



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

RENAN LEVI VIANA DA SILVA LIMA

ANÁLISE DA QUALIDADE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS COM O MÉTODO IGG
(ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL): Estudo de Caso na Rua do Estádio Zerão,
Macapá-AP

MACAPÁ
2025

RENAN LEVI VIANA DA SILVA LIMA

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS COM O MÉTODO IGG
(ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL): Estudo de Caso na Rua do Estádio Zerão,
Macapá-AP**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado à Universidade Federal do
Amapá, como requisito para a obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Adenilson Costa de
Oliveira

Área de concentração: Transportes

MACAPÁ

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborada por Maria do Carmo Lima Marques. – CRB-2 / 989

L732a Lima , Renan Levi Viana da Silva.

Análise da qualidade de pavimentos flexíveis com o método IGG (Índice De Gravidade Global): Estudo de Caso na Rua do Estádio Zerão, Macapá-AP / Renan Levi Viana da Silva Lima. - Macapá, 2025.

1 recurso eletrônico. 61 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2025.

Orientador: Adenilson Costa de Oliveira.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Pavimento. 2. Índice de Gravidade Global. 3. Defeitos em pavimentos flexíveis. I. Oliveira, Adenilson Costa de (orientador). II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 625.8

LIMA, Renan Levi Viana da Silva. **Análise da qualidade de pavimentos flexíveis com o método IGG** (Índice de Gravidade Global): Estudo de Caso na Rua do Estádio Zerão, Macapá-AP. Orientador: Adenilson Costa de Oliveira. 2025. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2025.

RENAN LEVI VIANA DA SILVA LIMA

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS COM O MÉTODO IGG
(ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL): Estudo de Caso na Rua do Estádio Zerão,
Macapá-AP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Amapá, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira.

Aprovado em 19 de maio de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ADENILSON COSTA DE OLIVEIRA**
Data: 23/05/2025 08:04:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira

Orientador – UNIFAP

Documento assinado digitalmente
 **JAMIL JOSE SALIM NETO**
Data: 22/05/2025 08:34:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jamil José Salim Neto

Examinador interno – UNIFAP

Documento assinado digitalmente
 **LUIS HENRIQUE RAMBO**
Data: 22/05/2025 08:59:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Luis Henrique Rambo

Examinador interno – UNIFAP

AGRADECIMENTOS

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso representa o encerramento de uma etapa marcante da minha vida acadêmica. No entanto, esse trajeto não foi percorrido sozinho. Diversas pessoas foram fundamentais para que eu pudesse chegar até aqui, e é com muita gratidão que registro meus sinceros agradecimentos.

À minha esposa *Clara*, por todo o amor, paciência e apoio incondicional. Obrigado por estar ao meu lado em cada momento, mesmo nos mais difíceis. Seu incentivo constante e sua fé em mim foram determinantes para que eu não desistisse.

Ao meu orientador, *Professor Adenilson Oliveira*, pela orientação precisa, pela disponibilidade e pelas contribuições fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Sua experiência e atenção foram essenciais para esta pesquisa.

Aos colegas de profissão *Matheus Ferraro*, *Mário Pontes*, pela parceria ao longo da graduação, pelo apoio generoso, pelas palavras de encorajamento e por me inspirarem profissionalmente em muitos momentos decisivos.

Ao amigo *Halphi Tourinho*, pelo suporte durante a inspeção in loco e pelos registros fotográficos.

Aos meus pais *Régio* e *Socorro Lima*, e meus irmãos, por todo o amor, dedicação e orações. Sua força sempre foi uma base sólida para mim.

À minha avó *Maria Ramos*, exemplo de fé e perseverança, cuja história de vida me inspira profundamente.

Aos meus amigos *Gabriel* e *Dani Muniz*, pela amizade e generosidade em orientações valiosas que me ajudaram a manter o foco e a clareza.

Ao meu pastor *Leonardo Guerrino*, pelas orações, conselhos e por sempre me lembrar de que a fé e a perseverança são fundamentos para seguir firme diante dos desafios.

Aos demais amigos e familiares que, de diferentes formas, contribuíram com palavras de incentivo, gestos de carinho ou simplesmente torcendo por mim — meu sincero agradecimento. Cada um foi importante nesta trajetória.

A todos vocês, meu muito obrigado. Este trabalho carrega um pouco de cada um, e sou imensamente grato por isso.

RESUMO

O trabalho avalia a condição do pavimento da Rua do Estádio Zerão, em Macapá/AP, utilizando o método do Índice de Gravidade Global (IGG), conforme diretrizes do DNIT. O objetivo foi identificar e classificar as principais patologias funcionais do pavimento, como desgaste, trincas, panelas e afundamentos, de acordo com os critérios da norma DNIT 006/2003-PRO. A metodologia consistiu em levantamento visual, demarcações em campo e aplicação do método IGG, obtendo-se um índice de 251,03 — valor que classifica o pavimento como "péssimo", evidenciando deterioração acentuada. As causas da degradação foram atribuídas ao tráfego, ausência de manutenção preventiva, falhas de drenagem e exposição a intempéries. Com base nos manuais DNIT IPR 710 e IPR 720, o estudo propõe como estratégia de recuperação a execução do reforço estrutural do pavimento, precedida pela correção das panelas por meio de remendos e pela aplicação de capa selante nas trincas. A preparação adequada da superfície visa garantir maior durabilidade à intervenção. Ao final, o trabalho ressalta a importância da aplicação sistemática de métodos objetivos como o IGG para a gestão eficiente da malha viária urbana e recomenda a realização de estudos complementares com ensaios estruturais e monitoramento contínuo, contribuindo para a tomada de decisões técnicas e econômicas mais eficazes.

Palavras-chave: Pavimento. Índice de Gravidade Global. Defeitos em pavimentos flexíveis.

ABSTRACT

The study assesses the pavement condition of Estádio Zerão Street, in Macapá/AP, using the Global Severity Index (IGG) method, in accordance with DNIT guidelines. The objective was to identify and classify the main functional pavement distresses, such as surface wear, cracking, potholes, and depressions, according to the criteria defined by standard DNIT 006/2003-PRO. The methodology included visual surveys, field demarcations, and application of the IGG method, resulting in an index of 251.03 — a value that classifies the pavement as “very poor,” indicating severe deterioration. The degradation causes were attributed to traffic loads, lack of preventive maintenance, drainage failures, and weather exposure. Based on DNIT manuals IPR 710 and IPR 720, the study proposes as a recovery strategy the execution of structural pavement reinforcement, preceded by pothole repairs through patching and the application of a seal coat to treat cracking. Proper surface preparation aims to ensure greater durability of the intervention. Finally, the study emphasizes the importance of systematically applying objective methods such as the IGG for efficient urban pavement management and recommends further complementary studies involving structural testing and continuous monitoring, contributing to more effective technical and economic decision-making.

Keywords: Pavement. Global Severity Index. Flexible pavement defects.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Ocorrência de Defeitos	51
Gráfico 2: Percentagem de Defeitos	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Transmissão de um carregamento vertical até o subleito de um pavimento.	17
Figura 2: Pavimento rígido.	18
Figura 3: Pavimento asfáltico (flexível ou semirrígido).	19
Figura 4: Trinca isolada transversal.....	25
Figura 5: Trinca isolada longitudinal	25
Figura 6: Trinca interligada tipo jacaré.	26
Figura 7: Trinca interligada tipo bloco.....	26
Figura 8: Afundamento local.....	27
Figura 9: Afundamento de trilha de roda.	28
Figura 10: Ondulação.....	28
Figura 11: Escorregamento	29
Figura 12: Exsudação.	30
Figura 13: Painela.....	30
Figura 14: Desgaste.	31
Figura 15: Remendo.....	31
Figura 16: Fluxograma das Etapas.	39
Figura 17: Rua do Estádio Zerão	41
Figura 18: Trena de 50m.	42
Figura 19: Corda	43
Figura 20: Tinta Spray	43
Figura 21: Trena de 7,5m.	44
Figura 22: Estações de avaliação de acordo com a Norma DNIT 006/2003-PRO	45
Figura 23: Desgaste.	48
Figura 24: Painelas.	48
Figura 25: Trinca tipo Couro de Jacaré.	49
Figura 26: Inventário de Defeitos.	50
Figura 27: Árvore de Decisão para Trincas em Bloco.	54
Figura 28: Árvore de Decisão para Desgaste.....	54
Figura 29: Árvore de Decisão para Painelas.....	55
Figura 30: Árvore de Decisão para Remendo.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Critério para o estabelecimento das diretrizes de projeto	35
Tabela 2: Tarefas de Conservação	35
Tabela 3: Resumo dos defeitos – Codificação e Classificação.....	46
Tabela 4: Cálculo do IGG.	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS.....	12
1.1.1	Objetivo Geral	12
1.1.2	Objetivos Específicos	12
1.2	JUSTIFICATIVA	12
1.3	PROBLEMA.....	13
1.4	HIPÓTESE.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	PAVIMENTO	15
2.2	CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS.....	17
2.2.1	Processo de deterioração dos pavimentos asfálticos	20
2.2.2	Desempenho funcional	20
2.2.3	Desempenho estrutural	21
2.3	PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	22
2.3.1	Fendas	24
2.3.2	Afundamento	27
2.3.3	Ondulação e corrugação	28
2.3.4	Escorregamento	29
2.3.5	Exsudação	29
2.3.6	Panela ou buraco	30
2.3.7	Desgaste	31
2.3.8	Remendo	31
2.4	ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL – IGG	32
2.5	CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	33
3	METODOLOGIA	38

3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	38
3.2	ETAPAS	38
3.3	LOCAL DO ESTUDO	41
3.4	MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA DEMARCAÇÃO	42
3.5	APLICAÇÃO DO MÉTODO IGG.....	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
4.1	DIAGNÓSTICO.....	47
4.1.1	Desgaste.....	47
4.1.2	Panelas	48
4.1.3	Trinca tipo Couro de Jacaré (Trinca FC-2).....	49
4.2	AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL	49
4.3	ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO	53
5	CONCLUSÃO.....	56
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	58
	REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

A infraestrutura viária desempenha um papel essencial no desenvolvimento econômico e social das cidades, influenciando diretamente a mobilidade urbana, o acesso a serviços, a segurança no trânsito e a qualidade de vida da população. No Brasil, a malha rodoviária é responsável por transportar a maior parte das cargas e passageiros, mas enfrenta desafios significativos em termos de conservação e desempenho, sendo que mais da metade das rodovias pavimentadas apresentam condições regular, ruim ou péssima, segundo dados da Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2023).

Em áreas urbanas, a situação não é diferente: o pavimento asfáltico sofre deterioração contínua devido ao tráfego intenso, à ação das intempéries, à sobrecarga de veículos e à falta de manutenção preventiva, resultando em problemas como buracos, trincas, afundamentos e desgaste superficial. Esses defeitos comprometem a segurança dos usuários, aumentam os custos de transporte e impactam negativamente a mobilidade urbana, exigindo intervenções técnicas adequadas e bem planejadas.

Na cidade de Macapá-AP, a Rua do Estádio Zerão destaca-se como um importante corredor viário, conectando bairros residenciais, instituições públicas — como o Estádio Olímpico Zerão e o Hospital Universitário — e vias de maior fluxo, como a Rodovia Josmar Chaves Pinto. Devido à sua importância estratégica tornou-se objeto deste estudo.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise da qualidade do pavimento flexível da Rua do Estádio Zerão, utilizando o método do Índice de Gravidade Global (IGG), conforme as normas estabelecidas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). A escolha desse método deve-se à sua eficácia na quantificação e classificação das patologias de pavimentos, oferecendo subsídios técnicos para a definição de estratégias de manutenção e reabilitação.

Assim, esta pesquisa busca não apenas diagnosticar o estado atual da via, mas também propor soluções que contribuam para a melhoria da mobilidade urbana local e fornecer uma base para futuras ações de monitoramento e gestão da malha viária da cidade de Macapá.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o estado de conservação do pavimento asfáltico da Rua do Estádio Zerão, na cidade de Macapá-AP, a partir da aplicação do método do Índice de Gravidade Global (IGG), buscando diagnosticar as condições da superfície do pavimento.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Identificar os tipos de defeitos presentes na superfície do pavimento asfáltico da Rua do Estádio Zerão, conforme os critérios estabelecidos pelo método IGG;
2. Aplicar o método do Índice de Gravidade Global (IGG) para quantificar o nível de degradação do pavimento, possibilitando uma análise objetiva de sua condição atual;
3. Sugerir recomendações técnicas para manutenção ou reabilitação do pavimento, com base nos dados coletados e na severidade dos danos identificados.

1.2 JUSTIFICATIVA

A conservação das vias pavimentadas desempenha papel central na garantia da mobilidade urbana, segurança viária e eficiência logística, sobretudo em contextos urbanos como o da cidade de Macapá-AP. A Rua do Estádio Zerão, objeto deste estudo, é um exemplo emblemático da relevância estratégica das vias locais, pois conecta bairros importantes, instituições públicas e pontos de grande circulação de pessoas e veículos. Contudo, a falta de manutenção adequada, aliada ao tráfego intenso e às condições climáticas amazônicas, tem gerado manifestações patológicas severas no pavimento, como panelas, desgaste superficial, trincas e remendos precários.

O uso do método do Índice de Gravidade Global (IGG), regulamentado pelo DNIT, mostra-se justificado por sua ampla aceitação técnica e por permitir uma análise objetiva e padronizada das condições superficiais do pavimento. Essa metodologia possibilita não apenas diagnosticar o estado atual da via, mas também fornecer subsídios concretos para o planejamento de intervenções corretivas, otimizando os recursos e garantindo maior durabilidade das soluções aplicadas. Em um cenário de crescente demanda por infraestrutura urbana resiliente e segura, pesquisas como esta são essenciais para fundamentar tecnicamente as decisões de gestão pública e contribuir para a melhoria das condições de vida da população.

Além disso, o presente trabalho tem relevância acadêmica e prática, pois aproxima os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo da formação em Engenharia Civil das necessidades reais do município de Macapá - AP, alinhando pesquisa aplicada às demandas sociais e técnicas. A análise proposta gera um diagnóstico detalhado que pode servir de base para projetos futuros, monitoramento contínuo e elaboração de políticas públicas voltadas à manutenção e reabilitação da malha viária local, reforçando a importância do engenheiro civil como agente transformador do espaço urbano.

1.3 PROBLEMA

A conservação e a qualidade dos pavimentos asfálticos são fatores essenciais para garantir a segurança e a eficiência do tráfego urbano. No entanto, a deterioração precoce das vias, causada por fatores como condições climáticas, sobrecarga de tráfego e falhas na execução ou manutenção, pode comprometer sua durabilidade e funcionalidade.

Na cidade de Macapá-AP, a rua do Estádio Zerão é uma via de grande importância para a mobilidade local, mas a presença de irregularidades em sua superfície pode indicar a necessidade de intervenções corretivas. Diante disso, surge a necessidade de avaliar o estado de conservação desse pavimento utilizando um método padronizado e eficaz, como o Índice de Gravidade Global (IGG), que permite identificar e quantificar os danos presentes na via.

Assim, a questão central deste estudo é: qual é a condição atual do pavimento flexível da Rua do Estádio Zerão, em Macapá-AP, com base na aplicação do método IGG, e quais são as possíveis ações corretivas necessárias para sua melhoria?

1.4 HIPÓTESE

Esta pesquisa tem como hipótese de que o estado funcional do pavimento da Rua do Estádio Zerão, em Macapá-AP, pode ser classificado por meio da aplicação do método IGG, e que a avaliação tende a indicar um grau de deterioração significativo, evidenciando a necessidade de intervenções para melhorar suas condições de rolamento e prolongar sua vida útil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PAVIMENTO

A história dos pavimentos está relacionada ao povoamento dos continentes, às conquistas territoriais, ao comércio, ao intercâmbio cultural e religioso, à urbanização e até o desenvolvimento da sociedade (BERNUCCI et al., 2022). Com o avanço das cidades e das tecnologias de construção, os pavimentos evoluíram para atender às novas demandas de transporte. Pode-se ter, como exemplo, desde a antiguidade, a adoção de vias com revestimento em pedras — conhecidas como estradas em paralelepípedos — que foram amplamente utilizadas até o surgimento dos pavimentos modernos. Os materiais asfálticos consolidaram-se na construção e manutenção viária no século XX com a expansão da industrialização. O asfalto, embora já conhecido desde a Antiguidade, tornou-se o principal material das camadas estruturais dos pavimentos, devido à sua durabilidade e adaptabilidade.

Hoje, a busca por soluções inovadoras e sustentáveis tem impulsionado ainda mais a pavimentação, seja pelo uso de materiais reciclados, seja pela aplicação de novas tecnologias para aumentar a durabilidade e a segurança das vias. A sustentabilidade também é requerida pelo fato de que a substituição do solo natural por asfalto ou concreto altera o equilíbrio térmico local. Pavimentos possuem maior inércia térmica e menor retenção de umidade, o que contribui para o aumento da temperatura superficial e o surgimento de microclimas urbanos, como o efeito de ilha de calor (RIAZ et al., 2024).

Os pavimentos exercem função essencial na infraestrutura urbana e rural porque viabilizam o deslocamento de pessoas e mercadorias e impulsionam o desenvolvimento econômico e social. São estruturas fundamentais para a integração territorial, a logística de abastecimento, o escoamento da produção agrícola e industrial, bem como para o acesso a serviços básicos como saúde, educação e segurança. Além de assegurarem segurança e conforto aos usuários, os pavimentos também contribuem para a redução de impactos ambientais quando bem projetados e mantidos, minimizando a emissão de poluentes por meio da melhoria da fluidez do tráfego e reduzindo a erosão do solo por meio de soluções de drenagem eficientes.

As características de um pavimento — como resistência, durabilidade, impermeabilidade, textura e capacidade de drenagem — são diretamente influenciadas por fatores como o volume e o tipo de tráfego, as condições climáticas da região (incluindo chuvas intensas, variações de temperatura e umidade) e as propriedades do solo local. Em áreas sujeitas a tráfego pesado, exige-se o uso de materiais e estruturas mais robustas, enquanto em regiões úmidas ou propensas a eventos extremos, a drenagem eficiente é fundamental. Nesse cenário, diferentes soluções de pavimentação devem ser escolhidas conforme as demandas de desempenho e os desafios impostos pelas mudanças climáticas. Contudo, nem sempre é possível usar pavimentos que mitigam as mudanças climáticas, o que torna essencial a previsão adequada dos efeitos climáticos e a seleção criteriosa de materiais e locais de aplicação (ALMEIDA; PICADO-SANTOS; CAPITÃO, 2022).

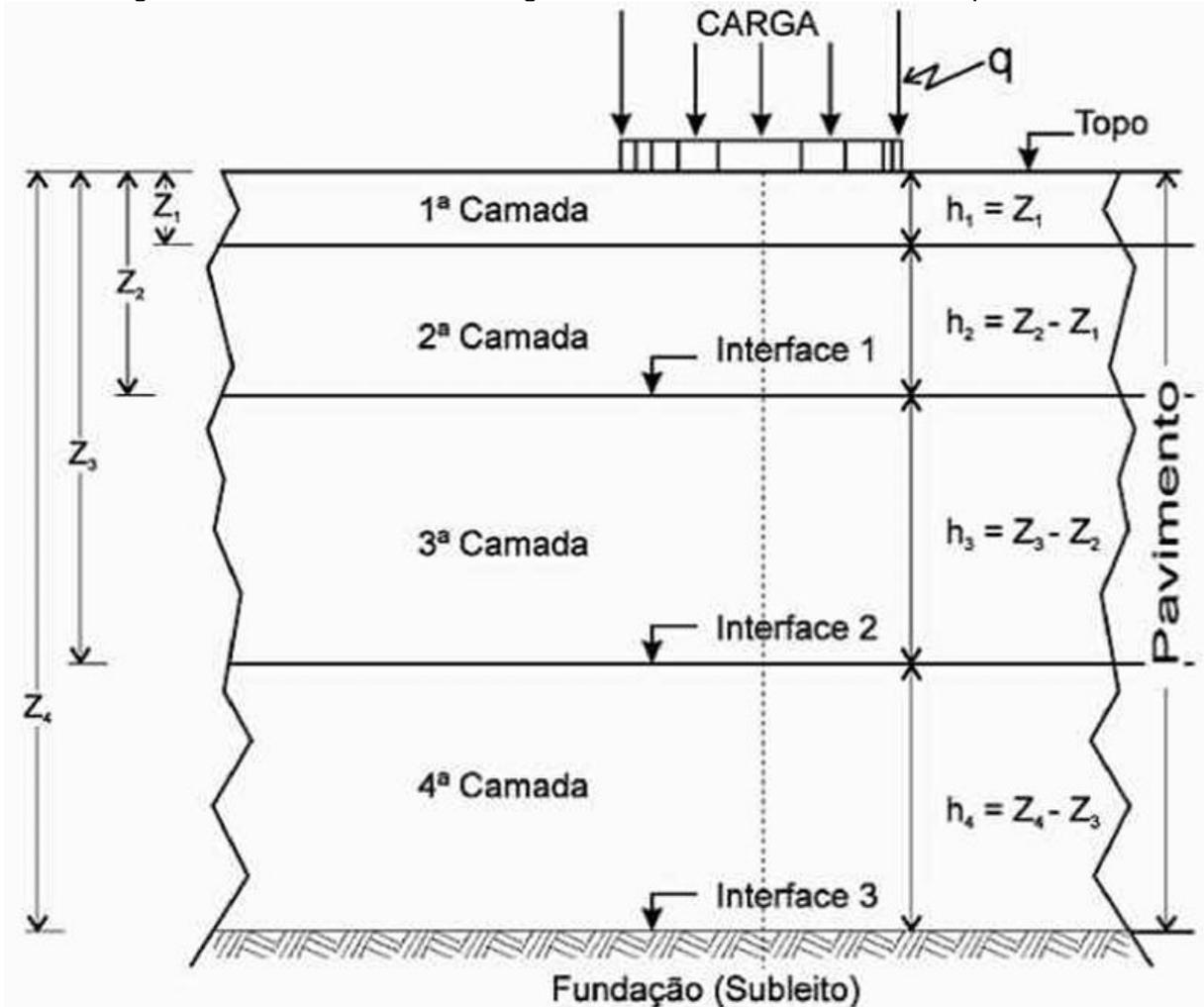
Segundo Bernucci *et al.* (2022, p. 11):

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

Nesse sentido, o pavimento é, então, um sistema de várias camadas de espessuras finitas que se assenta sobre um semi-espço infinito o qual exerce a função de fundação da estrutura, chamado de subleito (SENÇO, 2007).

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (BRASIL, 2006), o pavimento deve atender a três funções básicas: resistir aos esforços verticais, oriundos do tráfego, e distribuí-los ao subleito (ver Figura 1); melhorar as condições de rolamento no tocante à comodidade e ao conforto e resistir aos esforços horizontais (desgaste), de forma a tornar mais durável a superfície de rolamento.

Figura 1: Transmissão de um carregamento vertical até o subleito de um pavimento.



Fonte: Senço (2007).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

Conforme Bernucci et al. (2022), tradicionalmente, os pavimentos são classificados em dois tipos básicos: rígidos (Figura 2) e flexíveis (Figura 3). No entanto, o autor observa que, mais recentemente, há uma tendência de utilizar as denominações pavimentos de concreto de cimento Portland (ou simplesmente concreto-cimento) para pavimentos rígidos, e pavimentos asfálticos para pavimentos flexíveis, a fim de indicar o tipo de revestimento utilizado.

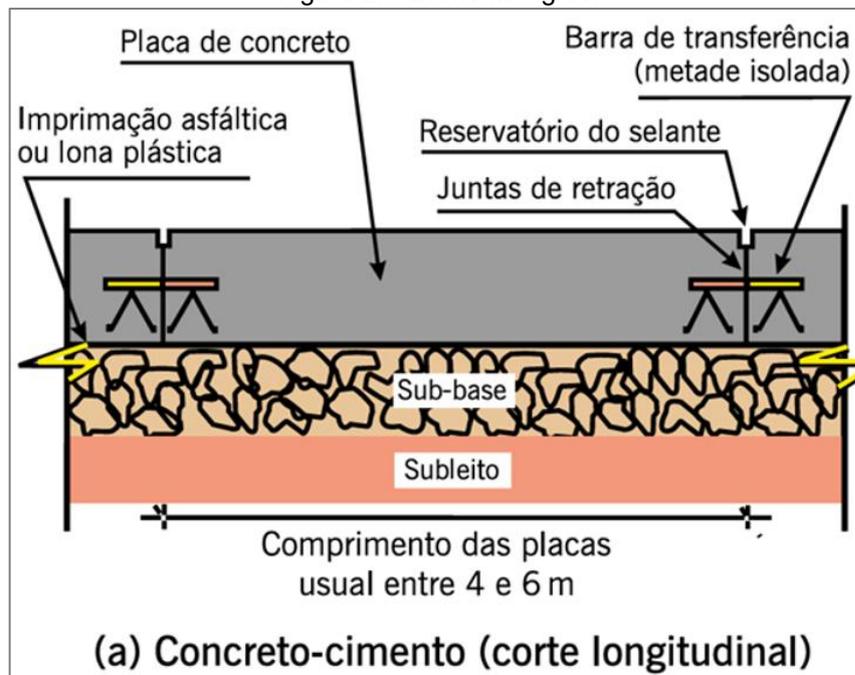
De acordo com o Manual de pavimentação do DNIT (BRASIL, 2006), de uma forma geral, os pavimentos são classificados em três tipos: flexíveis, semirrígidos e rígidos.

- a) Flexíveis: pavimentos em que todas as camadas sofrem uma deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se

distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Tem como exemplo típico: um pavimento constituído por uma base britada ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.

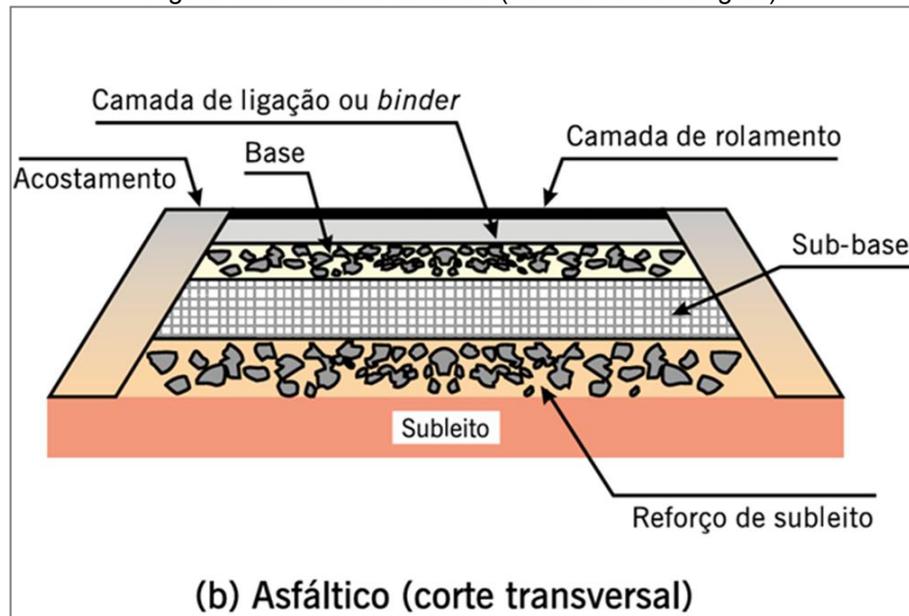
- b) Semirrígido: caracterizado por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias, como, por exemplo, uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.
- c) Rígido: aquele que apresenta um revestimento com uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado, como, por exemplo, o pavimento construído por lajes de concreto de cimento Portland.

Figura 2: Pavimento rígido.



Fonte: Bernucci *et al.* (2022).

Figura 3: Pavimento asfáltico (flexível ou semirrígido).



Fonte: Bernucci *et al.* (2022).

Essa classificação é essencial para definir o pavimento mais adequado a cada situação, considerando tráfego, clima e custo de construção e manutenção.

Apesar de sua versatilidade e menor custo, os pavimentos flexíveis estão sujeitos a diversos problemas, como fissuras, buracos, escorregamento, exsudação, desgaste e deformações. Esses problemas podem ser causados por variações de temperatura, tráfego intenso, infiltração de água, falhas na base do pavimento ou até mesmo pela má execução da obra.

As consequências de um pavimento deteriorado vão além dos danos estruturais. Podem incluir o aumento do risco de acidentes, maior desgaste dos veículos, elevação dos custos de manutenção, desconforto aos usuários e redução da vida útil da via. A condição da superfície influencia diretamente a segurança viária, os custos operacionais e a sustentabilidade do sistema de transporte (HASHIM; BADAWY; HENEASH, 2023).

Para evitar esses problemas, é essencial adotar estratégias de manutenção preventiva e corretiva. Isso inclui limpeza regular, aplicação de selantes e correção de falhas estruturais antes que o desgaste comprometa toda a pavimentação. A drenagem eficiente também é um fator crucial para evitar infiltração de água e o surgimento de buracos. Além disso, o uso de materiais de alta qualidade e técnicas adequadas de construção contribuem diretamente para a durabilidade das vias.

Diante da crescente demanda por infraestrutura segura e eficiente, a pavimentação asfáltica continua sendo uma solução amplamente utilizada, devido à sua versatilidade e capacidade de adaptação. Compreender a estrutura dos pavimentos, suas camadas de suporte e os processos de deterioração é essencial para garantir sua longevidade e bom desempenho.

2.2.1 Processo de deterioração dos pavimentos asfálticos

O revestimento asfáltico, apesar de sua robustez, está sujeito a um processo natural de deterioração ao longo do tempo. Essa deterioração é causada por uma combinação de fatores, como o tráfego intenso, as condições climáticas e as propriedades intrínsecas dos materiais utilizados na construção. Por exemplo, os climas congelantes têm um impacto maior na formação de afundamentos de trilhas de rodas e fendas por retração térmica do que os climas quentes (RAFFANIELLO *et al.*, 2022).

Existem muitos mecanismos de degradação do pavimento, sendo que a deformação permanente na trilha de roda da camada de rolamento é um dos defeitos mais importantes nos pavimentos. Esse problema acelera a degradação da estrutura, reduz o conforto ao dirigir e pode causar hidroplanagem dos veículos (MOURA, 2010).

Entender os processos de deterioração é fundamental para aplicar técnicas adequadas de restauração e manutenção. A deterioração pode afetar o pavimento em dois níveis: desempenho funcional e desempenho estrutural. A análise dos processos de deterioração permite a aplicação de técnicas de restauração e manutenção eficazes.

2.2.2 Desempenho funcional

O desempenho funcional de um pavimento asfáltico corresponde à sua capacidade de atender aos requisitos imediatos de conforto, segurança e trafegabilidade, considerando as condições da superfície de rolamento. Trata-se de uma medida da usabilidade da via sob a perspectiva do usuário final, sendo tradicionalmente avaliada por dois métodos distintos, ambos recomendados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Segundo a norma DNIT 009/2003-PRO, a avaliação subjetiva, conhecida como Valor de Serventia Atual (VSA), representa a opinião técnica de avaliadores, que percorrem o trecho analisado e atribuem uma nota entre 0,0 (péssimo) e 5,0 (ótimo). Essa nota expressa o grau de conforto e suavidade ao rolamento proporcionado pelo pavimento. Valores abaixo de 2,0 indicam condição ruim ou péssima, exigindo intervenções corretivas ou reconstrutivas (DNIT, 2003).

Paralelamente, podem ser utilizadas avaliações objetivas, como o Índice de Gravidade Global (IGG) ou o Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis (ICPF), que quantificam defeitos visíveis (como trincas, buracos e deformações) e atribuem um índice conforme a frequência e gravidade das patologias (FREITAS; OLIVEIRA, 2022).

A deterioração do pavimento pode afetar diretamente o desempenho funcional, comprometendo a segurança, o conforto e a fluidez do tráfego. Por exemplo, buracos na pista podem causar acidentes, ondulações podem causar desconforto e desníveis podem prejudicar a fluidez do trânsito.

Nesse sentido, o estudo de Macedo (2022), realizado no trecho da rodovia BR-226 entre os municípios de Crateús e Independência, no Ceará, apresenta essa realidade. O autor aplicou a avaliação subjetiva da superfície conforme a norma DNIT 009/2003-PRO e identificou na BR-226 trechos classificados como ruim (VSA = 1,0) e regular (VSA = 2,1). Esses resultados foram associados à frequência de tráfego intenso e à elevada exposição à radiação solar, que favoreceram a ocorrência de remendos recorrentes oriundos de operações tapa-buraco, os quais, contudo, não eliminaram integralmente os defeitos existentes. Tais condições contribuíram significativamente para a redução da serventia da via.

2.2.3 Desempenho estrutural

O desempenho estrutural de pavimentos está associado à capacidade de carga e pode ser diretamente relacionada ao projeto e ao dimensionamento do pavimento (BERNUCCI *et al.*, 2022). Defeitos estruturais surgem da repetição de cargas, gerando deformações elásticas (recuperáveis) ou plásticas (permanentes). Segundo Francisco (2012, p. 17), "O parâmetro mais utilizado na medição da capacidade de carga é a deflexão medida num ensaio de carga, resultante da utilização de equipamentos apropriados".

A avaliação estrutural do pavimento pode ser realizada por métodos destrutivos, semidestrutivos ou não destrutivos. Métodos destrutivos envolvem a abertura de trincheiras para coleta de amostras e execução de ensaios in situ. Já os semidestrutivos, como o uso do Cone Dinâmico de Penetração (*Dynamic Cone Penetration, DCP*) ou *Light Weight Deflectometer (LWD)*, permitem avaliações rápidas e correlações com propriedades dos materiais, sem grandes danos ao pavimento. Os equipamentos de medição de deflexão do pavimento mais utilizados no Brasil são a viga Benkelman e os equipamentos de peso batente (*Falling Weight Deflectometer, FWD*) (BERNUCCI *et al.*, 2022).

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) tem incorporado tecnologias inovadoras para aprimorar a avaliação estrutural de pavimentos. Um exemplo é a adoção do *Intelligent Pavement Assessment Vehicle (iPAVe)*, que utiliza o *Traffic Speed Deflectometer (TSD)* para medir deflexões de forma contínua e na velocidade operacional da via, aumentando a precisão e a segurança das avaliações. Diferentemente dos métodos tradicionais, como o *FWD*, que requerem paradas frequentes e podem interferir no tráfego, o *iPAVe* permite a coleta de dados estruturais e funcionais sem interromper o fluxo viário, otimizando o processo de monitoramento das condições das rodovias (DNIT, 2023).

A avaliação estrutural é crucial para determinar a capacidade de carga do pavimento, programar intervenções de restauração e definir métodos de reforço, sempre considerando critérios de fadiga, deformação permanente e parâmetros dos materiais envolvidos (BERNUCCI *et al.*, 2022).

A deterioração do pavimento pode afetar diretamente o desempenho estrutural, comprometendo a capacidade de suportar as cargas do tráfego. Por exemplo, a erosão das camadas de asfalto pode reduzir a resistência do pavimento, o afundamento da base pode causar deformações e a perda de coesão entre as camadas pode levar ao colapso da estrutura.

2.3 PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

A patologia em pavimentos asfálticos é um campo de estudo que se dedica à análise das falhas que ocorrem nesses sistemas estruturais, desde as rachaduras superficiais até os afundamentos mais profundos. Essas falhas, conhecidas como patologias, representam um problema crítico para a durabilidade e o desempenho dos

pavimentos, impactando diretamente a segurança, o conforto e a vida útil da via. A compreensão da origem, evolução e tratamento dessas falhas é crucial para a gestão eficiente de infraestruturas viárias.

A gênese das patologias em pavimentos asfálticos é multifatorial, envolvendo a qualidade dos materiais utilizados na construção, as condições climáticas da região, o tipo e a intensidade do tráfego, a manutenção inadequada e até mesmo falhas no projeto. A análise da patologia se baseia na observação detalhada dos defeitos, na investigação de suas causas e na busca por soluções para corrigi-los ou preveni-los.

A relevância desse tema é reforçada pelos dados da Pesquisa CNT de Rodovias 2023, que avaliou 111.502 km de rodovias pavimentadas no Brasil. Esse valor representa 52,2% da extensão pavimentada do país, que totaliza 213,5 mil quilômetros, segundo o Sistema Nacional de Viação (SNV). Considerando que a malha rodoviária nacional se estende por 1,7 milhão de quilômetros, dos quais apenas 12,4% são pavimentados, os resultados obtidos na pesquisa representam uma amostra significativa da realidade viária do país. Do total avaliado, 30,6% das rodovias foram classificadas como em estado ótimo, 12,7% como bom, enquanto 34,1% apresentaram condição regular, 16,8% ruim e 5,8% péssima. Ou seja, mais da metade da extensão avaliada apresenta algum nível de comprometimento funcional, o que evidencia a urgência de ações preventivas e corretivas para garantir a qualidade da infraestrutura viária.

A prevenção de patologias em pavimentos asfálticos é essencial para garantir a durabilidade e o desempenho da via. Para isso, é fundamental a utilização de materiais de alta qualidade, a execução de um projeto adequado, a compactação correta das camadas, a drenagem eficiente da água e a manutenção regular do pavimento.

A ocorrência de patologias em pavimentos asfálticos pode ter consequências sérias, como a redução da vida útil do pavimento, o aumento dos custos de manutenção, a perda de segurança para os usuários, o aumento do tempo de viagem e até mesmo a necessidade de reconstrução total da via.

Os defeitos mais comuns em pavimentos asfálticos são: trincas/fendas, afundamentos, ondulações e corrugações, escorregamentos, exsudação, painelas ou buracos, desgaste e remendos. Cada um desses defeitos possui suas causas e consequências específicas, demandando abordagens de tratamento adequadas.

A investigação das causas e consequências dos defeitos em pavimentos asfálticos é crucial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de prevenção e recuperação. A análise profunda das falhas permite a identificação de pontos críticos no projeto, na execução e na manutenção do pavimento, possibilitando a implementação de medidas corretivas e preventivas para garantir a longevidade e o bom desempenho da via.

A norma DNIT 005/2003-TER classifica as patologias em pavimentos flexíveis e essas são apresentadas a seguir.

2.3.1 Fendas

Caracteriza-se como qualquer descontinuidade presente na superfície do pavimento, gerando aberturas de diferentes dimensões, que podem se manifestar de diversas formas.

2.3.1.1 Fissura

É um tipo de fenda de pequena largura, classificada como capilar, que surge no revestimento e pode estar orientada longitudinalmente, transversalmente ou obliquamente em relação ao eixo da via. A sua detecção é possível apenas a olho nu a uma distância inferior a 1,5 metros. As fissuras são manifestações iniciais que, em geral, não comprometem o desempenho funcional do pavimento.

2.3.1.2 Trinca

Consiste em uma abertura no revestimento, maior do que a fissura, facilmente visível a olho nu, podendo apresentar-se como trinca isolada ou trinca interligada.

Trinca isolada:

- Trinca transversal (Figura 4): apresenta direção predominantemente perpendicular ao eixo da via. Se a extensão for de até 100 cm, é classificada como trinca transversal curta; se for superior a 100 cm, é denominada trinca transversal longa.

- Trinca longitudinal (Figura 5): apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Se a extensão for de até 100 cm, é denominada trinca longitudinal curta; se superior a 100 cm, é classificada como trinca longitudinal longa.
- Trinca de retração: trata-se de uma trinca isolada que ocorre por retração térmica dos materiais do revestimento ou das camadas de base rígida ou semirrígida, e não por fadiga.

Figura 4: Trinca isolada transversal.



Fonte: DNIT (2003).

Figura 5: Trinca isolada longitudinal



Fonte: DNIT (2003).

Trinca interligada:

- Trinca tipo "Couro de Jacaré" (Figura 6): é composta por um conjunto de trincas interligadas sem orientação definida, assemelhando-se à textura do couro de um jacaré. Pode ou não apresentar erosão acentuada nas bordas.
- Trinca tipo "Bloco" (Figura 7): caracteriza-se pela formação de blocos de formas bem definidas no revestimento, também podendo apresentar ou não erosão nas bordas.

Figura 6: Trinca interligada tipo jacaré.



Fonte: DNIT (2003).

Figura 7: Trinca interligada tipo bloco.



Fonte: DNIT (2003).

2.3.2 Afundamento

Caracteriza-se por uma deformação permanente da superfície do pavimento, manifestando-se como uma depressão que pode estar acompanhada ou não de solevamento. Pode ser classificado como afundamento plástico ou afundamento de consolidação, podendo ainda ser diferenciado entre afundamento local (Figura 8) e afundamento de trilha de roda (Figura 9).

O afundamento plástico é o tipo de afundamento provocado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, sempre acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 metros, é denominado afundamento plástico local; se a extensão for superior a 6 metros e estiver ao longo da trilha de roda, denomina-se afundamento plástico da trilha de roda.

O Afundamento de Consolidação decorre da consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, sem ocorrência de solevamento. Se o defeito apresenta extensão de até 6 metros, é chamado de afundamento de consolidação local; quando ultrapassa 6 metros e ocorre ao longo da trilha de roda, denomina-se afundamento de consolidação da trilha de roda.

Figura 8: Afundamento local.



Fonte: DNIT (2003).

Figura 9: Afundamento de trilha de roda.

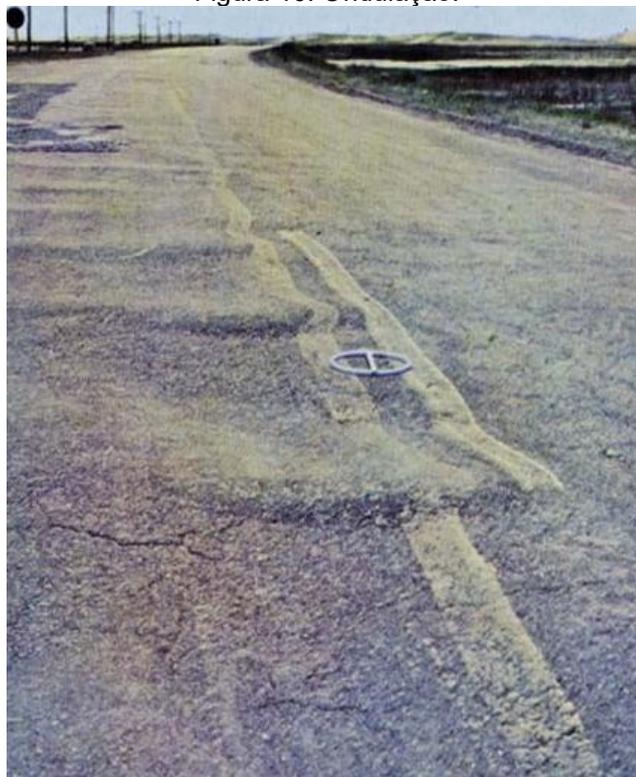


Fonte: DNIT (2003).

2.3.3 Ondulação e corrugação

Ondulação ou corrugação (Figura 10) é uma deformação que se caracteriza pela formação de ondulações ou enrugamentos transversais na superfície do pavimento.

Figura 10: Ondulação.



Fonte: DNIT (2003).

2.3.4 Escorregamento

O escorregamento (Figura 11) é caracterizado pelo deslocamento da camada de revestimento em relação à camada inferior, resultando no surgimento de fendas com formato de meia-lua.

Figura 11: Escorregamento



Fonte: DNIT (2003).

2.3.5 Exsudação

Refere-se ao excesso de ligante betuminoso que migra para a superfície do pavimento, formando manchas. Este fenômeno é causado pela migração do ligante através do revestimento como visto na figura 12.

Figura 12: Exsudação.



Fonte: DNIT (2003).

2.3.6 Panela ou buraco

Consiste em uma cavidade formada no revestimento, podendo atingir camadas inferiores. A panela (Figura 13) é geralmente originada pela falta de aderência entre camadas superpostas, o que causa deslocamento e desagregação.

Figura 13: Panela.



Fonte: DNIT (2003).

2.3.7 Desgaste

O desgaste (Figura 14) é o arrancamento progressivo dos agregados da superfície do pavimento, resultando em uma aparência áspera. Esse defeito é provocado pelos esforços tangenciais causados pela ação do tráfego.

Figura 14: Desgaste.



Fonte: DNIT (2003).

2.3.8 Remendo

O remendo (Figura 15) é uma intervenção realizada para preencher panelas ou buracos, utilizando uma ou mais camadas de material. Pode ser remendo superficial quando a correção se limita à aplicação de uma nova camada sobre o revestimento; ou remendo profundo: quando há necessidade de substituir também uma ou mais camadas inferiores do pavimento.

Figura 15: Remendo.



Fonte: FERRARO (2025).

2.4 ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL – IGG

No Brasil, a metodologia predominante para avaliação das condições superficiais dos pavimentos flexíveis é a aplicação de normas desenvolvidas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), como a DNIT 005/2003-TER, que define a terminologia dos defeitos, e a DNIT 006/2003-PRO que regulamenta o uso do Índice de Gravidade Global (IGG).

Embora tecnologias mais recentes, como sistemas de mapeamento com laser (*Light Detection and Ranging, LiDAR*), drones para captura de imagens aéreas e ferramentas baseadas em inteligência artificial, já estejam sendo exploradas, sua adoção ainda é limitada por desafios relacionados à padronização, capacitação técnica e custos de implementação. Em âmbito internacional, observa-se uma diversificação no uso de sensores digitais embarcados em veículos, smartphones com tecnologia *LiDAR* e imagens aéreas de domínio público, com o objetivo de automatizar e tornar mais eficiente a detecção de defeitos em pavimentos (PEIXOTO; FERNANDES; DE LIMA, 2024).

Ainda assim, no contexto nacional, a prática mais comum continua sendo a inspeção visual periódica, apoiada por métodos normatizados como o IGG, que, apesar das limitações, oferecem uma base técnica confiável para a gestão da malha viária.

Segundo Nascimento (2024), em um estudo realizado na cidade de Macapá-AP, o Índice de Gravidade Global (IGG) foi aplicado na avaliação das condições da Av. Caubi Sérgio Melo, evidenciando-se como uma metodologia prática e eficiente para diagnosticar o estado do pavimento em vias urbanas com tráfego intenso. A partir da classificação dos principais defeitos — como afundamentos plásticos, trincas, placas e desgastes — foi possível identificar um alto grau de deterioração associado à ausência de manutenção preventiva, projeto inadequado e deficiência no sistema de drenagem. Os resultados indicaram a necessidade de intervenções imediatas, como regularização e recapeamento, reforçando a importância do IGG como ferramenta técnica conforme a norma DNIT 006/2003 – PRO, oferecendo dados padronizados e confiáveis para o planejamento de ações corretivas.

Adicionalmente, Ferraro (2025) também utilizou o Índice de Gravidade Global (IGG) para avaliar as condições do pavimento da Avenida dos Timbiras, em Macapá/AP, identificando trechos com elevado grau de comprometimento funcional,

os quais foram classificados com o conceito “péssimo”. A aplicação do IGG possibilitou uma análise detalhada das manifestações patológicas mais recorrentes — como panelas, trincas longitudinais e remendos —, evidenciando seu impacto negativo sobre a segurança viária e o conforto dos condutores. O estudo também abordou os impactos socioeconômicos provocados pelas condições da via, reforçando a necessidade de se adotar estratégias preventivas de conservação. O autor recomenda a execução de manutenções periódicas e intervenções de baixo custo antes que o pavimento atinja estados avançados de deterioração, além da elaboração de um plano de manutenção estratégica e custo-efetiva, embasado em diagnósticos técnicos mais aprofundados que atendam adequadamente às necessidades dos usuários.

2.5 CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

O manual IPR 720 – Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006) indica que definir expressões relativas à Manutenção Rodoviária não é simples. Há várias definições e classificações para intervenções no pavimento após sua construção inicial. Além disso, diferentes órgãos e países adotam terminologias distintas, muitas vezes de referências internacionais, comprometendo a uniformidade no país. Segundo esse manual, pode-se assumir as seguintes definições:

- Conservação Rodoviária: Conjunto de operações para manter as características técnicas e operacionais das rodovias dentro dos padrões estabelecidos, executadas ao longo do ciclo de vida do pavimento até que se torne necessário executar serviços de recuperação de pavimento.

- Conservação Corretiva Rotineira: Operações para reparar defeitos na rodovia, garantindo conforto e segurança aos usuários.

- Conservação Preventiva Periódica: Operações periódicas para evitar o surgimento ou agravamento de defeitos, cuja frequência depende do tráfego, topografia e clima.

- Conservação de Emergência: Operações para restaurar trechos danificados por eventos extraordinários, garantindo a continuidade do tráfego.

- Recuperação do Pavimento: Aplicada em pavimentos desgastados para restabelecer suas características técnicas. Inclui restauração ou reabilitação.

- Recuperação do Pavimento através de Restauração: Aplicada quando o pavimento ainda está habilitado e com desempenho compatível, próximo ao fim do ciclo de vida. Baseado em projeto de engenharia, definindo a solução a partir do valor residual e do tráfego esperado. Geralmente envolve recapeamento ou reconstrução.

- Recuperação do Pavimento através de Reabilitação: Adotada para pavimentos que ultrapassaram significativamente o fim do ciclo de vida e apresentam anomalias irreversíveis. Baseado em projeto de engenharia, definindo a solução a partir do valor residual e do tráfego esperado. Pode envolver recapeamento ou, em grandes extensões, reconstrução.

- Recapeamento do Pavimento: A intervenção consiste em aplicar uma ou mais camadas de mistura betuminosa ou concreto de cimento Portland sobre o pavimento existente. Essa sobreposição melhora a estrutura do pavimento, prolongando seu ciclo de vida conforme as premissas técnico-econômicas.

- Reconstrução Parcial do Pavimento: Intervenção que remove e substitui parte da espessura do pavimento, sem atingir sua totalidade.

- Reconstrução Total do Pavimento: intervenção que remove e substitui toda a espessura do pavimento, podendo inclusive alcançar o subleito.

- Reforço de Pavimento: é o aporte estrutural composto por uma ou mais camadas betuminosas que são sobrepostas a um pavimento existente, após a execução das correções necessárias na superfície. O objetivo é preparar o pavimento para um novo ciclo de vida. Essas camadas betuminosas podem ter, precedendo sua aplicação, a execução de camadas granulares.

A definição das diretrizes para o projeto de reforço de pavimento pode ser fundamentada nos resultados obtidos pela avaliação utilizando o método do IGG, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Critério para o estabelecimento das diretrizes de projeto

IGG	F e AP %	d_0 e d_{adm}	Decisão quanto ao aproveitamento da estrutura existente e quanto às medidas corretivas a serem levadas em conta no projeto
		$d_0 \leq d_{adm}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente. 2. Programação de reparos locais, se necessário. 3. Programação de tratamento de rejuvenescimento, se necessário.
		$3d_{adm} \geq d_0 > d_{adm}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente. 2. Programação de reparos locais, se necessário. 3. Projeto de reforço com base no critério de deformabilidade.
$IGG \leq 180$	$F \leq 30\text{mm}$ e $AP \% \leq 33\%$	$d_0 > 3d_{adm}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aproveitamento total ou parcial do valor residual do pavimento existente. 2. Programação de reparos locais, se necessário. 3. Projeto de reforço com base no critério de deformabilidade e projeto de reforço com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente. <p>Projeto de nova estrutura com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento parcial do valor residual do pavimento existente.</p>
	$F > 30\text{mm}$ e $AP \% > 33\%$	—	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aproveitamento total ou parcial do valor residual do pavimento existente. 2. Programação de reparos locais. 3. Projeto de reforço com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente. <p>Projeto de nova estrutura com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento parcial do valor residual do pavimento existente.</p>
$IGG > 180$	—	—	Remoção parcial ou total do pavimento existente e sua substituição parcial ou total por nova estrutura projetada com base no critério de resistência.

Fonte: DNIT (2006).

As atividades de conservação sugeridas pelo DNIT incluem, conforme exemplificado na tabela 2, diversas tarefas específicas.

Tabela 2: Tarefas de Conservação

Selagem de trinca	Consiste no enchimento de trincas e fissuras no revestimento betuminoso ou pavimento de concreto de cimento com material asfáltico para impedir a penetração de água nas camadas inferiores do pavimento.
Tapa buraco	Consiste em reparar buraco ou depressão secundária no revestimento, de modo a evitar maiores danos ao pavimento e se obter uma superfície de rolamento segura e confortável.
Remendo profundo com demolição mecanizada	Consiste em remover a base defeituosa, substituir o material de suporte deficiente por outro com suporte adequado e reparar o revestimento com mistura asfáltica. Se necessário, executar drenagem superficial ou profunda.

Remendo profundo com demolição manual	Consiste em remover a base defeituosa, substituir o material de suporte deficiente por outro com suporte adequado e reparar o revestimento com mistura asfáltica. Se necessário, executar drenagem superficial ou profunda.
Recomposição de revestimento primário	Consiste em corrigir o desgaste da ação do tráfego e da erosão na pista de rolamento e acostamentos através a adoção de material selecionado, com objetivo de recompor a seção transversal e dar maior conforto e segurança ao usuário.
Capa selante com pedrisco	Consiste na aplicação de material betuminoso, seguida de imediata aplicação do agregado e tem como finalidade corrigir os revestimentos esgarçados, combater o envelhecimento dos revestimentos ocasionados pela oxidação do ligante, restabelecer a impermeabilização da superfície do revestimento e servir como tratamento antiderrapante.
Lama asfáltica fina (granulometrias I e II)	Consiste na aplicação de uma mistura fluída de agregado miúdo, “filler”, emulsão asfáltica e água, em proporções definidas.
Recomposição do revestimento com areia asfalto a frio	Consiste na aplicação de uma capa de mistura asfáltica para corrigir defeitos nas superfícies de rolamento.
Recomposição do revestimento com areia asfalto a quente	Consiste na aplicação de uma capa de mistura asfáltica para corrigir defeitos nas superfícies de rolamento.
Recomposição do revestimento com mistura betuminosa a frio	Consiste em colocar uma capa de mistura asfáltica na superfície de rolamento, para correção de defeitos do pavimento e recomposição da seção transversal, visando-se obter um rolamento seguro e confortável.
Recomposição do revestimento com mistura betuminosa a quente	Consiste em colocar uma capa de mistura asfáltica na superfície de rolamento, para correção de defeitos do pavimento e recomposição da seção transversal, visando-se obter um rolamento seguro e confortável.
Combate à exsudação com pedrisco	Consiste no espalhamento manual de agregado sobre a superfície exsudada. Visa evitar a ocorrência de subida do material betuminoso para a superfície do revestimento tornando-a lustrosa e escorregadia nos dias chuvosos.
Fresagem	É o processo pelo qual se corta parte das camadas superficiais de um pavimento existente, conferindo-lhe um novo perfil.
Reciclagem de Pavimentos	Consiste no reaproveitamento de camadas betuminosas deterioradas – as quais através de processos específicos, são devidamente recuperadas, em termos de granulometria e de ligante betuminoso.

Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica tratada com polímero	Consiste na aplicação de emulsão asfáltica modificada por polímero sobre a superfície de base imprimada ou revestimento anterior à execução de uma camada betuminosa qualquer, objetivando promover condições de aderência entre as camadas.
---	--

Fonte: DNIT (adaptada).

3 METODOLOGIA

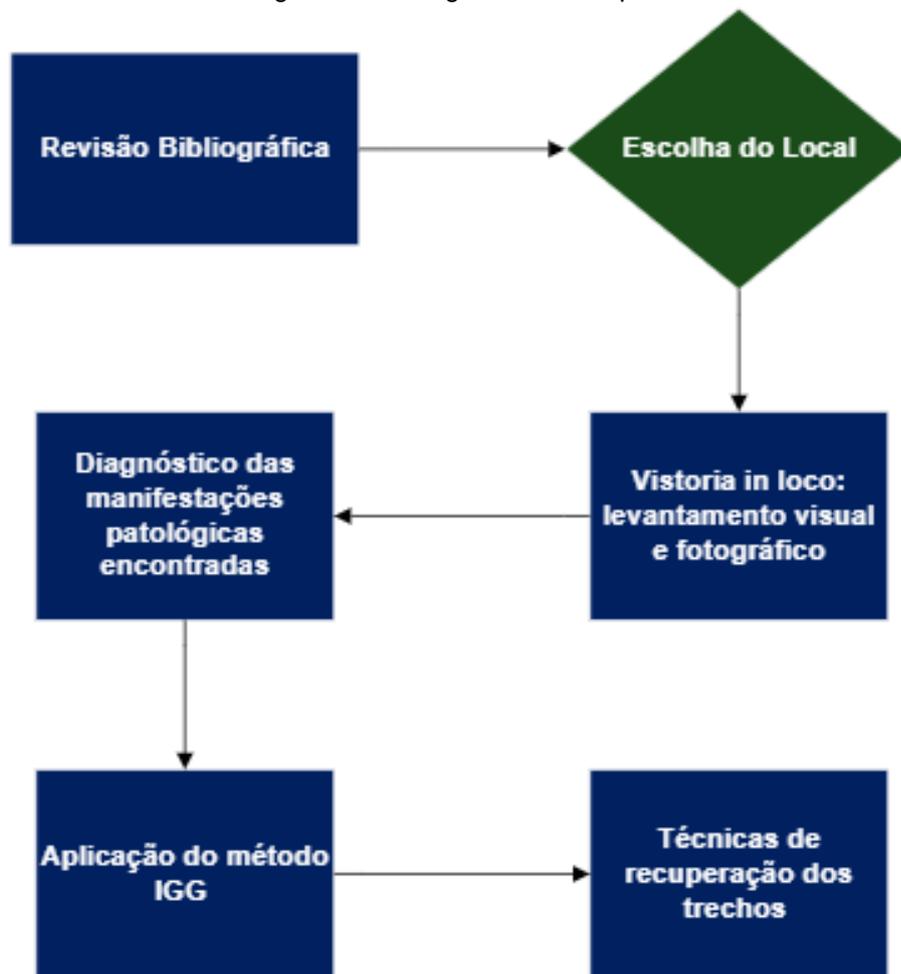
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho foi estruturado em duas etapas principais: pesquisa bibliográfica e estudo de caso. A pesquisa bibliográfica teve como objetivo fornecer embasamento teórico ao estudo, utilizando fontes como livros, normas, manuais técnicos e pesquisas acadêmicas desenvolvidas por universidades, adotando uma abordagem descritiva e exploratória. Conforme Marconi e Lakatos (2017), a pesquisa bibliográfica permite o exame de contribuições teóricas existentes sobre um problema, possibilitando ao pesquisador a formulação de hipóteses e a ampliação de seus conhecimentos sobre o tema. Já o estudo de caso concentrou-se na análise do trecho da Rua Estádio Zerão, em Macapá/AP, onde foram avaliadas as características locais para correlacionar os dados obtidos com as informações levantadas na revisão bibliográfica. Esta técnica, segundo as autoras, permite o aprofundamento da investigação de uma realidade particular, facilitando a compreensão de seus aspectos específicos e relacionando-os com o contexto geral da pesquisa (MARCONI; LAKATOS, 2017).

3.2 ETAPAS

O estudo foi estruturado em seis etapas sequenciais, conforme representado no fluxograma da Figura 16, possibilitando uma organização lógica e sistemática do processo metodológico adotado.

Figura 16: Fluxograma das Etapas.



Fonte: Autor (2025)

Etapa 1 – Revisão Bibliográfica

O levantamento bibliográfico abordou conceitos essenciais para o estudo, incluindo a definição de pavimento flexível, seus tipos, características e as terminologias associadas às manifestações patológicas em pavimentos, bem como suas causas. Além disso, foram exploradas as estratégias de conservação rodoviária, os métodos de recuperação do pavimento asfáltico e a caracterização do método IGG, fornecendo uma base teórica sólida para a pesquisa.

Etapa 2 – Escolha do Local Objeto do Estudo

O estudo desenvolvido sobre o pavimento da Rua do Estádio Zerão, localizada no bairro Universidade, na cidade de Macapá-AP, teve início com a escolha criteriosa do local de análise. A Rua do Estádio Zerão foi selecionada devido à sua relevância dentro da malha viária urbana e ao interesse em avaliar as condições estruturais do pavimento em um trecho específico da via. Esta fase inicial foi fundamental para estabelecer o escopo da pesquisa e direcionar as ações subsequentes.

Etapa 3 – Vistoria in loco: Levantamento Visual e Fotográfico

Após a definição do local, foi realizada uma vistoria minuciosa do pavimento, com o objetivo de realizar o levantamento visual e fotográfico in loco das patologias observáveis na superfície da via. A vistoria permitiu identificar defeitos como rachaduras, buracos e desgaste irregular, registrando as condições do pavimento de forma detalhada e documentando as falhas que comprometeriam o desempenho da via. A coleta fotográfica desempenhou um papel importante, pois além de fornecer um registro visual das patologias, também possibilitou uma análise mais aprofundada das manifestações detectadas.

Etapa 4 – Diagnóstico das manifestações patológicas encontradas

Em seguida, foi realizado o diagnóstico das patologias encontradas, com base na norma DNIT 005/2003, que trata dos defeitos em pavimentos flexíveis e semirrígidos. Essa norma, amplamente utilizada no Brasil para classificar as falhas em pavimentos, serviu como referência para a sistematização das patologias observadas. Complementando essa análise, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os principais defeitos em pavimentos asfálticos, permitindo o levantamento das causas e origens das falhas. A identificação das causas foi essencial para entender os fatores que contribuíram para a deterioração do pavimento e fornecer subsídios para a escolha das técnicas de recuperação mais adequadas.

Etapa 5 – Aplicação do Método IGG

A próxima etapa consistiu na aplicação do método IGG (Índice de Gravidade das Patologias), conforme estipulado pela norma DNIT 006/2003 – PRO. O uso deste método permitiu quantificar a gravidade das patologias identificadas e obter uma avaliação precisa do nível de dano do pavimento, fornecendo dados quantitativos que auxiliaram na tomada de decisão sobre a necessidade e o tipo de intervenção.

Etapa 6 - Técnicas de recuperação dos trechos mediante o estudo bibliográfico como o Manual de restauração de pavimentos asfálticos

Finalmente, com base nos resultados obtidos nas etapas anteriores, foram estudadas as técnicas de recuperação do pavimento, tomando como referência o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos e outras fontes bibliográficas especializadas. As técnicas de recuperação propostas visam restaurar as condições ideais de tráfego, promovendo a durabilidade e a segurança do pavimento. Este processo de análise e diagnóstico aprofundado foi fundamental para a elaboração de

um plano de recuperação eficaz, que, além de melhorar a infraestrutura local, contribui para a preservação e manutenção da qualidade das vias urbanas.

Este estudo, portanto, busca não apenas a identificação de falhas, mas também o desenvolvimento de soluções práticas e fundamentadas para a recuperação de pavimentos urbanos, com o objetivo de melhorar as condições de tráfego e garantir a longevidade das infraestruturas viárias em Macapá.

3.3 LOCAL DO ESTUDO

A escolha da Rua do Estádio Zerão, localizada na cidade de Macapá-AP, como objeto de estudo deste trabalho, deve-se à sua relevância para a mobilidade urbana da região, conforme mostra a Figura 17. A via está situada no bairro Universidade, uma área de grande circulação de pedestres e veículos, sendo um importante acesso ao Estádio Olímpico Zerão, um dos principais centros esportivos da cidade, também dá acesso ao Hospital Universitário sendo que o acesso aos funcionários e ao público ocorre pela rua em estudo. Essa via também faz parte do fluxo vindo do bairro Congós e do bairro do Muca e que dá acesso à Rodovia Josmar Pinto. Também está localizado nessa rua, o prédio em construção do Tribunal de Contas do Amapá.

Figura 17: Rua do Estádio Zerão



Fonte: Google Maps.

Além de sua importância no contexto urbano, a via apresenta sinais evidentes de desgaste em sua pavimentação, possivelmente decorrentes do intenso fluxo de veículos leves e pesados, das condições climáticas da região amazônica, caracterizadas por períodos chuvosos intensos, e da falta de manutenção contínua. Nos últimos anos, a cidade de Macapá tem enfrentado desafios na conservação de sua malha viária, e a Rua do Estádio Zerão não é exceção, apresentando diversas manifestações patológicas, como trincas, buracos e desagregação do asfalto.

As estações para o levantamento fotográfico serão marcadas em toda a extensão da via para aplicação do método IGG, permitindo classificar seu estado de conservação e orientar medidas corretivas para a melhoria da infraestrutura viária.

3.4 MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA DEMARCAÇÃO

Para a realização do levantamento das manifestações patológicas no pavimento, foi necessária a delimitação precisa das estações de avaliação ao longo do trecho analisado.

Utilizou-se uma trena de 50 metros (Figura 18) para medir o espaçamento regular de 20 metros entre cada estação de avaliação, garantindo uniformidade na distribuição dos pontos de coleta de dados. Cada estação foi demarcada com 6 metros de comprimento, sendo essa a extensão padrão adotada para a aplicação do método do Índice de Gravidade Global (IGG), conforme preconizado pela norma DNIT 006/2003 – PRO.

Figura 18: Trena de 50m.



Fonte: Autor (2025).

A vistoria visual e fotográfica foi realizada em dois dias distintos, em função das condições de trânsito na via. No primeiro dia, utilizou-se uma corda (Figura 19) com

18 metros de comprimento para auxiliar na demarcação das estações. Esse método se mostrou eficaz inicialmente, mas exigia maior tempo de execução e manipulação dos equipamentos.

Figura 19: Corda



Fonte: Autor (2025).

No segundo dia, observou-se que a aplicação direta de tinta spray branca (Figura 20) no pavimento era um método mais prático e eficiente. Dessa forma, adotou-se o uso do spray para delimitar o início e o fim das estações, otimizando o tempo de trabalho em campo e mantendo a precisão nas marcações.

Figura 20: Tinta Spray



Fonte: Autor (2025).

A via avaliada possui 12 metros de largura e, em diversos trechos, a sinalização horizontal ainda era visível, situando-se exatamente no eixo central da pista. Esse elemento visual facilitou a delimitação das estações com largura de 6 metros — metade da largura total — assegurando que cada avaliação fosse realizada em uma faixa padronizada e representativa do pavimento.

Como forma complementar de verificação, utilizou-se também uma trena metálica de 7,5 metros (Figura 21) para confirmar as medidas de comprimento e

largura nas estações selecionadas. Esse cuidado foi essencial para garantir a reprodutibilidade e a confiabilidade dos dados obtidos.

Figura 21: Trena de 7,5m.



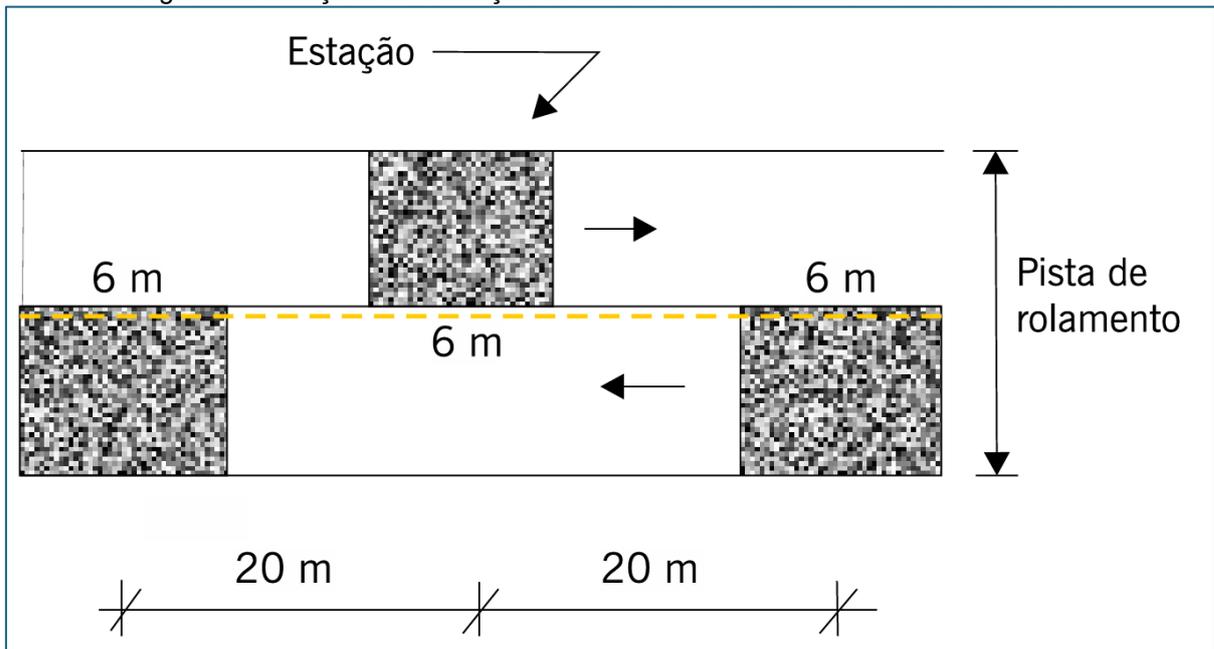
Fonte: Autor (2025).

3.5 APLICAÇÃO DO MÉTODO IGG

Para avaliar as manifestações patológicas ao longo dos 630m de pavimento asfáltico estudados, aplicou-se o método do Índice de Gravidade Global (IGG), conforme recomendado na Norma DNIT 006/2003-PRO. A aplicação do IGG prevê a contagem sistemática e objetiva dos diferentes tipos de defeitos aparentes e o registro de suas respectivas extensões, de modo a fornecer um valor numérico que represente o grau de deterioração do pavimento.

Organizou-se o pavimento em estações de avaliação (Figura 22), estabelecidas em intervalos de 20m, alternando-se as faixas de rolamento. Dessa forma, cada faixa da pista foi verificada a cada 40m. Conforme a DNIT 006/2003-PRO, cada estação abrange 3m antes e 3m depois da marcação (totalizando 6 m de extensão), cobrindo toda a largura da faixa em análise. Em razão dessa metodologia, o trecho de 630m foi subdividido em 29 estações que se alternavam em relação às faixas direita e esquerda.

Figura 22: Estações de avaliação de acordo com a Norma DNIT 006/2003-PRO



Fonte1: Bernuci *et al.* (2022).

A pista avaliada possui 12m de largura, e para efetuar a demarcação de cada estação de avaliação foram utilizados os seguintes materiais: trena de 50m, tinta spray, trena de 7,5m e cordas para demarcação.

Após a demarcação foram feitos os registros fotográficos dos defeitos e preenchimento da Ficha com Inventário de Defeitos do Pavimento com auxílio da Tabela 3 (Resumo dos defeitos – Codificação e Classificação). Em seguida, realizou-se uma consolidação dos dados para determinar o IGG final. Essa consolidação envolveu, além da simples contagem dos defeitos, a classificação dos mesmos de acordo com a ordem de gravidade apontada na norma DNIT 006/2003-PRO sob a nomenclatura fator de ponderação, dessa forma permite-se aferir uma visão quantitativa e qualitativa do estado de deterioração.

Tabela 3: Resumo dos defeitos – Codificação e Classificação.

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3
	OUTROS DEFEITOS					CODIFICAÇÃO	
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP			
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP			
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC			
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC			
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base					O		
Escorregamento (do revestimento betuminoso)					E		
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento					EX		
Desgaste acentuado na superfície do revestimento					D		
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores					P		
Remendos			Remendo Superficial		RS		
			Remendo Profundo		RP		
NOTA 1: Classe das trincas isoladas							
FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.							
FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.							
FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.							
NOTA 2: Classe das trincas interligadas							
As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.							

Fonte: DNIT.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização do tratamento dos dados coletados na pesquisa de campo, observa-se que a via estudada atingiu um IGG de 251,03, sendo superior a 160 na Classificação do IGG. Portanto, a partir do método objetivo de avaliação do pavimento tem-se que a Rua do Estádio Zerão apresenta um pavimento classificado como péssimo.

Os defeitos apresentados no momento da aferição revelam que o estado atual de conservação sofrerá ainda mais com a incidência de intempéries e com a carga imposta pelo tráfego.

4.1 DIAGNÓSTICO

A seguir serão vistos os defeitos mais presentes e problemáticos na situação atual da via, sob o enfoque da avaliação objetiva proposta nesse trabalho.

4.1.1 Desgaste

Foi possível observar desgaste em 28 das 29 estações avaliadas ao longo dos trechos (Figura 23), onde o revestimento se mostrou áspero e com agregados soltos. Esse desgaste, decorrente da ação abrasiva do tráfego, configurou-se como um defeito funcional.

Outras causas podem ser responsáveis pelo desgaste apresentado: falta de ligante; superaquecimento da mistura na usina; agregados sujos, úmidos ou com pequena resistência à abrasão; abertura precoce ao tráfego; execução sob condições meteorológicas desfavoráveis (FERNANDES JR.; ODA; ZERBINI, 2006).

Figura 23: Desgaste.



Fonte: Autor (2025).

4.1.2 Painelas

Foi possível observar a presença de painelas em 21 das 29 estações da via em estudo (Figura 24).

Figura 24: Painelas.



Fonte: Autor (2025).

As painelas são defeitos que requerem intervenções mais onerosas, pois são produto de um estágio avançado de degradação. A situação atual provavelmente foi causada pela ação de intempéries, umidade excessiva em camadas de solo, excesso

de carga de tráfego, falta de manutenção preventiva, problemas de drenagem, aumento da infiltração decorrente das causas anteriores, e deficiência de compactação.

4.1.3 Trinca tipo Couro de Jacaré (Trinca FC-2)

Em 18 das 29 estações foi possível constatar a presença de Trincas Tipo Couro de Jacaré sem erosão (Figura 25).

Figura 25: Trinca tipo Couro de Jacaré.



Fonte: Autor (2025).

As trincas tipo couro de jacaré fragmentam o revestimento e reduzem a capacidade de suporte. Entre as causas prováveis dessas trincas nessa via observa-se a baixa resistência e o subdimensionamento da mistura asfáltica, e o envelhecimento do ligante que provoca perda de flexibilidade do revestimento.

4.2 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL

Foi constatado que nenhum dos trechos apresentou trilhas de roda interna ou externa, portanto esse tipo de defeito não foi levado em consideração no cálculo do IGG.

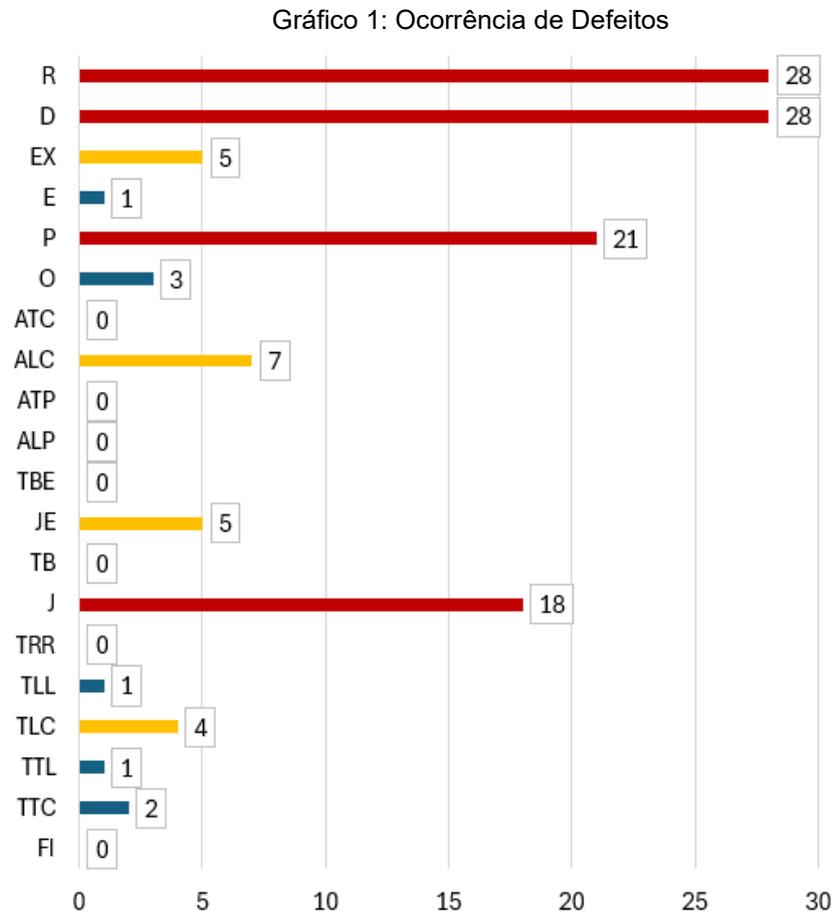
A Figura 26 mostra os defeitos observados em cada estação, permitindo calcular o IGG ao longo da via.

Figura 26: Inventário de Defeitos.

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

Fonte: Autor.

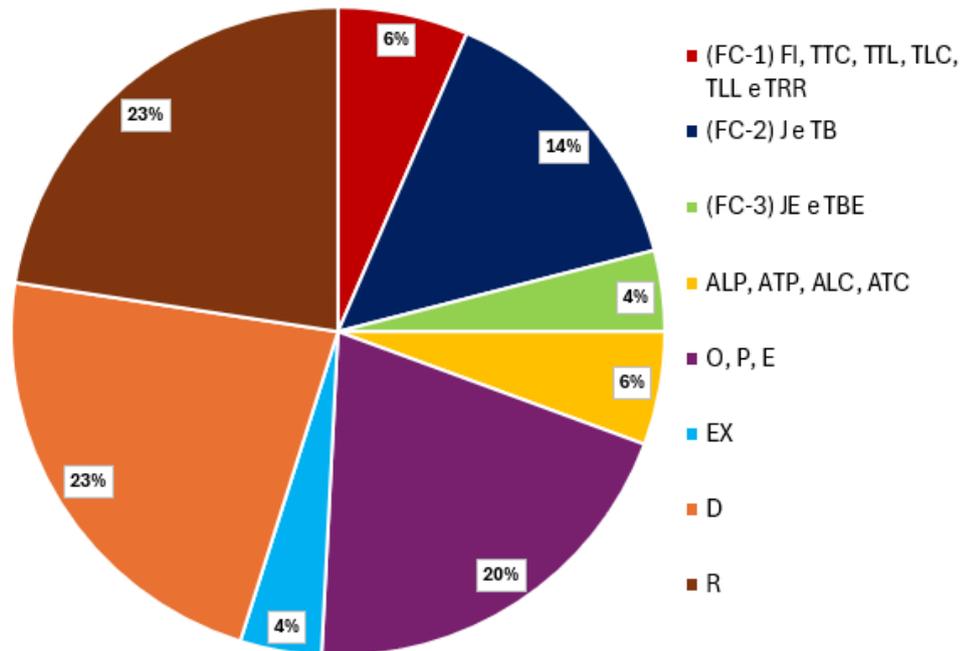
O Gráfico 1 mostra a frequência da ocorrência de cada tipo de defeito encontrado ao longo da via, baseado nas observações de campo.



Fonte: Autor (2025)

Em termos de porcentagem para cada tipo de defeito detectado nas estações temos o gráfico 2, ressalta-se que a presença do defeito em uma estação quer dizer que há a ocorrência de um ou mais do respectivo tipo.

Gráfico 2: Percentagem de Defeitos



Fonte: Autor (2025).

Os gráficos 1 e 2 mostram que os principais grupos de defeitos do pavimento são: Desgaste, Remendo, Painéis, Ondulações e Escorregamentos. Estes representam 66% das ocorrências observadas em campo.

A Tabela 4 foi elaborada conforme a metodologia proposta. Mais uma vez, é importante ressaltar que esse método leva em conta apenas a presença ou não de cada tipo de defeito em cada estação. Dessa forma não é contabilizado o número de defeitos de cada tipo em cada estação.

Tabela 4: Cálculo do IGG.

CÁLCULO DO IGG				
NATUREZA DO DEFEITO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA (fa)	FREQUÊNCIA RELATIVA (fr)	FATOR DE PONDERAÇÃO (fp)	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL (IGI)
(FC-1): FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR	4	13,79%	0,2	2,76
(FC-2): J e TB	18	62,07%	0,5	31,03
(FC-3): JE e TBE	5	17,24%	0,8	13,79
ALP, ATP, ALC, ATC	7	24,14%	0,9	21,72
O, P e E	25	86,21%	1	86,21
EX	5	17,24%	0,5	8,62
D	28	96,55%	0,3	28,97
R	28	96,55%	0,6	57,93
QUANTIDADE DE ESTAÇÕES INVENTARIADAS	29	ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)		251,03

Fonte: Autor (2025).

Ao avaliar as faixas de rolamento da via, observou-se que ambos os sentidos de tráfego apresentam condições de conservação igualmente comprometidas. Na faixa correspondente ao sentido Sul–Norte, foi obtido um Índice de Gravidade Global (IGG) de 238. Já na faixa no sentido oposto, Norte–Sul, o valor aferido foi de 265. Ambos os resultados se enquadram na classificação "péssima", conforme os critérios estabelecidos pela metodologia adotada, evidenciando a necessidade urgente de intervenções em toda a extensão da via.

4.3 ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO

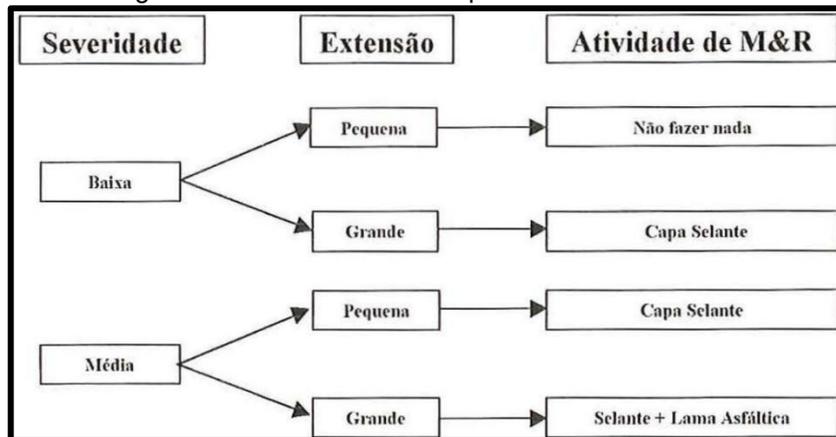
A partir da aferição do IGG, constata-se que, de acordo com a Tabela 1, pode ser adotado o Reforço de pavimento, e a seguinte diretriz de projeto: Remoção parcial ou total do pavimento existente e sua substituição parcial ou total por nova estrutura projetada com base no critério de resistência.

No entanto antes da execução de uma ou mais camadas de reforço também deve-se fazer correções necessárias na superfície do pavimento preexistente.

Para corrigir os defeitos preexistentes, utilizam-se as Árvores de Decisão desenvolvidas por Pantigoso (1998) para solucionar cada um dos defeitos que mais impactam o desempenho estrutural na via em estudo. Os defeitos que se destacam por seus Índices de Gravidade Individual são: Painelas, Remendos, Desgaste e Trincas FC-2.

Essa abordagem considera a severidade dos defeitos, bem como a extensão e o tipo de tráfego presente na via. O método adotado busca assegurar intervenções eficazes e direcionadas, contribuindo para a preservação e a funcionalidade do pavimento. Com base nas Figuras 27, 28, 29 e 30, são apresentadas possíveis intervenções recomendadas conforme o tipo de defeito identificado.

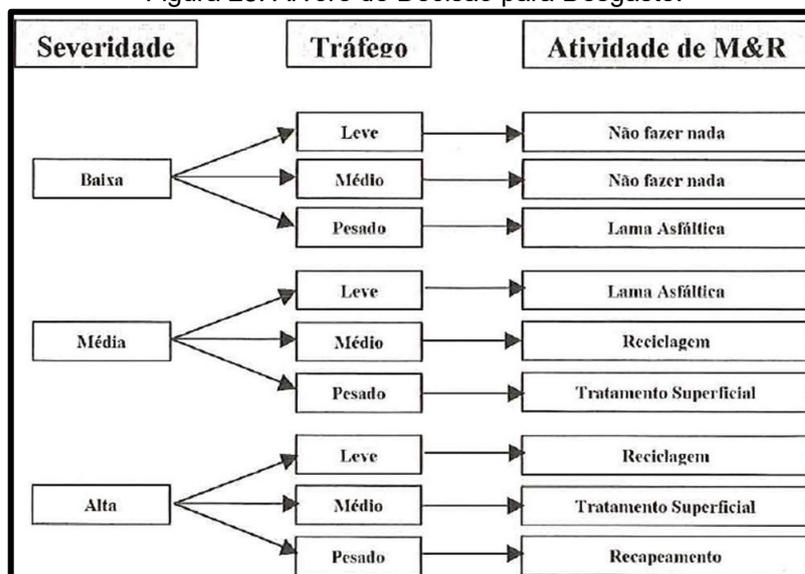
Figura 27: Árvore de Decisão para Trincas em Bloco.



Fonte: Pantigoso (1998).

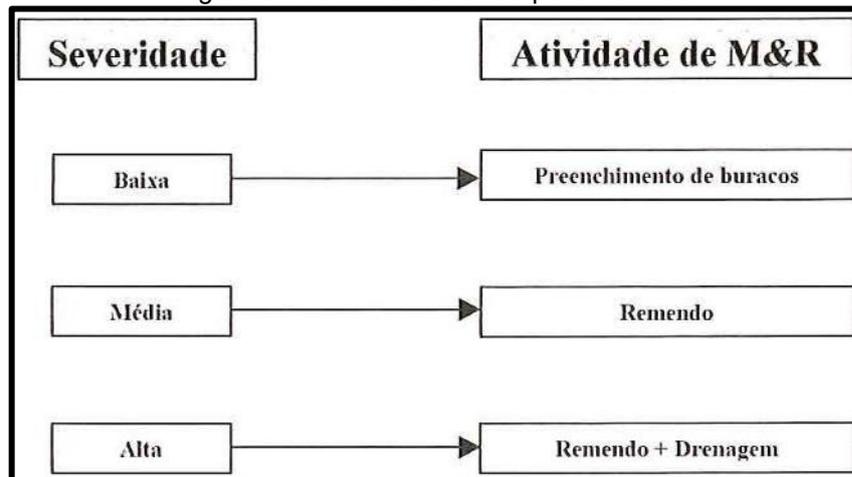
Considera-se que as Trincas FC-2 (entre as quais a Trinca Couro de Jacaré foi a mais presente, e que é semelhante as trincas em bloco) apresentam uma severidade média, com extensão pequena, portanto afere-se a necessidade da execução de capa selante.

Figura 28: Árvore de Decisão para Desgaste.



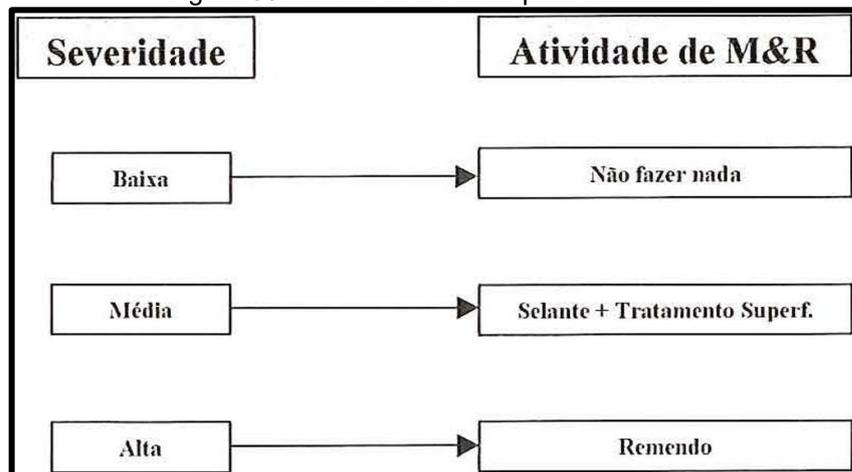
Fonte: Pantigoso (1998).

Figura 29: Árvore de Decisão para Panelas.



Fonte: Pantigoso (1998).

Figura 30: Árvore de Decisão para Remendo.



Fonte: Pantigoso (1998).

Diante do exposto, antes da execução do reforço de pavimento, recomenda-se a execução das seguintes atividades de conservação: Remendo para as panelas, aqui indicadas como severidade média, com implementação de um sistema de drenagem eficiente. Além disso, recomenda-se a aplicação de capa selante para solução das Trincas FC-2. Os outros defeitos serão solucionados pela própria execução das camadas de reforço que devem ainda ser dimensionadas com critérios técnicos.

5 CONCLUSÃO

Neste estudo, foi realizada a aplicação do método do Índice de Gravidade Global (IGG), conforme diretrizes da norma DNIT 006/2003, para avaliação das condições do pavimento da Rua do Estádio Zerão, localizada no bairro Universidade, em Macapá-AP. A escolha desta via se justifica por sua importância estratégica para a mobilidade urbana da região, por ser rota de acesso ao Estádio Olímpico Zerão, ao Hospital Universitário e ao futuro prédio do Tribunal de Contas do Estado do Amapá, além de interligar os bairros Congós e Muca, e a Rodovia Josmar Chaves Pinto.

O levantamento em campo permitiu identificar e classificar as principais manifestações patológicas, sendo as mais recorrentes as panelas, remendos, desgaste da camada superficial e trincas de classe FC-2. A análise indicou que a principal causa da deterioração está relacionada à ausência de manutenção adequada ao longo do tempo, associada a deficiências no sistema de drenagem pluvial da via.

Com base nos resultados obtidos, foi possível propor as principais ações corretivas necessárias para a recuperação funcional do pavimento, recomendando-se a execução de reforço estrutural, precedido de intervenções pontuais de remendos e reparo localizado, implantação de drenagem eficiente e aplicação de capa selante para preservação da superfície.

A metodologia adotada atendeu plenamente aos objetivos propostos, permitindo não apenas a caracterização do estado atual do pavimento, mas também contribuindo para a indicação de ações corretivas que visem prolongar a vida útil da via e garantir maior segurança e conforto aos usuários.

Apesar dos resultados alcançados, é importante destacar algumas limitações enfrentadas durante o desenvolvimento deste estudo, as quais podem ter influenciado a precisão dos resultados. A principal delas foi a ausência da treliça para medição das flechas nas trilhas de roda, conforme indicado na norma DNIT 006/2003 – PRO. A utilização desse equipamento teria proporcionado maior precisão na aferição do Índice de Gravidade Global (IGG), uma vez que esse parâmetro não pôde ser considerado no cálculo. Além disso, os prazos acadêmicos reduzidos limitaram a realização de coletas complementares e a análise mais ampla de trechos adjacentes. Também houve interferência do tráfego local, que dificultou o acesso contínuo ao trecho e

comprometeu a precisão das medições em campo, especialmente por estas terem sido executadas de forma manual, o que contribuiu para o aumento da margem de erro. Soma-se a isso a indisponibilidade de dados históricos sobre manutenção da via, volume de tráfego, idade do pavimento e características do subleito, o que restringiu a possibilidade de uma avaliação mais abrangente e comparativa com ciclos anteriores de desempenho.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Monitoramento contínuo da via: Aplicar o método IGG em campanhas periódicas para monitorar a evolução das patologias e a eficiência das intervenções realizadas.
- Análise estrutural do pavimento: Complementar a avaliação funcional com estudos de deflexão utilizando equipamentos como o Falling Weight Deflectometer (FWD) para diagnóstico mais preciso da estrutura.
- Estudo da influência do tráfego pesado: Avaliar o impacto específico do fluxo de veículos pesados, considerando o acesso ao Estádio do Zerão, Hospital Universitário e futuras instalações públicas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. M.; PICADO-SANTOS, L.; CAPITÃO, S. D. **Asphalt road pavements to address climate change challenges—An overview**. *Applied Sciences*, Basel, v. 12, n. 24, p. 12515, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/app122412515>.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2022. 750 p. ISBN 978-85-69658-02-3.

CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2023**. Brasília: Confederação Nacional do Transporte. 2023. Disponível em: <https://repositorio.itl.org.br/jspui/bitstream/123456789/697/1/Pesquisa%20CNT%20de%20Rodovias%202023.pdf>

DNIT. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT aprimora avaliação estrutural do pavimento com auxílio de tecnologia australiana – O iPAVe**. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/dnit-aprimora-avaliacao-estrutural-do-pavimento-com-auxilio-de-tecnologia-australiana-2013-o-ipave>. Acesso em: 25 abr. 2025.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia – Norma DNIT 005/2003 – TER**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2003.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento - Norma DNIT 006/2003 – PRO**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2003.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Norma DNIT 009/2003 – PRO**. Rio de Janeiro: DNIT, 2003.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de conservação rodoviária**. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005. 564 p. (Publicação IPR-710).

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Restauração de pavimentos asfálticos**. 2. ed. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2006. 310 p. (Publicação IPR-720).

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. 274 p. (IPR. Publ., 719).

FERNANDES Jr., J. L.; & ODA, S.; & ZERBINI, L. F. (2006). **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.

FERRARO, Matheus Antonio Nery. **Manifestações patológicas em pavimentos asfálticos: estudo de caso em Macapá-AP**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2025.

FRANCISCO, Ana Paula Santos. **Comportamento Estrutural de Pavimentos Rodoviários Flexíveis**. 2012. Relatório Final de Projeto (Mestrado em Engenharia da Construção) – Escola Superior de Tecnologia e de Gestão, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2012. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/entities/publication/d1038aec-fc8a-4b0f-9328-cddfb8a1a3c1>. Acesso em: 25 abr. 2025.

FREITAS, M. A. G. de; OLIVEIRA, C. B. de. **Índice da condição do pavimento flexível e valor de serventia atual: uma avaliação das condições do pavimento em uma amostra da RJ-121**. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 10, p. 68655–68666, 2022.

HASHIM, I. H.; BADAWY, R. M.; HENEASH, U. **Impact of Pavement Defects on Traffic Operational Performance**. *Sustainability*, [S.l.], v. 15, n. 10, p. 8293, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15108293>.

MACEDO, F. E. F. de. **Estudo do Valor de Serventia Atual de Pavimento Flexível e do Envelhecimento do Ligante Asfáltico Removido**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Ceará, Crateús, 2022.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MOURA, Edson de. **Estudo de deformação permanente em trilha de roda de misturas asfálticas em pista e em laboratório**. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-17082010-094223/>. Acesso em: 09 maio 2025.

NASCIMENTO, Eduardo Dornelas. **Avaliação de pavimentos flexíveis utilizando o método IGG – Índice De Gravidade Global. Estudo de caso: av. Caubi Sérgio Melo localizada no bairro Renascer em Macapá-AP**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2024.

PANTIGOSO, J.F.G. **Uso dos Sistemas de Informação Geográfica para Integração da Gerência de Pavimentos Urbanos com as Atividades das Concessionárias de Serviços Públicos**. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1998.

PEIXOTO, L. T. O.; FERNANDES, V. de O.; LIMA, C. D. A. de. **Mapeamento da literatura sobre técnicas de identificação de defeitos em pavimentos**. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL – PLURIS, 10., 2024, Guimarães. *Anais eletrônicos...* Guimarães: PLURIS, 2024.

RAFFANIELLO, A.; BAUER, M.; SAFIUDDIN, M.; EL-HAKIM, M. **Traffic and climate impacts on rutting and thermal cracking in flexible and composite pavements.** *Infrastructures*, Basel, v. 7, n. 8, p. 100, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2412-3811/7/8/100>. Acesso em: 8 maio 2025.

RIAZ, A.; YASIR, N.; BADIN, G.; MAHMOOD, Y. **Innovative pavement solutions: a comprehensive review from conventional asphalt to sustainable colored alternatives.** *Infrastructures*, Basel, v. 9, n. 10, p. 186, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/infrastructures9100186>.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação** (v. 1). 2. ed. ampl. São Paulo: Pini, 2007. ISBN 978-85-7266-199-7.