

Análise de Manifestações Patológicas em Pavimentos Rodoviários: Análise do trecho da rodovia PR-558.

Andrielli Faleiros Vieira, Engenharia Civil, Centro Universitário Integrado, Brasil,
andrielli_faleiros@outlook.com

Maristela Koziel Ribeiro, Engenharia Civil, Centro Universitário Integrado,
Brasil, maristelakozielribeiro@gmail.com

Elder Kuhnen Machado, Engenheiro Civil, Centro Universitário Integrado,
Brasil, elder.kuhnen@grupointegrado.br

Resumo em português: O presente trabalho tem como objetivo analisar as manifestações patológicas superficiais em pavimentos flexíveis no trecho da rodovia estadual PR-558, localizada no município de Campo Mourão – PR. O estudo foi desenvolvido por meio de inspeção visual, conforme os procedimentos estabelecidos na norma DNIT 006/2003 – PRO, que orienta a identificação, quantificação e classificação das patologias. Foram aplicados os índices de gravidade individual (IGI) e global (IGG) para avaliar o estado funcional e estrutural do pavimento. Os resultados obtidos demonstraram predominância de desgastes superficiais e trincas longitudinais, indicativos de fadiga do revestimento asfáltico e perda de aderência entre agregados. Na terceira faixa, observou-se maior ocorrência de deformações e trincamentos interligados, evidenciando sobrecarga estrutural associada ao tráfego pesado. A partir da análise, constatou-se a necessidade de intervenções corretivas e preventivas, com vistas à restauração da capacidade funcional e prolongamento da vida útil do pavimento. O estudo contribui para o entendimento do comportamento do pavimento sob diferentes condições de tráfego e oferece subsídios técnicos para o planejamento de manutenções rodoviárias mais eficazes.

Palavras-chave: Tráfego. Revestimento. Falhas. Defeitos. Avaliação.

Resumo em inglês: This study aims to analyze the superficial pathological manifestations in flexible pavements along a section of the PR-558 state highway, located in the municipality of Campo Mourão – PR, Brazil. The research was conducted through visual inspection, following the procedures established by DNIT 006/2003 – PRO, which guides the identification, quantification, and classification of pavement defects. The Individual Severity Index (IGI) and Global Severity Index (IGG) were applied to assess the functional and structural condition of the pavement. The results indicated a predominance of surface wear and longitudinal cracking, suggesting fatigue of the asphalt layer and loss of aggregate adhesion. In the third lane, a higher incidence of deformations and interconnected cracks was observed, evidencing structural overloading due to heavy traffic concentration. Based on the analysis, the need for both corrective and preventive maintenance was identified to restore the functional capacity and extend the pavement's service life. This study contributes to understanding pavement behavior under different traffic conditions and provides technical support for more efficient road maintenance planning.

Keywords: Traffic. Coating. Failures. Defects. Assessment.

1. INTRODUÇÃO

Os pavimentos podem ser definidos como estruturas constituídas por camadas sobrepostas, executadas sobre o terreno de fundação (subleito), com a finalidade de resistir e distribuir os esforços provenientes do tráfego, proporcionando condições adequadas de conforto e segurança aos usuários. Entre os tipos existentes, destacam-se os pavimentos flexíveis, que apresentam, abaixo da camada de revestimento asfáltico, estratos formados por materiais granulares, solos compactados e misturas de solo-agregado, entre outros, os quais atuam em conjunto na sustentação e na distribuição das cargas geradas pelo tráfego. No contexto brasileiro, esse tipo de pavimento é o mais utilizado na construção de rodovias, o que reforça a relevância de direcionar estudos para sua análise e conservação. (BERNUCCI, 2022).

No Brasil, o transporte rodoviário representa o principal meio de deslocamento e escoamento de cargas. Em 2024, aproximadamente 62,2% de toda a movimentação de cargas no país foi realizada por rodovias. Esse dado evidencia a relevância da malha rodoviária nacional e demonstra o impacto que pavimentações de qualidade exercem sobre a economia. Essa forte dependência do modal rodoviário reforça a necessidade de investimentos contínuos em pavimentação e conservação, de modo a garantir a eficiência logística e a segurança viária. (FUNDAÇÃO DOM CABRAL, 2024).

As manifestações patológicas em pavimentações são caracterizadas como fissuras, afundamentos, painelas, desgaste superficial, escorregamento, ondulação e trincas no asfalto, que podem provocar danos e acidentes nos veículos que trafegam nas rodovias. Essas manifestações patológicas ocorrem, em grande parte, devido ao elevado volume de tráfego nas vias, podendo também ser consequência do uso de materiais de baixa qualidade na construção do pavimento (RIBEIRO, 2017).

A durabilidade de um pavimento depende de diversos fatores, como o volume de tráfego, as condições climáticas, a qualidade dos materiais empregados na construção e as características do solo da região. Mesmo antes de atingir seu tempo de vida útil estimado, o pavimento necessita de inspeções e manutenções periódicas, a fim de garantir melhores condições de tráfego e maior segurança para os condutores (BARBOSA, 2021).

Por isso para preservar a qualidade das rodovias ao longo do tempo, além dos cuidados durante sua execução, é fundamental realizar avaliações contínuas em sua extensão. Essas análises permitem a identificação precoce das manifestações patológicas, possibilitando a realização de manutenções preventivas e evitando o agravamento dos problemas (ROCHA, 2022).

O presente trabalho tem como objetivo analisar as manifestações patológicas superficiais em pavimentos flexíveis no trecho da rodovia estadual PR-558, localizada no município de Campo Mourão – PR. A análise foi conduzida com base na metodologia de inspeção visual estabelecida pela norma DNIT 006/2003 – PRO, que possibilita a identificação, quantificação e classificação das ocorrências, bem como a determinação do Índice de Condição do Pavimento (ICG), visando avaliar o estado funcional da via e subsidiar futuras ações de manutenção e reabilitação.

Para alcançar o objetivo proposto, o estudo buscou identificar as manifestações patológicas superficiais presentes no trecho analisado da rodovia PR-558, classificar os tipos e graus de severidade das patologias conforme os critérios definidos pelas normas DNIT 005/2003 – TER e DNIT 006/2003 – PRO, além de calcular e interpretar o Índice de Condição do Pavimento (ICG), com o intuito de avaliar o nível de conservação e o desempenho funcional do pavimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Pavimento

De acordo com a Universidade do Vale do Taquari (2019), os pavimentos flexíveis são compostos por camadas que não trabalham à tração, sendo o revestimento a única exceção, podendo ou não suportar esse tipo de esforço. Essas camadas incluem o subleito, o reforço do subleito, a sub-base, a base e o revestimento. A capacidade de suporte do pavimento é função das características de distribuição de cargas por um sistema de camadas superpostas, onde as mais resistentes encontram-se na parte superior da estrutura.

O dimensionamento de pavimentos passou por uma significativa evolução ao longo do tempo. Os métodos inicialmente adotados eram essencialmente empíricos, como os desenvolvidos pelo DNIT na década de 1960, baseados na observação do comportamento das rodovias em serviço. Com o avanço tecnológico, esses métodos foram gradualmente substituídos pelos mecanicistas-empíricos, que incorporam parâmetros relacionados às propriedades dos materiais, às condições climáticas e à intensidade do tráfego. No Brasil, o processo de projeto é orientado por normativas do DNIT, como as instruções 005/2003-TER e 006/2003-PRO, que estabelecem diretrizes para avaliação e classificação do desempenho. Entretanto, observa-se que, na prática, ainda coexistem abordagens empíricas e mecanicistas em diferentes contextos de aplicação (NCHRP, 2025).

O crescimento das tecnologias e das áreas urbanas aumenta a necessidade de rodovias que ofereçam segurança e conforto aos usuários. Nesse contexto, tornam-se importantes os estudos sobre as patologias em pavimentos flexíveis, ou seja, os problemas e falhas que surgem ao longo do tempo devido ao tráfego

e às condições ambientais. No âmbito da engenharia de pavimentos, o termo patologia refere-se à análise detalhada dessas falhas, incluindo sua causa, características, forma de desenvolvimento e como se manifestam na superfície da via (MARCATO; OLIVEIRA, 2021).

De acordo com Bernucci (2022), os pavimentos flexíveis são estruturas formadas por várias camadas, como revestimento asfáltico, base, sub-base e subleito, que trabalham em conjunto para suportar o tráfego. A principal característica desse tipo de pavimento é a capacidade de distribuir as cargas de forma gradual, reduzindo as tensões até o solo de fundação, essa interação entre as camadas garante não apenas resistência estrutural, mas também durabilidade frente às condições de uso.

O revestimento asfáltico constitui a camada superior do pavimento e é responsável por proporcionar estanqueidade, conforto ao rolamento e proteção às camadas inferiores. Geralmente é composto por misturas betuminosas a quente, como concreto asfáltico convencional ou Stone Mastic Asphalt (SMA). Sua correta execução e qualidade do ligante asfáltico são essenciais para garantir resistência ao tráfego e durabilidade da pavimentação (DNIT 031/2024-ES).

A base é a camada situada imediatamente abaixo do revestimento asfáltico, responsável por distribuir uniformemente as cargas provenientes do tráfego e reduzir as tensões aplicadas ao subleito. Sua composição pode incluir materiais granulares selecionados, solo-agregado compactado ou base estabilizada com cimento ou cal, conforme as características do tráfego e do solo. A escolha adequada dos materiais e o controle tecnológico durante a execução são fundamentais para garantir o desempenho estrutural do pavimento (DNIT 142/2022-ES).

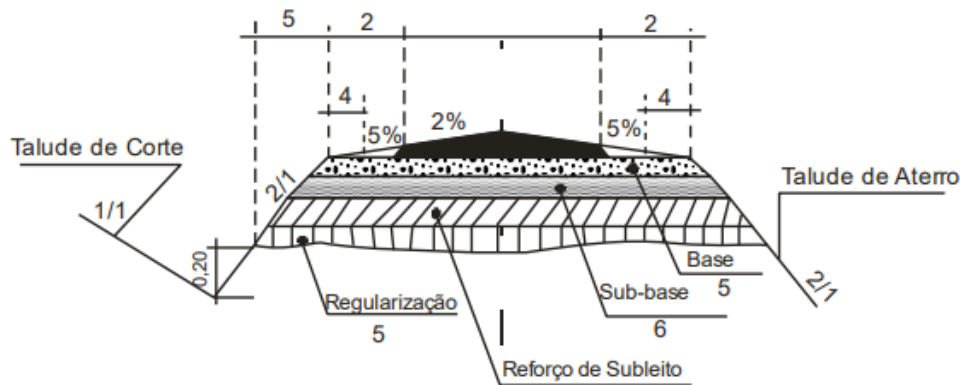
A sub-base, camada opcional, é aplicada em solos de fundação fracos ou quando se deseja aumentar a capacidade estrutural do pavimento. Normalmente é formada por materiais granulares de baixa qualidade ou solo-agregado, desempenhando função de distribuição adicional de cargas e contribuindo para a drenagem, prevenindo retenção de água que possa comprometer a estabilidade do pavimento (SENÇO, 2015).

O reforço de subleito tem função semelhante à da sub-base, sendo empregado sobre a regularização do solo quando este não possui resistência adequada para receber as camadas superiores, considerando as circunstâncias técnico-econômicas. Essa camada possui resistência superior à do subleito e inferior à das camadas subsequentes (Bernucci, 2022).

O subleito é o solo natural ou melhorado que serve de fundação para as camadas superiores do pavimento. Sua principal função é suportar e distribuir as cargas transmitidas pelas camadas superiores, garantindo a estabilidade do pavimento. Características como granulometria, índice de plasticidade e resistência dos agregados influenciam diretamente a capacidade do subleito de suportar o tráfego e evitar problemas como recalques e deformações prematuras (Melo Filho, 2023).

A disposição e a função de cada camada podem ser observadas na Figura 1, que apresenta um esquema típico de pavimento flexível.

Figura 1 – Esquema de seção transversal do pavimento.



Fonte: DNIT, Manual de pavimentação, IPR-719 (2022).

O desempenho de um pavimento depende diretamente da qualidade dos materiais empregados e da execução adequada da obra. Fatores como o tipo e tamanho dos grãos, a consistência do solo, a resistência dos agregados e a qualidade do ligante asfáltico influenciam significativamente a capacidade do pavimento de suportar cargas de tráfego e prevenir falhas prematuras, como trincas e deformações (Carvalho; Silva, 2024).

Nos últimos anos, diversas tecnologias modernas têm sido incorporadas ao monitoramento de pavimentos, com o objetivo de identificar problemas de forma mais rápida e precisa. Entre essas ferramentas estão o radar de penetração no solo (GPR), drones para inspeções aéreas, sensores acoplados a veículos e programas que utilizam inteligência artificial para analisar imagens das vias. Com essas soluções, é possível detectar falhas estruturais ainda em estágio inicial, o que ajuda a reduzir custos e a tornar a manutenção mais eficiente e segura para os usuários das rodovias (ROCHA, 2022).

Apesar dos avanços tecnológicos, a avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos ainda representa um método fundamental para análise dos pavimentos por ser de fácil aplicação, baixo custo e fornecer informações diretas das vias. Essa avaliação consiste na identificação visual das manifestações patológicas presente na superfície do revestimento de acordo com os critérios estabelecidos nas normas DNIT 005/2003 – TER e DNIT 006/2003 – PRO (DNIT, 2003).

2.2. Patologias

Mesmo quando projetados e executados corretamente, os pavimentos flexíveis podem apresentar falhas ao longo de sua vida útil. Essas falhas, chamadas de patologias, podem ser superficiais ou estruturais, afetando a segurança, o conforto e a durabilidade da via (FERNANDES JR.; LUCENA, 2021).

2.2.1. As trincas são fissuras que aparecem no revestimento asfáltico em função de esforços repetitivos do tráfego, envelhecimento do ligante ou falhas de execução. Elas comprometem a estanqueidade da camada superior, favorecendo a infiltração de água e acelerando a deterioração das camadas inferiores, de acordo com o DNIT (2022), as principais classificações de trincas são:

- Trincas longitudinais: ocorrem paralelamente ao eixo da via, normalmente ligadas a retrações do revestimento ou falhas construtivas.
- Trincas transversais: formam-se perpendicularmente ao eixo da via, geralmente devido à retração térmica do material.
- Trincas em bloco: apresentam aspecto reticulado, semelhante a polígonos, associadas ao envelhecimento do ligante e à perda de flexibilidade.
- Trincas em couro de crocodilo: caracterizam-se por pequenas fissuras interligadas, típicas da fadiga estrutural provocada pelo tráfego repetitivo.
- Trincas em estrela: irradiam-se a partir de um ponto central, geralmente causadas por sobrecargas localizadas.

As Figuras 2, 3 e 4 representam tipos de trinca no revestimento.

Figura 2 – Trinca isolada transversal



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Figura 3 – Trinca longitudinal longa



Fonte: Bernucci (2022)

Figura 4 – Trinca tipo couro de jacaré



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

2.2.2. Os afundamentos em pavimentos ocorrem quando o subleito ou as camadas granulares não conseguem suportar adequadamente as cargas aplicadas. Essas deformações podem ser consequência de solos fracos, compactação insuficiente, excesso de carga ou falhas de manutenção, conforme Andrade (2016), os principais tipos são:

- Afundamento plástico (ou por fluxo): ocorre na trilha de roda devido à deformação permanente do revestimento asfáltico, geralmente associada a excesso de ligante, granulometria inadequada ou temperaturas elevadas.
- Afundamento por recalque do subleito ou das camadas granulares: manifesta-se como depressões longitudinais contínuas, causadas pela incapacidade de as camadas de suporte resistirem às cargas aplicadas.
- Afundamento localizado: aparece em pequenas áreas isoladas do pavimento, indicando falhas pontuais na execução ou presença de materiais de baixa qualidade em trechos específicos.
- Afundamento generalizado: caracteriza-se pela ocorrência em grandes extensões, resultante de problemas estruturais mais graves, como falhas de dimensionamento ou deterioração avançada das camadas.

A Figura 5 representa um afundamento plástico da trilha de rodagem.

Figura 5 – Afundamento da trilha de rodagem.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

2.2.3. De acordo com Senço (2015), o desgaste do revestimento, ou abrasão superficial, é caracterizado pela perda gradual do ligante e dos agregados, reduzindo a aderência do pavimento e aumentando o risco de acidentes. Esse problema está relacionado à intensidade do tráfego, qualidade do material e envelhecimento natural do pavimento, os principais tipos de desgaste incluem:

- Desgaste por desagregação: Ocorre quando partículas do agregado se desprendem da superfície do pavimento, deixando a textura mais áspera e irregular. Geralmente está associado a falhas na compactação, baixa qualidade do material ou envelhecimento do ligante.
- Desgaste por polimento dos agregados: Resulta do atrito repetitivo dos pneus sobre a superfície, que deixa os agregados mais lisos e reduz a rugosidade necessária para a aderência dos veículos, aumentando o risco de derrapagem.
- Desgaste por exsudação (ou sangramento): Caracteriza-se pelo acúmulo excessivo de ligante asfáltico na superfície do pavimento, tornando-a escorregadia, principalmente em dias de calor intenso. Esse fenômeno indica excesso de ligante na mistura ou compactação inadequada.
- Desgaste por ravinamento (ou erosão superficial): Manifesta-se pela formação de sulcos rasos e irregulares, provocados pela ação combinada de água e tráfego. É mais comum em locais com drenagem deficiente, onde o acúmulo de água acelera a degradação da superfície.

As Figuras 6 e 7 demonstram dois tipos de desgaste, por exsudação e desagregação.

Figura 6 – Desgaste por exsudação



Fonte: Bernucci (2022)

Figura 7 – Desgaste



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

2.2.4. De acordo com Fernandes Jr. e Lucena (2021), as deformações permanentes, também conhecidas como “ondulações” ou “rutting”, ocorrem devido à fluência do asfalto sob cargas repetidas, principalmente em pavimentos de tráfego pesado. Esses sinais indicam que a estrutura não está distribuindo adequadamente as cargas e podem evoluir para falhas estruturais mais graves, os principais tipos de ondulações incluem:

- Ondulações superficiais: Manifesta-se como sulcos rasos na pista, geralmente acompanhando as linhas de rodas dos veículos. É causada pela deformação plástica do ligante asfáltico na camada superior do pavimento, especialmente sob tráfego intenso.
- Ondulações estruturais: Ocorre quando a deformação não se limita à camada de revestimento, mas atinge camadas mais profundas do pavimento. Indica que a capacidade estrutural do pavimento é insuficiente para suportar as cargas aplicadas.
- Ondulações devido à compactação inadequada: Pode surgir logo após a construção ou recapeamento, quando o pavimento não foi compactado de forma uniforme. Essa falha aumenta a vulnerabilidade a deformações permanentes sob o tráfego.
- Ondulações causadas por envelhecimento ou fadiga: Ocorre quando o pavimento envelhece, o ligante se torna mais rígido ou quebradiço, e a camada não resiste à deformação plástica repetida. Geralmente está associada à falta de manutenção preventiva.

A Figura 8 representa um tipo de ondulação no revestimento asfáltico.

Figura 8 – Ondulação



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

2.2.5. O escorregamento ocorre quando o revestimento se desloca em relação a camada a baixo do pavimento, resultando no aparecimento de fendas com formato de meia-lua (DNIT, 2003). A Figura 9 demonstra uma variação de escorregamento.

Figura 9 – Escorregamento



Fonte: Bernucci (2022)

2.2.6. As panelas são cavidades localizadas na superfície do pavimento, geralmente de forma circular, que podem ou não atingir camadas subjacentes. Elas se formam devido à deterioração concentrada da camada de rolamento, causada principalmente pela infiltração de água, fadiga do revestimento ou tráfego intenso de veículos pesados (Silva, 2025).

2.2.7. Os buracos são cavidades mais profundas e de maior extensão na superfície do pavimento, geralmente resultantes da evolução de trincas não tratadas. A infiltração de água enfraquece as camadas inferiores, comprometendo a resistência estrutural e levando ao colapso do revestimento (Rodrigues; Araújo, 2024).

A Figura 10 demonstra uma exemplificação de panela ou buraco, conforme a norma DNIT 005/2003 – TER.

Figura 10 – Panela



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

A análise das patologias em pavimentos flexíveis geralmente adota uma abordagem integrada, combinando inspeções visuais, avaliações estruturais e testes laboratoriais. Dentre essas técnicas, a inspeção visual se destaca por permitir a observação direta da superfície do pavimento, possibilitando a identificação de trincas, deformações, desgastes e outras irregularidades visíveis. Esse procedimento fornece uma estimativa preliminar da gravidade e da extensão das falhas detectadas (SANTOS, 2023).

A identificação precoce das falhas nos pavimentos é essencial para o planejamento de manutenções preventivas, permitindo prolongar a vida útil das vias e reduzir os custos de reparo. Para isso, utilizam-se inspeções visuais sistemáticas, complementadas por técnicas instrumentais que fornecem dados quantitativos sobre o estado do pavimento. Entre esses métodos, a deflectometria permite avaliar a resposta estrutural às cargas aplicadas, enquanto a análise do perfil longitudinal identifica irregularidades como ondulações e recalques, auxiliando na priorização das intervenções e na melhoria do conforto ao rolamento (Peixoto; Fernandes; De Lima, 2024).

Na análise funcional, o foco está na condição da superfície do pavimento, observando diretamente defeitos visíveis como trincas, deformações permanentes e irregularidades ao longo da via, além de avaliar a gravidade dessas manifestações. Já a análise estrutural busca verificar a capacidade do

pavimento de suportar as cargas veiculares, por meio de ensaios não destrutivos que medem sua deflexão ao ser submetido a um carregamento específico (ANDRADE, 2016).

A restauração de pavimentos flexíveis busca intervir de maneira planejada para corrigir defeitos identificados antes que se agravem, preservando a capacidade estrutural e funcional da via. Muitas manifestações patológicas, como trincas e deformações superficiais, iniciam-se apenas no revestimento asfáltico, mas, se não forem tratadas precocemente, podem evoluir progressivamente, comprometendo as camadas subjacentes e resultando em falhas mais graves e de difícil reparo. Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2023), a adoção de soluções que atuem tanto na superfície quanto na estrutura do pavimento é essencial para interromper essa progressão de danos. Dessa forma, programas de manutenção preventiva devem considerar a evolução dos defeitos, combinando técnicas de recuperação superficial, como recapeamento e micro revestimento, com intervenções estruturais quando necessário, garantindo durabilidade, segurança e conforto ao tráfego (DNIT, 2023).

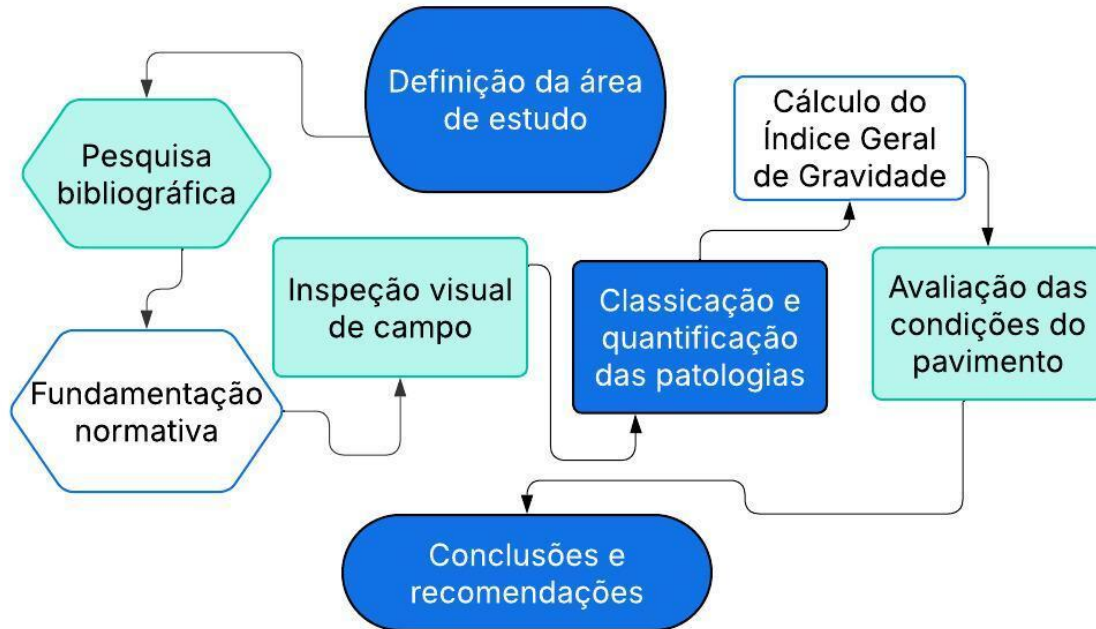
A recuperação superficial de pavimentos flexíveis é uma estratégia essencial para a manutenção preventiva, visando corrigir defeitos antes que se tornem estruturais. Técnicas como tratamento superficial, recapeamento e selagem de trincas atuam diretamente sobre o revestimento asfáltico, melhorando o conforto ao rolamento, prevenindo a infiltração de água e reduzindo a progressão de danos para as camadas inferiores. O recapeamento com misturas betuminosas é uma manutenção periódica usada para preencher pequenas deformações, impermeabilizar a superfície do pavimento e melhorar a aderência, contribuindo para a segurança viária. Essas intervenções são estratégias eficientes para prolongar a vida útil do pavimento, reduzir custos com reparos mais complexos e garantir a segurança e a funcionalidade da via ao longo do tempo (CAMARGO, 2023).

3. METODOLOGIA

O estudo teve início com uma revisão bibliográfica abrangente, envolvendo livros, artigos científicos, normas técnicas e publicações especializadas relacionadas a pavimentos flexíveis, sua estrutura funcional e as principais manifestações patológicas observadas em rodovias. Essa etapa permitiu compreender os mecanismos de deterioração e os fatores que influenciam o desempenho do pavimento, servindo como base para a definição dos procedimentos metodológicos e para o planejamento da inspeção de campo.

A Figura 11 apresenta o fluxograma que demonstra as etapas desenvolvidas ao longo deste estudo.

Figura 11 – Fluxograma das etapas de desenvolvimento do estudo.

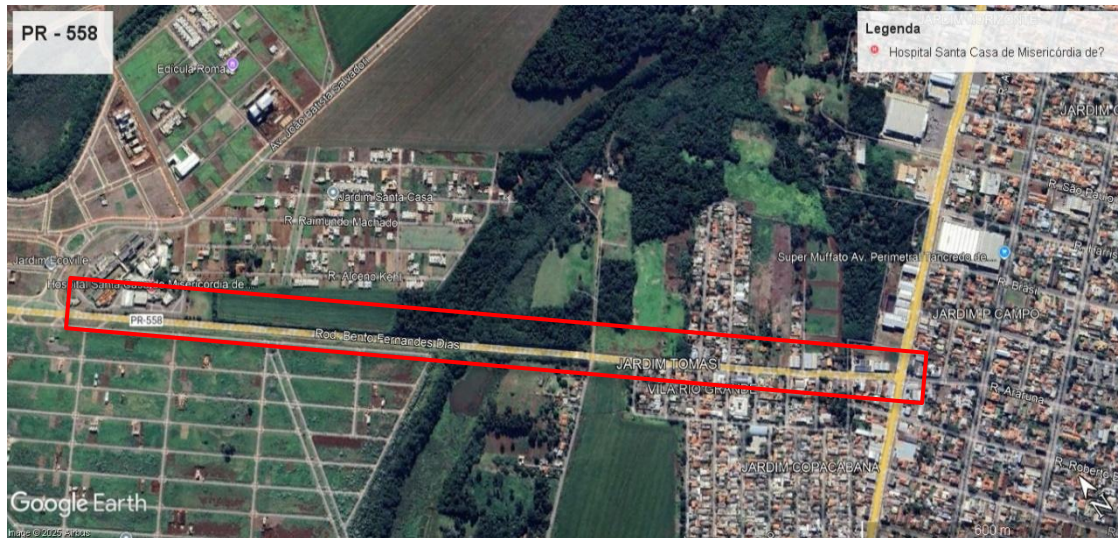


Fonte: Elaboração Própria - 2025.

O estudo foi desenvolvido em um trecho da rodovia estadual PR-558, denominada Rodovia Bento Fernandes Dias, compreendido entre a interseção com a Rodovia Perimetral Tancredo Almeida Neves e o Hospital Santa Casa de Misericórdia, no município de Campo Mourão-PR. Este trecho é bastante utilizado para o deslocamento de moradores e trabalhadores, contando como trajeto de linhas de transporte coletivo de Araruna para Campo Mourão e rota de transporte de cargas, apresentando tráfego intenso na via, com fluxo de veículos leves e pesados. A inspeção concentrou-se na avaliação superficial do pavimento, com a finalidade de identificar, classificar e quantificar as manifestações patológicas presentes no trecho analisado.

A Figura 12 representa o trecho da PR-558 selecionado para análise, obtida a partir do software Google Earth Pro, delimitado em vermelho.

Figura 12 - Trecho selecionado para análise.



Fonte: Google Earth Pro, 2025.

A classificação das manifestações patológicas observadas foi realizada conforme os critérios estabelecidos pela norma DNIT 005/2003 - TER, a qual define os procedimentos de inspeção visual, registro e quantificação de defeitos em pavimentos flexíveis. A avaliação da condição geral do pavimento foi conduzida com base na norma DNIT 006/2003 – PRO que possibilita o cálculo do índice de deterioração do pavimento (IDP) e a padronização da severidade das patologias (DNIT, 2003).

O Quadro 1 resume a Codificação e Classificação dos defeitos, estabelecida pela norma DNIT 005/2003 – TER, define parâmetros padronizados para a identificação e caracterização das manifestações patológicas em pavimentos flexíveis. Esse procedimento permite classificar os defeitos de acordo com sua natureza, grau de severidade e extensão, possibilitando a avaliação sistemática das condições da via. A aplicação da norma assegura consistência no registro das informações, fornece subsídios técnicos para o diagnóstico funcional e estrutural do pavimento, além de orientar a definição de medidas de manutenção e reabilitação mais adequadas.

Quadro 1 - Codificação e Classificação dos defeitos.

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

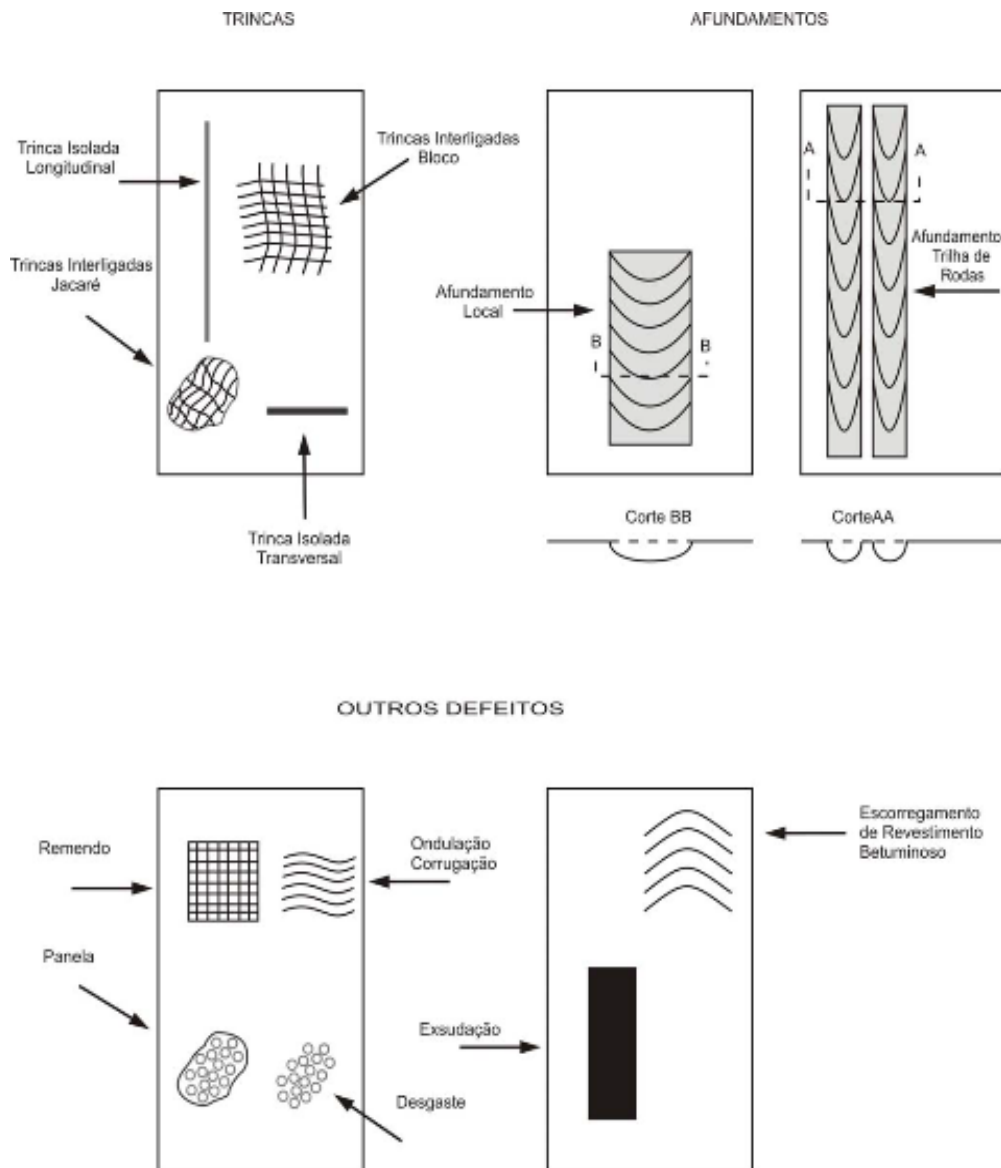
Fonte: DNIT 005/2003 – TER

A utilização de representações esquemáticas dos defeitos em pavimentos flexíveis e semirrígidos constitui um recurso complementar de grande relevância no processo de avaliação. Esses esquemas possibilitam a padronização da identificação visual das manifestações patológicas, facilitando o reconhecimento imediato de suas características e manifestações superficiais, conforme ilustrado na Figura 13. Além de apoiar a classificação estabelecida pelas normas técnicas, tais representações favorecem a uniformidade nos levantamentos e reduzem a subjetividade durante as inspeções, assegurando maior confiabilidade às análises e subsidiando a definição de estratégias adequadas de manutenção e reabilitação.

Adicionalmente, a adoção de ilustrações esquemáticas contribui para a capacitação de equipes técnicas, servindo como material de apoio no treinamento de inspetores e engenheiros rodoviários, e ampliando a precisão

das avaliações realizadas em campo. Esse recurso também promove maior clareza na comunicação dos resultados obtidos, tanto em relatórios técnicos quanto em processos de tomada de decisão, permitindo que os diferentes agentes envolvidos — gestores públicos, projetistas e executores — compreendam de forma objetiva as condições reais da via. Dessa forma, a utilização de esquemas gráficos não apenas complementa os métodos tradicionais de inspeção, mas também fortalece a padronização e a confiabilidade das informações necessárias para garantir a durabilidade e a segurança da infraestrutura rodoviária.

Figura 13 - Representação esquemática dos defeitos ocorrentes na superfície dos pavimentos flexíveis e semi-rígidos.

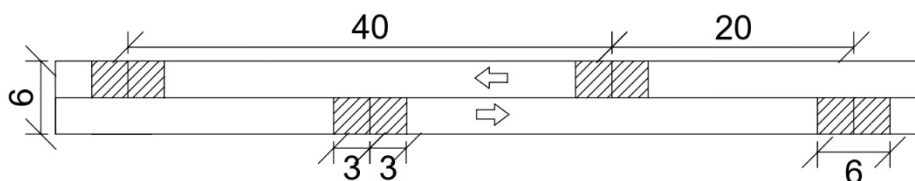


Fonte: DNIT 005/2003 – TER

A norma DNIT 006/2003-PRO estabelece que a avaliação funcional dos pavimentos deve considerar a superfície delimitada pelas bordas da faixa de tráfego e por duas seções transversais situadas a 3 metros antes e 3 metros após a estação analisada. Os defeitos identificados seguem a terminologia definida pela DNIT 005/2003-TER, garantindo padronização na descrição e classificação. Essa norma é aplicada quando se deseja obter, além de parâmetros que expressem as condições de superfície, um inventário detalhado das manifestações patológicas e de suas prováveis causas, possibilitando uma análise mais aprofundada do estado do pavimento. Também pode ser utilizada como etapa preliminar para indicar a necessidade de avaliações estruturais complementares ou como apoio na interpretação desses resultados. Para assegurar representatividade, o procedimento deve abranger todas as faixas de tráfego em rodovias de pista simples, incluindo a terceira faixa quando existente, e, em rodovias com múltiplas pistas, as faixas mais solicitadas de cada sentido.

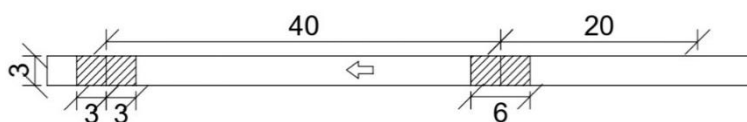
Segundo a DNIT 006/2003, a localização das superfícies de avaliação em rodovias deve seguir critérios específicos para garantir a representatividade das medições. Em rodovias de pista simples, as superfícies são determinadas a cada 20 metros, alternando-se em relação ao eixo da pista de rolamento, totalizando um espaçamento de 40 metros para cada faixa de tráfego. Já em rodovias com pista dupla, as superfícies de avaliação são posicionadas a cada 20 metros, priorizando-se a faixa de tráfego mais solicitada de cada pista. Essa metodologia assegura que a análise das condições do pavimento reflita de forma precisa o comportamento do tráfego e a uniformidade estrutural da via, conforme ilustrado na Figura 14, que representa as demarcações e distanciamentos das estações em uma pista simples, e na Figura 15, que apresenta essas demarcações na terceira faixa da via.

Figura 14 – Posicionamento das estações.



Fonte: Adaptado do DNIT 006/2003 – PRO

Figura 15 – Posicionamento das estações na terceira faixa.



Fonte: Adaptado do DNIT 006/2003 – PRO

O Quadro 2 da DNIT 006/2003 estabelece os fatores de ponderação (f_p) para diferentes tipos de defeitos em pavimentos flexíveis e semirrígidos. Esses fatores são essenciais para o cálculo do Índice de Gravidade Individual (IGI), que é obtido multiplicando-se a frequência relativa (f_r) do defeito pelo fator de ponderação correspondente (f_p). Por exemplo, fissuras e trincas isoladas possuem um fator de ponderação de 0,2, enquanto defeitos mais graves, como ondulações e depressões, têm valores mais elevados, como 1,0. A aplicação desses fatores permite uma avaliação objetiva e diferenciada das condições do pavimento, refletindo a gravidade e a extensão dos defeitos identificados.

Quadro 2 - Valor do Fator de Ponderação.

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER “Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia” (ver item 6.4 e Anexo D)	Fator de Ponderação f_p
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (f_r) 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	0,6
8	R	0,6

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO

subsídios técnicos para o planejamento estratégico da manutenção rodoviária, promovendo decisões mais eficazes na alocação de recursos e garantindo maior durabilidade e segurança das vias, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 - Planilha de Cálculo do IGG.

Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência Relativa	Fator de Ponderação	Índice de Gravidade Individual
1	(FC-1) FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR		0,0%	0,2	
2	(FC-2) J, TB		0,0%	0,5	
3	(FC-3) JE, TBE		0,0%	0,8	
4	ALP, ATP, ALC, ATC		0,0%	0,9	
5	O, P, E		0,0%	1	
6	EX		0,0%	0,5	
7	D		0,0%	0,3	
8	R		0,0%	0,6	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE			1 A () 1 B ()	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas			2 A () 2 B ()	
N° TOTAL DE ESTAÇÕES			\sum	Ind. Grav. Ind = IGG	

Fonte: Adaptado DNIT 006/2003 – PRO

Após o levantamento, foi realizado o cálculo do Índice Geral de Gravidade (IGG) a fim de definir os parâmetros e conceitualizar os defeitos do pavimento. O IGG permite classificar o estado de conservação do pavimento de forma objetiva, indicando a necessidade e a urgência das intervenções. Pavimentos com IGG baixo são considerados em boas condições, exigindo apenas manutenção preventiva, enquanto valores intermediários indicam a necessidade de ações corretivas. Já pavimentos com IGG elevado refletem degradação crítica, demandando reparos estruturais imediatos. Essa sistematização é detalhada no Quadro 5 da DNIT 006/2003, que relaciona os conceitos de degradação do pavimento aos respectivos valores do IGG.

Quadro 5 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi selecionado um trecho da rodovia estadual PR-558, denominada Rodovia Bento Fernandes Dias, situado entre a interseção com a Rodovia Perimetral Tancredo Almeida Neves e o Hospital Santa Casa de Misericórdia, no município de Campo Mourão – PR. O segmento apresenta intenso fluxo de veículos leves e pesados, caracterizando-se como rota de transporte de cargas, deslocamento de moradores e trajeto de linhas de transporte coletivo.

De acordo com a metodologia estabelecida na DNIT 006/2003 – PRO, foram identificadas, quantificadas e classificadas as manifestações patológicas presentes no pavimento, possibilitando o cálculo do Índice de Gravidade Individual (IGI) e do Índice de Gravidade Global (IGG), com o objetivo de avaliar as condições estruturais e funcionais do trecho analisado, conforme apresentado no Quadro 6.

Quadro 6: Dimensões dos trechos.

Trecho	Largura (m)	Comprimento (m)	Nº estações
PR 558	3,00	2000	100
Terceira Faixa	3,00	600	17

Fonte: Elaboração Própria.

A seguir, apresentam-se registros fotográficos das manifestações patológicas identificadas durante a inspeção visual, que foram documentadas por meio de registros fotográficos, permitindo uma análise qualitativa das ocorrências observadas ao longo dos trechos avaliados. As imagens foram organizadas por categoria de defeito, de modo a representar de forma sistemática as principais anomalias detectadas no revestimento. Observa-se que a maioria das figuras também evidencia desgaste superficial, caracterizado pela perda gradual de material na camada de rolamento, decorrente da ação do tráfego e do envelhecimento do ligante betuminoso.

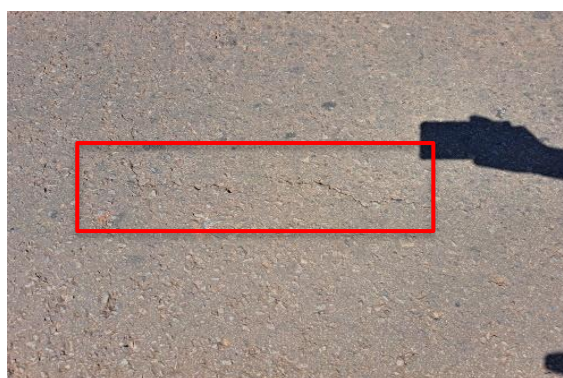
As Figuras 16, 17, 18, 19, 20 e 21 representam tipos de trincas longitudinais curtas, caracterizadas pela abertura contínua e paralela ao eixo da via. Esse tipo de patologia decorre, geralmente, de falhas no processo construtivo, sendo mais comum em regiões sujeitas à repetição de cargas.

Figura 16 – Trinca longitudinal com erosão



Fonte: Autores (2025)

Figura 17 – Trinca longitudinal curta



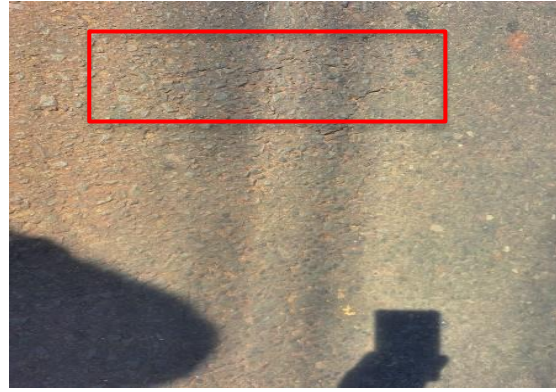
Fonte: Autores (2025)

Figura 18 – Trinca longitudinal



Fonte: Autores (2025)

Figura 19 – Trinca longitudinal



Fonte: Autores (2025)

Figura 20 – Trinca longitudinal



Fonte: Autores (2025)

Figura 21 – Trinca longitudinal com erosão



Fonte: Autores (2025)

As Figuras 22 e 23 representam tipos de escorregamentos, identificados pela perda de aderência entre as camadas asfálticas, resultando em deslocamentos superficiais. Essa manifestação está associada, principalmente, à insuficiência de ligante ou à contaminação da superfície durante a aplicação da mistura.

Figura 22 – Escorregamento



Fonte: Autores (2025)

Figura 23 – Escorregamento



Fonte: Autores (2025)

As Figuras 24, 25 e 26 representam tipos de trincas em blocos, que se caracterizam pela formação de quadros regulares, indicativos de envelhecimento do ligante betuminoso e perda de flexibilidade do revestimento.

Figura 24 – Trinca em bloco



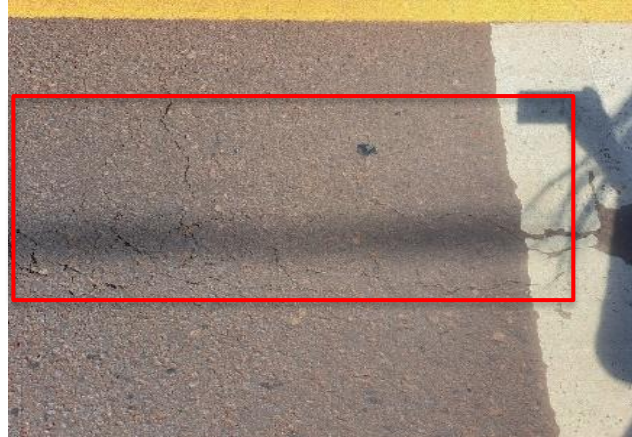
Fonte: Autores (2025)

Figura 25 – Trinca em bloco com erosão



Fonte: Autores (2025)

Figura 26 – Trinca em bloco



Fonte: Autores (2025)

As Figuras 27, 28 e 29 representam tipos de exsudação, fenômeno que consiste no surgimento de excesso de ligante na superfície do pavimento, conferindo aspecto brilhante e pegajoso. Esse defeito compromete a textura superficial e a aderência pneu-pavimento, podendo evoluir para desgaste precoce.

Figura 27 – Exsudação



Fonte: Autores (2025)

Figura 28 – Exsudação



Fonte: Autores (2025)

Figura 29 – Exsudação



Fonte: Autores (2025)

As Figuras 30, 31, 32 e 33 representam tipos de trincas transversais curtas, geralmente associadas a retrações térmicas e à ausência de juntas adequadas.

Figura 30 – Trinca transversal curta



Fonte: Autores (2025)

Figura 31 – Trinca transversal curta



Fonte: Autores (2025)

Figura 32 – Trincas transversais



Fonte: Autores (2025)

Figura 33 – Trinca transversal com erosão



Fonte: Autores (2025)

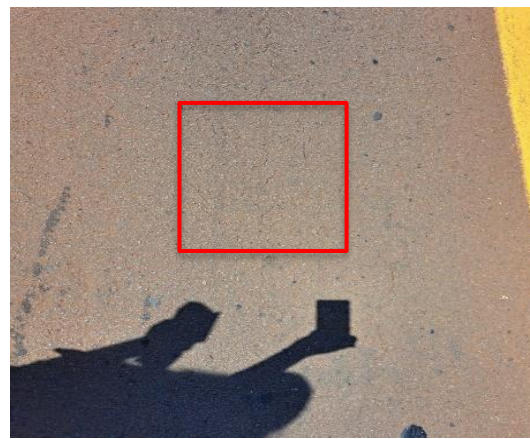
As Figuras 34 e 35 representam tipos de fissuras isoladas, manifestações iniciais que indicam perda localizada de coesão no revestimento.

Figura 34 – PR 558



Fonte: Autores (2025)

Figura 35 – Fissura



Fonte: Autores (2025)

As Figuras 36 e 37 representam tipos de trincas interligadas, observados principalmente em locais de interface entre camadas ou em transições estruturais, podendo indicar recalques diferenciais ou falhas de compactação.

Figura 36 – Trincas interligadas



Fonte: Autores (2025)

Figura 37 – Trincas interligadas



Fonte: Autores (2025)

As Figuras 38, 39 e 40 representam tipos de trincas longitudinais longas, que acompanham a direção do tráfego e se desenvolvem devido à fadiga do revestimento, à deficiência estrutural das camadas inferiores ou ao acúmulo de tensões repetitivas causadas pelo tráfego pesado.

Figura 38 – Trinca longitudinal longa



Fonte: Autores (2025)

Figura 39 – Trinca longitudinal longa



Fonte: Autores (2025)

Figura 40 – Trinca longitudinal



Fonte: Autores (2025)

A Figura 41 representa tipo de junta, caracterizada pelo desnível entre placas adjacentes do pavimento, resultante de movimentações diferenciais das camadas inferiores.

Figura 41 – Junta



Fonte: Autores (2025)

As Figuras 42 e 43 representam tipos de afundamentos consolidados totais, resultante da consolidação diferencial das camadas inferiores ou do subleito.

Figura 42 – Afundamento



Fonte: Autores (2025)

Figura 43 – Afundamento



Fonte: Autores (2025)

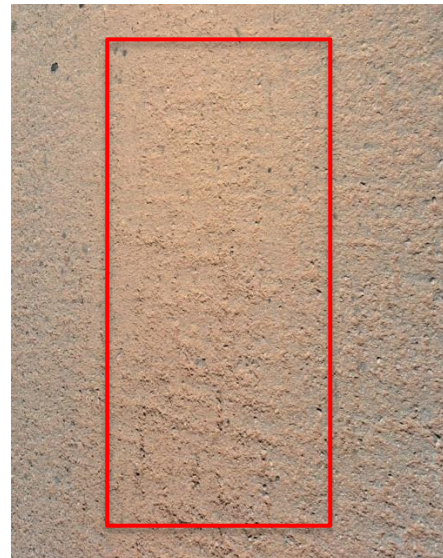
As Figuras 44 e 45 representam dois tipos de desgaste do revestimento asfáltico, que se desenvolvem quando as partículas do pavimento se desprendem. Esse fenômeno está associado a falhas na compactação, baixa qualidade dos materiais ou ao envelhecimento do ligante.

Figura 44 – Desgaste



Fonte: Autores (2025)

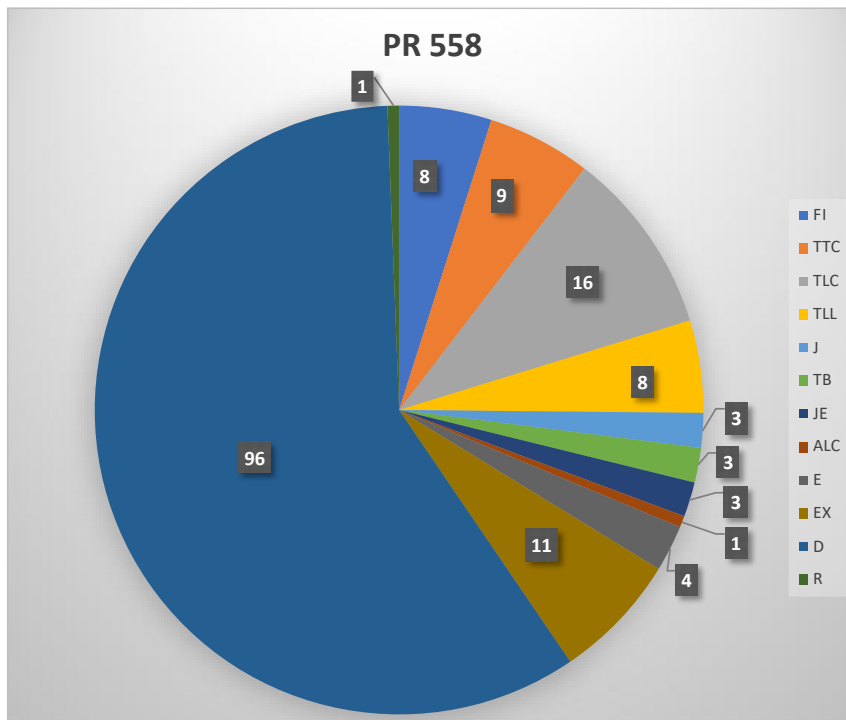
Figura 45 – Desgaste



Fonte: Autores (2025)

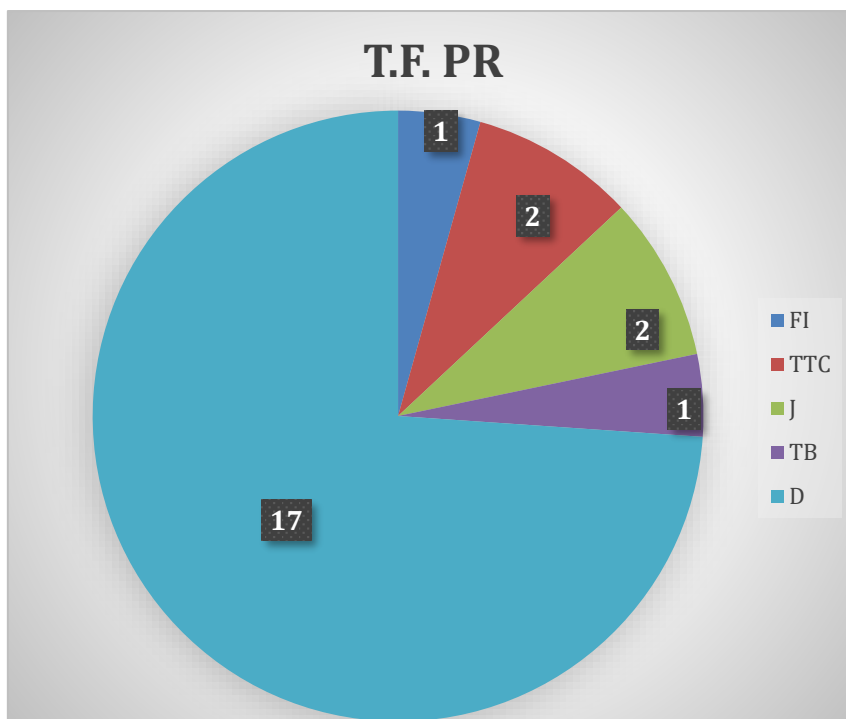
Nos Gráficos 1 e 2 são apresentadas, respectivamente, as sínteses das manifestações patológicas observadas no pavimento da Rodovia PR-558 e em sua terceira faixa. A disposição dos resultados em representações gráficas distintas possibilita uma análise comparativa mais detalhada entre os trechos avaliados, permitindo identificar variações no comportamento estrutural e funcional de cada segmento. Essa separação contribui para a interpretação dos efeitos do tráfego, das condições construtivas e da manutenção sobre o desempenho do pavimento. Ressalta-se que os tipos de defeitos não verificados durante a inspeção de campo não foram incluídos nos gráficos, uma vez que sua ausência não interfere na análise quantitativa e qualitativa das patologias efetivamente registradas.

Gráfico 1 – Manifestações patológicas nos trechos de estudo PR-558



Fonte: Elaboração Própria.

Gráfico 2 – Manifestações patológicas nos trechos de estudo T.F. PR



Fonte: Elaboração Própria.

Constatou-se uma maior incidência de trincas e desgastes superficiais, indicando o início de processos de fadiga do revestimento e perda de aderência entre os agregados. Na terceira faixa, a ocorrência mais expressiva de deformações e trincamentos interligados sugere maior solicitação estrutural decorrente do tráfego pesado concentrado nessa região. Esses resultados reforçam a necessidade de intervenções preventivas e corretivas localizadas, com o intuito de prolongar a vida útil do pavimento e restabelecer suas condições funcionais.

Com base nas aferições realizadas in loco, nas quais foram identificados e quantificados os defeitos existentes em cada estação dos trechos analisados, foi possível determinar o Índice de Gravidade Global (IGG), conforme os procedimentos descritos na norma DNIT 006/2003 – PRO. Os resultados obtidos, apresentados no Quadro 7, permitem uma avaliação objetiva das condições estruturais e funcionais do pavimento, possibilitando a comparação entre os diferentes segmentos da via e sua respectiva terceira faixa.

Quadro 7 - Cálculo IGG – PR-558

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)					Data	Folha	
RODOVIA PR-558 TRECHO _____					05/09/2025	1	
REVESTIMENTO TIPO: _____					Estação	Estação	
					1	100	
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Freqüência Relativa	Fator de Ponderação	Índice de Gravidade individual	Observações	
1	(FC-1) FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	37	37,00	0,2	7,40		
2	(FC-2) J, TB	6	6,00	0,5	3,00		
3	(FC-3) JE, TBE	3	3,00	0,8	2,40		
4	ALP, ATP, ALC, ATC	1	1,00	0,9	0,90		
5	O, P, E	4	4,00	1	4,00		
6	EX	11	11,00	0,5	5,50		
7	D	96	96,00	0,3	28,80		
8	R	1	1,00	0,6	0,60		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	0,2	0,2	1A (x) 1B ()	0,27		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	4	4	2A (x) 2B ()	4		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		100	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG		56,87		
1 A) IGI= Fmed × 4/3 quando Fmed ≤ 30 1 B) IGI= 40 quando Fmed > 30				2 A) IGI= FV quando FV ≤ 50 2 B) IGI=50 quando FV > 50		Conceito	Regular

Fonte: Adaptado DNIT 006/2003 – PRO

O trecho principal da PR-558 apresentou IGG = 56,87, classificado como regular. A desagregação/perda de material, presente em 96% das estações, e a ocorrência de trincas em 41% do segmento são os principais fatores que elevam o índice.

Conforme estabelecido no DNIT 006/2003, esses sinais indicam fadiga do revestimento, perda de coesão do ligante e possível envelhecimento da mistura asfáltica, apresentados no Quadro 8. Recomenda-se priorizar manutenção corretiva nas áreas mais afetadas, por meio de recomposição do pavimento ou aplicação de micro revestimento após avaliação das camadas, além de implementar manutenção preventiva para retardar a evolução dos danos.

Quadro 8 - Cálculo IGG – T.F. PR-558

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Data	Folha
RODOVIA PR-558 TRECHO 3º FAIXA						05/10/2025	2
REVESTIMENT TIPO: _____						Estação	Estação
						1	17
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Freqüência Relativa	Fator de Ponderação	Índice de Gravidade individual	Observações	
1	(FC-1) FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	3	17,65	0,2	3,53		
2	(FC-2) J, TB	3	17,65	0,5	8,82		
3	(FC-3) JE, TBE	0	0,00	0,8	0,00		
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	0,00	0,9	0,00		
5	O, P, E	0	0,00	1	0,00		
6	EX	0	0,00	0,5	0,00		
7	D	17	100,00	0,3	30,00		
8	R	0	0,00	0,6	0,00		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	0	0	1A () 1 B ()	0,00		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	0	0	2 A () 2 B ()	0		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		17	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG		42,35		
1 A) IGI= Fmed × 4/3 quando Fmed ≤ 30 1 B) IGI= 40 quando Fmed > 30		2 A) IGI= FV quando FV ≤ 50 2 B) IGI=50 quando FV > 50		Conceito		Regular	

Fonte: Adaptado DNIT 006/2003 – PRO

A terceira faixa apresentou IGG = 42,35, classificado como regular, resultado da presença de desagregação em 100% das estações avaliadas.

Conforme estabelecido no DNIT 006/2003, os resultados apresentados no Quadro 9 evidenciam uma degradação generalizada da camada de rolamento e possível perda de resistência superficial, devido ao à perda de agregados. Recomenda-se realizar uma intervenção corretiva, incluindo investigação da formulação da mistura, análise da drenagem e avaliação estrutural das camadas, considerando, nos trechos mais críticos, fresagem e recomposição do pavimento.

Quadro 9 - Resultados da análise

Trecho	IGG	Conceitos	Nº estações
PR 558	56,87	Regular	100
Terceira Faixa	42,35	Regular	17

Fonte: Elaboração Própria.

Resultados semelhantes foram observados em estudos realizados por Andrade (2020) e Melo Filho (2023), que identificaram a predominância de trincas longitudinais e desgastes superficiais como os principais indicadores de deterioração funcional em pavimentos de tráfego intenso. Em ambos os casos,

a degradação foi associada ao envelhecimento do ligante asfáltico, à falta de selagem preventiva e à ação repetitiva de cargas pesadas. Esses achados reforçam a coerência dos resultados obtidos na presente pesquisa, demonstrando que a aplicação dos procedimentos normativos do DNIT 006/2003 – PRO permite diagnósticos consistentes e comparáveis em diferentes contextos rodoviários. Assim, as manifestações patológicas verificadas na PR-558 estão alinhadas ao comportamento típico de pavimentos flexíveis em serviço, consolidando a importância da manutenção preventiva e da reabilitação periódica como estratégias fundamentais para a conservação da malha viária brasileira.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar as manifestações patológicas superficiais em pavimentos flexíveis no trecho da Rodovia Estadual PR-558, no município de Campo Mourão – PR, com base na metodologia de inspeção visual estabelecida pela norma DNIT 006/2003 – PRO. Por meio da identificação e classificação das patologias, bem como do cálculo dos índices de condição e gravidade, foi possível avaliar o desempenho funcional e estrutural do pavimento de forma objetiva e sistematizada.

Os resultados obtidos evidenciaram a predominância de desgastes superficiais e trincas longitudinais curtas na rodovia principal, indicando processos de envelhecimento do ligante e início de fadiga do revestimento asfáltico. Na terceira faixa, observou-se maior incidência de deformações e trincamentos interligados, reflexo da ação concentrada do tráfego pesado, especialmente de veículos de carga. A classificação dos trechos, com base no Índice de Gravidade Global (IGG), enquadrou o pavimento principal como de condição “Regular”, enquanto a terceira faixa apresentou condição “Regular”, o que reforça a necessidade de intervenções diferenciadas.

A partir dos resultados, recomenda-se a adoção de medidas corretivas pontuais, como fresagem e recomposição do revestimento, nas áreas mais comprometidas, e ações preventivas, como selagem de trincas e aplicação de microrrevestimento asfáltico, a fim de retardar o avanço das deteriorações e prolongar a vida útil do pavimento. Além disso, sugere-se a continuidade do monitoramento periódico, utilizando metodologias padronizadas, que garantam confiabilidade dos diagnósticos e planejamento eficaz das manutenções rodoviárias.

O estudo contribui para o entendimento do comportamento de pavimentos flexíveis sob diferentes condições de tráfego e reforça a importância da avaliação técnica sistematizada como ferramenta essencial para a gestão eficiente da infraestrutura viária. Futuras pesquisas podem aprofundar a análise estrutural por meio de ensaios não destrutivos, como a deflectometria, e correlacionar os resultados obtidos com parâmetros de desempenho a longo prazo.

6. AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos à Deus pela oportunidade de estarmos aqui. Em seguida, expressamos nossa gratidão à nossa família e a todos que nos apoiaram ao longo desta jornada e na realização deste trabalho. Agradecemos também ao nosso orientador, Elder Kuhnen Machado, pela orientação, disponibilidade e compromisso, que foram fundamentais para que alcançássemos o melhor resultado possível. Estendemos ainda o nosso agradecimento ao Centro Universitário Integrado, instituição que possibilitou o nosso desenvolvimento acadêmico ao longo desses anos.

7. REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. F. de. **Avaliação de defeitos e desempenho funcional de pavimentos flexíveis em rodovias de tráfego intenso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

ANDRADE, Lucas Rodrigues de. **Avaliação do comportamento estrutural de pavimentos por meio de adoção de parâmetros de bacia deflectométrica**. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES – ENPET, 2016. Anais.

BARBOSA, J. P. **Manutenção de pavimentos asfálticos: práticas e recomendações técnicas**. São Paulo: Editora Viapub, 2021.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS/ABEDA, 2022.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Brasília: DNIT, 2023.

CAMARGO, Anderson W. **Recuperação dos pavimentos asfálticos: um estudo de caso**. 2023.

CARVALHO, J. D. S.; SILVA, M. S. **Durabilidade de pavimentos asfálticos frente ao tráfego de cargas pesadas: estudos de comportamento e performance**. Revista Brasileira de Engenharia de Transportes, v. 45, n. 2, p. 123-135, 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Pavimentação – Base de solo melhorado com cimento – Especificação de serviço.** DNIT 142/2022-ES. Brasília, 2022.

DNIT. **Especificação de Serviço DNIT 031/2024-ES: Pavimentação – Produção e Execução de Camada de Pavimento com Mistura Asfáltica Densa Usinada a Quente.** Brasília, 2024.

DNIT. **Manual de Pavimentação.** Publicação IPR-719. Brasília, 2022.

DNIT 005/2003 - TER. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia.** Rio de Janeiro: 2003.

DNIT 006/2003 - PRO. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento.** Rio de Janeiro: 2003.

FERNANDES JR., José Luiz; LUCENA, Luciano Carlos de Andrade. **Manifestações Patológicas em Pavimentos Asfálticos: Identificação e Avaliação.** Revista Transportes, v. 29, n. 3, 2021.

FUNDAÇÃO DOM CABRAL. **Pesquisa Custos Logísticos no Brasil 2024.** Belo Horizonte: FDC, 2024.

GOOGLE. Google Earth Pro. **Trecho da rodovia PR-558, Campo Mourão-PR.** Imagem de satélite, 2025. Disponível em: <https://earth.google.com/>.

MARCATO, V. D.; OLIVEIRA, R. F. **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS ASFÁLTICAS: ESTUDO DE CASO NA RODOVIA MG-190.** GETEC, v.10, n.30, p.54-70/2021.

MELO FILHO, J. A. de. **Análise de patologias em pavimentos asfálticos: estudo de caso em rodovia estadual sob tráfego pesado.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

MELO FILHO, R. R. M. **Estudo de caracterização e estabilização de solos para pavimentação: análise de um solo argiloso.** 2023. 150 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

NCHRP. **Mechanistic-Empirical Pavement Design Model: Enhancements of Climatic Inputs.** Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2025.

PEIXOTO, L. T. O.; FERNANDES, V. de O.; DE LIMA, C. D. A. **Mapeamento da literatura sobre técnicas de identificação de defeitos em pavimentos.**

10º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável (PLURIS 2024), Guimarães, Portugal, 16-18 out. 2024.

RIBEIRO, T.P. Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Edição 04. Ano 02, Vol. 01. pp 733-754, julho de 2017. ISSN:2448-0959.

ROCHA, M. R. **Tecnologias emergentes para monitoramento de pavimentos rodoviários**. Revista Transportes, v.30, n.2, p.45-63, 2022.

RODRIGUES, Rodrigo Souza; ARAÚJO, Valdete Santos de. **Manifestações patológicas em pavimentos flexíveis: um estudo de caso na cidade de Parintins - AM**. Contribuciones a Las Ciencias Sociales, São José dos Pinhais, v. 18, n. 1, p. 1-27, 2025.

SANTOS, P. H. M.; *et al.* **Análise de manifestações patológicas na pavimentação asfáltica da avenida Santos Dumont no município de Codó-MA**. Open Science Research X - ISBN 978-65-5360-270-0 - Volume 10 - Ano 2023 - Editora Científica Digital - www.editoracientifica.com.br

SENÇO, Wilson. **Pavimentação: técnica de execução**. 10. ed. São Paulo: PINI, 2015.

SILVA, Cristiano de Araujo. **Estudo de caso de patologias em pavimento flexível em rodovia do Oeste do Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) — Universidade Paranaense, Campus de Toledo, 2025

UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI. **Curso de Engenharia Civil. Pavimentação: Estruturas de Pavimento**. 2019.