**Ministério da Educação**
**Universidade Federal da Integração Latino-Americana**
**Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território**
Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura
Engenharia Civil de Infraestrutura

# AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS COM O USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG): ESTUDO DE CASO NO BAIRRO VILA C VELHA - FOZ DO IGUAÇU-PR

INDRITH TATIANA URUENA OVANDO

Foz do Iguaçu, PR
Agosto de 2025

*Versão Final Homologada*
*20/08/2025 09:22*

**Ministério da Educação**
**Universidade Federal da Integração Latino-Americana**
**Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território**
Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura
Engenharia Civil de Infraestrutura

# AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS COM O USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG): ESTUDO DE CASO NO BAIRRO VILA C VELHA - FOZ DO IGUAÇU-PR

INDRITH TATIANA URUENA OVANDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura da UNILA, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientador:** Profº. Drº. Ricardo Oliveira de Souza

**Co-orientador:** Profº. Msº. Mara Rubia Silva

Foz do Iguaçu, PR

Agosto de 2025

*Versão Final Homologada*
*20/08/2025 09:22*

"Vencedores nunca desistem,
e quem desiste nunca vence"
(Vince Lombardi)



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

# AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela força e oportunidade de estar aqui hoje, assumindo cada passo desta jornada.

À minha filha Emilyanna, minha eterna inspiração e razão de todas as conquistas: você, por quem tudo se fez possível, meu motivo de lutar incansavelmente, revelando em mim uma versão capaz de enxergar beleza na simplicidade da vida. Por ter "emprestado sua mãe" para culminar minha história na UNILA. Amo-te até a eternidade minha pequena. Gratidão porque foram dias e noites de lutas, hoje eu colho as recompensas que me transbordam de muito orgulho.

Aos meus pais Orlando e Cecilia que fizeram de mim a mulher que sou eu, pela educação e pelo apoio, porque foi por vocês que decidi sair em busca de novas oportunidades.

Ao meu amor e parceiro Thiago, testemunha silenciosa das madrugadas dedicadas a este sonho, sua presença firme, apoio incondicional e cuidado permitiram que me mantivesse firme no processo, obrigada pelo amor e carinho.

À minha melhor amiga Mary, que teria sido de mim sem essa voz amiga, que com seus conselhos acolhedores e alegria genuína em minhas conquistas, transformando distância em laços inquebrantáveis, obrigada por sempre estar para mim.

Às minhas queridas amigas Adri e Sole, que fizeram com que a faculdade se tornasse mais leve, com cada conselho, com cada palavra, por cada noite de estudo, por me acompanhar nesta caminhada desde o primeiro dia. Minhas amigas — São as irmãs que o Brasil me deu. Para sempre, nosso grupo, o "trio precioso”, porque família vai além de laços de sangue, é a família do coração a quem escolhemos para se tornar nossa força, apoio e inspiração.

À minha querida amiga Camila, companheira de fases decisivas nesta trajetória: Mãe e estudante, duas jornadas que exigem coragem, e que só nós compreendemos na plenitude de seus desafios. Obrigada por transformar o "Não é fácil!" em "Tampouco é impossível!" com tua amizade sincera. Em cada conversa, escuta atenta e sorriso compartilhado. Esta conquista é também tua, irmã de lutas e sonhos.

À professora Mara, minha bússola nos anos decisivos: sua orientação transcendente fez deste sonho uma realidade. "Profe": sem você, nada seria possível.

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

À minha equipe de voluntários — Dani, Elvis, Roque, Sorani, Steven, Oscar, Giovanna, Guillermo — meus mais sinceros agradecimentos. Sem vocês não teria como ter iniciado e nem realizado o levantamento de campo, obrigada pela disposição e ajuda.

Ao meu amigo Moisés pela ajuda e orientação na parte do QGIS.

Ao professor Ricardo, obrigada por aceitar ser meu orientador, e ter feito essa força tarefa de me ajudar no levantamento de campo e me ajudar a resolver as dúvidas que surgiram no longo deste trabalho.

Aos meus irmãos Geral, Mailen e Victor, vocês me inspiram sempre, mesmo na distância, vocês são meu orgulho e meu complemento, amo vocês!

Não teria como não agradecer você, senhora Laudeci, você se converteu em um anjo para mim, ajudando-me e apoiando neste caminhar. Muito obrigada!

Às minhas cunhadas e irmãs Ana e Débora, pelo carinho, comemoração das minhas vitórias e amor dedicado à minha Emy. Obrigada por fazerem parte da nossa história.

Este trabalho é um tributo a todos que acreditaram em mim quando eu mesma duvidava. Cada nome aqui inscrito e um tijolo que ajudou a construir este sonho chamado Engenheira Civil.



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

# RESUMO

A pavimentação asfáltica de vias urbanas é essencial para o desenvolvimento urbano e para a qualidade de vida, garantindo mobilidade, segurança e eficiência no transporte. Em Foz do Iguaçu, o eixo Norte–Sul, localizado no bairro Vila C Velha, possui grande relevância por conectar a região à Usina Hidrelétrica de Itaipu e atrair turistas, estudantes e trabalhadores. O levantamento e diagnóstico periódico do estado de conservação das vias pavimentadas facilita a definição de estratégias e a alocação adequada de recursos para as atividades de manutenção. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é analisar as condições funcionais do pavimento asfáltico em um trecho de aproximadamente 3,6 quilômetros, abrangendo vias de pista simples atendidas pelas linhas de ônibus 40, 320, 101 e 102. Para este fim, utilizou-se o Índice de Gravidade Global (IGG), conforme procedimento do DNIT 006/2003-PRO, e a classificação de defeitos descrita no DNIT 005/2003-TER. O levantamento de campo, realizado entre abril e maio de 2025, incluiu o levantamento visual dos defeitos e a medição das flechas nas trilhas de roda. Os dados foram integrados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), com uso do software QGIS e medições obtidas por GPS, para processamento e geração de mapas temáticos. Os resultados revelaram variações de classificação que vão de “Bom” a “Péssimo”, com identificação de pontos críticos que demandam intervenções de manutenção e em alguns casos, reforço. Conclui-se, assim, que com aplicação do IGG e de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) fornecem subsídios técnicos relevantes para a tomada de decisão, a melhoria da gestão da infraestrutura viária e o fortalecimento da mobilidade e da qualidade de vida da população.

**Palavras-chave:** Pavimentação asfáltica. Índice de Gravidade Global (IGG). Defeitos de pavimentos. Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

## ABSTRACT

The asphalt paving of urban roads is essential for urban development and quality of life, ensuring mobility, safety, and transportation efficiency. In Foz do Iguaçu, the North–South axis, located in the Vila C Velha neighborhood, is highly significant as it connects the region to the Itaipu Hydroelectric Power Plant and attracts tourists, students, and workers. The regular assessment and diagnosis of the condition of paved roads facilitates the definition of strategies and the proper allocation of resources for maintenance activities. In this context, the objective of this study is to analyze the functional conditions of the asphalt pavement over a stretch of approximately 3.6 kilometers, covering single-lane roads served by bus lines 40, 320, 101, and 102. For this purpose, the Global Severity Index (IGG) was used, following the DNIT 006/2003-PRO procedure, along with the defect classification described in DNIT 005/2003-TER. The field survey, conducted between April and May 2025, included a visual assessment of defects and rut depth measurements on the wheel paths. The data were integrated into a Geographic Information System (GIS), using QGIS software and GPS-based measurements, for processing and the generation of thematic maps. The results revealed condition classifications ranging from “Good” to “Very Poor,” with the identification of critical points requiring maintenance interventions and, in some cases, reinforcement. It is concluded that the use of the IGG and Geographic Information Systems (GIS) provides relevant technical support for decision-making, improves road infrastructure management, and strengthens both mobility and the quality of life of the population.

**Keywords**: Asphalt paving. Global Gravity Index (IGG). Pavement defects. Geographic Information System (GIS).



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

# LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** - Pavimentação Asfáltica (corte transversal) ..... 24
**Figura 2** - Concreto-cimento (corte longitudinal)..... 25
**Figura 3 -** Perfil do pavimento flexível ..... 25
**Figura 4** - Representação esquemática trincas ..... 34
**Figura 5** - Representação dos tipos de fendas ..... 34
**Figura 6** - Afundamento na trilha de roda ..... 36
**Figura 7** - Ondulação/Corrugação ..... 37
**Figura 8 -** Escorregamento..... 38
**Figura 9** - Exsudação ..... 39
**Figura 10** - Desgaste..... 40
**Figura 11**- Panela/buraco..... 40
**Figura 12-** Representação esquemática Remendos..... 41
**Figura 13** - Estrutura de um SIG ..... 45
**Figura 14** - Elementos Vetoriais ..... 46
**Figura 15** - Localização..... 50
**Figura 16** - Demarcação de áreas para inventário de defeitos em pista simples ..... 52
**Figura 17** - Utilização de treliça em campo ..... 53
**Gráfico 1** - Distribuição dos resultados do IGG.....57
**Gráfico 2** - Distribuição dos resultados do IGG.....58
**Figura 18** - Mapa de IGG's por segmentos ..... 62
**Figura 19** - Mapa de classificação do IGG por segmentos ..... 63

*Versão Final Homologada*
*20/08/2025 09:22*

# LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** - Termos aplicáveis a camadas de revestimento asfáltico ..... 27
**Tabela 2** - Características das bases ..... 28
**Tabela 3** - Materiais utilizados nas camadas de base..... 28
**Tabela 4** - Características das sub-bases..... 29
**Tabela 5** - Estratégias de intervenção em pavimentos asfálticos..... 43
**Tabela 6** - Propriedades de receptores GPS ..... 47
**Tabela 7** - Estrutura de dados QGIS ..... 53

# LISTA DE QUADROS

**Quadro 1 -** Seleção do tipo de revestimento.....26
**Quadro** 2 - Resumo dos defeitos – Codificação e Classificação .....32
**Quadro 3 -** Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.....42
**Quadro 4** - Formulário de inventário do estado da superfície do pavimento .....52
**Quadro 5** - Valores dos fatores de ponderação.....54
**Quadro 6 -** Planilha para cálculo do IGG.....56



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

# LISTA DE ABREVIATURAS

**ALC -** Afundamentos por consolidação localizada

**ATC -** afundamento por consolidação em trilha de roda´

**ATP -** Afundamento plástico nas trilhas de roda

**CBR** - *California Bearing Ratio*

**cm** - Centímetro

**D -** Desgaste

**DNER -** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

**DNIT -** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

**E -** Escorregamento

**EX -** Exsudação

**FP -** Fator de ponderação

**FR -** Frequência relativa

**FRE -** Flecha na trilha externa

**FRI -** Flecha na trilha interna

**GPS -** *Global Positioning System*

**IGI -** Indice de gravidade global

**IGG -** Indice de Gravidade Local

**J -** Trincas tipo couro de jacaré

**JE -** Trincas tipo couro de jacaré com erosão

**m** - Metro

**mm** - Milímetro

**O -** Ondulação

**P -** Panela

**QGIS** – *Quantum Geographic Information System*

**R -** Remendo

**TB** - Trinca de bloco sem erosão

**TBE -** Trinca de bloco com erosão

**TLC -** Trinca longitudinal curta

**TLL -**Trinca Longitudinal longa

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

**TTC -** Trinca transversal curta

**TTL -** Trinca transversal longa

**TRR -** Trinca de retração



*Versão Final Homologada*
*20/08/2025 09:22*

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO ..... 19
1.1 Justificativa ..... 20
1.2 Objetivos ..... 21
1.3 Estrutura do trabalho ..... 22
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ..... 22
2.1 Classificação dos pavimentos ..... 23
2.1.1 Pavimentos flexíveis ..... 23
2.1.1 Pavimentos Semi-Rígidos ..... 24
2.1.2 Pavimentos Rígidos ..... 24
2.2 Camadas constituintes do pavimento flexível ..... 25
2.2.1 Revestimento ..... 26
2.2.2 Base ..... 27
2.2.3 Sub-base ..... 29
2.2.4 Reforço de subleito ..... 29
2.3 Defeitos na superfície do pavimento. ..... 30
2.3.1 Definição dos defeitos ..... 31
2.3.1.1 Fendas ..... 33
2.3.1.2 Trincas isoladas ..... 35
2.3.1.3 Trincas Interligadas ..... 35
2.3.1.4 Afundamentos ..... 35
2.3.1.5 Afundamento plástico ..... 36
2.3.1.6 Afundamento de consolidação ..... 36
2.3.1.7 Ondulação (O) ..... 36
2.3.1.8 Escorregamento (E) ..... 37
2.3.1.9 Exsudação (EX) ..... 38
2.3.1.10 Desgaste (D) ..... 39
2.3.1.11 Panela/Buraco (P) ..... 40
2.3.1.12 Remendos ..... 41
2.4 Índice de Gravidade Global (IGG) ..... 41
2.5 Manutenção e reabilitação de pavimentos asfálticos ..... 42
2.6 Sistema de Informação Geográfica (SIG) ..... 44
2.6.1 Banco de dados ..... 46
2.6.2 Sistema de Posicionamento Global (GPS) ..... 46

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

2.6.3 *Quantum GIS* (QGIS) ..... 47
2.6.4 Mapas Temáticos ..... 47
2.6.5 Avaliação de pavimentos com SIG ..... 47
3 METODOLOGIA ..... 48
3.1 Levantamento bibliográfico ..... 48
3.2 Delimitação da área de estudo ..... 49
3.3 Abordagem Técnica ..... 50
3.3.1 Estruturação da base cartográfica ..... 51
3.3.2 Levantamento de campo ..... 52
4 RESULTADOS ..... 56
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 64
5.1 Sugestões para trabalhos futuros ..... 65
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 66



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

# 1 INTRODUÇÃO

O pavimento é composto por diversas camadas, edificadas sobre a superfície final de terraplenagem, propostas a resistir aos esforços procedentes do tráfego de veículos e do clima, e a disponibilizar aos seus usuários melhores condições de rolamento, adicionadas à comodidade, economia e segurança. Para a construção de um pavimento de boa qualidade é necessário também que seja feito o seu dimensionamento (BERNUCCI *et al*., 2006). Ficando evidente que além de um bom dimensionamento da via, é necessário manter um serviço de conservação e recuperação frequente.

Assim, a manutenção do pavimento constitui-se no conjunto de operações desenvolvidas para manter ou elevar a níveis desejáveis as características gerais de desempenho, segurança, conforto e economia considerando globalmente todos os componentes rodoviários (DNIT, 2006, p. 245).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o pavimento asfáltico do corredor de ônibus localizado no eixo Norte–Sul do bairro Vila C Velha, em Foz do Iguaçu, contemplando as ruas Belo Horizonte, F, Assunção, C, Sapucaí, D, Florianópolis e A, que compõem um importante eixo de mobilidade urbana na cidade. A importância deste estudo justifica-se pela necessidade de ter um diagnóstico sistematizado da região, visando gerar um banco de dados georreferenciado, contendo informações do estado atual do pavimento. Este banco de dados servirá de suporte à tomada de decisão pelas entidades competentes quanto aos parâmetros de manutenção a ser aplicados.

Analisar e propor soluções para os problemas reais enfrentados diariamente pela comunidade, sob a ótica da engenharia civil, em especial, na área de pavimentação, significa também considerar aspectos sociais. Enquanto futuros profissionais da área, cabe refletir, buscar antecipar, mitigar e evitar impactos negativos que possam comprometer a qualidade de vida dos cidadãos. Desta forma, conhecer de forma objetiva e especializada a condição do pavimento asfáltico e apresentar estudos nessa área pode ajudar na priorização de intervenções.

Especialmente porque, neste corredor de grande importância, não se dispõe de um diagnóstico técnico e objetivo capaz de determinar e antecipar seu estado de conservação. Essa ausência de avaliação especializada dificulta tanto a execução

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

oportuna de intervenções de manutenção e reabilitação quanto a destinação adequada de recursos, além de limitar o estabelecimento de estratégias proporcionais à gravidade dos defeitos identificados na superfície do pavimento.

Diante desse cenário, este estudo propõe-se a levantar e analisar os defeitos do pavimento ao longo das rotas de ônibus Norte–Sul do bairro Vila C Velha, utilizando o Índice de Gravidade Global (IGG) para quantificar a severidade e o Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio do *software* QGIS, para a representação dos dados. Com a aplicação desse método, busca-se gerar informações técnicas relevantes que subsidiem a formulação de soluções adequadas para a melhoria da infraestrutura viária da região.

Para uma melhor compreensão do problema, delimitou-se um trecho de aproximadamente 3,6 quilômetros, abrangendo as rotas nos dois sentidos e as vias anteriormente citadas. Essas vias são caracterizadas por pista simples e atendidas por quatro linhas de ônibus: 40, 320, 101 e 102.

## 1.1 Justificativa

A presente investigação é motivada pela relevância do corredor Norte–Sul, situado em uma região estratégica que abriga a Hidrelétrica de Itaipu, o Parque Itaipu Parquetec, a Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), além de outras universidades, faculdades e institutos de pesquisa que impulsionam a formação, a inovação tecnológica e o desenvolvimento científico, atendendo não apenas à comunidade local, mas também a demandas nacionais e internacionais.

Isso porque o trajeto analisado constitui uma via de passagem fundamental para trabalhadores, moradores, estudantes e turistas, movimentando setores econômicos que fortalecem tanto a economia local quanto a externa. Nesse contexto, a quase inexistência de estudos técnicos sistematizados sobre as condições do pavimento dificulta o planejamento e a execução de estratégias eficazes de manutenção e reabilitação das vias. Investigações nessa área têm potencial para contribuir significativamente com a conservação da infraestrutura, a fluidez do tráfego e a qualidade geral das vias da região.



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

A importância deste estudo justifica-se pela necessidade de ter um diagnóstico sistematizado da região, mediante aplicação do Índice de Gravidade Global (IGG). visando gerar um banco de dados georreferenciado, contendo informações do estado atual do pavimento. Este banco de dados servirá de suporte à tomada de decisão pelas entidades competentes quanto aos parâmetros de manutenção a serem aplicados. Contribuindo para a melhoria da infraestrutura viária de Foz do Iguaçu.

## 1.2 Objetivos

### Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo levantar, quantificar e analisar defeitos dos pavimentos asfálticos em trechos do itinerário das linhas de ônibus no eixo Norte-Sul do bairro Vila C Velha, mediante aplicação do Índice de Gravidade Global (IGG) e espacialização dos dados com um Sistema de Informação Geográfica (SIG) utilizando o software Quantum GIS (QGIS).

### Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos são propostos:

a) Fundamentar teoricamente os tipos de pavimento, patologias e técnicas de recuperação com base em normas e literatura técnico-científica.
b) Levantar *in loco* defeitos superficiais e calcular o IGG conforme diretrizes da norma DNIT 006/2003.
c) Estruturar um banco de dados georreferenciado no QGIS integrando os dados de campo e planilha de cálculo do IGG.
d) Gerar mapas temáticos de distribuição espacial dos defeitos e estado do pavimento com ferramentas do QGIS.

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

### 1.3 Estrutura do trabalho

Para melhor organização da pesquisa, após esta introdução são apresentadas a justificativa, o objetivo geral e os objetivos específicos. No Capítulo 3, discute-se sobre a pavimentação, abrangendo suas classificações, as camadas do pavimento flexível, a definição e as tipologias de defeitos, o Índice de Gravidade Global (IGG) e os fundamentos do SIG. O Capítulo 4 descreve a metodologia, contemplando o levantamento bibliográfico, a delimitação da área de estudo, a abordagem técnica, a estruturação da base cartográfica e o levantamento de campo. Por fim, o Capítulo 5 apresenta e discute os resultados obtidos e o Capítulo 6 apresenta as considerações finais.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme estabelecido pela NBR 7207 (1982), em vias de transporte terrestre, o pavimento é definido como uma estrutura multicamadas, construída após a terraplenagem, com a função principal de resistir e distribuir as cargas verticais e horizontais decorrentes do tráfego, garantindo condições adequadas de rolamento, segurança aos usuários e durabilidade da via. Sua composição básica compreende camadas distintas, como o revestimento, a base e a sub-base, cada uma com propriedades específicas para atender às demandas estruturais e econômicas do projeto (DNIT, 2006a). Complementando essa definição, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006a) destaca que o pavimento é projetado com base em critérios técnico-econômicos, envolvendo a sobreposição de materiais com diferentes características de resistência e deformabilidade. Essa heterogeneidade de camadas resulta em um sistema estrutural complexo, cujo dimensionamento exige a análise precisa das tensões e deformações induzidas pelas cargas dinâmicas do tráfego, considerando fatores como o CBR (*California Bearing Ratio*) do subleito e o volume de veículos pesados. A importância de um projeto adequado é evidenciada pelos dados da Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2022), que apontam que 66,0% das rodovias avaliadas no Brasil apresentam problemas no estado geral, sendo 55,5% com



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

deficiências no pavimento. Essas falhas estão frequentemente associadas a dimensionamento incorreto, materiais inadequados ou falta de manutenção, reforçando a necessidade de critérios e procedimentos técnicos rigorosos.

## 2.1 Classificação dos pavimentos

Os pavimentos podem ser categorizados em três tipos principais: pavimentos flexíveis, pavimentos Semi-Rígidos e pavimentos rígidos.

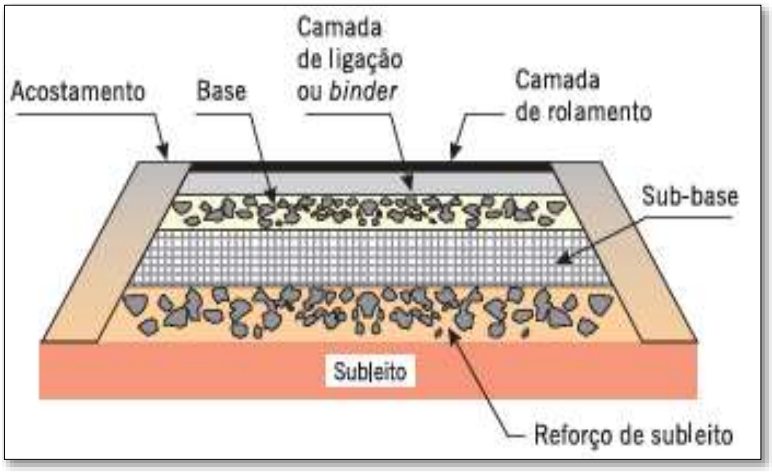
### 2.1.1 Pavimentos flexíveis

Segundo Senço (2007), os pavimentos flexíveis são caracterizados por suportar as deformações dentro dos limites específicos sem que apresentem ruptura imediata. Seu dimensionamento considera principalmente os esforços de compressão e tração na flexão, gerados pelas bacias de deformação que são formadas sob as rodas dos veículos. Essas tensões quando são repetidas podem induzir deformações permanentes (por acumulação de danos) e rompimento por fadiga (ruptura progressiva do material).

Conforme BERNUCCI *et al.* (2010), os pavimentos flexíveis são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. Formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito como apresentado na Figura 1. O revestimento asfáltico é a camada superior, destinada a impermeabilizar o pavimento e resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança).

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

**Figura 1** - Pavimentação Asfáltica (corte transversal)




Fonte**:** Bernucci *et al.* (2010).

### 2.1.1 Pavimentos Semi-Rígidos

São aqueles que apresentam uma camada de base tratada com ligante (cimentício ou betuminoso), conferindo rigidez intermediária. O revestimento geralmente é asfáltico. Esses pavimentos absorvem parcialmente as tensões, transferindo parte delas às camadas inferiores.

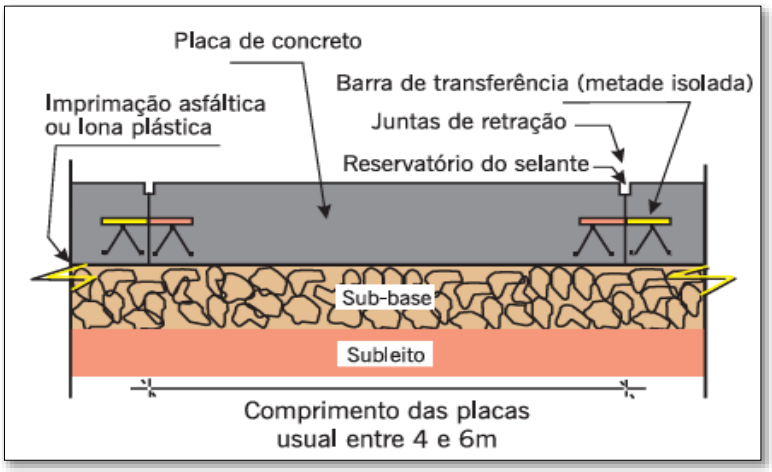
### 2.1.2 Pavimentos Rígidos

São pavimentos constituídos por placas de concreto de cimento Portland, caracterizando-se pela alta rigidez e pela capacidade de concentrar tensões na própria camada superficial. Conforme SENÇO (2007), os pavimentos rígidos são pouco deformáveis, rompem sobretudo por tração na flexão quando sujeitos a deformações. São particularmente indicados para rodovias com tráfego intenso ou condições críticas de suporte do solo. Segundo BERNUCCI *et al.* (2010), nos pavimentos de concreto a espessura de cada placa é função da resistência do concreto à flexão e das resistências das camadas subjacentes. As placas de concreto podem ser armadas ou não com barras de aço, conforme ilustra a Figura 2.



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

**Figura 2** - Concreto-cimento (corte longitudinal)

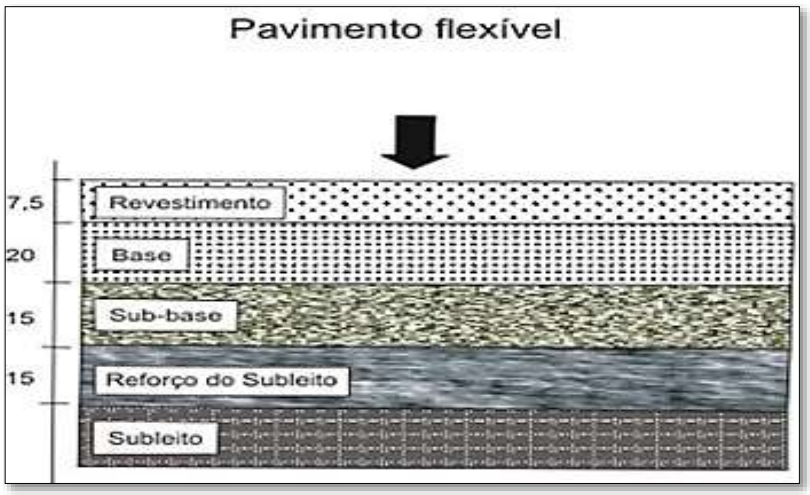



Fonte: Bernucci *et al.* (2010).

## 2.2 Camadas constituintes do pavimento flexível

Conforme ilustrado na Figura 3, o perfil de um pavimento flexível está conformado pelas seguintes camadas, cujas espessuras aparecem em centímetros:

**Figura 3 -** Perfil do pavimento flexível




Fonte: Manual de implantação Básica de Rodovia (2010).

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

### 2.2.1 Revestimento

Segundo BALBO (2007), as cargas aplicadas sobre o revestimento podem ser classificadas em estáticas ou dinâmicas. As cargas estáticas são aquelas que permanecem fixas por um determinado tempo sobre uma área do pavimento, como, por exemplo, as cargas de um veículo estacionado. Já as cargas dinâmicas referem-se àquelas que variam no tempo e no espaço, resultante dos movimentos dos veículos, ou seja, pelo impacto ocasionado pela passagem deles. Essas tipologias de carga exigem que o revestimento seja composto de materiais dispostos de maneira a evitar sua movimentação horizontal.

Conforme mencionado por PINTO e PREUSSLER (2002), o revestimento é uma camada conformada por uma mistura de agregados minerais e materiais betuminosos. As principais funções são resistir as forças abrasivas do tráfego, assim como reduzir a penetração de água superficial no pavimento. É importante destacar que os agregados devem contar com uma graduação densa com tamanho máximo cerca de 2,5 cm.

Contudo, PINTO e PREUSSLER (2002) enfatizam a importância de que os revestimentos sejam bem compactados, para evitar o surgimento de defeitos que afetem a vida útil e o nível de desempenho do pavimento. Normalmente o revestimento é designado como capa asfáltica (camada superior da estrutura destinada a receber diretamente a ação do tráfego).

Conforme ilustra o Quadro 1, a capa asfáltica ao receber diretamente as solicitações do tráfego, permite que seja selecionada uma tipologia de revestimento dependendo da classe viária.

**Quadro 1 -** Seleção do tipo de revestimento

| Classe de Via | Tipologia de revestimento (recomendada) |
|---|---|
| Rodovias de alto tráfego | Concreto Asfáltico (CA) |
| Rodovias secundárias | CA, Pré-Misturado a Frio ou Tratamento Superficial Duplo |
| Estradas vicinais | Tratamento Superficial (Simples, Duplo ou Triplo) |

Fonte: Adaptado de PINTO e PREUSSLER (2002).



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

Os revestimentos asfálticos são muitas vezes divididos em duas ou mais camadas, razão pela qual se faz necessária uma distinção. De acordo com a terminologia aplicada no meio rodoviário tem-se:

**Tabela 1** - Termos aplicáveis a camadas de revestimento asfáltico

| Designação do revestimento | Definição | Associações |
|---|---|---|
| Camada de rolamento | Camada superficial do pavimento diretamente com as cargas e com ações ambientais | Camada de desgaste, capa de rolamento, revestimento |
| Camada de ligação | Camada intermediária, também em mistura asfáltica, entre a camada de rolamento e a base do pavimento. | Camada de binder ou simplesmente binder |
| Camada de nivelamento | Geralmente é a primeira camada de mistura asfáltica empregada na execução de reforços (recapeamento), tendo por função corrigir os desníveis e afundamentos localizados. Busca nivelar para a execução de nova camada de rolamento | Capa de reperfilagem ou simplesmente perfilagem |
| Camada de reforço | Nova camada de rolamento, após anos de uso do pavimento existente. | Recapeamento ou também usado a expressão “pano asfáltico”, |

Fonte: BALBO (2007).

### 2.2.2 Base

Conforme PINTO e PREUSSLER (2002), a base é a estrutura do pavimento localizada entre o revestimento e a sub-base, ou diretamente sobre o subleito, conforme descrição na Tabela 2.

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

**Tabela 2** - Características das bases

| Propriedades | Funções |
|---|---|
| Distribuição de carga | Reduz as tensões no subleito e na sub-base a níveis aceitáveis, minimizando deformações e cisalhamento. |
| Prevenção do trincamento | Deve eludir tensões de flexão a fim de evitar o aparecimento de trincas prematuras no revestimento. |
| Materiais | Geralmente produtos de britagem, misturas de solos ou materiais estabilizados com aglomerantes como cimento, betume, ou cal. |

Fonte: Adaptado de PINTO e PREUSSLER (2002).

Dada a relevância estrutural da camada base no desempenho do pavimento, para a seleção criteriosa dos materiais constituintes, são considerados a tipologia estrutural e a disponibilidade dos materiais (Tabela 3).

**Tabela 3**- Materiais utilizados nas camadas de base

| Materiais | Descrição |
|---|---|
| Base de brita graduada | Mistura de agregados dosados granulometricamente |
| Brita corrida | Produtos resultantes de britagem primária com granulometria contínua. |
| Macadame hidráulico | Camadas de pedra britada com material de enchimento aglutinados por água |
| Macadame betuminoso | Superposição de camadas de agregados britados, interligados por pinturas de material betuminoso |
| Solo estabilizado granularmente | Solos naturais ou misturas compactadas |
| Solo -cimento | Mistura de solo, água e cimento compactado e curado |
| Solo arenoso fino laterítico | Solo típico de regiões tropicais geralmente predomina areia fina, e pequenas porcentagens de silte e argila |
| Solo – brita | Mistura de solo arenoso ou argiloso com brita corrida |
| Brita graduada tratada com cimento (BGTC) | Constituída de uma mistura em usina de brita graduada com brita corrida, cimento e água |

Fonte: Adaptado de PINTO e PREUSSLER (2002).



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

### 2.2.3 Sub-base

De acordo com PESSOA JUNIOR (2019), a sub-base é uma camada que tem função estrutural, podendo ser constituída por um único solo, mistura de solos, mistura de solos com outros componentes como areia, brita, cimento, cal etc.

Segundo PINTO e PREUSSLER (2002), a sub-base é uma camada que se encontra situada entre o reforço ou regularização do subleito e a camada de base de um pavimento. É essencial em rodovias que suportam tráfego comercial pesado, especialmente quando o solo do subleito não é de boa qualidade. As sub-bases devem ter as características apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4** - Características das sub-bases

| Características | Definição |
|---|---|
| Estabilidade e capacidade de suporte | Suporta tensões ligeiramente maiores, que as atuantes sobre o subleito |
| Projeto de drenagem | Prever o escoamento da água que percola abaixo do pavimento, a sub-base deve ter qualidade granulométrica drenante |
| Resistência às variações volumétricas | Deve ser pouco susceptível a mudanças de volume devido às condições ambientais |
| Prevenção de bombeamento | Deve-se evitar que o solo do subleito seja carreado para a base devido à ação de cargas pesadas, água e solos finos |

Fonte: Adaptado de PINTO e PREUSSLER (2002).

### 2.2.4 Reforço de subleito

O reforço de subleito é utilizado para melhorar a qualidade do subleito, de forma que a fundação subjacente ao reforço suporte pressões de menor magnitude, compatíveis com sua resistência (BALBO, 2007). A camada de reforço não é obrigatória quando as espessuras das camadas superiores são maiores e podem ajudar a aliviar às pressões em camadas de subleito mais fracas. O reforço do subleito é uma alternativa que se faz mais viável em comparação a ter que implantar camadas de base e sub-base com espessuras maiores.

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

## 2.3 Defeitos na superfície do pavimento.

Os defeitos de superfície são os danos ou deteriorações na superfície dos pavimentos asfálticos, que podem ser identificados a olho nu e classificados segundo a terminologia normatizada (DNIT 005/2003-TER). Segundo BERNUCCI *et al* (2010), a importância da avaliação dos defeitos da superfície está relacionada a determinação do estado de conservação dos pavimentos, a fim de poder indicar a alternativa de intervenção mais adequada durante as atividades de manutenção.

Os pavimentos flexíveis, amplamente utilizados na infraestrutura viária, estão sujeitos a diversos defeitos ao longo de sua vida útil, decorrentes de fatores como cargas de tráfego, condições climáticas, falhas construtivas ou deterioração natural dos materiais. Tais defeitos comprometem progressivamente o desempenho estrutural do pavimento (DNIT, 2006b).

Conforme observado por BERNUCCI *et al (*2010), podem surgir vários tipos de inconformidades que são decorrentes principalmente pela dificuldade que se tem de prever o tráfego de projeto (devido à ausência de dados), erros cometidos durante a execução, e falhas na hora da escolha das alternativas de conservação e manutenção. Igualmente para os autores MARCATO e OLIVEIRA (2021), os defeitos da pavimentação resultam da seleção inadequada dos materiais, degradação estrutural e erros de projeto e execução. Assim, estabelecem que existem dois tipos de classificação para os defeitos, os de ordem física (deformações plásticas e irregularidades nas camadas) e os defeitos de ordem funcional (apresentam irregularidades na superfície).

> Antes da adoção de qualquer alternativa de restauração ou aplicação de qualquer critério numérico ou normativo para cálculo de reforços, um bom diagnóstico geral dos defeitos de superfície é imprescindível para o estabelecimento da melhor solução. Portanto, para corrigir ou minimizar uma consequência (defeito), deve-se conhecer as prováveis causas que levaram ao seu aparecimento. Para tanto, recomenda-se: verificação in situ dos problemas de superfície, relações com as condições geométricas, dos taludes e de drenagem; levantamento de dados climáticos, de tráfego, de mapas geológicos, pedológicos ou geotécnicos; levantamento de memórias técnicas e de relatórios de projeto e de controle; e estabelecimento de um cenário global dos defeitos e sua relação com todos os dados observados e levantados (BERNUCCI *et al.,* 2010, Pág. 415).



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

### 2.3.1 Definição dos defeitos

- Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006b), as trincas constituem defeitos superficiais que comprometem a integridade do revestimento asfáltico, permitindo a infiltração da água e causando enfraquecimento da estrutura. O trincamento tende a aumentar sua extensão e severidade conduzindo a desintegração da camada superficial. Esse processo acelera a necessidade de restauração após o aparecimento do trincamento, com evolução das deformações nas trilhas de roda e irregularidades longitudinais. As trincas configuram-se como um mecanismo decisivo para acionar as intervenções restaurativas no pavimento.
- Para garantir a durabilidade e viabilidade econômica da via, é essencial classificar e analisar esses danos de forma sistematizada, conforme estabelece a Norma DNIT 005/2003-TER, que padroniza terminologias e métodos de avaliação. Encontra-se resumida no Quadro 2 a classificação e codificação adotada para todos os defeitos.
- Os defeitos são classificados em dois blocos: o primeiro compreende as fendas/trincas, enquanto o segundo abrange os demais defeitos. Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006b), as fendas são causadas genericamente pelas seguintes ocorrências que atuam em conjunto:
- Tráfego atuante que devido aos ciclos de carregamento e alívio promovem tensões de tração na fibra interior do revestimento;
- Alternância diária de temperatura que provoca contrações no revestimento existente;
- Reflexão no revestimento de trincas existentes em bases cimentadas (por exemplo, bases de solo-cimento).

Apresenta-se a seguir, descrição de cada um dos defeitos segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006b) e do Manual de pavimentação

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

asfáltica (Bernucci *et al*, 2010), no Quadro 2 apresenta-se o resumo dos defeitos descritos na DNIT 005-2003-TER.

**Quadro** 2 - 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-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 | ATC |



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | camadas do pavimento ou do subleito | |
| **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 |
| **"Panelas"** ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores | | | | P |
| **Remendos** | | | **Remendo Superficial** | RS |
| | | | **Remendo Profundo** | RP |

Fonte: DNIT 006-2003-TER

### 2.3.1.1 Fendas

Fendas em pavimentos asfálticos são aberturas superficiais classificadas como fissuras (visíveis apenas a distâncias inferiores a 1,5m) ou trincas (com aberturas maiores). Sua gravidade divide-se em: Classe 1 (abertura ≤ 1mm), Classe 2 (abertura > 1mm) e Classe 3 (abertura > 1mm com desagregação nas bordas). As trincas, em especial, permitem a infiltração de água, acelerando a deterioração ao reduzir a resistência ao cisalhamento dos materiais não tratados e intensificar deformações induzidas pelo tráfego.

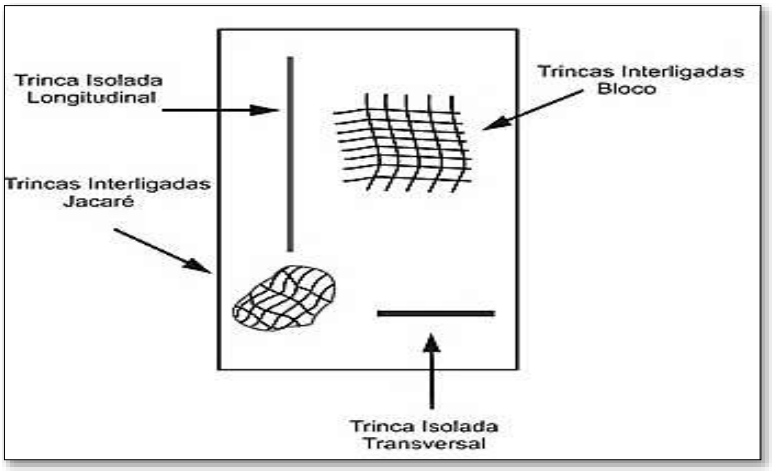
As fendas são causadas genericamente pelas seguintes ocorrências que atuam em conjunto

- Tráfego atuante que pelo ciclo do carregamento e alívio promovem tenções de tração na fibra interior do revestimento;
- Alternância da mudança diária de temperatura que acusam contrações de revestimento existente;
- Reflexão no revestimento de trincas existentes em bases cimentadas (base de solo cimento).

Conforme ilustrado nas Figuras 4 e 5, apresentam-se as representações esquemáticas das trincas e dos diferentes tipos de fendas.

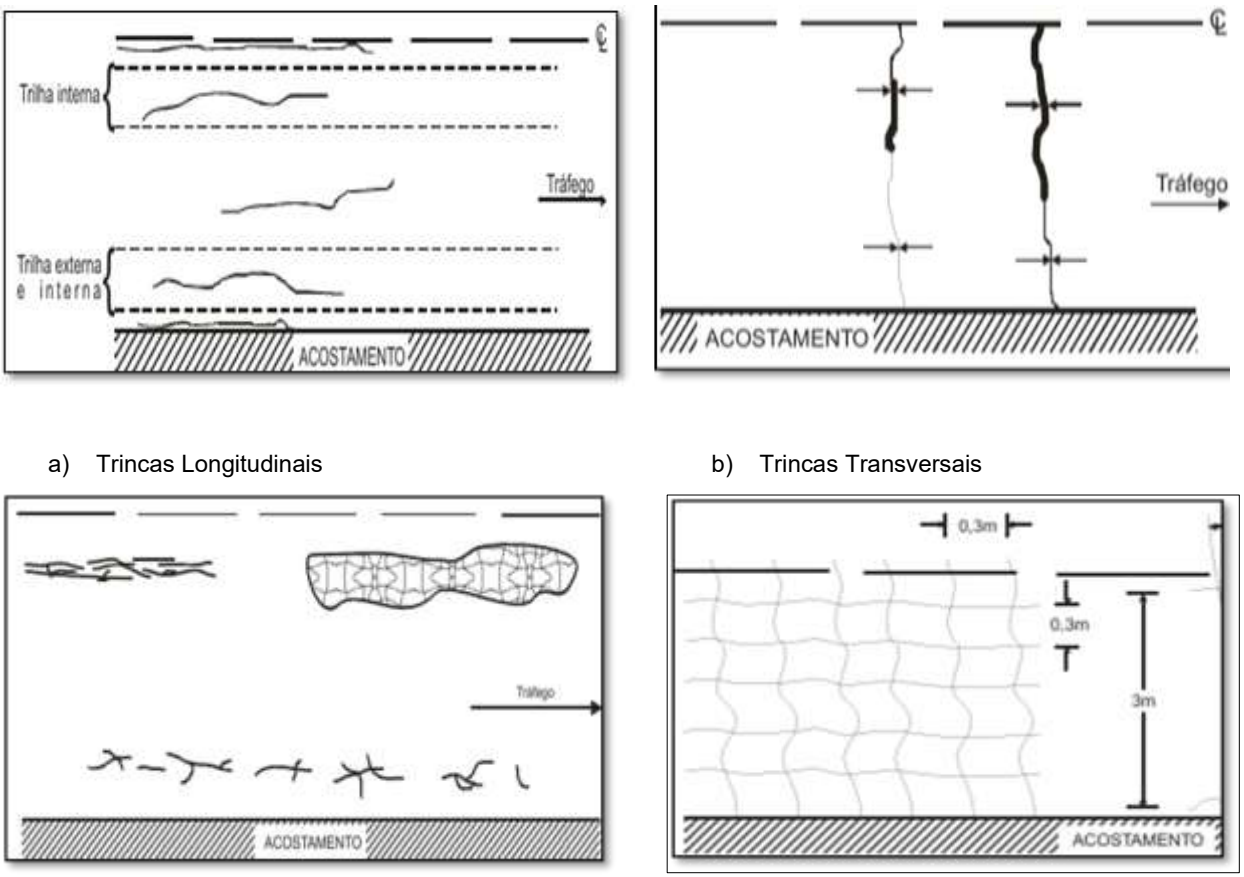
Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

**Figura 4** - Representação esquemática trincas




Fonte: DNIT 005/2003-TER.

**Figura 5** - Representação dos tipos de fendas




a) Trincas Longitudinais

b) Trincas Transversais

c) Trincas Interligadas

d) Trincas tipo bloco

Fonte: Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos DNIT (2006b).



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

Do ponto de vista de classificação tem-se:

2.3.1.2 Trincas isoladas

As trincas isoladas podem ser: transversais curtas (TTC) ou transversais longas (TTL), longitudinais curtas (TLC) ou longitudinais longas (TLL), ou ainda de retração (TRR). Além disso, do ponto de vista da extensão, tem-se:

a) Trincas com direção predominantemente ortogonal ao eixo da via

Transversais Curtas (TTC): apresentam extensão <100 cm;
Transversais Longas (TTL): apresentam extensão >100cm.

b) Trincas com direção predominantemente paralela ao eixo da via
Longitudinais curtas (TLC): apresentam extensão <100 cm;
Longitudinais Longas (TLL): apresentam extensão >100 cm.

2.3.1.3 Trincas Interligadas

Essas trincas podem ser:

- Tipo “Couro de Jacaré” (J): conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais.
- Tipo em Bloco (TB): conjunto de trincas interligadas caracterizadas por sua configuração em blocos formados por lados bem definidos.

Além disso, as trincas interligadas podem ou não apresentar erosão acentuada nas bordas.

2.3.1.4 Afundamentos

Seguindo as terminologias utilizadas pelo DNIT (2006b), os afundamentos são definidos como a deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

pavimento, podendo-se apresentar na forma de afundamento plástico ou de consolidação.

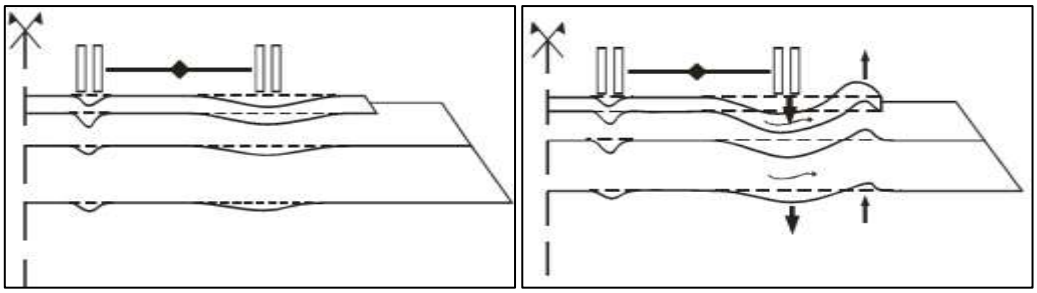
#### 2.3.1.5 Afundamento plástico

Consiste em depressão causada pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, acompanhada de solevamento (Figura 6b). Classifica-se como afundamento plástico local (ALP) quando sua extensão é inferior a 6m, e como afundamento plástico de trilha de roda (ATP) quando sua extensão é superior a 6m.

#### 2.3.1.6 Afundamento de consolidação

Consiste em depressão resultante da consolidação diferencial de camadas do pavimento ou subleito, sem solevamento associado (Figura 6a). Classifica-se como afundamento de consolidação local (ALC) quando sua extensão é menor que 6m, e como afundamento de consolidação de trilha de roda (ATC) quando sua extensão é maior que 6m.

**Figura 6** - Afundamento na trilha de roda



a) Consolidação na trilha de roda b) Plástico nas trilhas de roda

Fonte: Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006b).

#### 2.3.1.7 Ondulação (O)

É formada por sucessão mais ou menos regular de depressões e saliências transversais observadas na superfície do pavimento.



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

A ondulação/corrugação pode ser causada por:

- instabilidade da mistura betuminosa da camada de revestimento e/ou a base de um pavimento;
- excesso de umidade das camadas subjacentes;
- contaminação da mistura asfáltica por materiais estranhos;
- retenção de água na misturas asfáltica.

É uma ocorrência ocasionada pela ruptura por cisalhamento no revestimento ou na interface entre o revestimento e o material de base, ocasionado pelas cargas de tráfego.Normalmente apresentam-se nas regiões de aceleração ou de frenagem dos veículos. Podem ocorrer em qualquer região da superfície.

**Figura 7** - Ondulação/Corrugação

Fonte: DNIT 005/2003-TER

2.3.1.8 Escorregamento (E)

Consiste em deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua. De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006b), o escorregamento pode ser ocasionado por:

- Ligação inadequada entre o revestimento e a camada sobre a qual este se apoia (deficiências na imprimação ou pintura de ligação);

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

- Inércia limitada do revestimento asfáltico em virtude de sua reduzida espessura;
- Compactação deficiente das misturas asfálticas ou da porção superior da camada de base;
- Fluência plástica do revestimento na ocorrência de temperaturas elevadas.

**Figura 8 -** Escorregamento

Fonte: DNIT 005/2003-TER

2.3.1.9 Exsudação (EX)

Consiste em excesso de ligante betuminoso envolvendo os agregados, sendo causado pela migração do ligante através do esqueleto do revestimento asfáltico, dando um aspecto de mancha mais escura na superfície da pista de rolamento.

Estas manchas resultantes comprometem seriamente a aderência do revestimento aos pneumáticos, principalmente sob tempo chuvoso, caracterizando um sério problema funcional.

A exsudação poderá ocorrer por duas razões:

- dosagem inadequada da mistura asfáltica, acarretando teor excessivo de ligante e/ou índice de vazios muito baixo;
- temperatura do ligante acima da especificada no momento da mistura, acarretando a dilatação do asfalto e ocupação irreversível dos vazios entre as partículas.

Com a ação do tráfego e de altas temperaturas, o cimento asfáltico da mistura irá



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

expandir preenchendo os vazios não preenchidos. Desta forma, ocorre a migração e concentração do ligante na superfície do revestimento. A passagem das cargas poderá causar um aumento da densificação da mistura nas trilhas de roda (redução do volume de vazios) e aumentar a exsudação.

A exsudação poderá se manifestar em qualquer

**Figura 9** - Exsudação

Fonte: DNIT 005/2003-TER

2.3.1.10 Desgaste (D)

Segundo PINTO e PREUSSLER (2002), o desgaste consiste em aspereza superficial, com perda no envolvimento betuminoso do agregado. Em estágio mais avançado tem-se o arrancamento progressivo dos agregados constituintes do revestimento asfáltico (Figura 10).

O desgaste pode ser provocado pelos seguintes motivos:

- redução da ligação existente entre o agregado e o ligante devido à oxidação do ligante e pela ação combinada do tráfego e dos agentes intempéricos;
- perda de coesão entre agregado e ligante devido à presença de poeira ou sujeira no momento da construção;
- execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis.

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

**Figura 10** - Desgaste

Fonte: DNIT 005/2003-TER.

### 2.3.1.11 Panela/Buraco (P)

Conforme PINTO e PREUSSLER (2002), as panelas são cavidades que se formam no revestimento asfáltico, podendo alcançar a camada de base.

As principais causas deste defeito podem estar relacionadas a:

trincamento por fadiga (estágio terminal);

desintegração localizada na superfície do pavimento (desgastes de severidade alta).

Vale a pena lembrar que tanto o início desta falha quanto a sua evolução são aceleradas pela ação do tráfego e de fatores climáticos.

**Figura 11**- Panela/buraco

Fonte: DNIT 005/2003-TER



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

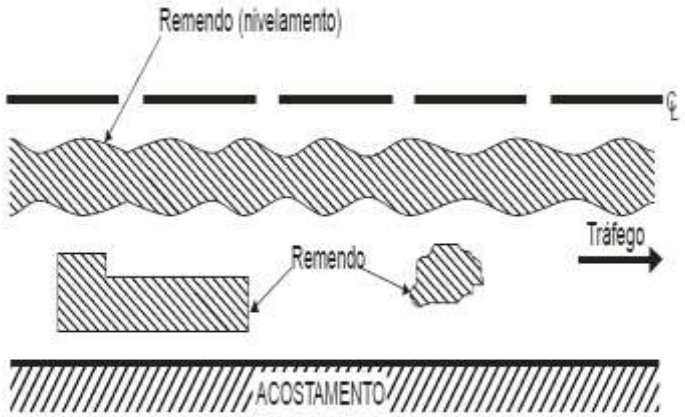
2.3.1.12 Remendos

O remendo é uma porção do revestimento onde o material original foi removido e substituído por outro material. Remendos existentes são em geral consideradas falhas, já que refletem o mau comportamento da estrutura original, gerando normalmente incremento na irregularidade longitudinal.

Os remendos são considerados defeitos quando provocam desconforto devido às seguintes causas:

- solicitação intensa do tráfego.
- emprego de material de má qualidade.
- agressividade das condições ambientais; e
- problemas construtivos.

**Figura 12-** Representação esquemática Remendos




Fonte: Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006b).

## 2.4 Índice de Gravidade Global (IGG)

Conforme estabelecido no Manual de Pavimentação do DNIT (2006a), o Índice de Gravidade Global (IGG) permite uma avaliação objetiva de pavimentos asfálticos. Desenvolvido a partir de uma adaptação do *Severity Index* canadense às especificidades brasileiras, e formalizado pela norma DNIT 006/2003-PRO, o IGG sintetiza duas dimensões críticas da degradação do pavimento:

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

- A quantificação de defeitos superficiais (trincas, afundamentos e demais irregularidades, conforme detalhado na seção anterior);
- A análise de flechas nas trilhas de roda, definida pela norma DNIT 006/2003-PRO como " a medida, em milímetros, da deformação permanente no sulco formado nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TRE), correspondente ao ponto de máxima depressão " (DNIT, 2006).

O Índice de Gravidade Global (IGG) classifica o estado do pavimento em cinco níveis de degradação (Quadro 3). Esta categorização fornece subsídios para a priorização de intervenções de manutenção no pavimento, otimizando a alocação de recursos na manutenção da infraestrutura viária.

**Quadro 3 -** Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

| Conceitos | Limites |
|---|---|
| Ótimo | 0 < IGG ≤ 20 |
| Bom | 20 < IGG ≤ 40 |
| Regular | 40 < IGG ≤ 80 |
| Ruim | 80 < IGG ≤ 160 |
| Péssimo | IGG > 160 |

Fonte: DNIT 006/2003-PRO.

## 2.5 Manutenção e reabilitação de pavimentos asfálticos

Para SHOJI (2000), a manutenção é definida como qualquer reparo realizado após a construção do pavimento, com o objetivo de preservar a estrutura durante o período de projeto. Já a reabilitação é definida como qualquer restauração que leve a condição do pavimento a cumprir sua função original, visando prolongar a vida útil do pavimento.



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

> Existem diferenças entre as atividades de manutenção e as atividades de reabilitação de pavimentos. A manutenção tem por objetivo preservar ou manter o período de projeto do pavimento, aumentando pouco o nível de serventia, mas evitando a deterioração precoce. A reabilitação, por sua vez, tem o propósito de prolongar a vida em serviço do pavimento, elevando o nível de serventia próximo ao valor máximo e criando condições para um novo ciclo de deterioração. FERNANDES JUNIOR *et al.* (2006, p. 40).

Com base no inventário e na avaliação das condições do pavimento, pode-se analisar em escala de rede, as diferentes estratégias de intervenção, como: manutenção corretiva, manutenção preventiva, ação postergada, reforço e reconstrução. A Tabela 5 detalha as estratégias.

**Tabela 5** - Estratégias de intervenção em pavimentos asfálticos

| AÇÕES | APLICAÇÃO |
|---|---|
| **Manutenção Corretiva** | Remendos superficiais, reparos localizados, impermeabilização de trincas. Aplicada geralmente para as vias em boas condições |
| **Manutenção Preventiva** | Rejuvenescimento da capa asfáltica recapeamentos delgados, normalmente aplicada para conter a deterioração no estágio inicial |
| **Ação Postergada** | Quando a condição está além do ponto de eficácia da manutenção preventiva, e não atingiu a necessidade de reabilitação. |
| **Reforço** | Normalmente é usado recapeamento e reciclagem como ação de manutenção de rotina. |
| **Reconstrução** | Remoção e substituição total da estrutura do pavimento, requere de estudos de priorização |

Fonte: FERNANDES JUNIOR *et al.* (2006, p. 39).

O Manual de Restauração de Pavimentos do DNIT (2006b) estabelece a necessidade de intervenções corretivas nos defeitos identificados antes da execução de recapeamento. Em situações em que o pavimento apresenta elevadas deflexões, especialmente na área afetada por trincamento de fadiga, infere-se a presença de ruptura nas camadas inferiores, como base, sub-base ou até mesmo do subleito. Adicionalmente, torna-se importante considerar a necessidade do aumento da espessura das camadas de recapeamento asfáltico, de modo a garantir a proteção das camadas inferiores frente a tensões e deformações impostas pelo tráfego.

Conforme PESSOA JUNIOR (2019) existem várias soluções que podem ser aplicadas na restauração de pavimentos asfálticos, entre estas estão:

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

- Selagem de trincas: utiliza-se especialmente quando a camada da base não está comprometida, ou seja, não existe ocorrência de afundamentos superficiais. A selagem evita que as águas pluviais penetrem, funcionando assim, como catalisadores do processo de desagregação do pavimento;
- Tapa buraco: indicada para casos pontuais e não esparso. Deve ser aplicada em trechos onde o segmento a restaurar não esteja seguido de fissuras e deformações, pois não é garantida a ausência de novos defeitos (fissuras, trincas e buracos);
- Remendos profundos: executa-se quando a panela foi causada por defeitos das camadas inferiores como base e sub-base. Assim, além do revestimento asfáltico, reparam-se também as camadas granulares inferiores (base, sub-base, reforço do subleito);
- Fresagem: operação em que é realizado o corte ou desbaste de uma ou mais camada(s) do revestimento asfáltico, por processo mecânico a frio, processo que deve ser feito sem que sejam atingidas às camadas inferiores de material granular (base sub-base).

## 2.6 Sistema de Informação Geográfica (SIG)

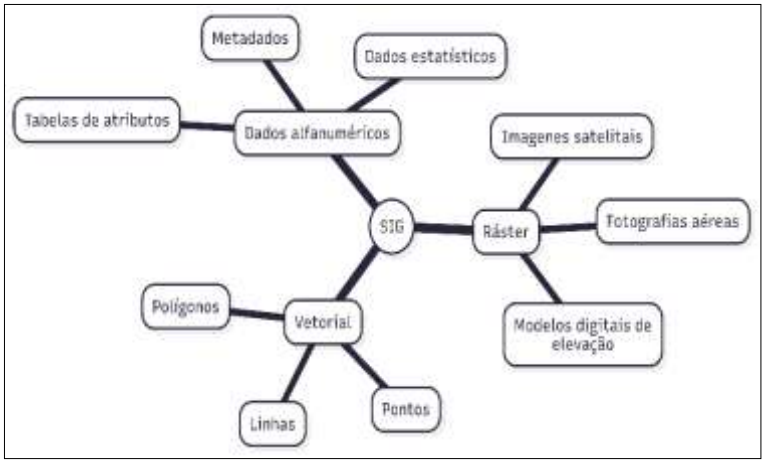
Segundo FITZ (2008), um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma ferramenta que auxilia a tomada de decisão. Apresenta entre suas principais funções, a aquisição de dados (introdução de dados no sistema), gerenciamento do banco de dados (fase de desenvolvimento desde sua concepção inicial até seu uso prático), análise geográfica de dados (criação de dados espaciais e seus atributos alfanuméricos), e representação (geração de mapas temáticos, tabelas e gráficos).

A Figura 12 apresenta a estruturação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e seus principais componentes.



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

**Figura 13** - Estrutura de um SIG




Fonte: TROMBETA *et al.* (2019).

Segundo FITZ (2008, pág. 23), um Sistema de Informação Geográfico

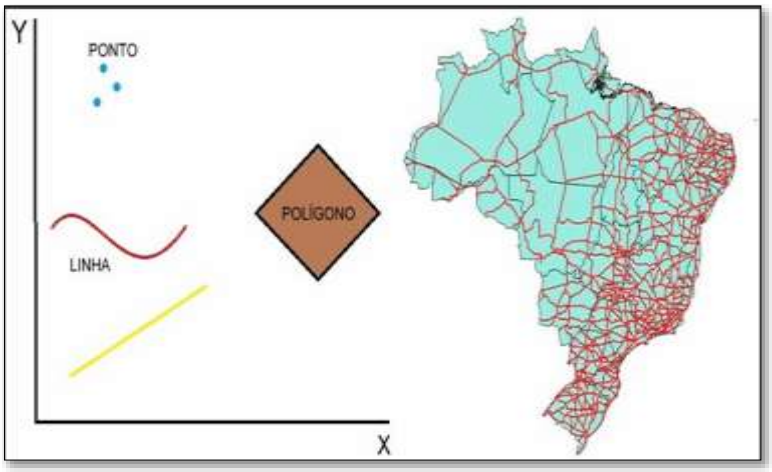
> Poderia ser entendido como um conjunto integrado de elementos interdependentes, estruturado de tal forma que estes possam relacionar-se para a execução de determinada função. Um sistema de informação seria compreendido como um sistema utilizado para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados e informações a ele vinculados.

Os planos de informações a seres trabalhados em um SIG geralmente suportam dois tipos de modelos, os matriciais (raster) e os vetoriais (FRANCISCO, 2014). O modelo matricial refere-se comumente às imagens digitais originadas de fotografias aéreas e imagens satelitais. Dessa forma, o formato raster assume que o espaço é uma superfície cartesiana plana, onde cada célula (pixel) representa uma porção do terreno.

Por outro lado, no modelo de dados vetorial, o espaço é ocupado por entidades como (pontos, linhas e polígonos), normalmente mais indicados para representações de entidades com distribuição espacial exata, por exemplo, localização de pontos de captação de água, redes de transporte, redes hidrográficas, uso de solo etc. A Figura 13 apresenta os elementos gráficos do modelo vetorial, onde os polígonos em azul representam os estados do Brasil, e as linhas em vermelho, as rodovias.

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

**Figura 14** - Elementos Vetoriais




Fonte: Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos (2019).

### 2.6.1 Banco de dados

Segundo TROMBETA (2019, pág.108, *apud* FERREIRA, 2006), a obtenção de dados geográficos pode ser dada de forma primária e secundária. Os dados primários podem ser coletados e observados pelo autor do trabalho. Por outro lado, na coleta de dados secundários, os dados geralmente ficam disponíveis para sua respectiva análise, realizada por outras fontes (centros de pesquisa, órgãos públicos e privados, entre outras).

### 2.6.2 Sistema de Posicionamento Global (GPS)

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) iniciou-se a partir de 1974 pelas forças militares dos Estados Unidos (EUA), sendo declarado plenamente operacional a partir de 1995. Esse sistema permite a obtenção de coordenadas geográficas e da altitude de um ponto por meio de um processo semelhante à triangulação. Para isso, são selecionados, no mínimo, os quatro satélites mais bem posicionados em relação aos aparelhos situados na superfície terrestre.



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

Segundo FITZ (2008), existe uma classificação por categorias para o receptor GPS (Tabela 6), sendo estas definidas pela precisão, função e propriedades dadas pelos fabricantes.

**Tabela 6** - Propriedades de receptores GPS

| Tipo | Caraterísticas principais | Precisão planialtimétrica |
|---|---|---|
| Navegação | Método absoluto de busca | Maior do que 10m |
| Métrico | Método relativo de busca | Entre 1m e 10m |
| Submétrico | Método relativo de busca | Entre 0,1 e 1,0m |
| Geodésico | Método relativo de busca | Entre 0,1m e 0,001 m |

Fonte: FITZ (2009, Pág. 43).

### 2.6.3 Quantum GIS (QGIS)

O Quantum GIS (QGIS) é um Sistema de Informação Geográfica de código aberto que permite aos usuários criarem e editar as próprias informações geoespaciais, bem como visualizar e compartilhar dados para a utilização de outros usuários. Conforme LEITE (2019), o QGIS além de ser constituído por ferramentas padrão para operações de geoprocessamento e análise espacial, permite aos usuários a instalação de plugins, que buscam otimizar, automatizar e integrar os processos.

### 2.6.4 Mapas Temáticos

Para representação da análise espacial, pode-se gerar mapas temáticos, cujo objetivo, segundo FITZ (2008, Pág. 43,44), “é o de fornecer uma representação dos fenômenos existentes sobre a superfície terrestre fazendo uso de uma simbologia específica”.

### 2.6.5 Avaliação de pavimentos com SIG

A aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na avaliação de pavimentos é amplamente documentada na literatura técnica. Um exemplo emblemático é o estudo de Souza (2020), desenvolvido em Uberlândia (MG), que analisou um trecho

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

de 1,3 km na Avenida João Naves de Ávila – principal corredor de ônibus da cidade. Foram avaliadas 13 estacas em pavimento asfáltico, utilizando o QGIS para gerar ortofotos a partir de imagens capturadas por drone (VANT Phantom 4 Pro). Os resultados compararam criticamente o método tradicional de caminhamento (DNIT 006/2003) com a análise digital baseada em sensoriamento remoto.

Em complemento, a pesquisa de DINIZ (2019) aplicou ferramentas SIG para avaliar 1,52 km de pavimento flexível no perímetro da UFCG (Campina Grande-PB), georreferenciando 77 estacas distribuídas a cada 20 metros. Por meio dos métodos VIZIR e SHRP, o estudo desenvolveu interfaces no QGIS que integraram ambos os índices de avaliação, gerando mapas temáticos que classificaram os trechos conforme níveis de severidade estrutural.

Esses trabalhos corroboram a relevância dos SIG na gestão de pavimentos, evidenciando tanto a diversidade de ferramentas disponíveis (drones, sensores, plataformas geoespaciais) quanto a eficiência na visualização de dados para subsidiar decisões técnicas. Ressalta-se, contudo, que levantamentos *in loco* resultam em maior precisão – fato evidenciado pelas discrepâncias identificadas entre técnicas digitais e avaliações presenciais nos estudos citados.

# 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho baseia-se em uma abordagem aplicada, com caráter quantitativo e qualitativo, visando compreender e representar a situação encontrada no levantamento de campo nas vias urbanas da região da Vila C Velha, em Foz do Iguaçu, com aplicação de ferramentas SIG. As etapas desenvolvidas são descritas a seguir:

## 3.1 Levantamento bibliográfico

Realizou-se uma revisão sistemática da literatura bibliográfica com o objetivo de fundamentar teoricamente a pesquisa, abrangendo os seguintes eixos temáticos:



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

- Classificação do pavimento (flexível, Semi-Rígidos e rígido);
- Defeitos superficiais de pavimentos asfálticos (trincas, afundamentos, desgaste, ondulações, remendos, exsudação);
- Indice de gravidade Global (IGG) de acordo com a norma da DNIT 006/2003-PRO;
- Tipos de intervenção de manutenção em pavimentos asfálticos;
- Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

## 3.2 Delimitação da área de estudo

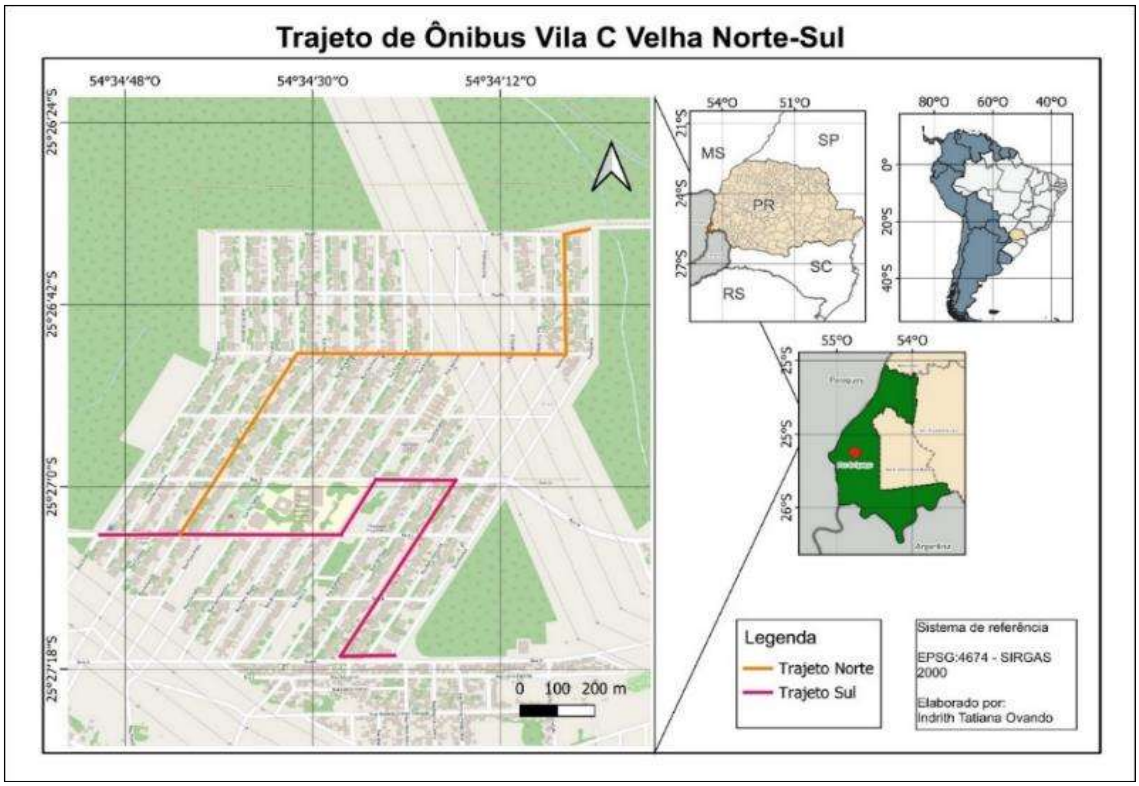
A área de estudo abrange a Vila C velha, bairro localizado no município de Foz do Iguaçu-PR. A avaliação do estado do pavimento asfáltico foi realizada ao longo de 3,6 quilômetros, envolvendo trechos das ruas Belo Horizonte, rua F, Assunção, rua C, Sapucaí, rua D, Florianópolis, e Rua A (Figura 14). Esses trechos fazem parte do itinerário de quatro linhas urbanas de transporte público por ônibus (linhas 40, 320, 101 e 102). A linha 40 que atende o fluxo entre o bairro e a rodoviária; a linha 320 ou interbairros atende quase todos os bairros da cidade, circulando unicamente nas vias principais e de maior fluxo, sem parada no Terminal Urbano; enquanto as linhas 101 e 102 atendem a região norte com o fluxo (Terminal-Itaipu-Vila C). Os trechos avaliados são constituídos por vias de pista simples, com revestimento asfáltico.

O itinerário no sentido norte tem início na Vila C velha, mais precisamente na rua C, com as coordenadas (-25,451279º, -54,580656º), e finaliza seu trajeto na rua H, com as coordenadas (-25,442901º, -54,567378º).

O itinerário no sentido sul, com fluxo sentido (Vila C – Terminal), inicia seu trajeto na rua A tendo por coordenadas (-25,454785º, -54,572929º), e finaliza com as coordenadas (-25,451280º, -54,578480º) da rua C, conforme é mostrado na figura 15. Totalizando assim, nove paradas de ônibus para embarque e desembarque de passageiros na rota sentido norte e oito paradas na rota sentido sul.

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

**Figura 15** - Localização




Fonte: Elaboração própria (2025), adaptação dados (IBGE).

## 3.3 Abordagem Técnica

A metodologia adotada fundamenta-se integralmente na Norma DNIT 006/2003-PRO para avaliação de pavimentos flexíveis, com adaptações ao contexto urbano. Desenvolve-se em três etapas sequenciais: levantamento de campo com mapeamento *in loco* para identificação e classificação de defeitos do pavimento conforme protocolos normativos; processamento analítico mediante cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG) para determinação do estado do pavimento; e aplicação de ferramentas, tais como: Sistema de Navegação Global (GPS) e Sistema de Informação Geográfica (SIG), para coleta e processamento dos dados.

Para a execução do levantamento do IGG foram consideradas as diretrizes estabelecidas na DNIT 006/2003-PRO:



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

- Divisão dos itinerários em segmentos de 20m alternados por tratar-se de pista simples, com marcação das estacas;
- Registro de defeitos com os códigos estabelecidos pela DNIT 005/2003-TER;
- Medição de flechas nas trilhas de roda (TRI/TRE), utilizando treliça de alumínio.

### 3.3.1 Estruturação da base cartográfica

A base cartográfica foi estruturada no software QGIS, versão 3.38.1, utilizando dados georreferenciados do mapa cadastral das ruas de Foz do Iguaçu (PR), fornecidos pela Itaipu Binacional no formato DWG. Esses dados foram convertidos para o formato Shapefile (SHP) e, em seguida, reprojetados do sistema de referência geodésico SAD69 para o sistema SIRGAS 2000 UTM (EPSG: 4674), mais adequado à área de estudo. Complementarmente, utilizou-se o plugin *QuickOSM* do QGIS, para extrair os dados atualizados referentes às vias do bairro Vila C Velha, por meio da plataforma aberta *OpenStreetMap*.

Com o mapeamento em ambiente SIG definido, foi criada uma camada do tipo ponto, com base em uma tabela de atributos adaptada do formulário de inventário do estado da superfície do pavimento, conforme o modelo do DNIT 006/2003-PRO (ver Figura 15). Os dados coletados em campo foram realizados com o aplicativo de código aberto *QField*, que permite a sincronização direta com projetos do QGIS em dispositivos móveis. A atividade foi executada com um tablet Samsung A9, cujo receptor GNSS registrou precisão horizontal média (HDOP) de até 2 metros. Após a coleta, todos os dados foram integrados ao projeto principal no QGIS, possibilitando a consolidação das informações e sua posterior análise espacial.

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

**Quadro 4** - Formulário de inventário do estado da superfície do pavimento

| INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFICIE DO PAVIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RODOVIA: | | | | | | | | | | | | OPERADOR: | | | | | | | | | | | FOLHA: | | |
| TRECHO: | | | | | | | | | | | | REVESTIMENTO TIPO: | | | | | | | | | ESTACA OU QUILOMETRO | | ESTACA OU QUILOMETRO | | |
| SUBTRECHO: | | | | | | | | | | | | DATA: | | | | | | | | | | | | | |
| EST ACA ou km | Seção Terra p. | O K | TRINCAS | | | | | | | | | | AFUNDAMENTOS | | | | OUTROS DEFEITOS | | | | | | TRILHA DE RODA | | OBS |
| | | | ISOLADAS | | | | | | INTERLIGADAS | | | | PLASTICO | | CONSOLID | | | | | | | | | | |
| | | | FI 1 | TT C 1 | TT L 1 | TL C 1 | TL L 1 | TRR 1 | FC-2 | | FC-3 | | AL P 4 | ATP 4 | ALC 4 | ATC 4 | O 5 | P 5 | E 5 | E X 6 | D 7 | R 8 | TRI mm | TRE mm | |
| | | | | | | | | | J 2 | TB 2 | J E 3 | TBE 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

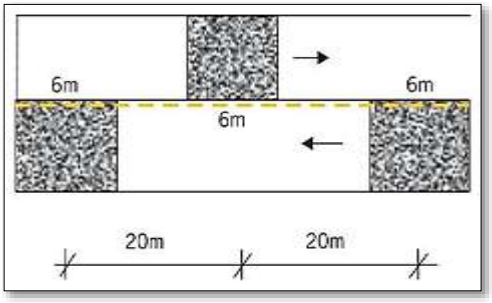
Fonte. DNIT006/2003-PRO.

### 3.3.2 Levantamento de campo

Conforme estabelecido na norma DNIT 006/2003 PRO, procedeu-se à demarcação das estações de avaliação considerando estacas georreferenciadas a cada 20m. Para cada estaca, definiu-se um retângulo com 6m de extensão longitudinal compreendendo 3m (ré) e 3m (vante), e tendo por largura o valor da faixa de rolamento (Figura 15).

A coleta de dados em campo foi executada nos meses de abril e maio de 2025, utilizando trena métrica e tinta para a demarcação das estacas. O levantamento iniciou-se na rua H (estaca +0,00) e concluiu-se na Rua A (estaca + 179,00). Para à medição dos afundamentos nas trilhas de roda externa (TRE) e interna (TRI) em cada estaca, utilizou-se uma treliça de alumínio, padronizada, tendo 1,20m de comprimento na base, dotada de régua móvel que permite medir (em mm) as flechas (Figura 16).

**Figura 16** - Demarcação de áreas para inventário de defeitos em pista simples




Fonte: Bernucci et al, 2010.



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

**Figura 17** - Utilização de treliça em campo

Fonte: Autoria própria (2025).

A Tabela 7 apresenta a estrutura de dados no QGIS considerando os elementos coletados em campo.

**Tabela 7** - Estrutura de dados QGIS

| Campo | Código do Campo (QGIS) | Tipo de dado |
|---|---|---|
| Nome da rua | Rua | Texto |
| Data de inspeção | Data_Levan | Data |
| Identificação da faixa | FAIXA (D e E) | Texto |
| Defeitos | (segue descrição da figura 6). | Inteiro |
| Número da estaca | Estaca | Inteiro |
| Observações | Observações | Texto |

Fonte: Elaboração própria (2025).

As 180 estacas georreferenciadas em campo foram agrupadas sequencialmente em segmentos de 6 estacas consecutivas, totalizando assim 30 grupos de análise representativo do trecho. O processamento dos dados foi realizado de forma integrada entre o QGIS e o Microsoft Excel. Executou-se os cálculos matemáticos indicados pela DNIT 006/2003-PRO, descritos nas equações a seguir:

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

$$fr = \frac{fa\ x100}{n} \qquad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

$f_r$ - frequência relativa;
$f_a$ - frequência absoluta;
n - número de estações inventariadas.

$$IGI = fr\ x\ fp \qquad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

fr- frequência relativa;

fr- fator de ponderação descrito na Tabela 8

Os valores dos fatores de ponderação descritos na DNIT 006/2003-PRO referentes aos defeitos são apresentados no Quadro 5.

Para o cálculo de média e variância dos valores das trilhas de roda interna (TRI) e trilha de roda externa (TRE), utilizou-se as seguintes equações descritas na norma DNIT 006/2003-PRO:

$$\bar{X} = \frac{\Sigma Xi}{n} \qquad \text{Eq. (3)}$$

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma\ (Xi - X)^2}{n-1}} \qquad \text{Eq. (4)}$$

Onde:

$\bar{x}$ − média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);
Xi- valores individuais;
s- Desvio padrão dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);
$s^2$ - variância.

**Quadro 5** - Valores dos fatores de ponderação

| **Ocorrência Tipo** | **Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER "Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia" (ver item 6.4 e Anexo D)** | **Fator de Ponderação fp** |
|---|---|---|
| 1 | Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR) | 0,2 |
| 2 | FC-2 (J e TB) | 0,5 |



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

| | | |
|---|---|---|
| 3 | FC-3 (JE e TBE)<br>NOTA: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2. | 0,8 |
| 4 | ALP, ATP e ALC, ATC | 0,9 |
| 5 | O, P, E | 1,0 |
| 6 | EX | 0,5 |
| 7 | D | 0,3 |
| 8 | R | 0,6 |

Fonte: DNIT 006/2003-PRO.

O cálculo das frequências absolutas das trincas observadas seguiu as recomendações estabelecidas na norma DNIT 006/2003-PRO, onde trincas de ordem superior sobrepõem-se às de menor gravidade na contagem final. Implementou-se no Excel a seguinte sequência:

- Na presença de trincas FC-3 (JE, TBE), desconsideram-se aos do Tipo 1 e 2;
- Na presença de trincas tipo 2 (FC-2: J, TB), desconsidera-se as do Tipo 1;
- Apenas trincas Tipo 1 (trincas isoladas), contabiliza-se integralmente.

Para os demais defeitos (ALP, ATP, ALC, ATC, O, P, E, EX, D, R), aplicou-se contagem independente, sem sobreposição, totalizando-se as ocorrências por categoria.

Para as flechas medidas nas trilhas de roda interna e externa (TRI e TRE), inicialmente calculou-se no Excel, o afundamento médio e a respectiva variância a cada 6 estacas consecutivas, em cada trilha de roda. A seguir, foram calculados os parâmetros “F” e “Fv” conforme as equações (5) e (6).

$$F = \frac{MediaTRI + Media_TRE}{2} \qquad \text{Eq. (5)}$$

$$Fv \frac{=(TRIv+TREv)}{2} \qquad \text{Eq. (6)}$$

Considerando os defeitos identificados em campo a cada 6 estacas consecutivas, após a tabulação de dados, procedeu-se ao cálculo dos Índices de Gravidade Individual

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

(IGI's) para cada defeito. Posteriormente, se calculou o Índice de Gravidade Global (IGG). A tabulação de dados foi realizada conforme planilha ilustrada no Quadro 6.

**Quadro 6 -** Planilha para cálculo do IGG

| RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO TRECHO: SUBTRECHO: ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) REVESTIMENTO TIPO: | | | | | | Data: Estaca | Folha: Estaca |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Item | Natureza do defeito | Fa | Fa cons | Fr | Fp | IGI | Obs |
| | Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR | | | | 0,2 | | |
| | (FC – 2) J, TB | | | | 0,5 | | |
| | (FC – 3) JE, TBE | | | | 0,8 | | |
| | ALP, ATP, ALC, ATC | | | | 0,9 | | |
| | O, P, E | | | | 1,0 | | |
| | EX | | | | 0,5 | | |
| | D | | | | 0,3 | | |
| | R | | | | 0,6 | | |
| | Média aritmética dos valores TRI e TRE | TRE = | TRI = | F = | 1 A() 1 B () | | |
| | Média aritmética das variâncias das flechas | TTREv = | TRIv = | FV = | 2A() 2 B () | | |
| Nº TOTAL DE ESTAÇÕES | | | ∑ IND. GRAVID. IND. = IGG | | | | Conceito |
| 1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30<br>1B) IGI = 40 quando F > 30 | | | 2A) IGI = FV quando FV ≤ 50<br>2B) IGI = 50 quando FV > 50 | | | Operador<br>Cálculo<br>Visto | |

Fonte: DNIT 006/2003-PRO.

# 4 RESULTADOS

Considerando os dados levantados em campo, foram calculados a cada 6 estacas consecutivas, os Índices de Gravidade Individual (IGI's) e respectivo Índice de Gravidade Global (IGG). As Tabelas 8 a 11 ilustram o procedimento de cálculo para pavimentos classificados com conceitos bom, regular, ruim e péssimo.



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

**Tabela 8** - Cálculo do IGG (conceito bom)

| DATA | 18/04/2025 E 19/04/2025 | FOLHA | 03/30 | ESTACAS | 12 AO 17 |
|---|---|---|---|---|---|
| **GRUPO** | **DEFEITOS** | **Fq_abs/ TRI** | **Fq_relativa/ TRE** | **Fator de ponderacao/F/FV** | **Índice de Gravidade Individual (IGI)** |
| **1** | (FCI) F, TC, TTL,TLC, TLL,TRR | 1 | 17 | 0,2 | 3,3 |
| **2** | (FCII) J, TB | 1 | 17 | 0,5 | 8,3 |
| **3** | (FCIII) JE, TBE | 1 | 17 | 0,8 | 13,3 |
| **4** | ALP, ATP, ALC, ATC | 0 | 0 | 0,9 | 0 |
| **5** | O, P,E | 0 | 0 | 1 | 0 |
| **6** | EX | 0 | 0 | 0,5 | 0 |
| **7** | D | 1 | 17 | 0,3 | 5 |
| **8** | R | 0 | 0 | 0,6 | 0 |
| **9** | F=9TRI+TRE) /2 em mm | 0 | 1 | 0,7 | 1 |
| **10** | Fv=(TRIv+TREv) /2 | 0 | 4 | 2 | 2 |
| Nº TOTAL DE ESTAÇÕES | **6** | Σ IGG | **33** | CONCEITO | **BOM** |

Fonte: Autoria própria (2025).

**Tabela 9** - Cálculo do IGG (conceito regular)

| DATA | 19/04/2025 | FOLHA | 10/30 | ESTACAS | 54 AO 59 |
|---|---|---|---|---|---|
| **GRUPO** | **DEFEITOS** | **Fq_abs/ TRI** | **Fq_Relativa/ TRE** | **Fator de ponderação/F/FV** | **Índice de Gravidade Individual (IGI)** |
| **1** | (FCI) F, TTC,TTL,TLC,TLL,TRR | 1 | 16,7 | 0,2 | 3,3 |
| **2** | (FCII) J,TB | 3 | 50,0 | 0,5 | 25,0 |
| **3** | (FCIII) JE,TBE | 1 | 16,7 | 0,8 | 13,3 |
| **4** | ALP, ATP,ALC,ATC | 0 | 0,0 | 0,9 | 0,0 |
| **5** | O,P,E | 0 | 0,0 | 1,0 | 0,0 |
| **6** | EX | 1 | 16,7 | 0,5 | 8,3 |
| **7** | D | 0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 |
| **8** | R | 1 | 16,7 | 0,6 | 10,0 |
| **9** | F=9TRI+TRE)/2 em mm | 1,3 | 2,8 | 2,1 | 2,8 |
| **10** | Fv=(TRIv+TREv)/2 | 5 | 11,0 | 7,8 | 7,8 |
| Nº TOTAL DE ESTAÇÕES | 6 | Σ IGG | **71** | CONCEITO | **REGULAR** |

Fonte: Autoria própria (2025).

*Versão Final Homologada*
*20/08/2025 09:22*

**Tabela 10** - Cálculo do IGG (conceito ruim)

| **DATA** | **03/05/2025** | **FOLHA** | **25/30** | **ESTACAS** | **144 AO 149** |
|---|---|---|---|---|---|
| **GRUPO** | **DEFEITOS** | **Fq_abs/ TRI** | **Fq_Relativa/ TRE** | **Fator de ponderacao/F/FV** | **Índice de Gravidade Individual (IGI)** |
| **1** | (FCI) F, TTC,TTL,TLC,TLL,TRR | 2 | 33,3 | 0,2 | 6,7 |
| **2** | (FCII) J,TB | 0 | 0,0 | 0,5 | 0,0 |
| **3** | (FCIII) JE,TBE | 4 | 66,7 | 0,8 | 53,3 |
| **4** | ALP, ATP,ALC,ATC | 1 | 16,7 | 0,9 | 15,0 |
| **5** | O,P,E | 1 | 16,7 | 1,0 | 16,7 |
| **6** | EX | 1 | 16,7 | 0,5 | 8,3 |
| **7** | D | 1 | 16,7 | 0,3 | 5,0 |
| **8** | R | 1 | 16,7 | 0,6 | 10,0 |
| **9** | F=9TRI+TRE)/2 em mm | 0,7 | 7,0 | 3,8 | 5,1 |
| **10** | Fv=(TRIv+TREv)/2 | 2,7 | 74,4 | 38,5 | 38,5 |
| Nº TOTAL DE ESTAÇÕES | **6** | **Σ IGG** | **159** | **CONCEITO** | **RUIM** |

Fonte: Autoria própria (2025).

**Tabela 11** - Cálculo do IGG (conceito péssimo)

| **DATA** | **03/05/2025** | **FOLHA** | **30/30** | **ESTACAS** | **174 AO 179** |
|---|---|---|---|---|---|
| **GRUPO** | **DEFEITOS** | **Fq_abs/ TRI** | **Fq_relativa/ TRE** | **Fp/F/FV** | **Índice de Gravidade Individual (IGI)** |
| **1** | (FCI) F, TTC,TTL,TLC,TLL,TRR | 0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 |
| **2** | (FCII) J,TB | 0 | 0,0 | 0,5 | 0,0 |
| **3** | (FCIII) JE,TBE | 6 | 100,0 | 0,8 | 80,0 |
| **4** | ALP, ATP,ALC,ATC | 1 | 16,7 | 0,9 | 15,0 |
| **5** | O,P,E | 2 | 33,3 | 1,0 | 33,3 |
| **6** | EX | 1 | 16,7 | 0,5 | 8,3 |
| **7** | D | 5 | 83,3 | 0,3 | 25,0 |
| **8** | R | 1 | 16,7 | 0,6 | 10,0 |
| **9** | F=9TRI+TRE) /2 em mm | 2,2 | 23,3 | 12,8 | 17,0 |
| **10** | Fv=(TRIv+TREv) /2 | 12 | 1242,3 | 627,2 | 50,0 |
| **Nº TOTAL DE ESTAÇÕES** | **6** | **Σ IGG** | **239** | **CONCEITO** | **PÉSSIMO** |

Fonte: Autoria própria (2025).

Considerando os 3,6 quilômetros avaliados e a segmentação a cada 6 estacas, se obteve a seguinte distribuição de condições do pavimento nos 30 segmentos analisados (Tabela 12):



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

**Tabela 12** - Resultados do IGG

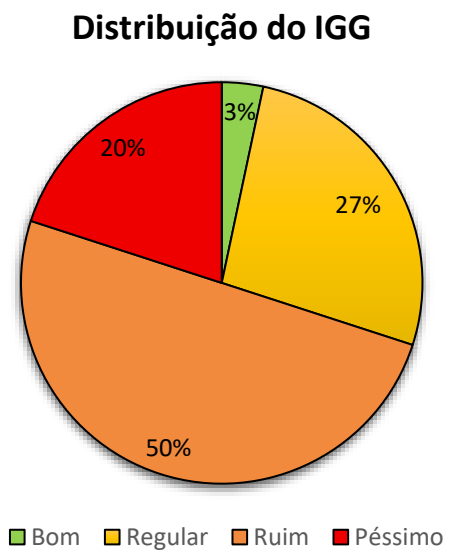
| TRECHOS | RUAS | ESTACAS | IGG | CONCEITO |
|---|---|---|---|---|
| 1 | H e Belo Horizonte | 0-6 | 84 | RUIM |
| 2 | Belo Horizonte | 6-11 | 138 | RUIM |
| 3 | Belo Horizonte | 12-17 | 33 | BOM |
| 4 | Belo Horizonte e F | 18-23 | 150 | RUIM |
| 5 | F | 24-29 | 45 | REGULAR |
| 6 | F | 30-35 | 71 | REGULAR |
| 7 | F | 36-41 | 169 | PÉSIMO |
| 8 | F | 42-47 | 179 | PÉSIMO |
| 9 | F | 48-53 | 152 | RUIM |
| 10 | F e Assunção | 54-59 | 71 | REGULAR |
| 11 | Assunção | 60-65 | 124 | RUIM |
| 12 | Assunção | 66-71 | 133 | RUIM |
| 13 | Assunção | 72-77 | 208 | PÉSSIMO |
| 14 | Assunção | 78-83 | 176 | PÉSSIMO |
| 15 | Assunção e C | 84-89 | 90 | RUIM |
| 16 | C | 90-95 | 101 | RUIM |
| 17 | C | 96-101 | 89 | RUIM |
| 18 | C | 102-107 | 54 | REGULAR |
| 19 | C | 108-113 | 46 | REGULAR |
| 20 | C | 114-119 | 121 | RUIM |
| 21 | C e Sapucaí | 120-125 | 69 | REGULAR |
| 22 | Sapucaí | 126-131 | 62 | REGULAR |
| 23 | D | 132-137 | 70 | REGULAR |
| 24 | D e Florianópolis | 138-143 | 138 | RUIM |
| 25 | Florianópolis | 144-149 | 159 | RUIM |
| 26 | Florianópolis | 150-155 | 140 | RUIM |
| 27 | Florianópolis | 156-161 | 190 | PÉSSIMO |
| 28 | Florianópolis | 162-167 | 129 | RUIM |
| 29 | Florianópolis e A | 168-173 | 111 | RUIM |
| 30 | A | 174-179 | 239 | PÉSSIMO |

Fonte: Autoria própria (2025).

A partir dos IGG's apresentados na Tabela 12, se procedeu a distribuição percentual deles (Gráfico 1).

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

Gráfico 1- Distribuição dos resultados do IGG




Fonte: Autoria própria (2025).

No Gráfico 1, e mostrado a distribuição dos índices de Gravidade Global (IGG) em que revela um cenário crítico na malha viária analisada:

- 6 segmentos, que representam (20%), apresentam condição PÉSSIMA (IGG>160), indicando falhas severas, tendo em sua maioria defeitos tipo FCI, FCII, FCIII, D e EX;
- 15 segmentos, que representam (50%), foram classificados como RUINS, com (IGG entre 80 e 160), aparecendo repetidas vezes os defeitos tipo FCIII, ATC, O, P e E.
- 8 segmentos, que representam (27%), mostraram estado REGULAR, apresentando repetidamente os defeitos tipo EX, FCI e CFIII.
- Apenas 1 segmento, que representa (3%), exibiu estado BOM (IGG =33)
- Ausência de classificação do (IGG<20) de tipo ótimo.

Esta distribuição mostra que 100% do pavimento asfáltico avaliado apresenta defeitos, com alguns segmentos que precisam de intervenções de manutenção

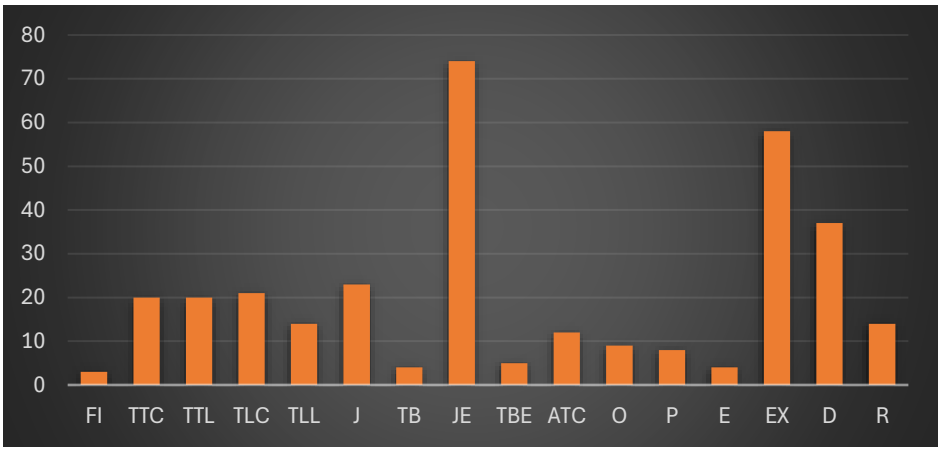


Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

imediatas. O registro de apenas 1 segmento em estado bom indica a inexistência de trechos livres de patologias.

Além dos IGG's, outra informação importante é a ocorrência de defeitos observados em cada estaca. Conforme ilustra o gráfico 2, o defeito de maior ocorrência é o trincamento interligado com erosão nos bordos (FC-3), seguido por ondulações e desgaste. As trincas isoladas e os remendos foram observados em menor número de estacas.

Gráfico 2- Defeitos apresentados por estacas




Fonte: Autoria própria (2025).

Também foi realizada análise espacial do estado do pavimento asfáltico. A Figura 17 apresenta o mapa temático gerado no QGIS (versão 3.38.1), ilustrando a distribuição dos IGG's nos 30 segmentos ao longo do eixo Norte-sul. O mapa utiliza o sistema de referência EPSG:4674 (SIRGAS 2000), tendo sido elaborado a partir de dados georreferenciados coletados *in loco* com receptor GNSS (precisão de 2m). A legenda categoriza os resultados conforme: Ótimo (0 < IGG ≤ 20, verde), Bom (20 < IGG ≤ 40, verde escuro), Regular (40 < IGG ≤ 80, amarelo), Ruim (80 < IGG ≤ 160, laranja), Péssimo (IGG > 160, vermelho).

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

**Figura 18** - Mapa de IGG's por segmentos

Fonte: Autoria própria (2025).

A Figura 18 ilustra a classificação dos segmentos viários analisados com base nos valores do Índice de Gravidade Global (IGG), obtidos por meio da aplicação da norma DNIT 006/2003-PRO. Os resultados foram organizados em três categorias de condição funcional: regular, ruim e péssimo, conforme os intervalos de referência estabelecidos pela norma.

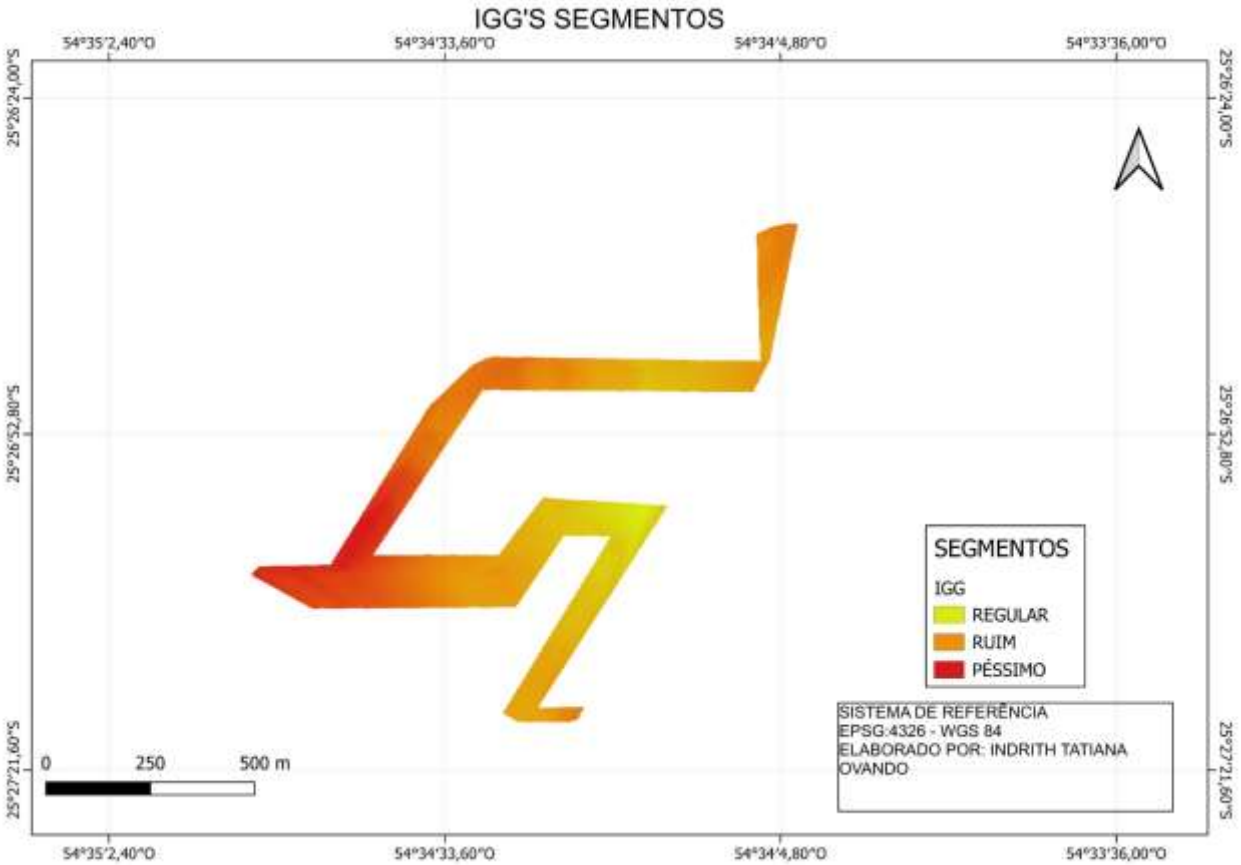
A espacialização dos dados, realizada no ambiente do software QGIS, permitiu a visualização da distribuição dos defeitos ao longo do eixo Norte–Sul da Vila C Velha. Observa-se a predominância de trechos classificados como ruins, com presença significativa de segmentos em condição péssima, o que evidencia a necessidade de intervenções emergenciais e reabilitações estruturais. Por outro lado, os trechos classificados como regulares correspondem a uma parcela menor, sugerindo a urgência



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

na definição de estratégias de manutenção preventiva para evitar a evolução da degradação.

**Figura 19** - Mapa de classificação do IGG por segmentos




Fonte: Autoria própria (2025).

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

# 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo se avaliou no bairro Vila C Velha, o estado dos pavimentos asfálticos (eixo Norte-Sul), pertencentes ao itinerário percorrido pelas linhas urbanas de transporte coletivo por ônibus.

A análise dos dados evidencia que a malha viária avaliada apresenta diferenças significativas nas condições do pavimento. A aplicação do Indice de Gravidade Global (IGG) revelou que 70% dos segmentos analisados (21 de 30) encontra-se em condições "Ruins" ou "Péssimas". O defeito mais frequente em todo o levantamento foi a predominância de trincas interligadas com erosão nos bordos (FC-3), registradas em 74 estacas, sendo o defeito mais frequente em todo o levantamento. Este padrão está associado ao fenômeno de fadiga dos revestimentos asfálticos, devido aos carregamentos cíclicos quase-contínuos desses revestimentos.

Complementando esse cenário, observou-se em 58 estacas, ocorrência de exsudação (EX), indicando excessiva quantidade de ligante na mistura asfáltica do revestimento. Isso mostra que os procedimentos de dosagem das misturas asfálticas precisam ser aperfeiçoados.

Adicionalmente, se constatou em 37 estacas, a ocorrência de desgaste superficial (D), o que evidencia desagregação da mistura asfáltica devido a ação do tráfego e das intempéries. Além disso, o tipo de ligante asfáltico escolhido para a fabricação das misturas asfálticas também pode ter influência no surgimento e avanço dessa patologia. A combinação desses defeitos, assim como ocorrência de flechas nas trilhas de roda externa e interna, explica a degradação acelerada em vários trechos, onde o IGG foi superior a 160.

A análise espacial realizada corrobora a degradação do pavimento, evidenciando que os segmentos críticos ("Ruins" e "Péssimos") concentram-se estrategicamente nas ruas Belo Horizonte, F, Assunção, Florianópolis e rua A, precisamente nos trechos com maior densidade de pontos de parada de ônibus (ícones azuis). Esta coincidência espacial demonstra que as cargas quase-estáticas decorrentes dos veículos de transporte coletivo (ônibus) desencadeiam processos de degradação acelerada do revestimento asfáltico. O mapa não apenas valida quantitativamente os IGG’s superiores



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

a 80, mas também direciona intervenções prioritárias para esses trechos críticos, onde intervenções de manutenção são urgentes para conter a perda de serventia do pavimento asfáltico.

Diante dos resultados obtidos, este estudo reforça a importância de avaliações técnicas sistematizadas da pavimentação urbana como ferramenta de apoio à gestão pública e à manutenção preventiva. Observou-se que a aplicação integrada do IGG e a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG) demonstrou ser eficaz na identificação de pontos críticos, contribuindo para decisões mais precisas na alocação de recursos e na definição de prioridades de intervenção. Espera-se que os dados gerados sirvam de subsídio para planos de intervenção viária no bairro Vila C Velha e, mais amplamente, inspirem estudos semelhantes em outras regiões da cidade, promovendo a melhoria contínua da infraestrutura viária.

## 5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Para trabalhos futuros sugere-se:

- Criar um mapa web com o uso de plug-in existente no QGIS (por exemplo, o FELT), para permitir o amplo e irrestrito acesso dos dados gerados;
- Criar uma App que possa ser alimentada por dados enviados por qualquer cidadão, em relação aos defeitos observados nas vias urbanas do município;
- Realizar avaliação objetiva do pavimento considerando o Levantamento Visual Contínuo (LVC) segundo a DNIT 008/2003-PRO.
- Realizar avaliação subjetiva do pavimento com o *Present Serviciability Rating* (PSR) (AASHTO) e o Valor da Serventia Atual (VSA) DNIT 009/2003-PRO.

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

# 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANES, A. M P. **Avaliação de qualidade da superfície do pavimento em trecho da DF – 002 segundo critério DNIT006/2003.** Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, Brasília-DF, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**.** NBR 7207: Pavimentação – Terminologia. Rio de Janeiro, 1982.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007. ISBN 978-85-86238-56-7.

BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros.** Rio de Janeiro: PETROBRAS/ABEDA, 2010.

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE**. Pesquisa CNT de Rodovias**. Brasília: CNT, 2022. Disponível em: https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2022/Rodoviario/1-1-/Principais-dados]. Acesso em: 10 abr. 2025.

DINIZ, E. L. **Gerenciamento de pavimentos com aplicação de índices de avaliação objetiva em um SIG na região perimetral da UFCG**. 2019. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de implantação básica de rodovia**. IPR Publicação 742. 3ª edição. Rio de Janeiro, 2010.

**DNIT** - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de pavimentação**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 3ª edição. Rio de Janeiro, 2006a.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos***.* Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2006b.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Norma DNIT 005/2003 - TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e Semi-Rígidos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Norma DNIT 006/2003 - PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e Semi-Rígidos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

FERNANDES JUNIOR, J. L. ***et al*. Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos.** Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Transportes, 1999.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem Complicação.** Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2008.

LÁZARO, B. de O.; CHUERUBIM, M. L.; LEMOS RIBEIRO, R..; MENDONÇA DE ALMEIDA, Y..; DE OLIVEIRA TRISTÃO, M. V. **Avaliação das condições de superfície de pavimentos urbanos com o auxílio de ferramentas de análise espacial**. **Transportes**, *[S. l.]*, v. 30, n. 1, p. 2539, 2022. Disponível em: https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/2539. Acesso em: 17 jun. 2025.

LEITE, E. D. **Gerenciamento de pavimentos com aplicação de índices de avaliação objetiva em um SIG na região perimetral da UFCG.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Campina Grande, 2019.

LONGLEY, P. A. *et al.* **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica.** Editora Bookman. 3ª edição. Porto Alegre, 2011.

MARCATO, V. D.; OLIVEIRA, R. F. **Manifestações patológicas em estruturas asfálticas:** *estudo de caso na Rodovia MG-190.* Disponível em Repositório Institucional - FUCAMP: Manifestações patológicas em estruturas asfálticas: estudo de material caso na Rodovia MG – 190, 2021. Acesso em 11 de jul. de 2025.

**Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos. Sistema de Informações Geográfica (SIG):** *Apostila.* Rede SPUGeo, 2016. Disponível em: https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/patrimonio-da-uniao/arquivos-anteriores-privados/programa-de-modernizacao/linha-do-tempo/34-sig-apostila.pdf. Acesso em: 24 jul. 2025.

PÁEZ, E. M. A. **Índice de condição do pavimento (ICP) para aplicação em sistemas de gerência de pavimentos urbanos.** Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2015.

PESSOA JUNIOR, E. **Manual de obras rodoviárias e pavimentação urbana.** Editora Oficina de Textos. 2ª edição. São Paulo, 2019.

PINTO, S. e PINTO, I. E. **Pavimentação asfáltica:** conceitos fundamentais sobre materiais e revestimentos asfálticos. Editora LTC. 1ª edição-Reimpressão. Rio de Janeiro, 2018.

PINTO, S. e PREUSSLER, E. **Pavimentação rodoviária:** *conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis.* Rio de Janeiro: [s.n.], 2002.

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

POTTER, C. J.; DIRKS, K. L. ***Pavement evaluation using the Road Rater™ deflection dish:*** *final report for Project MLR 89-2. Ames, IA: Iowa Departament of Transportation, Highway Division, 1989.*

PRESTES, M. P. **Métodos de avaliação visual de pavimentos flexíveis- um estudo comparativo.** Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

SALVARO, A. F. **Uma arquitetura de Sistema Geográfico baseado em conhecimento com sustentação epistemológica.** Trabalho de Conclusão de Curso. Florianópolis -SC. Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

SANTOS, J. R. **O uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) nas pesquisas de Administração.** Trabalho de Conclusão de Curso. Uberlândia. Universidade Federal de Uberlândia ,2018.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação:** *volume 1.* Editora PINI. 2ª edição ampliada. São Paulo, 2007.

SHOJI, E. S. **Desenvolvimento de um programa de sistema de gerência de pavimentos urbanos para cidades brasileiras de médio porte**. 2000. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-05032018-154814/. Acesso em: 20 jul. 2025.

SOUZA, J. V. R. **Avaliação objetivada da superfície de rolamento de pavimentos urbanos utilizando geotecnologias**. 2020. 109 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

SOUZA, M. J. **Patologias em pavimentos flexíveis.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) — Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004. Disponível em: https://engucm.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/04/patologia-pavimentos-flexivel.pdf. Acesso em 10 de maio. de 2025.

TROMBETA, L. R A.; OLIVEIRA, L. F. R.; PELINSON, N. S. *et al*. **Geoprocessamento.** Editora SAGAH. Porto Alegre, 2019. *E-book.* p.104. ISBN 9786581492120. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786581492120/. Acesso em: 22 jul. 2025.



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

# APÊNDICE

Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

# APÊNDICE A - Tabela utilizada no levantamento *in loco* no *Qfield*

| Estaca | FAIXA | Data_Levan | OBSERVACOE | Rua | FI | TTC | TTL | TLC | TLL | TRR | J | TB | JE | TBE | ALP | ATP | ALC | ATC | O | P | E | EX | D | R | __m | __m | foto |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | E | 17/04/25 | 0 | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | C:\Users\ituov\OneDrive\TCC - Geoprocessamento em Vias Urbanas Vlla c\Levantamento em campo_junho_2025\Projeto_TCC_TATIANA\Fotos_campo\DCIM\estaca 0.jpg |
| 1 | D | 17/04/25 | 1,8 Tre | H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 18 | C:\Users\ituov\OneDrive\TCC - Geoprocessamento em Vias Urbanas Vlla c\Levantamento em campo_junho_2025\Projeto_TCC_TATIANA\Fotos_campo\DCIM\JPEG_20250418122042479.jpg |
| 2 | E | 17/04/25 | 0 | H | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | C:\Users\ituov\OneDrive\TCC - Geoprocessamento em Vias Urbanas Vlla c\Levantamento em campo_junho_2025\Projeto_TCC_TATIANA\Fotos_campo\DCIM\JPEG_20250418123836884.jpg |



Versão Final Homologada
20/08/2025 09:22

# APÊNDICE B – Registro de levantamento *in loco*