

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS – *CAMPUS AVANÇADO PIUMHI*
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Ana Paula Aparecida de Faria

**AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS NO PAVIMENTO NO TRECHO DA RODOVIA
LMG – 801 ENTRE LEANDRO FERREIRA E A BR – 262**

Piumhi – MG

2025

ANA PAULA APARECIDA DE FARIA

**AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS NO PAVIMENTO NO TRECHO DA RODOVIA
LMG – 801 ENTRE LEANDRO FERREIRA E A BR – 262**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Avançado Piumhi para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Carla Cristiane Silva

Piumhi - MG

2025

F224a Faria, Ana Paula Aparecida de.

Avaliação das patologias no pavimento no trecho da rodovia LMG – 801 entre Leandro Ferreira e a BR - 262 [manuscrito] / Ana Paula Aparecida de Faria. – 2025.
81 f. : il. color.

Orientadora: Carla Cristiane Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus Piumhi*, 2025.

1. Pavimentos de asfalto. 2. Pavimentos - patologia. 3. Rodovias – manutenção e reparos. 4. Segurança no trânsito. 5. Economia regional. I. Silva, Carla Cristiane. II. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus Piumhi*. III. Título.

CDD 625.7

Catálogo: Andreia Cristina Damasceno - CRB-6/1974



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Piumhi
Diretoria de Ensino
Docentes Campus Piumhi

Rua Severo Veloso 1880 - Bairro Bela Vista - CEP 37925-000 - Piumhi – MG
(37)3371-3353 - www.ifmg.edu.br

Ana Paula Aparecida de Faria

**AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS NO PAVIMENTO NO
TRECHO DA RODOVIA LMG – 801 ENTRE LEANDRO
FERREIRA E A BR – 262**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado(a) em 29 de maio de 2025, pela Banca Examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Carla Cristiane Silva**,
Professora, em 15/07/2025, às 14:25, conforme Decreto nº 10.543,
de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Stella Maria Gomes**,
Professora, em 15/07/2025, às 14:34, conforme Decreto nº 10.543,
de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Pastre Pereira**,
Professor, em 15/07/2025, às 14:34, conforme Decreto nº 10.543, de
13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2385046** e o código CRC **FEAEA932**.

23715.000286/2025-39

2385046v1

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à memória da minha mãe, que me ensinou sobre força e resiliência e que permanece viva em cada conquista que alcanço. Seu amor e seus ensinamentos me guiam até hoje, e tudo o que sou devo a ela. Ao meu pai, que sempre foi um exemplo de integridade, humildade e esforço, e que me incentivou a buscar meus sonhos com coragem. Agradeço profundamente aos meus irmãos, que estiveram ao meu lado em cada etapa, oferecendo apoio e motivação constantes. A presença de cada um de vocês foi essencial para que eu chegasse até aqui.

Dedico também à minha filha, Helena, minha razão de ser, cuja presença traz significado e motivação à minha vida. Que este trabalho seja uma inspiração para ela.

RESUMO

Os pavimentos asfálticos estão sujeitos a diversas patologias ao longo do tempo, impactando sua durabilidade e segurança. O comportamento do pavimento depende de fatores como tráfego, condições climáticas e características do solo de suporte. Diante da importância da manutenção e reabilitação das vias, este trabalho tem como objetivo realizar um estudo de caso das patologias presentes no pavimento da rodovia LMG – 801, uma estrada de importância econômica e religiosa na região Centro-Oeste de Minas Gerais. Para isso, foi realizada uma inspeção visual detalhada, identificando e classificando os principais tipos de danos segundo as diretrizes do DNIT. Além disso, foram analisadas possíveis causas das patologias e sugeridas soluções de reparo e manutenção para aumentar a vida útil do pavimento. Os resultados evidenciaram a predominância de fissuras, afundamentos e desgastes superficiais, muitas vezes relacionados a falhas na drenagem e ao tráfego intenso de veículos pesados. Conclui-se que a adoção de estratégias adequadas de manutenção preventiva e corretiva pode minimizar os impactos das patologias e garantir melhor desempenho da via ao longo do tempo.

Palavras-chave: pavimentos de asfalto; pavimentos - patologia; rodovias - manutenção e reparos; segurança no trânsito; economia regional.

ABSTRACT

Asphalt pavements are subject to various pathologies over time, impacting their durability and safety. Pavement behavior depends on factors such as traffic, weather conditions, and characteristics of the supporting soil. Given the importance of road maintenance and rehabilitation, this work aims to conduct a case study of the pathologies present in the pavement of the LMG - 801 highway, a road of economic and religious importance in the Central-West region of Minas Gerais. For this purpose, a detailed visual inspection was carried out, identifying and classifying the main types of damage according to the DNIT guidelines. In addition, possible causes of the pathologies were analyzed and repair and maintenance solutions were suggested to increase the pavement's useful life. The results showed the predominance of cracks and patches, often related to drainage failures and heavy vehicle traffic. It was concluded that the adoption of appropriate preventive and corrective maintenance strategies can minimize the impacts of pathologies and ensure better long-term service life.

Keywords: asphalt pavements; pavements - pathology; highways - maintenance and repairs; traffic safety; regional economy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura de pavimentos rígidos e flexíveis.....	19
Figura 2 - Painela.....	22
Figura 3 – Remendo.....	23
Figura 4 – Trinca transversal.....	25
Figura 5 – Trinca transversal.....	25
Figura 6 – Trinca interligada tipo couro de jacaré	26
Figura 7 – Trinca interligada tipo bloco	27
Figura 8 – Fissura	27
Figura 9 – Afundamento plástico e afundamento de consolidação	28
Figura 10 – Ondulações	30
Figura 11 – Escorregamento.....	31
Figura 12 – Exsudação	32
Figura 13 – Desgaste	33
Figura 14 – Capacidade do pavimento em relação ao tempo	36
Figura 15 – Qualidade do pavimento por tipo de conservação em relação ao tempo	37
Figura 16 - Recapeamento.....	43
Figura 17 – Correção de pavimentos com remendo	44
Figura 18 – Fresagem do pavimento.....	45
Figura 19 – Demolição de estrada	46
Figura 20 – Metodologia.....	47
Figura 21 – Trecho estudado – LMG 801.....	48
Figura 22 – Trinca Longitudinal e seu detalhe.....	52
Figura 23 – Afundamento do asfalto e seu detalhe	53
Figura 24 – Afundamento com “couro de jacaré”	54
Figura 25 – Remendo com desnível e seu detalhe	55
Figura 26 – Buraco e painela e seu detalhe.....	56
Figura 27 – Trincas longitudinais.....	62
Figura 28 - Remendos.....	63
Figura 29 – Remendos.....	63
Figura 30 - Remendos.....	64
Figura 31 – Afundamento com trinca tipo “couro de jacaré”.....	64

Figura 32 – Afundamento com trinca tipo “couro de jacaré”	65
Figura 33 – Afundamento com trinca tipo “couro de jacaré”	65
Figura 34 – Trincas tipo “couro de jacaré”	66
Figura 35 – Remendo e trincas	66
Figura 36 – Panela	67
Figura 37 – Remendos	67
Figura 38 – Remendos e buracos	68
Figura 39 – Remendos	68
Figura 40 – Remendo e desgaste	69
Figura 41 – Remendos, trincas e panelas	69
Figura 42 – Trincas tipo “couro de jacaré”	70
Figura 43 – Remendos	70
Figura 44 – Panela	71
Figura 45 – Remendos	71
Figura 46 – Panela e remendos	72
Figura 47 – Remendo	72
Figura 48 – Escorregamento, afundamento e trincas	73
Figura 49 – Trincas	73
Figura 50 – Panela e trincas	74
Figura 51 – Trincas	74
Figura 52 – Painelas	75
Figura 53 – Remendos	75
Figura 54 – Remendos	76
Figura 55 – Remendos e trincas	76
Figura 56 – Trinca tipo “couro de jacaré”	77
Figura 57 – Painelas e trincas	77
Figura 58 – Trinca tipo “couro de jacaré”	78
Figura 59 – Painelas, afundamentos e remendos	78
Figura 60 – Remendo e painela	79
Figura 61 – Trincas tipo “couro de jacaré”	79
Figura 62 – Remendos	80
Figura 63 – Painelas e remendos	80
Figura 64 – Remendos, trincas tipo “couro de jacaré” e painelas	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNT	Confederação Nacional do Transporte
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	15
2.1.1	Objetivo Geral.....	15
2.1.2	Objetivos Específicos	15
3	JUSTIFICATIVA.....	16
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
4.1	PAVIMENTAÇÃO.....	17
4.1.1	Classificação dos pavimentos	18
4.2	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	19
4.2.1	Panela ou buraco	21
4.2.2	Remendo.....	22
4.2.3	Trinca.....	23
4.2.4	Fissuras	27
4.2.5	Afundamento	28
4.2.6	Ondulações ou corrugação.....	29
4.2.7	Escorregamento	30
4.2.8	Exsudação.....	31
4.2.9	Desgaste	32
4.3	TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL.....	33
4.3.1	Conservação do pavimento	33
4.3.1.1	Conservação preventiva.....	34
4.3.1.2	Conservação corretiva.....	35
4.3.1.3	Conservação emergencial	35
4.3.1.4	Apreciação dos tipos de conservação	35
4.3.2	Restauração dos Pavimentos.....	37
4.3.3	Procedimento para manutenção do pavimento	38
4.3.4	Identificação das técnicas para solução	39
4.3.5	Projeto, planejamento e execução	40
4.3.6	Soluções para reabilitação de pavimentos	41
5	METODOLOGIA	47
5.1	COLETA DE DADOS.....	47
5.2	ANÁLISE DOS DADOS.....	49

6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
6.1	ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	50
6.1.1	Trincas longitudinais.....	51
6.1.2	Afundamento do asfalto.....	53
6.1.3	Remendo	55
6.1.4	Buraco ou panela	56
7	CONCLUSÕES	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
	APÊNDICE A – PATOLOGIAS DOCUMENTADAS	62

1 INTRODUÇÃO

A pavimentação teve suas origens na antiguidade, época em que os veículos de tração animal eram o principal meio de transporte. Com a introdução de rodas feitas de madeira e aço, surgiu a necessidade de revestir as vias principais para atender à crescente demanda desses veículos (ANDRADE, 2017).

As primeiras rodovias pavimentadas no Brasil tiveram início em 1856, no Rio de Janeiro, por Dom Pedro II, porém, somente a partir de 1920 houve implementação de rodovias no país. A Inspetoria Federal de Obras contra as Secas foi o primeiro órgão público a implementar rodovias no país, principalmente na região nordeste. Em 1926, a Diretoria de Estradas de Rodagem, que mais tarde em 1934 passaria a ser o Departamento de Estradas de Rodagem (DER), foi criada em São Paulo e se tornou o primeiro órgão rodoviário do Brasil com autonomia técnica e administrativa (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT, 2020).

A partir de 1964, o transporte rodoviário passou a ser priorizado devido à atração de empresas do setor automobilístico e à abertura da economia nacional para companhias estrangeiras. Essa estratégia deu continuidade ao projeto de integração nacional, que visava povoar regiões menos desenvolvidas, conectá-las às demais áreas do país, facilitar a exploração de recursos naturais dessas localidades e fortalecer os vínculos com outras regiões (BALBO, 2007).

O poder público tem grande participação na construção e gerenciamento das rodovias, desde a implantação das primeiras rodovias até os dias atuais. Entretanto, a política pública brasileira em relação às rodovias é muito criticada, primeiramente pela priorização deste modal em relação a outros, como ferrovias e hidrovias, e segundo, pela má execução e péssima manutenção das rodovias.

Hoje em dia, grande parte das rodovias brasileiras se encontram em condições precárias. A falta de qualidade das rodovias eleva o número de acidentes e conseqüentemente o número de vidas humanas perdidas, que gera um gasto extra no setor público.

No Brasil, conforme o Anuário do Transporte da Confederação Nacional do Transporte (CNT) de 2022, a malha rodoviária totaliza 1.720.909 km, dos quais apenas 213.500 km (12,41%) possuem pavimentação. Dentre estes, 110.333 km

foram avaliados, e as condições de 72.763 km (66%) foram classificadas como regulares, ruins ou péssimas.

O mesmo levantamento apontou que fatores como a alta intensidade de tráfego, mudanças climáticas, circulação de veículos pesados, acidentes, ausência de manutenção preventiva, intempéries, erros de projeto, construções inadequadas, tempo de uso e emprego de materiais de qualidade duvidosa contribuem para o surgimento precoce de patologias no pavimento. Esses problemas reduzem a qualidade do serviço prestado pelas rodovias, comprometem a segurança e o conforto dos usuários, aumentam o tempo de deslocamento, diminuem a eficiência econômica, elevam os custos operacionais, intensificam a ocorrência de acidentes e encarecem a manutenção dos veículos.

Ainda, de acordo com a CNT (2022) pavimentos que foram projetados com tempo de vida em 5 anos, apresentam problemas de desgaste em torno de 7 meses após sua implementação.

Atualmente, para a construção de rodovias, são utilizados três tipos de pavimentos: o rígido, o semirrígido e o flexível. Dentre eles, o mais comum é o pavimento flexível, que emprega concreto asfáltico de petróleo como material principal. Esse tipo de pavimento começou a ser utilizado no Brasil em meados de 1956, marcando uma revolução no mercado. Sua popularidade deve-se ao método de execução simples, sendo definido como uma estrutura composta por camadas com espessuras pré-estabelecidas, capazes de suportar os esforços oriundos do tráfego de veículos, além de proporcionar conforto e segurança aos usuários (DNIT, 2006).

Em relação aos demais tipos de pavimentos, o pavimento flexível apresenta custos mais acessíveis de produção e execução. No entanto, com o passar do tempo, é comum o surgimento de patologias na sua superfície, como fendas, afundamentos, buracos, ondulações, exsudações, desgastes, escorregamentos e remendos (SENÇO, 2007).

A LMG - 801 tem suma importância nos aspectos econômico, mobilidade e religiosidade. No aspecto econômico, caracteriza-se pelo fato da agropecuária e pequenas indústrias, havendo o transporte da produção local de leite, grãos, café e entre outros. Na mobilidade, “a rodovia é essencial para os moradores da zona rural de Leandro Ferreira e arredores. Ela permite o acesso a serviços públicos, como saúde e educação” (DER-MG, 2023). No quesito religioso, a cidade de Leandro

Ferreira é a terra natal do Venerável Padre Libério, no qual desde 2012, tramita no Vaticano um processo que visa a possível beatificação de Padre Libério, sacerdote mineiro cuja vida e virtudes vêm sendo analisadas pela Igreja Católica como parte do reconhecimento oficial de sua santidade (G1, 2024). Logo, fieis de vários locais visitam o município, especialmente durante os eventos religiosos, como Cavalgada, Caminhada, missas no qual na Paróquia seu corpo está sepultado, tendo um grande fluxo de visitantes.

A interligação entre as rodovias, têm o acesso ao trecho da BR-262/MG tem importância por promover a logística regional de escoamento da produção agrícola de soja e milho, contribuindo para o desenvolvimento regional do centro-oeste do país (ANTT, 2025).

Diante deste cenário, elaborou um levantamento das principais manifestações patológicas existentes no trecho da LMG – 801, que liga Leandro Ferreira a BR – 262, afim de identificar os tipos de manifestações, seu grau de severidade e causas prováveis para o seu acontecimento, e então propor soluções para diminuir ou eliminar tais manifestações.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi feita uma busca de informações *in loco*, registrando fotograficamente a situação da rodovia, e através da literatura e documentos sobre o assunto, identificou e propôs soluções para as manifestações patológicas encontradas.

2 OBJETIVOS

2.1.1 *Objetivo Geral*

Avaliar as patologias presentes no pavimento do trecho entre Leandro Ferreira e a BR-262, identificando as principais causas dos danos e propondo soluções para a recuperação e manutenção da estrada.

2.1.2 *Objetivos Específicos*

- **Identificação e Classificação das Patologias:** Identificar e classificar rachaduras, buracos, deformações, áreas sem acabamentos laterais e sem escoamento de água.
- **Análise das Causas:** Investigar as possíveis causas das patologias identificadas, considerando fatores como tráfego, condições climáticas, qualidade dos materiais e práticas de construção.
- **Propostas de Recuperação:** Desenvolver propostas técnicas para a recuperação do pavimento, incluindo métodos de reparo e materiais recomendados.
- **Avaliação do Impacto:** Avaliar como as condições atuais do pavimento impactam a segurança dos usuários e a economia local, incluindo o escoamento de produtos agropecuários.
- **Manutenção Preventiva:** Sugerir um plano de manutenção preventiva para garantir a longevidade do pavimento, prevenindo o surgimento de novas patologias.

3 JUSTIFICATIVA

A rodovia LMG – 801 é fundamental para a comunidade de Leandro Ferreira e região, não apenas pela sua importância econômica, mas também pelo seu valor cultural e religioso.

A preservação e melhoria desta via são essenciais para garantir o fluxo seguro e eficiente de peregrinos, produtos agrícolas e cidadãos em geral. O trecho é parte do circuito de turismo religioso, atraindo fiéis de várias partes do estado, e serve como uma rota importante para o escoamento de gado de corte e leite.

A deterioração do pavimento pode comprometer a segurança dos usuários e a eficiência logística, justificando a necessidade de uma avaliação detalhada e intervenções adequadas.

Com isso, o trabalho se justifica na necessidade de buscar melhorias para os usuários que transitam na rodovia em estudo, para garantir melhor mobilidade e segurança.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

A superfície de uma rodovia é uma estrutura de camadas sobrepostas com espessura e materiais específicos. O comportamento dessas camadas irá variar de acordo com os materiais que a constituem, devido as suas origens e propriedades (FIGUEIREDO, 2011).

A partir da degradação dos materiais utilizados, ocasiona as patologias nas rodovias e estradas, fazendo com que a utilização de métodos de conservação e manutenção sejam necessários, evitando o aumento do grau e do número de ocorrências.

O aparecimento de danos e degradações na superfície da estrada está relacionado a exposição diária a agentes degradadores, como carregamentos, temperatura, movimento e água. A degradação da superfície pode ser acelerada pelo mau desempenho durante a sua construção ou pela má preparação dos materiais componentes das camadas (FIGUEIREDO, 2011).

Existem dois tipos de deterioração: superficial ou estrutural. A deterioração superficial interfere no comportamento funcional da superfície da estrada, reduzindo o conforto e a segurança de quem a usa. Já a deterioração estrutural manifesta com o surgimento de patologias na superfície do solo, podendo levar a ruína do pavimento (VICENTE, 2006).

Diante deste contexto, será exposto os danos e ocorrências de patologias em pavimentos asfálticos, suas classificações, características e propriedades, a fim de entender as ocorrências destas patologias nas estradas.

4.1 Pavimentação

De acordo com Santos (2017), a pavimentação no Brasil teve um avanço significativo após a 2ª Guerra Mundial, pois engenheiros brasileiros tiveram uma troca de conhecimento com engenheiros de outros lugares, principalmente dos Estados Unidos da América, que vieram ao país afim de garantir uma melhoria neste modal tão importante do país.

Pavimento é definido com uma estrutura feita sobre uma superfície composta por diferentes camadas e materiais, cada um com sua finalidade. Esta

estrutura deve garantir a segurança e o conforto dos usuários, com um serviço de qualidade e custo baixo. Uma rodovia pavimentada é importante pois agrega ao desenvolvimento socioeconômico de uma região, melhorando a qualidade de vida da população em torno dela (Santos, 2017).

Já Bernucci (2008) define pavimento como “uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinado tecnicamente a resistir aos esforços de veículos”. O autor completa que a pavimentação deve proporcionar aos usuários condições de usufruir com conforto, economia e segurança.

O DNIT (2006) caracteriza pavimento com uma superestrutura formada por um sistema de camadas com espessuras definidas assentada sobre uma infraestrutura denominada subleito.

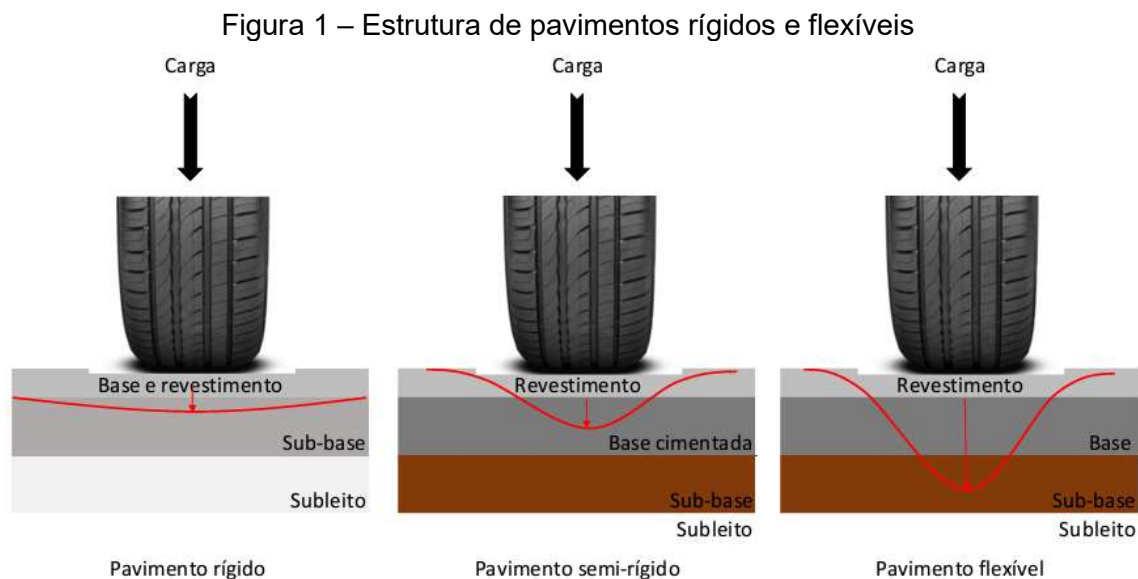
Nas décadas de 60 e 70, houve um crescimento exponencial dos investimentos em implementação de rodovias em todo o país, fazendo com que a pavimentação constituísse em mais de 20% da receita pública.

4.1.1 Classificação dos pavimentos

O Manual de pavimentação do DNIT (2006) classifica os pavimentos em 3 categorias distintas: flexíveis, semirrígidos e rígidos.

- Flexível: pavimento em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa quando aplica carregamento, desse modo, as cargas se distribuem em parcelas aproximadamente iguais entre as camadas. Um exemplo comum é um pavimento com base de brita graduada ou solo pedregulhoso revestido por uma camada asfáltica.
- Semirrígido: caracterizado por conter uma base cimentada, por exemplo, uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.
- Rígido: nesse tipo de pavimento o revestimento possui rigidez elevada quando comparada as camadas inferiores, portanto, é capaz de absorver praticamente todas as cargas provenientes dos carregamentos aplicados.

A Figura 1 apresenta a forma como as tensões atuam e os respectivos deslocamentos nos pavimentos rígidos, semirrígidos e flexíveis.



4.2 Manifestações patológicas em pavimentos flexíveis

De acordo com o CNT (2024), as propriedades dos materiais constituintes do pavimento podem se alterar devido ao uso do pavimento, piorando com o tempo. Essa degradação está associada ao tempo de vida o pavimento, às intempéries e às solicitações de tráfego.

As manifestações patológicas abordados neste capítulo são fundamentadas pela norma DNIT 005/2003 – TER, que define a terminologia adotada para identificar os defeitos em pavimentos flexíveis e semirrígidos, padronizando a linguagem para textos relativos.

As terminologias adotadas serão apenas a correlatas a norma DNIT 008/2003 – PRO.

As patologias observadas em pavimentos flexíveis apresentam grande diversidade e podem ser classificadas em diferentes categorias, conforme destacado por Branco *et al.* (2006):

- a) Deformações;
- b) Fendilhamento;

- c) Desagregação da camada de desgaste;
- d) Movimento de materiais.

As patologias em pavimentos podem ser agrupadas em famílias, que, por sua vez, se subdividem em diversos tipos de degradações. A Tabela 1 a seguir apresenta essa classificação, permitindo uma análise mais detalhada dessa divisão.

Tabela 1 – Família e tipos de degradações

Famílias de degradações	Tipos de degradações		
Deformações	Fissuração	Longitudinal	Eixo
		Transversal	
	Plástica	Grande raio (camadas inferiores)	
		Pequeno raio (camadas superiores)	
	Deformações localizadas		
Trincas			
Fendilhamento	Fendas	Fadiga	
		Longitudinais	Eixo
		Transversais	
		Parabólicas	
	Panela/Buraco	Malha fina Malha grossa	
Desagregação da camada de desgaste	Desagregação superficial Buracos		
Movimento de materiais	Exsudação		

Fonte: Branco (2006).

De acordo com outras referências, como o DNIT (2006), até mesmo o reparo executado na camada de desgaste pode ser considerado uma patologia, pois tende a causar rupturas no adesivo e criar áreas propensas ao surgimento de novas degradações.

Quando patologias aparecem em rodovias e estradas, é fundamental identificar e analisar as causas de sua ocorrência, para que a manutenção seja planejada de forma adequada, prevenindo a reincidência ou, ao menos, adiando seu reaparecimento (FIGUEIREDO, 2011). Após essa etapa de identificação, os reparos devem ser realizados com métodos de preservação e manutenção que garantam a segurança, o conforto e a eficiência econômica do pavimento.

Assim, diversos tipos de danos e patologias podem ser identificados, estudados e analisados. Nos tópicos a seguir, serão apresentados os tipos mais comuns e frequentemente encontrados nos pavimentos brasileiros.

Os defeitos discutidos nesta seção têm como base a norma DNIT 005/2003 – TER, que estabelece, de forma técnica, a terminologia utilizada para identificar falhas comumente encontradas em pavimentos flexíveis e semirrígidos. Essa norma também padroniza a linguagem empregada na elaboração de normas, manuais, projetos e demais textos relacionados a esses tipos de pavimentos. Serão consideradas apenas as terminologias correspondentes à norma DNIT 008/2003 – PRO.

4.2.1 *Panela ou buraco*

As panelas ou buracos são depressões que surgem como resultado do alto grau de deterioração do revestimento asfáltico. As panelas apresentam maior gravidade em relação aos buracos, pois podem alcançar camadas mais profundas, como a base, comprometendo a resistência estrutural do pavimento. Já os buracos são falhas na superfície que geralmente se originam da evolução de trincas, rebaixamentos e desgastes (VITOR, 2016).

Além da falta de aderência entre as camadas do pavimento devido a falha de compactação, a penetração de água é um dos principais agentes responsáveis por esse tipo de falha, acelerando a decomposição dos materiais presentes nas diferentes camadas (SCHMIDT, 2016). Outros fatores que também estão associados ao surgimento de panelas ou buracos são: falha na imprimação e desagregação por falha na dosagem.

Figura 2 - Panela



Fonte: Autora, 2024.

4.2.2 Remendo

Remendos são intervenções realizadas em uma ou mais camadas do pavimento, com o objetivo de preencher painelas ou buracos existentes na superfície asfáltica. Apesar de serem ações corretivas, são classificados como patologias devido às suas propriedades físicas distintas das do revestimento original, o que os torna mais vulneráveis a novas deteriorações. Quando a pista de rolamento apresenta grande quantidade de remendos, pode haver desconforto para os condutores, principalmente por causa da diferença de nível entre o reparo e o pavimento existente (ROCHA, 2018).

Esse tipo de falha geralmente é consequência das ações conhecidas como “tapa-buracos” (HAIDEN, 2018). Conforme a Norma DNIT 005/2003 – TER, os remendos são categorizados como profundos ou superficiais.

O remendo profundo consiste na substituição da área danificada do revestimento e/ou de camadas inferiores, utilizando materiais equivalentes aos que foram deteriorados. Normalmente, são realizados cortes no pavimento em formato retangular, que depois são preenchidos com o material adequado (LUCENA, 2018). Conforme Danieleski (2004), esse tipo de remendo deve estar de acordo com os padrões de conservação da via e é classificado, quanto à gravidade da falha, como inicial — quando o remendo é a única anomalia presente — ou avançado — quando existem outras deformações no pavimento além do remendo.

O remendo superficial é uma intervenção localizada e imediata realizada diretamente na superfície do pavimento. Nesse tipo de reparo, não há necessidade de cortes profundos; apenas se aplica o material apropriado para preenchimento em pequenas espessuras. Costuma não apresentar um formato definido (DNIT, 2003e; ROCHA, 2018). Esse tipo de correção está inserido nas ações de manutenção emergencial, como as operações de “tapa-buracos”, que, em muitos casos, são feitas sem o devido rigor técnico. Por isso, podem contribuir para o surgimento de novas falhas no revestimento asfáltico (DANIELESKI, 2004).

Figura 3 – Remendo



Fonte: Autora, 2024.

4.2.3 Trinca

A trinca é mais um tipo de falha encontrada no pavimento, caracterizada por fendas visíveis com aberturas maiores que as das fissuras. Elas podem ser classificadas como isoladas ou interligadas, de acordo com a direção e a quantidade em que se manifestam. Esse tipo de defeito compromete a integridade do revestimento e facilita a infiltração de água na estrutura do pavimento, o que pode causar danos às camadas inferiores e, com o tempo, levar à completa degradação da superfície de rolamento (DNIT, 2003e; DNIT, 2006b).

Conforme as notas 1 e 2 da Norma do DNIT (2003e), as trincas isoladas são divididas em três categorias, enquanto as trincas interligadas são classificadas apenas pela presença ou ausência de erosão. As classificações são as seguintes: FC-

1 — trincas com aberturas maiores do que fissuras, porém menores que 1,0 mm; FC-2 — trincas com aberturas superiores a 1,0 mm, mas sem erosão nas bordas; FC-3 — trincas com abertura acima de 1,0 mm acompanhadas de erosão nas extremidades. Essas falhas geralmente têm origem na fadiga dos materiais das camadas betuminosas, provocada pela repetição de esforços sobre o pavimento (FERNANDES, 2016). São mais frequentes em pavimentos do tipo flexível e têm papel significativo na evolução de outras patologias, sendo o trincamento um dos principais critérios para ações de intervenção e início de processos de restauração (DNIT, 2006b; FERNANDES, 2016).

As trincas isoladas do tipo transversal se desenvolvem perpendicularmente ao eixo da pista, diferentemente das trincas longitudinais, que seguem o mesmo alinhamento da via, sendo paralelas ao seu traçado. Essas trincas podem ser classificadas como curtas, quando têm até 100 cm de extensão, ou longas, quando ultrapassam esse comprimento. Elas são geralmente causadas por deformações permanentes excessivas ou pela ação acumulada de esforços repetitivos sobre o pavimento (DNIT, 2003e).

De acordo com Danieleski (2004), as trincas podem ser classificadas por níveis de severidade, tanto com base na largura de suas aberturas quanto em sua extensão. Trincas transversais ou longitudinais com abertura inferior a 3 mm são consideradas de nível inicial; aquelas com abertura entre 3 mm e 6 mm, não seladas, são de nível médio; e as que apresentam aberturas superiores a 6 mm se enquadram no nível avançado.

Quanto à extensão, tramos com mais de 6 trincas transversais em 30 metros são classificados como de severidade alta; entre 3 e 6 trincas por 30 metros, nível médio; e menos de 3 trincas no mesmo trecho, nível baixo. Para trincas longitudinais, o nível alto corresponde a mais de 150 metros de trincamento em um trecho de até 30 metros; o nível médio, entre 60 e 150 metros; e o nível baixo, menos de 60 metros por 30 metros de via (SCARANTO e GONÇALVES, 2008).

As figuras 4 e 5 demonstram exemplos de trincas transversais e longitudinais.

Figura 4 – Trinca transversal



Fonte: SindEtrans, 2018

Figura 5 – Trinca transversal



Fonte: Autora, 2024.

A chamada trinca “tipo couro de jacaré” refere-se a um conjunto de trincas interligadas, como ilustrado na figura 6, que formam uma malha com tamanhos variados e sem orientação definida. Esse tipo de trincamento pode ou não apresentar erosão nas bordas e geralmente se localiza inicialmente nos trilhos de roda, estendendo-se gradualmente por toda a faixa de rolamento. As trincas do tipo couro de jacaré podem surgir como resultado da progressão de trincas isoladas (ALMEIDA, 2013).

De acordo com Bernucci et al. (2008), entre as possíveis causas para o aparecimento desse tipo de falha estão a repetição contínua de cargas devido ao

tráfego, variações climáticas, problemas na compactação do revestimento, falhas no dimensionamento do pavimento ou alterações nas propriedades dos materiais utilizados, entre outros fatores.

Figura 6 – Trinca interligada tipo couro de jacaré



Fonte: Autora, 2024.

As trincas em bloco também são formadas por fissuras interligadas, sendo facilmente reconhecidas pelo formato característico de figuras geométricas com lados bem definidos, semelhantes a blocos ou retângulos, como mostrado na figura 7. Esse tipo de falha não está relacionado à fadiga do pavimento, mas sim às variações de temperatura, especialmente quando as propriedades elásticas do revestimento deixam de atender aos requisitos mínimos de desempenho (DNIT, 2003e; DNIT, 2005).

Além disso, essas trincas podem surgir em decorrência de fadiga avançada em bases cimentadas ou quando a camada de revestimento é aplicada sobre um pavimento em blocos já existente, fazendo com que as fissuras antigas se propaguem até a superfície de rolamento (SCHMIDT, 2016).

Figura 7 – Trinca interligada tipo bloco



Fonte: SindEtrans, 2018.

4.2.4 Fissuras

A fissura é uma fenda inicial, com abertura muito estreita, que pode aparecer na direção longitudinal, transversal ou oblíqua em relação ao eixo da via. Ela é visível a uma distância inferior a 1,5 metro e ainda não representa um problema estrutural para o pavimento, sendo considerada de baixa gravidade em termos de deterioração (DNIT, 2003e).

As causas mais comuns para o surgimento dessas fissuras incluem a dosagem inadequada da mistura asfáltica, compactação excessiva ou mal executada, além do uso excessivo de materiais finos na composição do revestimento (CNT, 2018).

Figura 8 – Fissura



Fonte: SindEtrans, 2018.

4.2.5 Afundamento

Os afundamentos no pavimento correspondem a deformações permanentes que ocorrem na superfície de rolamento, resultando em áreas rebaixadas. Em algumas situações, essas deformações podem vir acompanhadas de solevamentos. Existem dois tipos principais de afundamentos: os plásticos, que ocorrem devido à deformação plástica de camadas inferiores à superfície de rolamento ou pela fluência do próprio revestimento; e os de consolidação, que surgem em razão da compactação progressiva de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, provocando densificação desigual (CAMARGO e GOMES, 2017).

Para ambos os casos, plástico ou por consolidação, utiliza-se uma classificação baseada na extensão da deformação ao longo da pista. Quando o afundamento se restringe a até 6 metros de comprimento, ele é denominado afundamento local. Já quando ultrapassa essa medida, passa a ser classificado como "trilha de roda" (BERNUCCI et al., 2010). Conforme ilustrado na figura 9, é possível observar a distinção entre esses dois tipos de deformações.

Essas deformações possuem caráter permanente, comprometem o desempenho do pavimento e alteram a forma como as cargas são transmitidas à estrutura. Além disso, reduzem a qualidade do rolamento e podem representar riscos à segurança dos usuários da via (DNIT, 2006b).

Figura 9 – Afundamento plástico e afundamento de consolidação



Fonte: SindEtrans, 2018.

O afundamento plástico geralmente vem acompanhado por um solevamento lateral na pista, localizado próximo às depressões formadas nas trilhas de roda. As trilhas de roda caracterizam-se como um tipo de afundamento longitudinal,

resultante da aplicação repetitiva de cargas causadas pelo tráfego de veículos, especialmente pelos pneus (NASCIMENTO, 2016). Em vias com grande volume de tráfego, tolera-se trilhas de roda com até 10 mm de profundidade. Já em estradas com menor intensidade de circulação, esse limite pode chegar a 16 mm. No entanto, quando a deformação atinge 20 mm, é indispensável a realização de reparos imediatos (FERNANDES, 2016).

O solevamento associado ao afundamento plástico representa uma anomalia gerada por deformações do pavimento, normalmente provocadas por recalques no solo de fundação ou por deficiências durante a execução da obra (SCHUH, 2011).

O afundamento por consolidação é uma deformação que ocorre no revestimento asfáltico, geralmente em áreas que recebem maior incidência de cargas veiculares. Diferentemente do afundamento plástico, esse tipo não apresenta solevamento. Suas causas incluem a compactação inadequada durante a execução da obra, a infiltração de água ou o uso de ligantes asfálticos com propriedades insuficientes (NASCIMENTO, 2016).

Segundo o DNIT (2006b), esse tipo de deformação também pode resultar da consolidação desigual entre as diferentes camadas do pavimento ou da compressão do próprio subleito

4.2.6 Ondulações ou corrugação

As ondulações e corrugações são falhas transversais com deformação plástica e permanente, localizadas na superfície do pavimento. Embora ambas sejam classificadas como deformações semelhantes, elas têm origens distintas. As corrugações, geralmente de natureza compensatória, são caracterizadas por depressões alternadas com elevações; já as ondulações surgem devido a consolidações desiguais na camada do subleito. Há também uma distinção em relação ao comprimento das ondas: as corrugações apresentam ondulações com espaçamento de poucos centímetros entre os picos, enquanto nas ondulações esse intervalo pode alcançar vários metros (NASCIMENTO, 2016).

Esse tipo de defeito pode ocorrer ao longo de todo o eixo da via, provocado por diversos fatores. No entanto, seu aparecimento é mais comum nas trilhas de roda,

onde há maior solicitação de carga, além de estar frequentemente associado às zonas de aceleração e frenagem dos veículos (CAMARGO e GOMES, 2017). A figura 10 ilustra o desenvolvimento dessas ondulações em pavimentos asfálticos.

Figura 10 – Ondulações



Fonte: SindEtrans, 2018.

4.2.7 Escorregamento

Rocha (2018) explica que o defeito conhecido como escorregamento do pavimento ocorre devido ao deslizamento entre a camada superficial do revestimento e as camadas inferiores, tendo como estágio inicial o surgimento de trincas em formato de meia-lua. Na etapa seguinte, a capa asfáltica sofre deslizamento, expondo as camadas inferiores, conforme ilustrado na figura 11. As áreas mais afetadas são aquelas submetidas a esforços de tração, como frenagens e acelerações, o que faz com que esse problema seja mais frequente em locais como pontos de ônibus, rampas e curvas acentuadas.

As causas desse defeito incluem compactação deficiente da mistura asfáltica, ausência da aplicação de pintura de ligação ou imprimação entre as camadas do revestimento, fluência do material causada por variações de temperatura elevada, e limitação da rigidez do revestimento devido à sua espessura reduzida (ROCHA, 2018).

Figura 11 – Escorregamento



Fonte: SindEtrans, 2018.

4.2.8 Exsudação

A exsudação é caracterizada pela exposição do ligante betuminoso na superfície do revestimento, conforme mostrado na figura 12, formando manchas escuras que surgem devido ao excesso de ligante na mistura asfáltica. Essas manchas podem aparecer em áreas pequenas ou abranger toda a extensão do pavimento. A presença da exsudação prejudica a aderência entre o pneu e o pavimento, especialmente em condições climáticas adversas, como durante chuvas (SCHUH, 2011; ROCHA, 2018).

Segundo Bernucci et al. (2010), as causas da exsudação incluem erros no dimensionamento da mistura asfáltica que resultam em excesso de ligante em certas áreas ou ao longo de toda a via, segregação da mistura, distribuição inadequada do ligante, ou ainda o empurramento dos materiais pétreos da base que provoca a migração do betume para a superfície.

Figura 12 – Exsudação



Fonte: SindEtrans, 2018.

4.2.9 Desgaste

O desgaste do pavimento asfáltico resulta de esforços tangenciais provocados pelo tráfego de veículos e pela ação do intemperismo, que podem tornar a superfície do revestimento áspera, comprometendo a segurança da via. Essa patologia pode apresentar diferentes graus de evolução, sendo o estágio mais severo aquele em que os agregados começam a se soltar gradualmente da camada superficial. As causas mais comuns para esse tipo de dano são a volatilização e oxidação do ligante asfáltico, além de problemas ocorridos durante a preparação da mistura asfáltica (VITOR, 2016).

Outros fatores que contribuem para o desgaste incluem a execução do pavimento em condições climáticas inadequadas, a pressão hidrostática excessiva causada pela presença de água dentro da estrutura do pavimento, além de deficiências no ligante asfáltico. Em alguns casos, o desgaste pode se manifestar ao longo de toda a extensão da pista (DNIT, 2006b). A figura 13 ilustra como se caracteriza uma superfície desgastada.

Figura 13 – Desgaste



Fonte: SindEtrans, 2018.

4.3 Técnicas de manutenção do pavimento flexível

Os pavimentos flexíveis são definidos por sua capacidade de se deformar sob cargas e se ajustar às condições do terreno. Contudo, devido ao tráfego intenso, à exposição a condições climáticas adversas e ao envelhecimento natural, esses pavimentos estão sujeitos a processos de desgaste e deterioração. Para prolongar a vida útil da via e assegurar uma mobilidade eficiente e segura, é indispensável a realização de manutenção periódica do pavimento (DNIT, 2006).

Há uma variedade de intervenções destinadas à manutenção de pavimentos flexíveis. Bernucci (2008) destaca técnicas como manutenção, conservação, reabilitação, recapeamento, reconstrução, recuperação, reforço, remendo e restauração do pavimento. Essas intervenções são classificadas e aplicadas conforme o grau de deterioração ou patologia presente na via. Nos próximos tópicos serão abordados as intervenções aqui citadas e os procedimentos necessários para realizar estas intervenções.

4.3.1 Conservação do pavimento

Para Castro (2009) a conservação do pavimento deve ser um trabalho rotineiro, para que este possa se manter o mais próximo possível de condições normais de construção e movimento.

A conservação das rodovias abrange diversas operações de rotina, sendo elas regulares ou de emergência, com a função de manter no padrão as características técnicas, estruturais e operacionais do sistema viário (DNIT, 2005).

As medidas utilizadas para conservar as rodovias e estradas visam restaurar a qualidade funcional e estrutural do pavimento. Para recuperar uma rodovia deve-se executar um ou mais níveis em uma superfície já existente, com camadas constituídas de uma mistura de agregados naturais e ligantes betuminosos (BRANCO et al, 2006).

De acordo com Castro (2009), três tipos de conservação de pavimentos são aceitos:

- a) Conservação preventiva;
- b) Conservação corretiva; e
- c) Conservação emergencial.

4.3.1.1 Conservação preventiva

Segundo Castro (2009) a conservação preventiva é aquela em que acontece um tratamento adequado quando um defeito começa a se formar, com isso ele é evitado ou diminuído.

A conservação preventiva é aquela que ocorre no momento certo, pois suas ações são efetuadas com a finalidade de evitar o desenvolvimento de patologias (FIGUEIREDO, 2011).

A conservação preventiva tem a finalidade de deter que a deterioração surja no pavimento, retardar rupturas progressivas e reduzir a necessidade da conservação corretiva.

A conservação preventiva é ineficiente quando os defeitos nas rodovias são estruturais, neste caso, deve-se planejar um programa de reabilitação ou reconstrução (CASTRO, 2009).

Normalmente, a conservação preventiva consiste em realizar reparos locais e tratamentos superficiais da superfície do pavimento. Eles devem retornar à superfície as camadas internas do solo impedindo a água de atingir e elevar a gravidade da patologia (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, LNEC, 2005).

4.3.1.2 Conservação corretiva

A conservação corretiva, também chamada de conservação de rotina, é realizada quando aparecem defeitos na via. Os métodos utilizados são os mesmos da conservação preventiva (CASTRO, 2009).

O DNIT (2005) explica que métodos de conservação corretiva reparam ou eliminam determinada patologia, fazendo com que a estrada tenha seu funcionamento adequado restabelecido, trazendo conforto e segurança aos usuários.

Já as operações realizadas periodicamente garantem evitar o surgimento ou agravamento das patologias, definindo atividades anuais de manutenção, onde a frequência depende das características e finalidade da via (DNIT, 2005).

4.3.1.3 Conservação emergencial

A conservação emergencial é utilizada quando o reparo das patologias precisa ser rápido (YILDIRIM et al., 2006).

Para Figueiredo (2011) as patologias ou deteriorações são agravadas pela má qualidade dos materiais e/ou baixa densidade das camadas. Intervenções aleatórias são feitas na superfície da rodovia, a fim de retardar medidas de conservação que não permitem o uso da estrada.

Porém, quando as patologias atingem níveis altos, é necessário restaurar ou reconstruir a pavimentação. Embora não seja um método corretivo de mitigação de patologias, ele é classificado como emergencial (CASTRO, 2009).

Em sua maioria, a conservação emergencial inclui intervenções temporárias, pois em sua maioria é difícil interromper o ciclo da via. Neste caso, utiliza ações que retardam o desenvolvimento da degradação até a conclusão dos reparos finais (FIGUEIREDO, 2011).

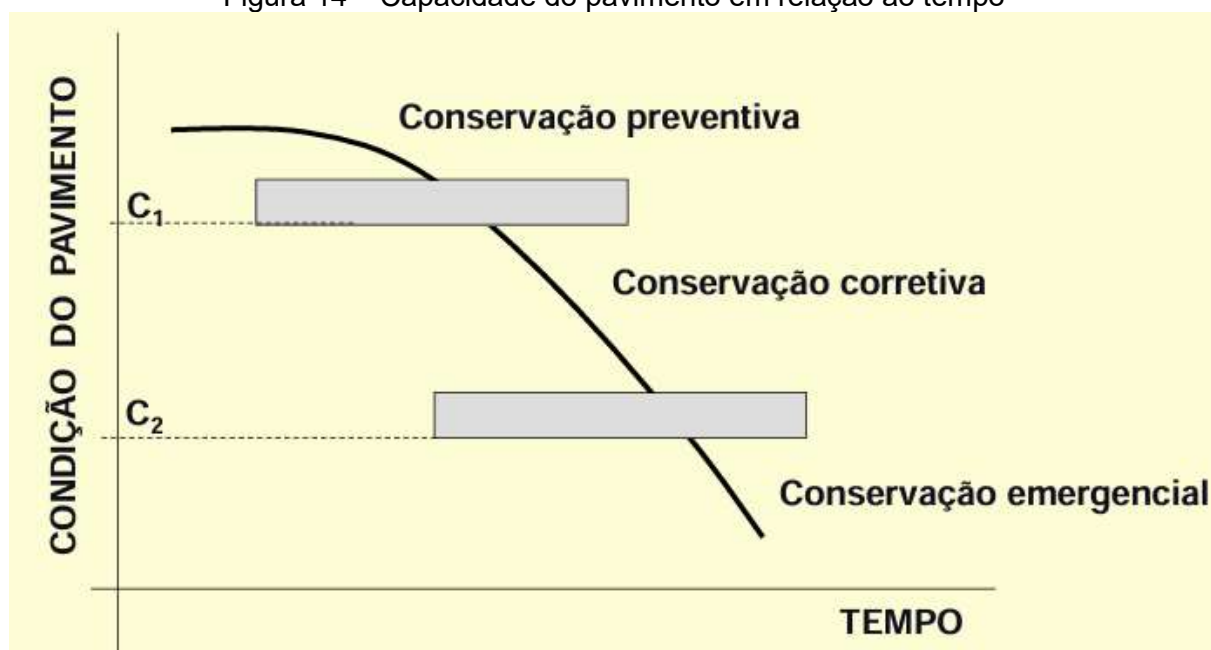
4.3.1.4 Apreciação dos tipos de conservação

O estado da qualidade da rodovia diminui com o fim da vida útil do terreno e o aumento das necessidades de tráfego, conforme demonstrado na Figura 14.

A conservação preventiva é adotada até o alcance C1 da rodovia, a partir deste ponto deve-se utilizar a conservação corretiva ou rotineira até que alcance o ponto C2. A partir deste ponto, é necessária uma nova reconstrução. Para evitar a reconstrução realiza-se serviços de emergência a fim de reduzir os transtornos.

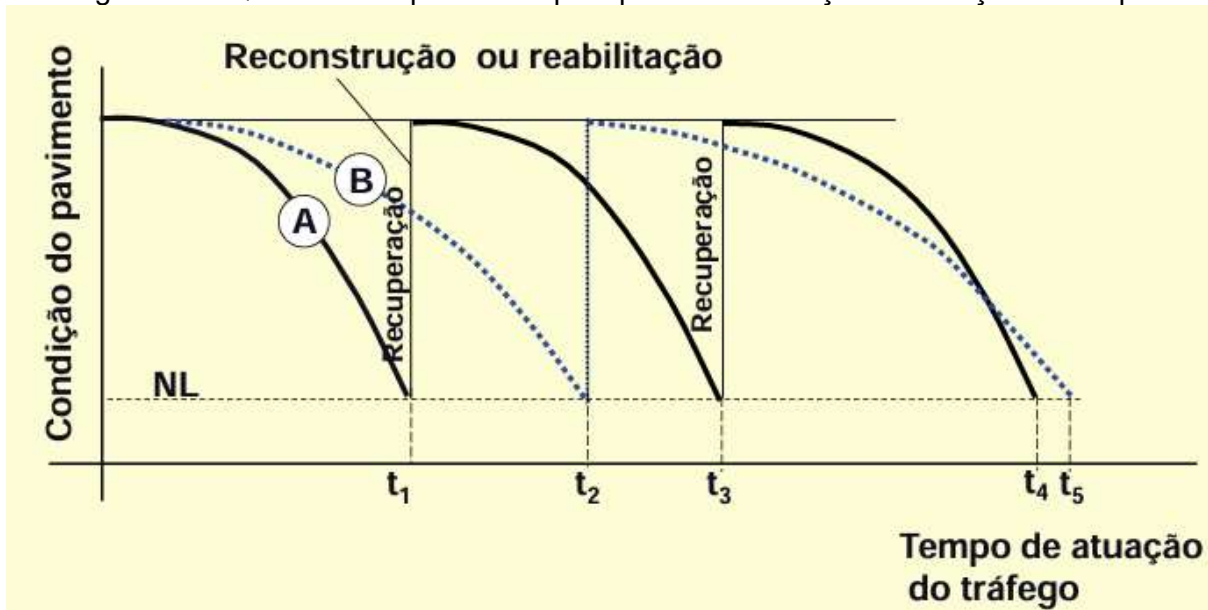
Quando se utiliza conservação preventiva, a capacidade do pavimento diminui de forma mais branda, conforme podemos observar na Curva B da Figura 15. Quando a conservação corretiva é utilizada, a diminuição da qualidade é mais graduada, conforme mostra a Curva A da Figura 15.

Figura 14 – Capacidade do pavimento em relação ao tempo



Fonte: Castro, 2009.

Figura 15 – Qualidade do pavimento por tipo de conservação em relação ao tempo



Fonte: Castro, 2009.

4.3.2 Restauração dos Pavimentos

O DNIT (2005) considera a restauração de pavimentos uma experiência empírica e não uma ciência. A medida correta de restauração será definida após uma série de procedimentos analíticos e critérios de engenharia. Este processo analítico deve apresentar um enfoque lógico e sequencial e deve-se basear na necessidade de:

- a) Determinar as causas dos defeitos dos pavimentos;
- b) Encontrar uma lista de soluções possíveis que atendam ao problema;
- c) Identificar a medida mais adequada ao projeto, considerando restrições econômicas ou de projeto.

De forma ampla, a manutenção do pavimento envolve desenvolver uma série de atividades que visam manter ou elevar o desempenho da rodovia. Este conjunto de atividades deve considerar as normas e recomendações estabelecidas pelos sistemas competentes nacionais (DNIT, 2005).

Segundo Balbo (2007), os materiais de construção, devido ao seu tempo de vida útil, apresentam processos de deterioração, que alteram suas propriedades

mecânicas. No caso dos materiais utilizados em pavimentos, sua degradação é causada pelo fluxo de veículos, produtos químicos e fatores ambientais.

Para padronizar a terminologia de serviços, o DNIT (2006) apresenta as seguintes definições para as principais atividades e problemas de manutenção de pavimentos:

- a) Conservação: conjunto de ações preventivas ou corretivas que buscam manter as características técnicas e operacionais da rodovia, até que se tornem inviáveis economicamente;
- b) Remendos: conjunto de operações bem definidas e de pequeno porte, destinadas a corrigir ruínas específicas que acontecem no revestimento betuminoso;
- c) Recuperação superficial (recargas): trata-se de recapeamentos com espessuras pouco volumosas que não apresentam efeito estrutural; utilizadas em falhas como fissuração, desagregação, desgaste, exsudação e outros;
- d) Reforço estrutural: trata-se de um conjunto de medidas com o objetivo de aumentar a capacidade de carga da superfície, através do emprego de um ou mais níveis e também corrigindo defeitos de degradação ou deformação do pavimento;
- e) Restauração: medidas que buscam restaurar o funcionamento pleno do pavimento. Funciona, geralmente, substituindo uma ou mais camadas do pavimento, restabelecendo suas características originais.
- f) Melhoramentos: operações que dão novas características às rodovias, modificando as existentes.
- g) Ações emergenciais: medidas que buscam eliminar o risco real ou potencial aos usuários ou ao patrimônio público, restabelecendo as condições mínimas necessários para o fluxo de tráfego.

4.3.3 Procedimento para manutenção do pavimento

A primeira etapa consiste em identificar e determinar a condição do pavimento, por meio da coleta de dados e da análise detalhada de informações sobre

o mesmo. Isso é essencial para compreender adequadamente a situação e evitar que o problema seja definido de forma imprecisa (DNIT, 2005).

De acordo com o DNIT (2005), é fundamental realizar uma coleta abrangente de informações, como: estado do pavimento, perfil estrutural, características geométricas da via, propriedades dos solos e materiais utilizados na construção, tráfego (volumes e cargas), condições climáticas, de drenagem e de segurança.

A análise desses dados permite identificar as causas e a extensão da deterioração, sendo que o êxito no processo de restauração está diretamente relacionado às condições atuais do pavimento. Compreender as possíveis causas, os mecanismos de ocorrência e a evolução dos defeitos é indispensável para identificar as origens dos problemas de degradação do pavimento (DNIT, 2005).

Conforme o DNIT (2005), na etapa de definição do problema em um projeto de restauração, é importante identificar as restrições que podem influenciar na escolha da solução mais adequada. Entre essas restrições estão: limitações orçamentárias, vida útil do projeto, desafios relacionados à geometria da via, controle do tráfego, exigências mínimas para obras de arte especiais, disponibilidade de materiais e equipamentos, mão de obra qualificada, além das prioridades estabelecidas pelo órgão rodoviário para a rede.

4.3.4 Identificação das técnicas para solução

É fundamental identificar soluções que priorizem a viabilidade técnica na resolução do problema de deterioração do pavimento, considerando viáveis aquelas que se adequam às restrições estabelecidas no projeto de restauração do pavimento. Após definir as soluções tecnicamente possíveis, devem ser realizados estudos preliminares de dimensionamento, incluindo estimativas aproximadas de espessuras para recapeamento ou quantitativos de serviços, acompanhados de projeções de custos (MIRANDOLA, 2016).

Os projetos de restauração de pavimentos demandam maior especialização técnica em comparação aos projetos de pavimentos novos. As soluções propostas devem estar alinhadas às causas da deterioração, garantindo eficácia tanto no reparo quanto na prevenção do retorno dos defeitos (DNIT, 2005).

Segundo o manual de restauração de pavimentos asfálticos do DNIT (2005), não há uma solução universalmente adequada, mas é possível determinar a melhor alternativa com base em critérios técnicos de engenharia, além de criatividade e flexibilidade. Um possível procedimento inclui a análise de soluções tanto monetárias quanto não monetárias. Conforme Mirandola (2016), essa etapa de definição da solução mais apropriada envolve as seguintes fases:

- a) **Avaliação econômica:** Este é um critério essencial na escolha entre as alternativas de restauração. Para analisar o ciclo de vida do pavimento, é necessário dispor de informações detalhadas sobre os custos envolvidos. Os dados utilizados na análise de custo ao longo do ciclo de vida do pavimento são fundamentais, desde que sejam corretamente identificados, considerando o nível de incerteza que pode surgir entre os custos e a deterioração do pavimento. Essa incerteza pode ser reduzida por meio da coleta de dados de desempenho de medidas de restauração, que são armazenados em um banco de dados. Além disso, fatores não monetários devem ser levados em conta na escolha da solução mais adequada de restauração, como a vida útil do pavimento, o tempo necessário para a execução da obra, questões relacionadas ao controle de tráfego, e a facilidade de execução ou manutenção da solução proposta.
- b) **Escolha da alternativa mais apropriada:** A seleção dará prioridade inicialmente aos fatores monetários, enquanto os fatores não monetários serão considerados em seguida. Esses fatores não monetários podem ser utilizados nos casos em que as alternativas viáveis não apresentarem uma vantagem clara na análise econômica.

4.3.5 Projeto, planejamento e execução

Após a definição de um método de restauração, dá-se início à elaboração do projeto, às especificações e aos orçamentos. Nesse estágio, é essencial buscar com determinação a solução que seja mais eficiente em termos de custo e desempenho. Caso a solução proposta não atenda a esses critérios, é necessária

uma nova análise. O monitoramento do desempenho dos pavimentos desempenha um papel crucial na identificação e correção de deficiências, permitindo uma evolução contínua para melhorias em projetos futuros (MIRANDOLA, 2016).

Na gestão de pavimentos ou na manutenção, os defeitos presentes em um determinado trecho podem ser sintetizados por meio de índices que facilitam a priorização das necessidades e a escolha das alternativas de intervenção (DNIT, 2005).

4.3.6 Soluções para reabilitação de pavimentos

Os pavimentos não são projetados para durar indefinidamente, mas sim para atender a um período específico de vida útil. Ao término desse período, se receberem um reforço estrutural adequado, os pavimentos podem continuar funcionando satisfatoriamente por um novo ciclo de vida, e assim sucessivamente (DNIT, 2005). Por isso, é indispensável realizar a manutenção regular de estradas e rodovias, prolongando ao máximo sua vida útil e garantindo seu uso eficiente.

Com uma conservação rotineira bem executada, associada a um reforço estrutural oportuno e devidamente planejado, uma rodovia pavimentada pode ser mantida em boas condições, evitando a deterioração severa que exige restauração ou, em casos extremos, a reconstrução completa do pavimento (DNIT, 2005). Contudo, em determinadas circunstâncias, o pavimento pode alcançar níveis críticos de degradação, comprometendo sua estrutura e funcionalidade. Nesses casos, as técnicas de conservação tornam-se insuficientes para restabelecer o uso regular do pavimento.

À medida que o pavimento perde qualidade, chega-se a um ponto em que a restauração completa se torna inevitável. Essa restauração, geralmente mais cara, pode exigir intervenções significativas, como a recuperação das camadas existentes, implicando custos elevados (DNIT, 2005).

Apesar do alto custo e da maior demanda de materiais, as técnicas de reabilitação do pavimento, quando aplicadas em situações específicas, são essenciais para garantir a reestruturação completa do pavimento, restabelecendo sua funcionalidade e prolongando sua vida útil.

a) Recapeamento:

A técnica de reabilitação de pavimentos por recapeamento (Figura 16) é aplicada para corrigir defeitos na superfície do pavimento, melhorando o conforto na condução e a resistência ao deslizamento. A solução mais comum para esse tipo de intervenção é a utilização de misturas asfálticas a quente, produzidas com asfalto puro ou modificado. A espessura da camada aplicada pode variar entre 25 mm e 200 mm (BARCA; NOGUEIRA, 2015).

Um método de recapeamento com asfalto anti-fissura também pode ser empregado. Nesse caso, a superfície pode receber tratamentos específicos e medidas de proteção que ajudam a retardar a propagação de fissuras no pavimento. De acordo com Robles (2009), para essa técnica são utilizados os seguintes materiais:

- Geossintéticos: Geotêxteis e geomalhas são os materiais mais eficazes quando utilizados para tratar pequenas fissuras que se formam na superfície.
- SAMI (Membrana de Camada Média Absorvente de Tensão): Trata-se de um micro revestimento frio feito com asfalto modificado com polímero, seguido pela aplicação de uma nova camada de revestimento.
- Fibras de fissuras elevadas: Consistem em um asfalto altamente poroso, combinado com gases de escape quentes, que ajudam a retardar a propagação das fissuras, devido à grande quantidade de ar preso no material. O tamanho máximo das partículas de enchimento varia entre 37 e 76 mm.

Figura 16 - Recapeamento



Fonte: Construfenix, 2024

b) Remendos: O remendo (Figura 17) pode ser profundo ou simplesmente envolver a mistura das camadas de asfalto (BARCA; NOGUEIRA, 2015). Os passos para reparar o pavimento são os seguintes:

- Limpeza e preparação da área danificada;
- Aplicação de um aglutinante asfáltico nas paredes da caixa;
- Colocação e compactação dos materiais;
- Realização do remendo, com um sobressalto de 3 a 6 mm.

Os materiais utilizados nessas atividades podem ser pré-fabricados. É possível utilizar misturas betuminosas prontas para uso, que são prensadas a frio e vendidas em embalagens pequenas para aplicação posterior. Essas misturas geralmente contêm agregados e emulsões betuminosas, podendo ser feitas com asfalto modificado com aditivos específicos (FIGUEIREDO, 2011).

Alguns estudiosos sugerem que a distância entre a borda da patologia e o corte seja de 15 cm (DLC, 2004), com uma distância adicional de 30 cm, conforme indicado pelo ISCYC (2006). É fundamental garantir que todas as partes do material deteriorado sejam completamente removidas.

Um material adesivo é aplicado na superfície da cavidade, que é realizada no pavimento. A mistura deve ser colocada de forma a

garantir a maior compactação possível. Caso o reparo seja profundo, o selo deve ser feito em camadas com espessura de aproximadamente 10 cm (DLC, 2004).

Em alguns casos, pode ser necessário restaurar a camada inferior do pavimento, já que esta pode estar danificada. Na reconstrução da camada base, são utilizados solos selecionados ou materiais granulados que podem ser estabilizados (E.P, 2010).

Figura 17 – Correção de pavimentos com remendo



Fonte: Único Asfaltos Rio, 2020.

- c) Fresagem: A técnica de fresagem consiste na remoção da camada superficial do asfalto utilizando equipamentos específicos (Figura 18). Normalmente, essa técnica é combinada com a aplicação de um novo revestimento asfáltico. O material removido é reciclado e pode ser reutilizado na produção de novas misturas asfálticas a quente (BARCA; NOGUEIRA, 2015).

Essa técnica é eficaz para corrigir defeitos localizados no pavimento, como assentamentos ou fissuras em padrão de malha (FIGUEIREDO, 2011).

Os equipamentos necessários para realizar a fresagem localizada incluem um carregador, ferramentas de limpeza (como vassoura mecânica ou aspirador), um cilindro ou placa vibratória, caminhão, equipamento de irrigação para aplicação da emulsão betuminosa e uma fresadora (FIGUEIREDO, 2011).

Figura 18 – Fresagem do pavimento



Fonte: Único Asfaltos Rio, 2020.

- d) Sobrecapa de concreto: Essa técnica é aplicada em pavimentos rígidos e pode ser classificada como aderida ou não aderida. Conforme Barca (2015), as diferenças entre essas categorias são:
- Concreto aderido: Tem como finalidade otimizar as propriedades estruturais e melhorar as condições da via. Para garantir a adesão entre as camadas, é necessária uma preparação rigorosa da superfície.
 - Concreto não aderido: Busca aumentar a capacidade estrutural do pavimento. Nessa técnica, o aglomerante asfáltico é o material mais utilizado como camada de separação, e a compactação do solo existente requer apenas o mínimo necessário.
- e) Reconstrução do pavimento: Esse método consiste em demolir, remover e substituir a camada de asfalto existente (Figura 19), preservando a escavação e o alinhamento da estrada. Trata-se da última alternativa de recuperação, sendo aplicada quando a superfície apresenta altos níveis de desgaste e múltiplas patologias. A nova camada pode ser de asfalto flexível ou rígido (BARCA; NOGUEIRA, 2015).
- De acordo com Barca (2015), a vida útil estimada varia de 10 a 20 anos para pavimentos asfálticos e de 20 a 30 anos para superfícies rígidas.

Esse processo é aplicado a pavimentos que, conforme avaliado por parâmetros temporais e/ou índices de desempenho, já excederam significativamente o estágio final de seu ciclo de vida. Apresentam, portanto, anomalias irreversíveis tanto no desempenho funcional quanto estrutural, deixando de atender aos requisitos necessários para seu uso adequado (DNIT, 2005).

De acordo com o DNIT (2005), a reconstrução do pavimento implica na execução de um novo revestimento sobre as camadas estruturais inferiores, que são previamente reconstruídas para garantir o suporte necessário. Esse processo torna o pavimento apto a suportar um novo ciclo de vida, alinhado às condições técnico-econômicas estabelecidas.

Figura 19 – Demolição de estrada



Fonte: Freepik 2024.

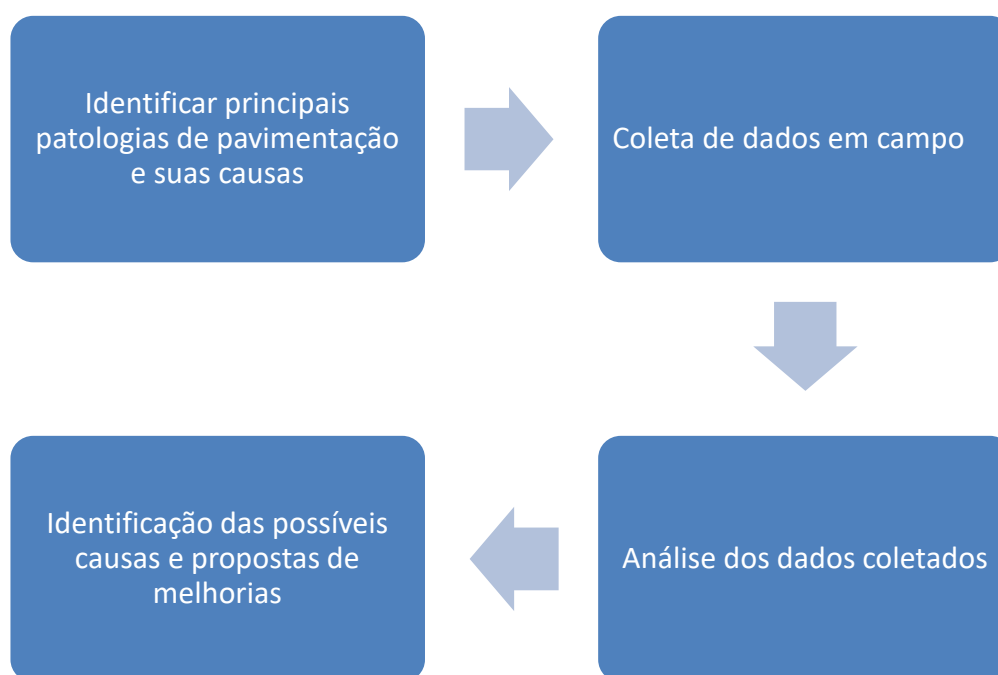
5 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica para identificar as principais patologias de pavimentação e suas causas presentes na literatura. Dessa maneira, foi possível compreender quais os dados deveriam ser coletados sobre o trecho.

Para a coleta de dados, descrita no item 5.1, realizou-se visitas ao trecho em estudo, fotografando as patologias e catalogando-as.

Posteriormente, identificou-se as possíveis causas das patologias e propôs técnicas para a recuperação e manutenção do trecho analisado.

Figura 20 – Metodologia



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

5.1 Coleta de dados

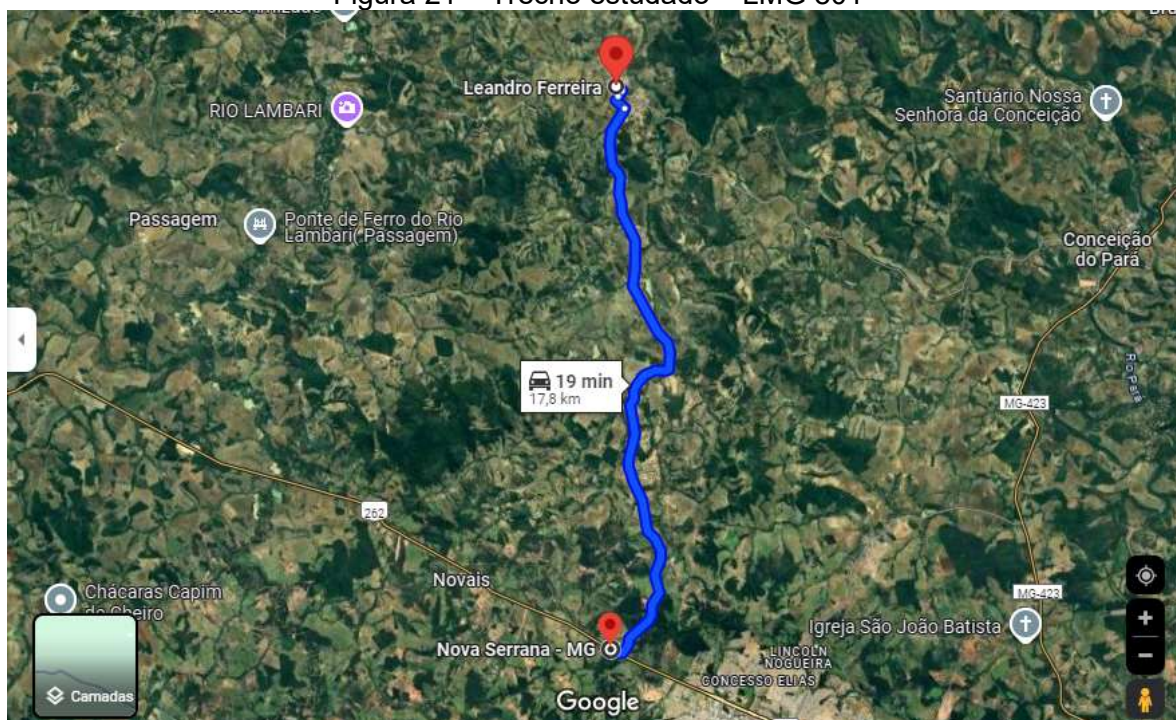
O método fundamentado na coleta de dados tem como finalidade realizar pesquisas, reunir documentos e evidências, além de buscar informações e dados sobre determinado tema ou conjunto de informações, organizando-os de maneira a facilitar a análise futura.

Considerando que o objeto de estudo da presente pesquisa é a análise das patologias existentes nos pavimentos asfálticos de um trecho específico, a técnica escolhida para a coleta de dados foi a inspeção visual, conforme estabelece a norma DNIT 005/2003-TER. Essa norma define os padrões de patologias e serve como referência para identificar e registrar as informações necessárias para a elaboração deste estudo.

A área delimitada para a coleta de dados corresponde a rodovia LMG – 801, localizada em Leandro Ferreira – MG, conforme ilustrado na Figura 21. Nesse local, serão observadas todas as ocorrências de patologias, a extensão do trecho e as características dos fenômenos identificados. Esses elementos serão analisados para descrever as manifestações patológicas presentes, bem como as soluções que serão propostas com base nas normas técnicas aplicáveis.

A coleta de dados foi realizada nos dias 30 de agosto e 23 de setembro de 2024.

Figura 21 – Trecho estudado – LMG 801



Fonte: Google Maps, 2024.

5.2 Análise dos dados

Afim de identificar e caracterizar as manifestações patológicas observadas no pavimento asfáltico, foram realizadas pesquisas bibliográficas fundamentadas em ensaios aplicados, com o objetivo de comprovar as ocorrências registradas durante o estudo de campo.

Conforme Figueiredo (2011), a ocorrência de defeitos nos pavimentos pode estar associada a diversos fatores, como as condições climáticas, a resistência estrutural do pavimento e do subleito, a qualidade dos materiais empregados, os métodos executivos adotados, o volume e a carga do tráfego, além das variações de temperatura. Todos esses aspectos influenciam diretamente a velocidade de deterioração e a vida útil do pavimento.

As patologias identificadas serão descritas e classificadas de acordo com a nomenclatura e os critérios estabelecidos pela norma DNIT 005/2003-TER. Essa norma especifica as possíveis manifestações patológicas que ocorrem em pavimentos flexíveis, como é o caso das vias urbanas. Por meio do uso de ferramentas de medição e análise, é possível determinar os parâmetros de gravidade e qualidade das ocorrências identificadas.

A severidade das patologias foi avaliada com base na norma DNIT 005/2003-TER, que utiliza definições e terminologias padronizadas para detalhar as manifestações patológicas presentes no pavimento asfáltico analisado.

As informações relacionadas às deteriorações das vias foram obtidas por meio de levantamentos em campo, envolvendo medições e inspeções visuais das patologias diretamente na rodovia. Posteriormente, essas observações foram descritas e confirmadas por meio de análises mais detalhadas.

De acordo com o manual do DNIT, a avaliação do pavimento deve ser realizada de forma objetiva e qualitativa, considerando a documentação e descrição das patologias previamente identificadas. Essa análise permite determinar o tipo de pavimento, o nível de degradação encontrado e se os danos afetam apenas a superfície ou comprometem também a estrutura do pavimento. Com base nisso, é definido o método mais adequado para o reparo ou tratamento do pavimento.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base no levantamento realizado, bem como na documentação e análise fundamentadas na norma, foram identificadas e classificadas as patologias asfálticas presentes na estrada em estudo. Além disso, foram definidas as possíveis soluções que podem ser aplicadas para o tratamento dessas manifestações.

As imagens apresentadas no Apêndice A ilustram todas as patologias identificadas ao longo do trecho analisado. Para evitar uma análise extensa das patologias, serão destacadas as diferentes manifestações diagnosticadas, enquanto o Apêndice A reúne a documentação completa de todas as ocorrências registradas.

6.1 Análise das manifestações patológicas

Com base na análise realizada no pavimento, foi possível identificar, classificar e quantificar as manifestações patológicas encontradas. Utilizando como referência a norma DNIT 005/2003, foram determinadas e caracterizadas as patologias presentes no trecho analisado. Todas as patologias identificadas foram: trincas, afundamento, remendo, buraco ou panela, fissuras

Durante a vistoria executada foi detectado um número elevado de remendos, fissuras e trincas, conforme pode ser observado no Quadro 1. A avaliação criteriosa dessas manifestações é fundamental para o desenvolvimento de um plano de manutenção eficaz e para garantir a segurança e a durabilidade da estrutura pavimentada.

Foi possível identificar uma ampla variedade de danos no pavimento, embora algumas ocorrências sejam mais frequentes que outras. No entanto, para todas as situações apresentadas, é viável propor soluções específicas e práticas, capazes de mitigar os problemas, ainda que temporariamente.

As ocorrências mais críticas, que apresentaram gravidade visual significativa, foram avaliadas utilizando instrumentos de medição específicos, permitindo uma análise detalhada da profundidade das patologias.

Quadro 1 – Resumo das patologias identificadas no trecho

Patologia	Quantidade identificada	Causa/Origem	Manutenção indicada
Trincas	73	Contração térmica, excesso de carga e de tráfego e dilatação (longitudinais); envelhecimento do ligante asfáltico, intempéries e fadiga (couro de jacaré)	Conservação corretiva (rotineira e periódica), recapeamento, reabilitação, remendo (couro de jacaré), reforço (longitudinais).
Buracos ou panelas	38	Desintegração na superfície do pavimento, trincas por fadiga, intempéries	Conservação corretiva rotineira, remendo, reconstrução e reabilitação.
Remendos	96	Emprego de material de má qualidade, má execução, intempéries	Recuperação e reconstrução
Afundamento	10	Falha de compactação na construção, problemas de drenagem	Recapeamento, recuperação e remendo.
Ondulações ou corrugação	4	Tráfego intenso, falta de estabilidade da mistura asfáltica	Conservação corretiva periódica, recapeamento
Escorregamento	2	Tráfego intenso, falha de compactação na construção e problemas de drenagem	Conservação corretiva periódica e recapeamento

Fonte: Autora, 2024.

A seguir, são apresentados o detalhamento e a caracterização das patologias mais críticas identificadas no trecho analisado.

6.1.1 Trincas longitudinais

Foi identificada a ocorrência de trincas longitudinais (Figura 22) no trecho localizado no KM 6. Essas fissuras apresentaram uma extensão total de 26,45 metros,

com larguras variando entre 0,4 cm e 2,0 cm, orientadas longitudinalmente ao eixo da via. As possíveis causas dessa patologia podem estar relacionadas a erros durante a execução da pavimentação, cálculos diferenciais inadequados ou ao envelhecimento do ligante asfáltico. Além disso, é possível que as trincas tenham surgido ao longo da trilha de roda ou como resultado de falhas nas juntas longitudinais entre diferentes frentes de compactação, conforme mencionado por Bernucci (2008).

A solução indicada para a patologia é realizar o tratamento superficial, fazendo a selagem das trincas com emulsão asfáltica. Assim o composto asfáltico preenche e veda os espaços, impedindo a infiltração da água e a propagação das trincas.

Além das soluções, deve-se realizar a prevenção das trincas através da manutenção regular. Realizar inspeções periódicas para identificar fissuras e reparos preventivos.

Figura 22 – Trinca Longitudinal e seu detalhe



Fonte: Autora, 2024.

6.1.2 Afundamento do asfalto

Foi identificada a ocorrência de afundamento do asfalto no trecho localizado no KM 8. Esse defeito apresenta uma extensão de 22 metros, com profundidade crítica de 4 cm, e orientação longitudinal ao eixo da via. As possíveis causas para esse tipo de patologia incluem deficiências na construção, como falhas de compactação, presença de solo borrachudo, problemas de drenagem ou rupturas por cisalhamento. Além disso, fatores como variações térmicas e sobrecargas repetitivas podem intensificar as falhas estruturais, resultando no surgimento de fissuras e depressões no pavimento, conforme Bernucci (2008).

Para a correção desse tipo de afundamento, duas técnicas principais são recomendadas: o recapeamento e a fresagem. Para este caso, por se tratar de patologia pontual, a solução adequada seria o recapeamento, utilizando materiais reforçados e executando de forma assertiva.

Figura 23 – Afundamento do asfalto e seu detalhe



Fonte: Autora, 2024.

Foi identificada também, a ocorrência de afundamento do asfalto "com couro de jacaré" no trecho localizado no KM 12 (Figura 24). Esse defeito apresenta uma extensão de 2,18 metros, com profundidade crítica de 6,5 cm, e orientação longitudinal ao eixo da via. As possíveis causas para essa patologia estão relacionadas a deficiências na construção, como falhas de compactação, presença de solo borrachudo (quando a umidade do solo está acima do ideal), problemas de derivação e rupturas por cisalhamento, que levam ao surgimento de fissuras nas depressões. Especificamente, a fissura conhecida como "couro de jacaré" ocorre devido à ação de cargas de tráfego repetidas, condições climáticas adversas, envelhecimento do ligante asfáltico, subdimensionamento do pavimento, estresse excessivo do revestimento e recalques diferenciais, entre outros fatores, conforme citado por Bernucci (2008).

Já para o caso de afundamento com "couro de jacaré", a técnica recomendada é a fresagem. Por se tratar de duas patologias, remove a camada de asfalto danificada e aplica um novo revestimento.

Figura 24 – Afundamento com "couro de jacaré"



Fonte: Autora, 2024.

6.1.3 Remendo

Foi identificada a ocorrência de remendo com desnível e escorregamento do revestimento no trecho localizado no KM 2 (Figura 25). A área afetada possui aproximadamente 4,18 x 1,65 metros, com profundidade crítica de 2,5 cm, orientada longitudinalmente ao eixo da via. As possíveis causas dessa patologia podem ser atribuídas à fluência devido ao excesso de ligante asfáltico, em conjunto com depressões localizadas nas trilhas de rodagem ou nas bordas da estrada.

Para a realização do remendo, é essencial recuperar as camadas de suporte do pavimento, realizar uma compactação adequada e então aplicar a reconstrução do pavimento.

Para evitar essas patologias, é necessário manutenção preventiva, controle de velocidade dos veículos, instalação de barreiras de segurança e melhoria de drenagem na via.

Figura 25 – Remendo com desnível e seu detalhe



Fonte: Autora, 2024.

6.1.4 Buraco ou panela

Foi identificada a ocorrência de buraco e panela no trecho localizado no KM 8 (Figura 26). A área afetada possui aproximadamente 0,78 x 1,23 metros, com profundidade crítica de 3,0 cm, orientada longitudinalmente ao eixo da via. As possíveis causas dessa patologia podem estar relacionadas a locais onde existiam trincas interligadas, que, devido à ação do tempo e ao tráfego, resultaram na remoção do revestimento ou de parte da base. Outra causa pode ser uma falha construtiva, que inclui deficiências na compactação, umidade excessiva nas camadas de solo, problemas na imprimação e segregação do material.

A recuperação de painéis ou buracos pode ser realizada por meio de remendos, desde que executados de maneira adequada. Deve-se adotar técnicas de manutenção preventiva, para identificar e reparar pequenos defeitos antes de evoluírem.

Figura 26 – Buraco e panela e seu detalhe



Fonte: Autora, 2024.

7 CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo identificar e avaliar as patologias localizadas na rodovia LMG – 801, que liga Leandro Ferreira - MG a BR – 262, apresentando suas causas e origens e propondo soluções para cada situação. Em dados estatísticos, podemos encontrar 13 patologias por km, um número bastante relevante diante de uma rodovia de grande importância para a região.

Segundo as referências bibliográficas apresentadas, as manifestações patológicas em pavimentos ocorrem de forma constante, principalmente em pavimentos asfálticos, por serem materiais flexíveis. Com isso, é necessário que ocorra conservação e manutenção de forma regular, para que se evite as recuperações. Todos estes procedimentos devem atender as normativas e recomendações do DNIT.

Com o levantamento realizado, observou-se trechos com diversos tipos de patologias, sendo elas trincas, buracos/panelas, remendos, afundamentos, ondulações e escorregamento. Sendo em sua maioria a incidência de remendos e trincas do tipo longitudinais.

Embora cada patologia apresente características e soluções independentes, é possível concluir que houve erros de dimensionamento e execução do pavimento, principalmente pela quantidade de problemas pontuais e locais. Fatores como fluxo de veículos e intempéries também auxiliam no surgimento e propagação das patologias.

Pode-se dizer também que a ocorrência de patologias sobre pavimento asfáltico é comum, precisando de uma melhora na execução deste projeto, a fim de diminuir não só gastos com manutenções e recuperações, mas também para proporcionar segurança e conforto aos usuários.

Todavia, é importante salientar que todas as manutenções devem ser realizadas após inspeções detalhadas, afim de determinar as origens das patologias e saná-las, e não apenas corrigir repetidamente, como observado no estudo aqui apresentado, onde a patologia mais identificada foram os remendos, executados de forma errônea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Luís Carlos de. **Técnicas de conservação e de reabilitação para pequenas reparações de pavimentos rodoviários**. 2013. Tese de Doutorado. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/handle/10400.6/3491>. Acesso em: 2 de jun. de 2025.
- ANDRADE, L. R. **Comparação do comportamento de pavimentos asfálticos com camadas de base granular, tratada com cimento e com estabilizantes asfálticos para tráfego muito pesado**. USP, São Paulo, 2017.
- BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração**. Oficina de texto, 2007.
- BARCA, M. A.; NOGUEIRA, S. P. **Análise das técnicas de conservação de pavimentos rodoviários**. – Rio de Janeiro: UFRJ/ ESCOLA POLITÉCNICA, 2015.
- BERNUCCI, L. L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P., SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio Janeiro, Petrobras, 2008.
- BRANCO, F., PEREIRA, P. **Pavimentos Rodoviários**. Edições Almedina, Coimbra, 2006.
- CAMARGO, Danilo Ferreira; GOMES, Lucas Alves. **Análise de adequação em projeto rodoviário com serviços de pavimentação e drenagem. Estudo de caso: passagem de Edilândia**. 2017. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/handle/aee/34>. Acesso em: 2 de jul. de 2025.
- CASTRO, P. T. A. **Manual de Pavimentação**. 3ª ed. Rio de Janeiro, 2006.
- CASTRO, C. G. **Conservação do Pavimento**. Notas de Aulas, PUC – RS, Faculdade de Engenharia – FENG, Porto Alegre, 2009.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Anuário CNT do Transporte**. 2022. Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2022/>. Acesso em: 11 de mar. de 2025
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT de Rodovias**. Rodovias. Brasília: CNT, 2024.
- CONSTRUFENIX. Disponível em: <https://www.construfenix.com.br/servicos.php>. Acesso em: 11 de mar. de 2025.
- DANIELESKI, Maria Luiza. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre**. 2004. 187 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do

Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em:
<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5789>. Acesso em: 2 de jul. de 2025.

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

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. 2. ed.** Publ. 710. IPR. Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 031/2006 – ES: Pavimentos Flexíveis – Terminologia**, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Breve Histórico do Rodoviarismo Federal no Brasil**. 2020. IPR. Rio de Janeiro. Disponível em:<http://www1.dnit.gov.br/historico/>. Acesso em 20 de nov. de 2024.

FERNANDES, Wagner Dambrós et al. **Análise Comparativa entre os Métodos de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do Brasil e o Método da AASHTO**. 2016. Disponível em:<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7929>. Acesso em: 13 de jul. de 2025.

FIGUEREIDO, N. P. D. **Avaliação e Conservação de Pavimentos Rodoviários Municipais com Baixo Tráfego: Contribuição para uma Metodologia de Apoio**. Dissertação (Mestrado em Construção Urbana), Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2011.

FREEPIK. Disponível em: https://br.freepik.com/fotos-premium/construcao-de-estradas-demolicao-da-antiga-estrada-com-equipamento-especial_39868141.htm. Acesso em: 11 de mar. de 2025.

HADEN, Amanda Maria Hermann. **Manifestações patológicas de pavimento asfáltico—estudo de caso: rodovia PR-323—km 175 a km 179**. 2018. Disponível em: <http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/668>. Acesso em: 10 de jul. de 2025.

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL (LNEC). **Conservação e reabilitação de pavimentos rodoviários – Seleção de Técnicas de Conservação e Reabilitação de Pavimentos**. Maria de Lurdes Antunes, Lisboa, 2005.

LEMOS, L. J. L. **Manutenção de pavimentos**. Oficina de Textos: São Paulo, 2000.

LUCENA, Bruno Cesar Barbosa. **Gestão da manutenção de pavimentos: uma análise comparativa do estado funcional do pavimento em um trecho na cidade de João Pessoa-PB**. 2018. Disponível em:
<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/18684>. Acesso em: 7 de jul. de 2025.

MIRANDOLA, M. A.; COELHO, W. **Gestão de manutenção e conservação de pavimento asfáltico em vias urbanas**. Centro Universitário de Lins, São Paulo, 2016.

NASCIMENTO, Elonir Dayanna Izidoro do. **Avaliação do nível de serventia e identificação de defeitos em trecho recém-construído da PB-111, entre a cidade de Cacimba de Dentro e a PB-105: estudo de caso**. 2016. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/10306>. Acesso em: 8 de jul. de 2025.

ROCHA, Fernando De Oliveira. **Patologias em obras de pavimentação asfáltica**. 2018. Disponível em: https://repositorio.pgsskroton.com.br/bitstream/123456789/22965/1/TCC_1675_2_de_2_AT3_T1_FERNANDO_DE_OLIVEIRA_ROCHA.pdf. Acesso em: 8 de jul. de 2025.

SANTOS, C. R. **Patologia em pavimentações**. Centro Universitário do Norte Paulista. São José do Rio Preto, 2017.

SCARANTO, Marcelo; GONÇALVES, Fernando Pugliero. **Manutenção de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos** Maintenance of urban asphalt pavements. Teoria e prática na Engenharia Civil, n. 12, p. 69-80, 2008. Disponível em: http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art7_N12.pdf. Acesso em: 12 de jul. de 2025.

SCHMIDT, M. Estudo de patologias em pavimentos asfálticos na cidade de Santa Maria-RS. 2016. 63 f. TCC (Graduação)-Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016. Disponível em: http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2016/TCC_MELISSA%20SCHMIDT.pdf. Acesso em: 13 de jul. de 2025.

SCHUH, Carnielo José. **Investigação e avaliação de defeitos em rodovias de pavimentos flexíveis – estudo de caso na RSC - 287**. 2011.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**: Volume 1. 2 ed. São Paulo: Pini, 2007.

SINDETRANS. **Conheça os 13 principais defeitos do pavimento das rodovias**. 2018. Disponível em: <https://www.sindettransrp.com/noticias/conheca-os-13-principais-defeitos-do-pavimento-das/>. Acesso em: 11 de mar. de 2025.

ÚNICO ASFALTOS RIO. Disponível em: <https://unicoasfaltosrio.com.br/index.html> Acesso em: 11 de mar. de 2025.

VICENTE, A. **A Utilização de Betumes Modificados com Borracha na Reabilitação de Pavimentos Flexíveis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade do Porto, Porto, 2006.

VITOR, Marcel Gustavo. **Avaliação superficial das patologias do pavimento flexível localizado na rodovia BR-267: Trecho Cambuquira/Conceição Rio Verde-MG**. 2016. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/158>. Acesso em: 10 de jul. de 2025.

YILDIRIM, Y; QATAN, A; PROZZ, J. **Field Manual for Crack Sealing in Asphalt Pavements**. Center of Transportation Research, The University of Texas at Austin, 2006.

APÊNDICE A – PATOLOGIAS DOCUMENTADAS

Este apêndice apresenta o registro fotográfico das patologias identificadas no pavimento do trecho em estudo. As imagens foram obtidas durante as inspeções de campo e ilustram os diferentes tipos de defeitos observados, como trincas, afundamentos, remendos, desagregação, entre outros.

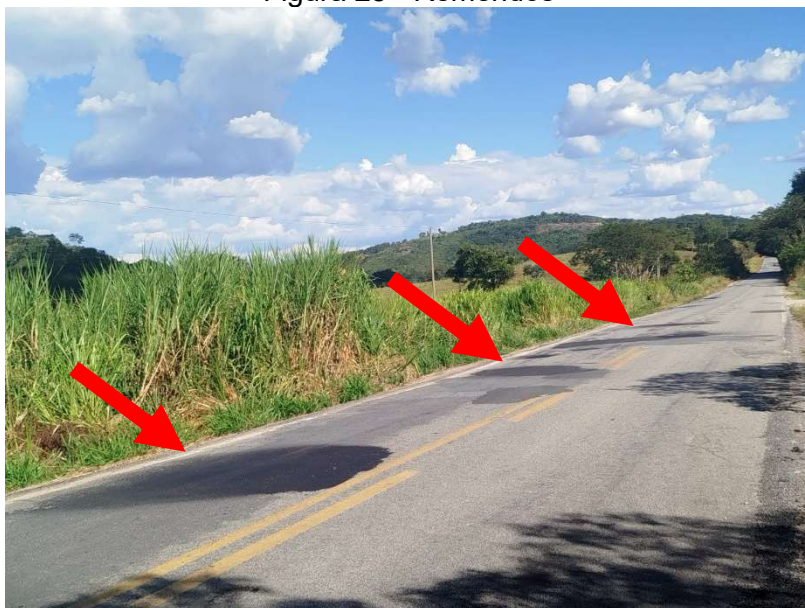
As fotos estão organizadas de forma a facilitar a compreensão dos problemas encontrados, acompanhadas de legendas explicativas que indicam o tipo de patologia. Esse material complementa a análise técnica realizada no estudo, contribuindo para a caracterização do estado de conservação do pavimento e auxiliando na proposição de soluções para a sua reabilitação.

Figura 27 – Trincas longitudinais



Fonte: Autora, 2024.

Figura 28 - Remendos



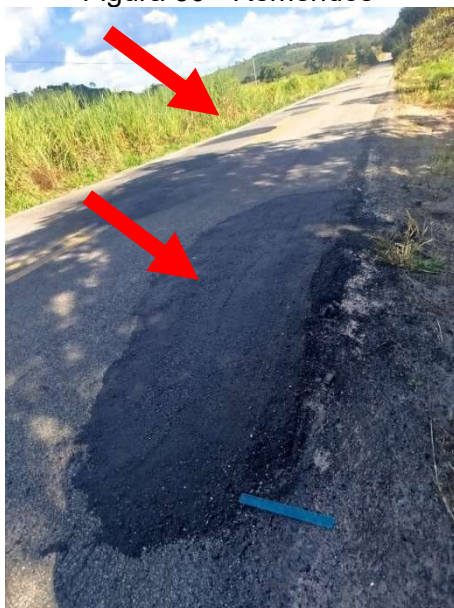
Fonte: Autora, 2024.

Figura 29 – Remendos



Fonte: Autora, 2024.

Figura 30 - Remendos



Fonte: Autora, 2024.

Figura 31 – Afundamento com trinca tipo “couro de jacaré”



Fonte: Autora, 2024.

Figura 32 – Afundamento com trinca tipo “couro de jacaré”



Fonte: Autora, 2024.

Figura 33 – Afundamento com trinca tipo “couro de jacaré”



Fonte: Autora, 2024.

Figura 34 – Trincas tipo “couro de jacaré”



Fonte: Autora, 2024.

Figura 35 – Remendo e trincas



Fonte: Autora, 2024.

Figura 36 – Panela



Fonte: Autora, 2024.

Figura 37 – Remendos



Fonte: Autora, 2024.

Figura 38 – Remendos e buracos



Fonte: Autora, 2024.

Figura 39 – Remendos



Fonte: Autora, 2024.

Figura 40 – Remendo e desgaste



Fonte: Autora, 2024.

Figura 41 – Remendos, trincas e panelas



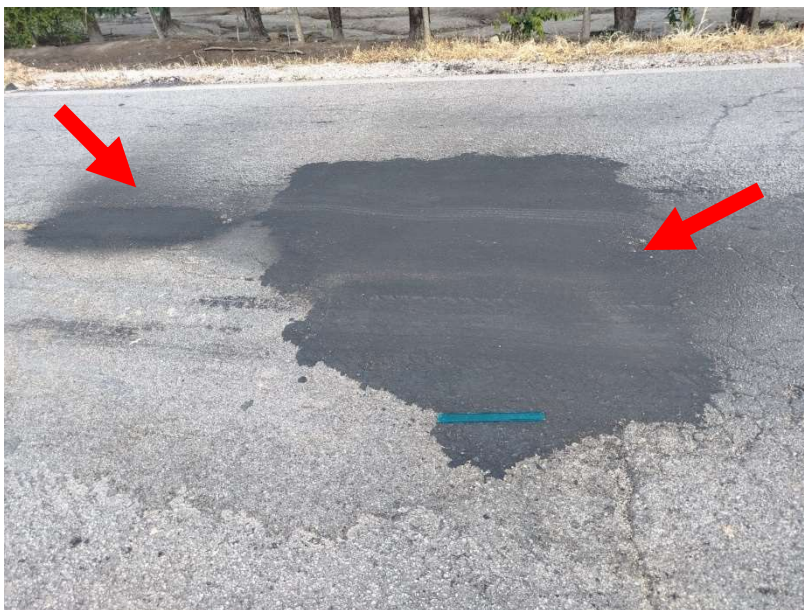
Fonte: Autora, 2024.

Figura 42 – Trincas tipo “couro de jacaré”



Fonte: Autora, 2024.

Figura 43 – Remendos



Fonte: Autora, 2024.

Figura 44 – Panela



Fonte: Autora, 2024.

Figura 45 – Remendos



Fonte: Autora, 2024.

Figura 46 – Panela e remendos



Fonte: Autora, 2024.

Figura 47 – Remendo



Fonte: Autora, 2024.

Figura 48 – Escorregamento, afundamento e trincas



Fonte: Autora, 2024.

Figura 49 – Trincas



Fonte: Autora, 2024.

Figura 50 – Panela e trincas



Fonte: Autora, 2024.

Figura 51 – Trincas



Fonte: Autora, 2024.

Figura 52 – Panelas



Fonte: Autora, 2024.

Figura 53 – Remendos



Fonte: Autora, 2024.

Figura 54 – Remendos



Fonte: Autora, 2024.

Figura 55 – Remendos e trincas



Fonte: Autora, 2024.

Figura 56 – Trinca tipo “couro de jacaré”



Fonte: Autora, 2024.

Figura 57 – Painéis e trincas



Fonte: Autora, 2024.

Figura 58 – Trinca tipo “couro de jacaré”



Fonte: Autora, 2024.

Figura 59 – Panelas, afundamentos e remendos



Fonte: Autora, 2024.

Figura 60 – Remendo e panela



Fonte: Autora, 2024.

Figura 61 – Trincas tipo “couro de jacaré”



Fonte: Autora, 2024.

Figura 62 – Remendos



Fonte: Autora, 2024.

Figura 63 – Painelas e remendos



Fonte: Autora, 2024.

Figura 64 – Remendos, trincas tipo “couro de jacaré” e panelas



Fonte: Autora, 2024.