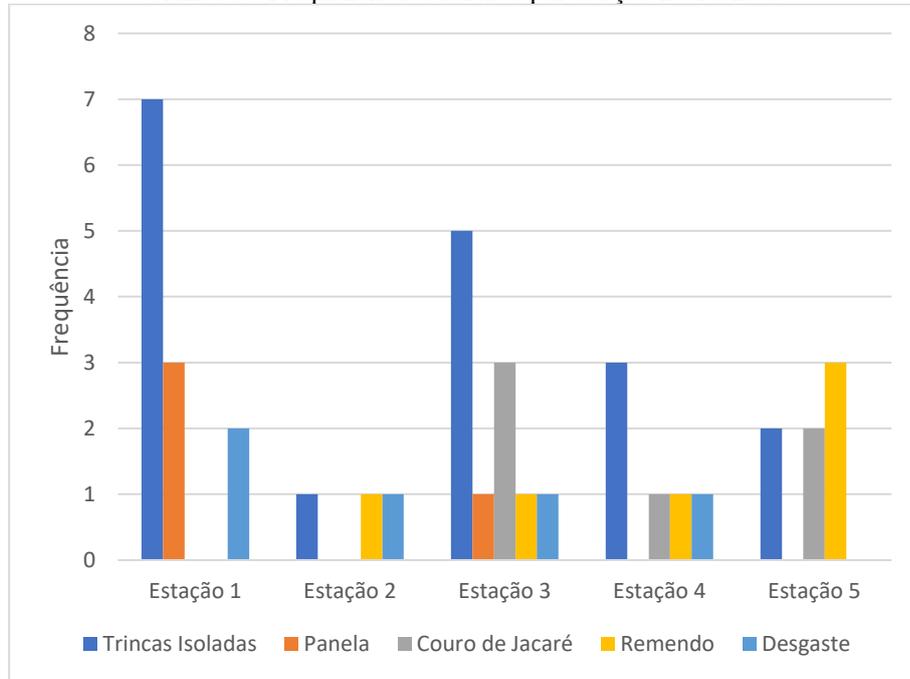
Figura 27 - Inventários dos defeitos no trecho 3.

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																								
RODOVIA: CE - 371										OPERADOR:														
TRECHO: 03 (km 346)										REVESTIMENTO TIPO: Tratamento Superficial Duplo - TSD														
SUBTRECHO:										DATA: 13/02/2022														
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
01	A		X			X	X									X				X				
02	A		X				X													X	X			
03	A		X			X	X			X						X				X	X			
04	A		X	X		X				X										X	X			
05	A		X				X			X										X	X			

Fonte: Autoria Própria, 2022.

O Gráfico 5 mostra a ocorrência de cada defeito baseado nos resultados levantados em campo, as trincas isoladas englobam as trincas longitudinais e verticais sejam longas ou curtas.

Gráfico 5 - Frequência dos defeitos por estação no trecho 3.



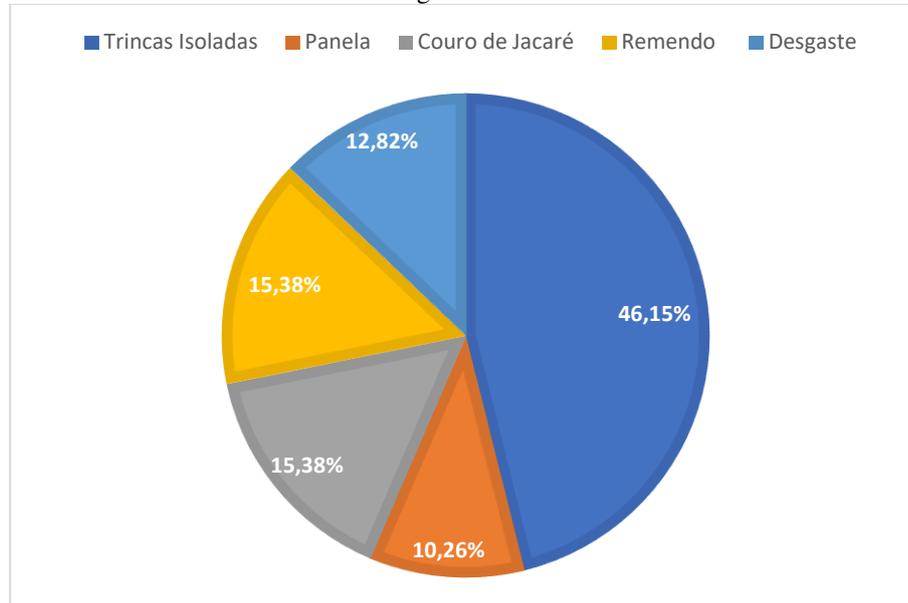
Fonte: Autoria Própria, 2022.

Observa-se que a faixa da esquerda, estações 1, 3 e 5, sentido Acopiara-Catarina é a que apresenta mais ocorrência de defeitos, o defeito pode ser agravado devido ao trecho se encontrar logo após uma curva e essa faixa ser o ponto mais baixo da rodovia, contribuindo para o escoamento de água naquele ponto e comprometimento do pavimento. Outro ponto de destaque é a presença de três trincas tipo “couro de jacaré” com erosão na estação 3. Somente a estação 5 não apresentou desgaste, visto que existe um remendo ocupando quase toda a estação.

O Gráfico 6 que representa as porcentagens de cada manifestação patológica do trecho

em geral, é possível perceber que o defeito mais recorrente no trecho são as trincas isoladas com 46,15% e a de menor ocorrência são as painelas com quase 10,26%. Nota-se que mesmo com o recém processo de manutenção, o trecho apresenta muitas manifestações patológicas.

Gráfico 6 - Porcentagem dos defeitos no trecho 3.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

A partir desses dados foi possível preencher a planilha de cálculo do IGG e na Tabela 5 encontra-se de forma resumida os resultados das avaliações das estações do trecho 3.

Tabela 5 - Planilha de cálculo do trecho 3.

Rodovia: CE – 371		Observador: Danyelle Martins Teixeira					
Trecho: 03 (km 346)		Extensão: 100 m					
Tipo de revestimento: Flexível - TSD							
Item	Natureza do Defeito	Frequência Absoluta	Frequência Abs. Considerada	Frequência Relativa	Fator de Ponderação	IGI	Observações
1	Trincas isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR)	0	2	40	0,2	8	
2	(FC-2) J, TB	3	2	40	0,5	20	
3	(FC-3) JE, TBE	3	1	20	0,8	16	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	0	0	0,9	0	
5	O, P, E	4	2	40	1,0	40	
6	EX	0	0	0	0,5	0	
7	D	5	4	80	0,3	24	
8	R	6	4	80	0,6	48	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		N = 05	\sum IGI = IGG			156	Ruim IGG < 160

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Analisando de forma geral, o asfalto do trecho 3 se encontra um pouco abaixo do

limite, com $IGG < 160$, e se enquadra em “ruim” estado de conservação, portanto mal atende aos parâmetros de segurança e conforto que as normas determinam. Verificando a Tabela 5 é possível notar que o trecho possui os defeitos com os maiores fatores de ponderação que são o 3, 5 e 8 o que eleva o IGG.

5.2.4 Análise Geral

Equiparando os trechos constata-se que os trechos 1 e 3 apresentando características semelhantes, com grande quantidade de trincas isoladas e do tipo “couro de jacaré”. Já os trechos 2 e 3 se assemelham devido à presença de painéis no trecho, sendo notável que o defeito do tipo desgaste é presente em todos os trechos.

De posse dos índices calculados, tem-se que todos os trechos em estudo estão em “ruim” estado de conservação, precisando se submeter a técnicas de restauração para melhorar as características funcionais do pavimento.

É importante salientar que por mais que os trechos da CE-371 em estudo estejam classificados em “ruim” estado de conservação, o conceito não pode ser aplicado para toda a rodovia, visto que foram os escolhidos os piores trechos da rodovia para o estudo.

Melo e Oliveira (2021) em seu estudo de caso do trecho da MG-190 chegaram a um resultado similar aos do trecho deste trabalho com IGG de 101 e condição do trecho classificado como “ruim”, apresentando trincas isoladas, “couro de jacaré, desgaste e remendos.

Da mesma forma Rohrig (2017) ao avaliar a ERS 307, chegou à conclusão que os quatro trechos do seu estudo apresentavam condições péssimas de trafegabilidade, segurança e conforto com IGG variando de 200 a 348, trazendo à tona que a qualidade do pavimento nas rodovias não é das melhores, apresentando uma diminuição da vida útil dos pavimentos devido em muitos casos a falta de investimentos e manutenções. O resultado vem ao encontro com os resultados deste trabalho e reforça a ideia que as rodovias brasileiras precisam de melhorias no pavimento.

Se comparados entre si, os trechos em estudo e os de outros trabalhos mencionados anteriormente é nítido que mesmo com defeitos semelhantes e até conceitos iguais o valor do IGG de cada trecho é diferente, ou seja, o conceito não deve substituir o resultado numérico pois um complementa o outro, e quanto maior o IGG, mais deteriorado o pavimento se encontra.

5.3 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO

Diante de tudo que foi exposto e apesar da rodovia ter passado por um processo de recuperação em 2021, atualmente o trecho de estudo apresenta vários tipos de manifestações patológicas, alguns em elevado estado de deterioração, que afeta a capacidade estrutural e funcional do pavimento.

Ao se verificar o real estado de conservação dos pavimentos por meio da identificação das manifestações patológicas da superfície asfáltica e o diagnóstico da situação funcional dos trechos é possível indicar a maneira mais adequada e satisfatória de reparar os problemas.

Segundo DNIT (2006b) para as fissuras e trincas transversais e longitudinais a manutenção pode ser realizada através da aplicação de selante com materiais como cimentos asfálticos, asfaltos diluídos, emulsões ou selantes especiais. Essa selagem é utilizada para controlar a extensão do defeito e garantir a prevenção contra a infiltração de água. Outras técnicas de recuperação que se pode utilizar é a lama asfáltica, indicada quando existe pequeno grau de trincamento, tratamento simples e microrrevestimento asfáltico.

No caso das trincas tipo “couro de jacaré” uma das formas de manutenção é fazer o remendo na região ou a fresagem no trecho com maior incidência desse tipo de trinca, já as medidas de reabilitação seriam a reciclagem do pavimento ou recapeamento, refazendo base, sub-base e revestimento para um maior reforço da estrutura, não esquecendo de realizar a drenagem adequada da rodovia (RAMOS, 2017).

Para as áreas desgastadas recomenda-se como medida de manutenção um tratamento com capa selante ou lama asfáltica e no caso de reabilitação recomenda-se a reciclagem do pavimento ou o recapeamento.

Nos casos de panelas uma forma de manutenção bastante conhecida é a operação tapa-buraco, que consiste na eliminação das panelas com a execução de remendos, como forma de reabilitação tem-se o recapeamento do asfalto, que concede ao pavimento maior reforço estrutural.

Por último tem-se os remendos, que podem ser restaurados com a execução de novos remendos seguindo as diretrizes técnicas para garantir uma boa execução.

A Tabela 6 demonstra de forma sucinta cada manifestação patológica e suas respectivas técnicas de recuperação.

área que denotam os bons resultados que o recapeamento traz para a rodovia, recomenda-se como forma de recuperação a fresagem do revestimento asfáltico e posterior recapeamento do pavimento como apresentado na Figura 28.

Pois, segundo Marcolan, Klamt e Knierim (2020) *apud* DER (2006) a técnica de recapeamento combinado a fresagem do revestimento original é eficiente para áreas com elevado grau de trincas, uma vez que o serviço de fresagem tem a capacidade de controlar a propagação das trincas de reflexão que possam aparecer devido ao recapeamento e além disso é indicada para áreas com ocorrências de remendos em mau estado, permitindo executar o recapeamento apenas em áreas localizadas sem intervir nas faixas em bom estado, o que se aplica a rodovia em estudo.

Figura 28 - Exemplo de fresagem + recapeamento.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sendo o pavimento o responsável pela garantia de boas condições de trafegabilidade com conforto e segurança aos usuários e da grande importância do sistema rodoviário para o país, representando o principal modal utilizado para transporte de pessoas e cargas, se faz necessário analisar e avaliar as rodovias brasileiras, para desta forma se fazer a manutenção e restauração adequada do pavimento.

Baseado nos levantamentos realizados, através de verificação *in loco* e das pesquisas bibliográfica foi possível concluir que as manifestações patológicas mais recorrentes nos três trechos, objeto de estudo deste trabalho, são trincas isoladas, trincas tipo “couro de jacaré”, desgaste, panelas e remendos, que foram recém executados. De forma geral falta de drenagem, manutenção, problemas de execução, fadiga do pavimento e tráfego de veículos pesados, associado a infiltrações decorrentes de intempéries, são os principais motivos para a formação das patologias citadas nesse trabalho.

Os trechos foram avaliados pelo método IGG e classificados em “ruim” estado de conservação, ou seja, não atendem aos padrões de segurança e conforto que uma rodovia deve ofertar, refletindo a necessidade de medidas de recuperação do pavimento. Durante a execução, foi possível determinar que o método IGG se apresenta como uma avaliação rápida e geral, fácil e simples de aplicar, de baixo custo, se comparada a outros métodos, funcionando como uma boa ferramenta de avaliação do pavimento, sendo de vital importância para indicar o real estado do pavimento e a necessidade ou não de recuperação.

Como resultado, recomendou-se para os trechos a utilização de fresagem e posterior recapeamento da rodovia como solução para a adequada recuperação da vida útil do pavimento, mediante elaboração de projeto e atendendo os requisitos das normas.

Por fim destaca-se que a deterioração das rodovias brasileiras é um problema recorrente, fato esse justificado pela falta de manutenção do pavimento, falta de investimento e de fiscalização por parte dos órgãos gestores e até o uso de técnicas ultrapassadas para a execução do pavimento.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir do trabalho realizado e dos resultados encontrados surgem novas opções para pesquisas futuras com o intuito de completar a avaliação da rodovia. Destaca-se:

- Avaliar trechos com maiores extensões para a avaliação pelo método IGG, apresentando um resultado mais preciso;
- Testar a avaliação através do método *Paviment Conditions Index* (PCI) e confrontar os resultados;
- Avaliar estruturalmente alguns defeitos encontrados na rodovia;
- Estudar o uso de técnicas inovadoras como forma de pavimentação.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Marcelo Almeida; SANTOS, Martha Jussara Paixão dos; PINHEIRO, Heunbner Pereira; CRUZ, Zoraide Vieira. Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, [s.l.], v. 10, n. 11, p. 187-196, nov. 2016. Disponível em: www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/metodos-de-pavimentacao. Acesso em: 03 nov. 2021.
- BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2010. 504 p.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Geral. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação do Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Glossário de termos técnicos rodoviários 2**. ed. Rio de Janeiro, 2017. 324p.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT de Rodovias, 2019**. Brasília, 2019. 236 p.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT DE Rodovias, 2021**. Brasília, 2021. 231 p. Disponível em: [//pesquisarodovias.cnt.org.br/relatorio-gerencial](http://pesquisarodovias.cnt.org.br/relatorio-gerencial).
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Transporte rodoviário: Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?**. Brasília, 2017. 160 p. Disponível em: [//cnt.org.br/por-que-pavimentos-rodovias-nao-duram](http://cnt.org.br/por-que-pavimentos-rodovias-nao-duram). Acesso em: 13 nov. 2021.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Transporte rodoviário: impactos da qualidade do asfalto sobre o transporte rodoviário**. Brasília, 2019. 75 p. Disponível em: [//cnt.org.br/impactos-qualidade-asfalto-transporte-rodoviario](http://cnt.org.br/impactos-qualidade-asfalto-transporte-rodoviario). Acesso em: 13 nov. 2021.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Avaliação funcional e estrutural do pavimento**. 29 p, 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Norma DNIT 005/003 -TER**. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos -Terminologia. Rio de Janeiro, 12 p, 2003a. Disponível em: www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/terminologia-ter/dnit005_2003_ter.pdf. Acesso em: 21 out. 2021.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Norma DNIT 006/003 – PRO**. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimento. Rio de Janeiro, 10 p. 2003b. Disponível em: www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-

normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro/dnit006_2003_pro.pdf. Acesso em: 21 out. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de conservação rodoviária**. Publicação IPR-710, 564 p. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/710_manual_de_conservacao_rodoviaria.pdf.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de gerência de pavimentos**. Publicação IPR-745, 189 p. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/745_manual_de_gerencia_de_pavimentos.pdf.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de pavimentação**. Publicação IPR-719, 274 p. Rio de Janeiro, 2006a. Disponível em: www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. Publicação IPR-720, 310 p. Rio de Janeiro, 2006b. Disponível em: www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/720_manual_restauracao_pavimentos_afalticos.pdf.

GOOGLE MAPAS. <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 10 fev. 2022.

Haiden, Amanda Maria Hermann. **Manifestações patológicas de pavimento asfáltico – estudo de caso**: rodovia PR-323 – KM 175 A KM 179. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - UNICESUMAR - Centro Universitário de Maringá, Maringá-PR, 2018. p.21.

MARCOLAN, Camila de Marchi; KLAMT, Rodrigo André; KNIERIM, Luciele da Silva. Avaliação das condições funcionais de um pavimento para soluções de restauração. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 12, n. 2, p. 149-160, jun. 2020. Quadrimestral. Disponível em: <https://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/view/14880/209209213418>. Acesso em: 22 dez. 2021.

MARCATO, Vânia Daniela; OLIVEIRA, Ricardo Fonseca de. Manifestações patológicas em estruturas asfálticas: estudo de caso na rodovia mg-190. **Revista Gestão Tecnologia e Ciência**, [s.l.], v. 10, n. 30, p. 54-70, 2021. Disponível em: www.fucamp.edu.br/editora/index.php/getec/article/view/2458/1530. Acesso em: 03 nov. 2021.

MELO, Leandra Rodrigues; OLIVEIRA, Ricardo Fonseca de. Deterioração de pavimentos rodoviários: estudo de caso do trecho da MG 190 e Monte Carmelo entre Abadia do Dourados. **Revista Gestão Tecnologia e Ciência**, [s.l.], v. 10, n. 30, p. 1-18, dez. 2021. Disponível em: <https://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/getec/article/view/2454/1526>. Acesso em: 02 mar. 2022.

RAMOS, Dennis Martins. **Determinação de patologias em pavimentação asfáltica em algumas das principais avenidas de Porto Nacional - TO: Av. Joaquim Aires; Av. Sergipe; Av. Gabriel José de Almeida e Av. das Nações Unidas.** 2017. 92 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas-TO, 2017.

ROHRIG, Bruno Afonso Wobeto. **Avaliação funcional de pavimento flexível em diferentes trechos da ERS 307 na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.** 2017. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJU, Santa Rosa - RS, 2017.

SANTOS, José Cásssio Batista.; OLIVEIRA, Givanildo Lima de; VIANA, Helio Marcos Fernandes. Avaliação do IGG na avenida Olívia Flores Do Primeiro trecho em setembro de 2015 (Estudo De Caso). **C&D- Revista Ciência e Desenvolvimento**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 2–13, 2017. Faculdade Independente do Nordeste. DOI: <http://dx.doi.org/10.11602/1984-4271.2017.10.2.7>.

SILVA, Joyce Pascoal de Oliveira; OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda de; ARAÚJO, Carla Beatriz Costa de. Análise funcional comparativa de trecho da BR-116 no estado do Ceará. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 1-21, 2018. Fundação Edson Queiroz. DOI: <http://dx.doi.org/10.5020/23180730.2018.7427>.

SILVA, Samara Milene. Estudo das manifestações patológicas em pavimento flexível na avenida João Bôsko M. de Souza no município de Sousa-PB. 2020. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras - PB, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ifpb.edu.br/jspui/handle/177683/1442>

SILVA, Sandy Oliveira da. **Avaliação funcional de vias urbanas por meio do Índice de Gravidade Global (IGG). Estudo de caso: município de Caucaia-CE.** 2021. 74 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro Universitário Christus, Fortaleza-CE, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unichristus.edu.br/jspui/bitstream/123456789/12111/1/Sandy%20Oliveira%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2022.

VIEIRA, Suyanne Alves; PINHO JÚNIOR, Antônio Adilson EufRASINO de; OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda de; AGUIAR, Marcos Fábio Porto de. Análise comparativa de metodologias de avaliação de pavimentos através do IGG e PCI. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 10, n. 3, p. 20-30, 28 nov. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.21439/conexoes.v10i3.799>.

**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: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Data:	Folha:
TRECHO:						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
SUB-TRECHO:							
REVESTIMENTO TIPO:							
Item	Natureza do defeito	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta considerada	Frecuência 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		X		0,9		
5	O, P, E		X		1,0		
6	EX		X		0,5		
7	D		X		0,3		
8	R		X		0,6		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas IRI e IRE	TRE =	TRI =	F =	1 A () 1 B ()		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRiv =	FV =	2 A () 2 B ()		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	\sum IND. GRAVID. IND. = IGG				Conceito
1A) $IGI = \bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$						Operador	
2A) $IGI = \sqrt{\bar{FV}}$ quando $\sqrt{\bar{FV}} \leq 50$						Cálculo	
1B) $IGI = 40$ quando $\bar{F} > 30$						Visto	
2B) $IGI = 50$ quando $\sqrt{\bar{FV}} > 50$							

Documento Digitalizado Restrito

Trabalho de conclusão de curso

Assunto: Trabalho de conclusão de curso
Assinado por: Danyelle Teixeira
Tipo do Documento: Dissertação
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Restrito
Hipótese Legal: Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Danyelle Martins Teixeira, ALUNO (201712200013) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - CAJAZEIRAS, em 27/04/2022 13:15:50.

Este documento foi armazenado no SUAP em 27/04/2022. 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: 499990

Código de Autenticação: bdc9506d42

