



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIELA ALVES COSTA

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS PELO MÉTODO
DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO:** Um estudo de caso da PA-150, trecho
de Goianésia do Pará.

BELÉM - PA
2026

GABRIELA ALVES COSTA

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS PELO MÉTODO DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO: Estudo de caso da PA-150, trecho de Goianésia do Pará.

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, requisito final para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar

BELÉM - PA
2026

GABRIELA ALVES COSTA


**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS PELO
MÉTODO DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO: Um estudo de caso da
PA-150, trecho de Goianésia do Pará.**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado a Faculdade de Engenharia
Civil do Instituto de Tecnologia da
Universidade Federal do Pará, requisito final
para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil.


Data de aprovação: 27/02/2026

Conceito: EXC

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **MARCELO FIGUEIREDO MASSULO AGUIAR**
Data: 03/03/2026 16:58:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar
Universidade Federal do Pará - UFPA - **Orientador**

Documento assinado digitalmente
 **MARCUS VINICIUS GUERRA SERAPHICO DE ASSI**
Data: 04/03/2026 10:39:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcus Vinicius Guerra Seraphico de Assis Carvalho
Universidade Federal do Pará - UFPA - **Examinador**

**Claudio
Dubeux**

Assinado digitalmente por:
Claudio Dubeux
ND: CN = Claudio Dubeux email
= claudio.dubeux@egis-group.
com C = BR O = EGIS OU = DPE
Data: 2026.03.03 21:53:57 -03'00'

Eng. Me. Cláudio Luiz Dubeux Neves Filho
Examinador externo

AGRADECIMENTOS

Ao concluir esta etapa fundamental da minha trajetória, gostaria de registrar meu sincero agradecimento a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste projeto.

Agradeço, primeiramente, à Deus, por iluminar meu caminho, guiar minhas escolhas e me fortalecer em meu propósito.

Ao meu orientador, Professor Marcelo Massulo, muito obrigada pela condução deste trabalho, pelo tempo dedicado e pelas palavras de incentivo. Suas orientações, desde a sala de aula, foram fundamentais para minha formação profissional.

Aos meus pais, que são meu porto seguro e meus maiores incentivadores na vida, obrigada por acreditarem na minha escolha, não medirem esforços e por sonharem junto comigo cada etapa desta conquista. Tudo o que alcancei é para e por vocês.

Aos meus irmãos, pelo companheirismo constante e pela presença em todos os momentos. Agradeço pelas alegrias compartilhadas no dia a dia e por serem a base de apoio que tornou o cotidiano mais leve e acolhedor.

Um agradecimento especial a quem tornou possível a realização deste trabalho. Laerte, obrigada por não apenas me acompanhar, mas por participar ativamente nas coletas de dados, além de todo apoio e suporte.

Agradeço, também, aos meus colegas de graduação, com quem compartilhei anos de aprendizado, trocas de conhecimento e apoio mútuo. Aos meus amigos Arthur e Leonardo, um agradecimento especial por tornarem a caminhada mais leve e feliz. O apoio de vocês foi crucial.

RESUMO

COSTA, G. A. Avaliação de desempenho de pavimentos flexíveis pelo método do levantamento visual contínuo: Estudo de caso da PA-150, trecho de Goianésia do Pará. 2026. 74f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém.

O funcionamento eficiente do sistema de transporte rodoviário é diretamente relacionado ao estado de conservação das vias. No entanto, a falta de gestão e planejamento adequado das rodovias afetam negativamente essa dinâmica. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é determinar o Índice de Estado de Superfície (IES) da rodovia PA-150, no entorno do município de Goianésia do Pará, como etapa fundamental para a proposição de um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP). Para isso, foram realizadas coletas de dados em outubro de 2025 e janeiro de 2026, em 2 trechos, ambos com 20 segmentos de 1 km, por meio da aplicação do método do Levantamento Visual Contínuo, regido pela norma do DNIT 008/2003-PRO, além da contagem do volume de tráfego para determinação do número N da rodovia. Os principais resultados obtidos foram: Trecho 1 apresentou redução de IES de conceito “Bom” para “Regular” entre outubro/2025 e janeiro/2026, enquanto que o Trecho 2 manteve-se estável como “Bom”; O tráfego foi classificado como pesado, com número N da ordem de 10^8 ; Os defeitos mais frequentes foram as trincas interligadas tipo couro de jacaré, o desgaste e o afundamento nas trilhas de roda; A variação do IES nos meses de coleta apontou que 37,5% dos segmentos tiveram aumento do IES, 35% permaneceram estáveis e 27,5% apresentaram redução do índice; Correlação linear negativa forte entre o Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis e o Índice de Gravidade Global Expedido, com coeficiente de Pearson igual a -0,82, revelando consistência entre a avaliação subjetiva (ICPF) e a objetiva (IGGE). Concluiu-se, portanto, que o IES é uma ferramenta essencial para o planejamento e tomada de decisão no âmbito da gerência de pavimentos, garantindo manutenções eficientes, otimização de recursos e conservação do nível de serviço do pavimento.

Palavras-chave: Índice de Estado de Superfície, Levantamento Visual Contínuo, Sistema de Gerência de Pavimentos.

ABSTRACT

COSTA, G. A. Avaliação de desempenho de pavimentos flexíveis pelo método do levantamento visual contínuo: Estudo de caso da PA-150, trecho de Goianésia do Pará. 2026. 74f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém.

The efficient operation of the road transport system is directly related to the state of conservation of the highways. However, the lack of adequate management and planning negatively affects this dynamic. In this regard, the objective of this study is to determine the Surface Condition Index (SCI) of the PA-150 highway, surrounding the municipality of Goianésia do Pará, as a fundamental step for proposing a Pavement Management System (PMS). To this end, data collection was conducted in October 2025 and January 2026 across two sections, each comprising twenty 1-km segments, through the application of the Continuous Visual Survey method, governed by the DNIT 008/2003-PRO standard, in addition to traffic volume counts to determine the highway's N number. The main results obtained were: Section 1 showed an SCI reduction from a "Good" to a "Fair" rating between October 2025 and January 2026, while Section 2 remained stable as "Good"; the traffic was classified as heavy, with an N number in the 10^8 range; the most frequent defects were interconnected cracks (alligator cracking), surface wear, and wheel path rutting; the SCI variation during the collection months indicated that 37.5% of the segments showed an increase in SCI, 35% remained stable, and 27.5% showed a reduction in the index; a strong negative linear correlation was found between the Flexible Pavement Condition Index (FPCI) and the Expedite Global Severity Index (EGSI), with a Pearson coefficient of -0.82, revealing consistency between subjective (FPCI) and objective (EGSI) evaluations. It was concluded, therefore, that the SCI is an essential tool for planning and decision-making within pavement management, ensuring efficient maintenance, resource optimization, and the conservation of the pavement's level of service.

Keywords: Surface Condition Index, Continuous Visual Survey, Pavement Management Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O Sistema de Gerência de Pavimentos.	14
Figura 2 - Curva de deterioração do pavimento ao longo da vida útil.	15
Figura 3 - Fluxograma dos componentes de um sistema de gerência de pavimentos em nível de rede e projeto.	15
Figura 4 - Ficha de avaliação de serventia.	18
Figura 5 - Treliza para medição das flechas da trilha de roda.	19
Figura 6 - Tipos de trincas sobre os pavimentos.	21
Figura 7 - Mapa de operação e extensão das rodovias concedidas.	31
Figura 8 - PA-150.	34
Figura 9 - PA-263.	35
Figura 10 - Fluxograma do Método.	35
Figura 11 - Trecho 1 e 2.	36
Figura 12 - Gráfico 1 – Incidência de defeitos no Trecho 1.	48
Figura 13 - Trincas interligadas tipo couro de jacaré na trilha de roda no trecho 1. ...	49
Figura 14 - Gráfico 2 – Incidência de defeitos no Trecho 2.	50
Figura 15 - Desgaste superficial no Trecho 2, no mês de janeiro.	51
Figura 16 - Exsudação no Trecho 2, no mês de outubro.	51
Figura 17 - Gráfico 3 – Incidência de defeitos nos 40 segmentos nos meses de coleta.	52
Figura 18 - Gráfico 4 – Variação do IES médio ao longo do tempo.	53
Figura 19 - Gráfico 5 – Correlação entre o ICPF médio e o IGGE médio.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Frequência de defeitos.....	26
Tabela 2 - Conceitos do ICPF.	27
Tabela 3 - Gravidade e peso dos defeitos.....	27
Tabela 4 - Classificação do IES.	28
Tabela 5 - Inventário da rede.	37
Tabela 6 - Fatores de equivalência de carga.	40
Tabela 7 - Fator Regional (FR).....	41
Tabela 8 - Cálculo do IGGE dos segmentos do Trecho 1 no mês de outubro de 2026.	42
Tabela 9 - Cálculo do IGGE dos segmentos do Trecho 2 no mês de outubro de 2026.	43
Tabela 10 - Frequência média dos defeitos e ICPF médio dos segmentos do Trecho 1 em outubro de 2025.	44
Tabela 11 - Valores e conceitos do IES no Trecho 1.	44
Tabela 12 - Valores e conceitos do IES no Trecho 2.	45
Tabela 13 - Valores e conceitos médios do IES do Trecho 1 e 2.....	46
Tabela 14 - Variação percentual do IES no período de coleta.	53
Tabela 15 - Número N dos Trecho 1 e 2.	56

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1.	Objetivo	11
1.1.1.	Objetivo Geral	11
1.1.2.	Objetivos Específicos	11
1.2.	Justificativa	11
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Sistema de Gerência de Pavimentos	13
2.1.1	Níveis do Sistema de Gerência de Pavimentos	15
2.1.2	Principais Etapas do Sistema de Gerência de Pavimentos	16
2.1.3	Avaliação dos pavimentos	17
2.2.1	Terminologia para os defeitos em pavimentos flexíveis	20
2.2.1.1	Fissuras e Trincas	21
2.2.1.2	Trinca Isolada	21
2.2.1.3	Trinca Interligada	22
2.2.1.4	Afundamento	23
2.2.1.5	Ondulação ou Corrugação	23
2.2.1.6	Escorregamento	24
2.2.1.7	Exsudação	24
2.2.1.8	Desgaste	24
2.2.1.9	Panela ou buraco	24
2.2.1.10	Remendo	25
2.2.1.11	Remendo profundo	25
2.2.1.12	Remendo superficial	25
2.2.2	Método DNIT 008/2003 – PRO para cálculo do IES	25
2.3	Concessão de Rodovias	28
2.4	Número N	31

3.	MÉTODO	33
3.1	Caracterização da Área de Estudo	33
3.2	Descrição do Método	35
3.2.1	Codificação dos Trechos	36
3.2.2	Inventário da Rede	36
3.2.3	Formulário de campo e coleta de dados	37
3.2.4	Cálculo do IES.....	38
3.2.5	Análise de dados	38
3.2.6	Cálculo do Número N	39
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
4.1	Cálculo do IES	42
4.2	Análise de dados	47
4.3	Correlação entre o ICPF e o IGGE	54
4.4.	Cálculo do NÚMERO N	56
4.5.	Considerações Finais	58
5.	CONCLUSÃO	60
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	ANEXOS	65
	ANEXO A – REPRESENTAÇÃO FOTOGRÁFICA DOS DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	65
	APÊNDICES	67
	APÊNDICE A – FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO	67
	APÊNDICE B – CÁLCULOS DO IGGE	68
	APÊNDICE C – FREQUÊNCIA DOS DEFEITOS E ICPF COLETADOS	70
	APÊNDICE C – FREQUÊNCIA DOS DEFEITOS E ICPF COLETADOS	
	APÊNDICE D – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DAS CLASSES DE VEÍCULOS	

1. INTRODUÇÃO

O serviço de transporte tem papel fundamental no processo de desenvolvimento econômico com efeitos diretos tanto sobre a produção quanto o consumo no país, tem efeito visto que a eficiência no transporte redutor de custos semelhante ao do emprego de uma nova tecnologia na produção ou de redução do custo de uma matéria-prima fundamental para a atividade econômica (CNT, 2017). Neste sentido, é essencial que as rodovias apresentem nível de serviço adequado para utilização no transporte de cargas e pessoas.

Para que essas condições sejam atendidas, Zanchetta (2005) destaca que os pavimentos do modal rodoviário se deterioram devido a ação do tráfego e das intempéries, existindo, então, a necessidade de planejamento e estratégias de intervenção para que se mantenha o pavimento na melhor condição possível. Sendo assim, surge a necessidade da implantação de sistemas de gerenciamento de pavimentos (SGP), para garantir a otimização dos recursos destinados às rodovias, e a garantia de boas condições da superfície de rolamento.

De acordo com a Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT), a infraestrutura do modal rodoviário exige planejamento e investimentos financeiros expressivos aos cofres públicos e, diante da insuficiência do Estado em fornecer recursos para manter a integridade das rodovias, as concessões rodoviárias se tornam a alternativa mais acessível, visto que a empresa concessionária, por meio de recursos obtidos por pedágios em rodovias de grande fluxo de veículos, é responsável por toda a infraestrutura, manutenção, recuperação, conservação, além de obras de ampliação e melhorias das rodovias concedidas.

A identificação, qualificação e quantificação dos defeitos da superfície do pavimento, alinhados a um sistema global de coordenadas e referenciamento em relação aos marcos quilométricos (km) de uma rodovia, permitem uma melhor comunicação com os bancos de dados que alimentam os métodos de dimensionamento mecanicistas e os SGPs (SILVA et al, 2018). Para isso, a elaboração deste trabalho se baseia na aplicação do Levantamento Visual Contínuo (LVC), como método para avaliar o estado de conservação da superfície do pavimento da Rodovia PA-150, no perímetro de Goianésia do Pará, cujo trecho corresponde à concessão rodoviária estadual mais recente do Estado do Pará pela concessionária Rota do Pará.

Este estudo segue a mesma linha de pesquisa desenvolvida por Guimarães e Barros (2025), na qual aplicaram o LVC nas rodovias estaduais PA-483 e PA-151, também integrantes do conjunto de vias concedidas à iniciativa privada, ao longo dos meses de janeiro a julho de 2025. No entanto, nesta pesquisa a metodologia é aplicada à PA-150, em um período de coleta mais favorável nos meses de outubro de 2025 e janeiro 2026, correspondente à estação seca da região.

O processo de deterioração dos pavimentos está associado às características dos materiais constituintes, às espessuras das camadas, à concepção estrutural, às solicitações do tráfego e às condições ambientais (MOTA et al., 2018). Nesse sentido, foram calculados os valores de número N dos trechos analisados, com intuito de caracterizar o nível de solicitação do tráfego da rodovia e, então, relacionar com os tipos e frequências de defeitos observados no LVC.

1.1. Objetivo

1.1.1. Objetivo Geral

Identificar o índice do estado da superfície (IES) da rodovia PA-150, trecho do km 145 a 185, no município de Goianésia do Pará, pelo processo de Levantamento Visual Contínuo, regido pela norma DNIT 008/2003 - PRO.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Identificar as manifestações patológicas mais e menos frequentes dos trechos;
- Avaliar o comportamento do pavimento em função da variação do IES nos meses de coleta;
- Correlacionar estatisticamente os valores do ICPF e IGGE;
- Determinar o número N dos trechos e correlacionar com o IES;

1.2. Justificativa

O estudo busca contribuir destacando que a gerência de pavimentos, justificada na avaliação da qualidade dos pavimentos, é indispensável para manter a malha viária em condições de uso, além de proporcionar destino mais assertivo aos investimentos destinados às rodovias. Logo, a implementação de um SGP pode trazer melhorias

significativas para as malhas viárias, contribuindo para o desenvolvimento regional através das rodovias.

O trabalho analisará a rodovia PA-150, em um trecho que abrange o perímetro urbano e parte do rural de Goianésia do Pará, a qual é de suma importância para o escoamento da produção mineral e agropecuária do sudeste do Pará, ao porto da Vila do Conde, em Barcarena, um dos mais importantes do território paraense, além de conectar a região metropolitana de Belém ao sul e sudeste do estado. Portanto, a integridade dessa rodovia é imprescindível para a economia paraense e para os usuários que trafegam por esse corredor estratégico. Dessa forma, o presente estudo se justifica pela necessidade da conservação das rodovias, tendo em vista o desenvolvimento econômico Paraense, segurança e conforto dos usuários.

Ademais, a aplicação do método do levantamento visual contínuo durante os meses de pesquisa possibilita a criação de um banco de dados a nível de rede da rodovia, com baixo custo operacional e rápida execução, constituindo uma etapa fundamental para adoção de um sistema de gerência de pavimentos. Com isso, é possível obter planejamento adequado das medidas de manutenção e reabilitação para conservação do estado de superfície do pavimento.

Além disso, a rodovia analisada faz parte da recente concessão à iniciativa privada. Portanto, a coleta de dados deste trabalho possibilitará a comparação entre a gestão no início da concessão e a sua evolução, auxiliando na avaliação das investidas realizadas pela concessionária.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo aponta a revisão bibliográfica a respeito dos temas que discorrem no entorno do foco principal do trabalho, como: o sistema de gerência de pavimentos, além de todas as atividades que o englobam. Ademais, cita-se sobre as concessões à iniciativa privada de rodovias no Brasil, com o foco voltado para o Estado do Pará. É discorrido, também, sobre o método do DNIT, que regulamenta o cálculo do IES, que norteiam este trabalho. Por fim, são apresentados os conceitos e justificativas para cálculo do número N.

2.1 Sistema de Gerência de Pavimentos

A Gerência de Pavimentos constitui-se atualmente em uma importante ferramenta de administração, objetivando determinar a forma mais eficaz da aplicação dos recursos públicos disponíveis, em diversos níveis de intervenção, de sorte a responder às necessidades dos usuários dentro de um plano estratégico que garanta a melhor relação Custo x Benefício (DNIT, 2011).

De acordo com a AASHTO (2012), um SGP é formado por um conjunto de ferramentas e métodos que auxiliam os responsáveis pela tomada de decisões a identificar as melhores estratégias para planejar, avaliar e manter os pavimentos em boas condições de uso ao longo do tempo.

O Manual de Gerência de Pavimentos (DNIT, 2011), conceitua que a estrutura de um SGP funciona a partir da interação mútua entre o planejamento, o projeto, a construção e a manutenção dos pavimentos, para que os recursos orçamentários sejam aplicados de forma objetiva e sem desperdício. A figura 1, a seguir, esclarece como é estruturado um Sistema de Gerência de Pavimentos.

Figura 1 - O Sistema de Gerência de Pavimentos.

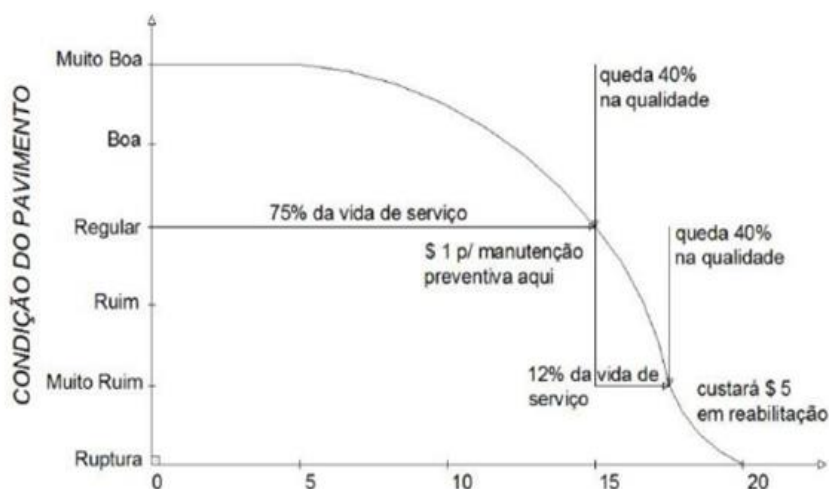


Fonte: DNIT (2011).

Os Sistemas de Gerência de Pavimento (SGP) representam uma possibilidade concreta de se avançar de um esquema de manutenção tradicional, baseado quase sempre na correção de problemas, para um sistema de manutenção planejada, onde a atuação sobre a malha viária abrange não só a solução de seus problemas imediatos, mas, também, um trabalho de prevenção que prolongue a sua vida útil e garanta padrões mínimos de serviços em toda a malha que está sendo gerenciada (Fernandes Jr.; Pantigoso. 1998).

Portanto, o acompanhamento das condições da infraestrutura por meio de um SGP, pode determinar com mais eficácia o processo de Manutenção e Reabilitação (M&R) com um planejamento constante dos aspectos de segurança e conforto, características fundamentais da condição funcional dos pavimentos (Carvalho, 2020). O planejamento da manutenção visa atender às demandas de conservação da malha rodoviária, conforme os estudos e disponibilidades financeiras, que desenvolvem a escala de prioridades (Sartório, 2007). Nesse sentido, é notável a importância do SGP para avaliar as condições dos pavimentos e, então, definir o período ideal para execução das atividades de M&R, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Curva de deterioração do pavimento ao longo da vida útil.

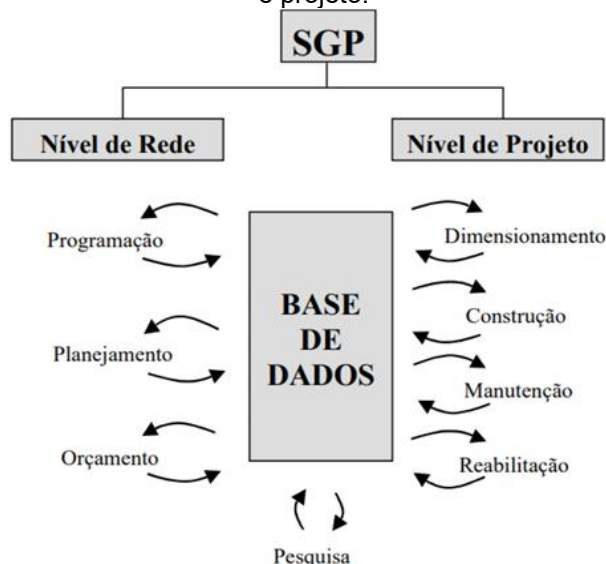


Fonte: Zhang et al. (2010)

2.1.1 Níveis do Sistema de Gerência de Pavimentos

A gestão de pavimentos de uma malha rodoviária pode ser realizada em dois níveis de decisão, sendo a nível de rede e/ou de projeto, como mostra a Figura 03.

Figura 3 - Fluxograma dos componentes de um sistema de gerência de pavimentos em nível de rede e projeto.



Fonte: Haas et al. (1994)

O SGP a nível de rede avalia uma malha viária e define os trechos prioritários que serão alvos dos investimentos em manutenção, de modo a garantir o uso eficiente dos recursos públicos. Neste nível, a coleta e análise de dados abrange a área inteira,

o que não permite um grande detalhamento específico de cada trecho. No entanto, essas informações devem ser objetivas, confiáveis e atuais, uma vez que guiarão a tomada de decisões acerca das prioridades, além de otimizar o destino dos recursos. A partir disso, é formado um conjunto de recomendações constando as melhores estratégias, a atividade mais apropriada, o período ideal, custo e as seções prioritárias que são imprescindíveis para elaborar um Programa Plurianual de Investimentos a serem realizados a médio prazo (DNIT, 2011).

Por outro lado, na gerência em nível de projeto há um expressivo detalhamento de informações acerca do projeto e execução de um trecho específico da malha, identificando, também, as causas da deterioração e as consequências nas camadas adjacentes. O conjunto de dados analisados são responsáveis por subsidiar orçamentos públicos e programas de curto prazo (DNIT, 2011).

De acordo com DNIT (2011), há uma inter-relação importante entre os dois níveis, uma vez que o nível de projeto pode ser usado como ferramenta para estudos de trechos prioritários definidos em nível de rede. Além disso, comparar os resultados obtidos nos estudos de projeto com o planejamento confirma a confiabilidade e eficiência da gestão de pavimentos.

2.1.2 Principais Etapas do Sistema de Gerência de Pavimentos

As etapas do Sistema de Gerência de Pavimentos corroboram para a melhor tomada de decisão em relação ao que se deve fazer para a conservação das rodovias. As etapas são divididas da seguinte forma: inventário, avaliação da condição dos pavimentos, priorização, programação das atividades de M&R, e implementação.

De acordo com Fernandes Jr e Patingoso (1998), o inventário é o processo de coleta e organização dos dados para a implementação apropriada de um SGP, onde devem constar informações sobre as rodovias, como projetos, comprimento, largura e tipo de pavimento.

Já a avaliação da condição dos pavimentos pode ser feita por meio de uma avaliação subjetiva ou objetiva. Após a avaliação, deve-se estabelecer prioridades para as atividades a serem realizadas, que são definidas a partir de simples hierarquização subjetiva, ou otimização baseada em modelos de programação matemática. Posteriormente, pode-se analisar, em nível de rede, as diferentes

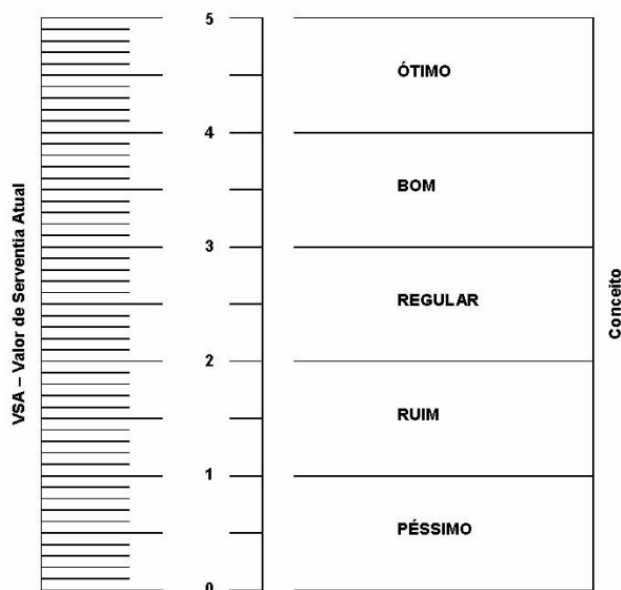
estratégias de manutenção e reabilitação de pavimentos. Chegando, por fim, na implementação das atividades de M&R escolhidas.

2.1.3 Avaliação dos pavimentos

De acordo com Machado (2013), as normas brasileiras de avaliação de pavimentos norteiam-se pelas normas norte-americanas, apenas com algumas alterações específicas para as características das pavimentações brasileiras. Portanto, a avaliação subjetiva traz a indicação do nível de serviço da rodovia, a partir de informações coletadas por um grupo de avaliadores sobre a sua situação atual. Na década de 1960, Carey e Irick (1960), desenvolveram o conceito de serventia, que define que o nível de serventia é a medida da capacidade da rodovia em servir ao tráfego naquele dado momento. Logo, o nível de serventia vai diminuindo com o tempo ou a idade útil da via, além do desgaste natural que o pavimento sofre.

No Brasil, a avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos é regida pelo DNIT, através da Norma 009/2003 - PRO que fixa os procedimentos que devem ser adotados quanto ao conforto e à suavidade de rolamento proporcionado pela superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. De acordo com esta norma, a avaliação subjetiva é elaborada por um grupo de cinco avaliadores, que percorrem o trecho sob análise e registram suas opiniões sobre a capacidade do pavimento de atender às exigências do tráfego que sobre ele atua, no momento da avaliação, quanto à suavidade e ao conforto. As percepções dos avaliadores devem ser registradas em uma ficha de avaliação padronizada, fornecida pela norma, que possui notas de 0 (péssima) a 5 (ótimo). No final da coleta de dados, o Valor da Serventia Atual é obtido através dos valores das médias das avaliações de cada membro. A figura 4 mostra a ficha de avaliação da norma citada.

Figura 4 - Ficha de avaliação de serventia.



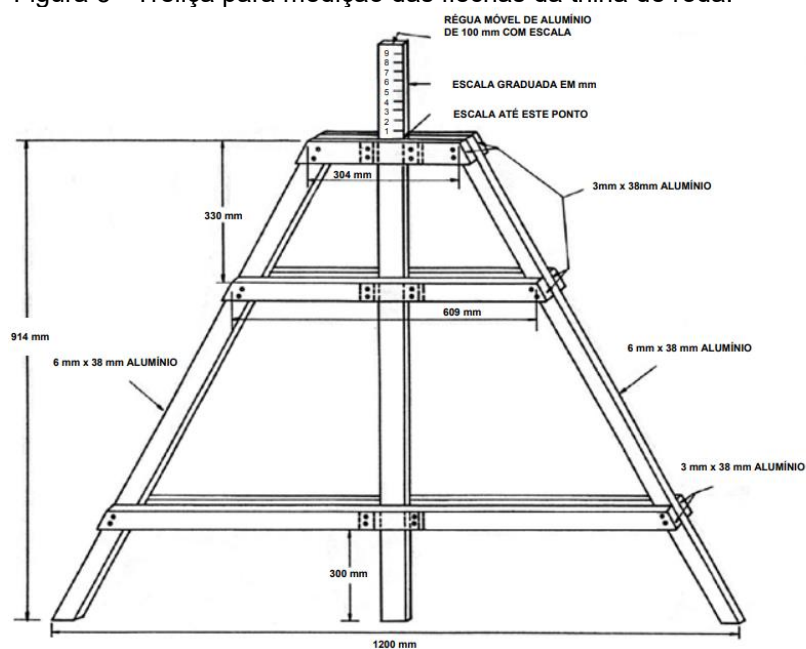
Fonte: DNIT 009/2003 – PRO

De acordo com o DER-SP (2024), a avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos consiste no levantamento e classificação de ocorrências aparentes na superfície do pavimento e na medida das deformações permanentes nas trilhas de roda. Em linhas gerais, são avaliadas: trincas, afundamentos, ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, painéis ou buracos.

Atualmente, os principais métodos de avaliação objetiva normatizados no Brasil são o Levantamento Visual Contínuo (LVC), e o Índice do Estado de Superfície do Pavimento (IES), regidos pela norma DNIT 008/2003 – PRO, além do Índice de Gravidade Global (IGG), da norma DNIT 006/2003 - PRO. Ambas as normas visam caracterizar os defeitos definidos na norma DNIT 005/2003-TER.

Segundo a norma DNIT 006/2003 - PRO, a determinação do IGG é realizada através de cálculos, com dados obtidos por meio de uma aparelhagem, que consiste no uso de uma treliça padronizada, como mostra a figura 5, com uma régua móvel instalada em seu ponto médio e que permite medir, em milímetros, as flechas da trilha de roda, em um determinado trecho demarcado.

Figura 5 - Treliça para medição das flechas da trilha de roda.



Fonte: DNIT 006/2003 – PRO

O LVC, de acordo com Machado (2013), é realizado através do uso de um veículo, transitando em trechos divididos de forma homogênea, com no mínimo dois técnicos realizando a coleta de dados, através do preenchimento de um formulário disponibilizado pela norma DNIT 008/2003-PRO. Os dias chuvosos, com neblina ou pouca luz natural devem ser evitados para que o levantamento ocorra de forma bem-sucedida.

Portanto, a avaliação dos defeitos que surgem nos pavimentos permite que sejam efetuados reparos nos mesmos a fim de que os usuários tenham a segurança e o conforto estabelecidos o mais rapidamente possível. Para que os reparos necessários sejam efetuados de maneira mais adequada e no momento correto, com a melhor aplicação de recursos financeiros disponíveis, essa avaliação deverá ser a mais eficiente possível (Machado, 2013).

2.2 Índice de Estado de Superfície

Os pavimentos são estruturas complexas que envolvem muitas variáveis, tais como: cargas de tráfego, solicitações ambientais, técnicas construtivas, práticas de manutenção e reabilitação, tipo e qualidade de materiais, estas últimas

imprescindíveis para sua preservação (Fernandes, 2001; Fernandes Jr.; Pantigoso, 1988).

A ínfima preocupação com as fases de planejamento, dimensionamento e execução, faz com que as vias apresentem graus de deterioração elevados e precoces, com redução de sua vida útil e aumento de custos envolvidos para sua conservação (Fernandes Jr., 2001).

De acordo com Souto (2018), existem diferentes métodos para a avaliação da condição dos pavimentos, como é o caso dos índices de defeitos combinados que, a partir de um levantamento de defeitos em campo, traduzem a condição do pavimento em um índice numérico, para facilitar a estratégia de intervenção de manutenção. Esta análise traduz-se como uma analogia ao Índice de Estado de Superfície (IES) que avalia o estado de conservação de pavimentos flexíveis com conceito e valor unitário, com intuito de auxiliar a tomada de decisão acerca das atividades de manutenção e reabilitação para os defeitos coletados.

2.2.1 Terminologia para os defeitos em pavimentos flexíveis

As patologias que ocorrem em um pavimento flexível são classificadas como: defeitos na superfície, degradações superficiais e deformações. Os defeitos também são classificados como imperfeições funcionais que ocorrem quando o pavimento desempenha a sua função e atende às necessidades do usuário e imperfeições estruturais, provenientes de danos que surgem na superfície do pavimento quando este é submetido a determinadas cargas (Silva e Oliveira, 2021). As manifestações podem ocorrer tanto precocemente, quanto em médio ou a longo prazo (Bernucci et. Al., 2008).

A norma DNIT 005/2003 – TER aborda os conceitos e padroniza os defeitos que ocorrem em pavimentos flexíveis e semi-rígidos, essenciais para as avaliações objetivas e subjetivas do nível de serviço de pavimentos. As representações fotográficas dos defeitos a seguir constam no Anexo A.

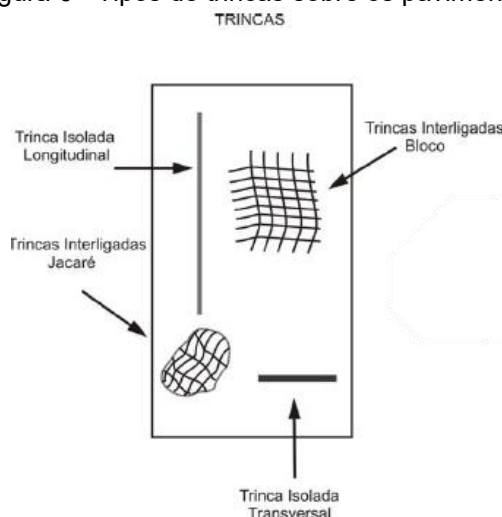
2.2.1.1 Fissuras e Trincas

O trincamento pode se apresentar em forma de fendas, fissuras, trincas isoladas longitudinais ou transversais, trincas interligadas (aparentando couro de jacaré) ou ainda trincas em bloco (DNIT, 2006).

Esses defeitos são associados a aberturas que surgem na superfície asfáltica. Em algumas bibliografias são citadas as 'fissuras' como fendas embrionárias que não acarretam problemas funcionais ao revestimento, sendo percebida a olho nu apenas à distância inferior a 1,5m (Bernucci et al., 2008 e DNIT-005/2003-TER, 2003).

As trincas, por sua vez, podem ser visualizadas a olho nu, com abertura maior que a das fissuras. São classificadas tanto de forma isolada, quanto interligada a outras trincas, conforme se observa na representação esquemática da Figura 6.

Figura 6 - Tipos de trincas sobre os pavimentos.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

2.2.1.2 Trinca Isolada

a) Trinca transversal

Se apresenta na forma isolada com direção predominantemente perpendicular ao eixo da via, conforme Figura A.1. Quando apresenta comprimento de até 100 cm é denominada trinca transversal curta e, caso o comprimento exceda os 100 cm, denomina-se trinca transversal longa (FWHA, 1993).

b) Trinca longitudinal

Surgem predominantemente paralelas ao eixo da rodovia, conforme Figura A.2. A localização é bem definida, sendo dentro ou fora das trilhas de roda. Essas trincas podem facilitar penetração de água através da camada superficial do pavimento, provocando instabilidade entre as várias camadas do mesmo e acelerando o desenvolvimento das trincas por fadiga, aparecimento do desgaste superficial ou até bombeamento de finos (DNIT, 2003; Machado, 2013).

c) Trinca de retração

São causadas por descontinuidades nas camadas inferiores, que se propagam através do revestimento asfáltico. Esse defeito pode ocorrer em razão de trincas ou juntas nas camadas inferiores de pavimento rígido, no caso do pavimento asfáltico ter sido executado sobre pavimento de concreto, ou bases com maior rigidez, como as bases tratadas com cimento ou cal, solo-cimento (DNIT, 2003).

2.2.1.3 Trinca Interligada

a) Trinca tipo “Couro de Jacaré”

Segundo Bernucci et al. (2008), as trincas tipo couro de jacaré, são as trincas que não seguem um padrão geométrico, fazendo com que a união desordenada das trincas lembre a aparência de um couro de jacaré, conforme Figura A.3. Essas trincas podem apresentar ou não erosão, caracterizada pelo arrancamentos dos fragmentos formados.

b) Trinca tipo “Bloco”

Dispõem-se trincas conectadas entre si, com formatos aproximados de retângulos, cujos lados se apresentam bem definidos, conforme Figura A.4. Essas trincas podem ou não exibir erosão mais pronunciada ao longo de suas bordas.

2.2.1.4 Afundamento

Conforme Bernucci et al. (2008), os afundamentos são provenientes de modificações permanentes, seja da camada betuminosa ou das demais subjacentes, inclusive o subleito.

Para o DNIT (005/2003 – TER), o afundamento é uma deformação permanente identificada pela depressão da superfície do pavimento, pode ser acompanhada ou não de solevamento, podendo se apresentar na forma de afundamento plástico ou de consolidação.

a) Afundamento plástico

Segundo norma do DNIT (005/2003 – TER), esse tipo de afundamento é determinado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, e é acompanhado de solevamento. Se o seu tamanho for de até 6 metros, denomina-se afundamento plástico local. No entanto, em caso da extensão ultrapassar os 6 metros e estiver localizado ao longo da trilha de roda, denomina-se afundamento plástico da trilha de roda, conforme se observa na Figura A.5.

b) Afundamento de consolidação

Esse tipo de deformação é provocado pela densificação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, sem a presença de solevamentos, conforme se observa na Figura A.6. Quando se limita a trechos de até 6 metros, é chamado de afundamento de consolidação local. Caso ultrapasse essa extensão e ocorra ao longo da trilha de roda, recebe a denominação de afundamento de consolidação da trilha de roda (Bernucci *et al*, 2008).

2.2.1.5 Ondulação ou Corrugação

Uma falha caracterizada pelo aparecimento de ondulações ou corrugações transversais, de caráter plástico e permanente, no revestimento asfáltico, conforme se observa na Figura A.7.

2.2.1.6 Escorregamento

O escorregamento é um movimento horizontal do revestimento, causado por esforços tangenciais transmitidos pelos eixos dos veículos (frenagem e aceleração), que produzem uma ondulação curta e abrupta no pavimento em forma de meia lua, também caracterizado como fendas parabólicas. Ocorre um deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento (Aguiar, 2017; DNIT, 2006; Norma DNIT 005/2003, 2003). Esse defeito está demonstrado na Figura A.8.

2.2.1.7 Exsudação

Ocorre quando existe excesso de material betuminoso na superfície do pavimento, usualmente na trilha de roda. Pode-se apresentar como um asfalto com alteração de sua coloração normal ou perda de sua textura comum, conforme registrado na Figura A.9 (Machado, 2013).

2.2.1.8 Desgaste

Processo causado pelo deslocamento de partículas de agregados e perda de adesividade do ligante asfáltico. O desgaste pode evoluir de perda de finos para perda de algum agregado graúdo, e, enfim, para perdas mais significativas de agregado, como a Figura A.10 demonstra, as quais resultam na aspereza superficial (Machado, 2013).

2.2.1.9 Panela ou buraco

De acordo com Machado (2013), são resultantes de desintegração localizada, sob a ação do tráfego e em presença de água. Apresentam fragmentação do pavimento, após a ocorrência de trincas por fadiga ou desgaste, e remoção localizada de partes do revestimento (erosão). Ocorrem em forma de tigela, de vários tamanhos, na superfície do pavimento, como mostra a Figura A.11. É mais comum sua ocorrência em revestimentos com pouca espessura ou baixa capacidade de suporte das camadas inferiores (falha estrutural), no entanto, é capaz de atingir camadas mais profundas dos pavimentos.

2.2.1.10 Remendo

O remendo é um tipo de defeito, apesar de estar relacionado a uma atividade de manutenção para conservação da superfície, que se caracteriza pelo preenchimento de painéis ou de qualquer outro orifício ou depressão com massa asfáltica (Machado, 2013). Trata-se de uma operação conhecida como “tapa-buraco”. A Figura A.12 ilustra esse tipo de defeito.

2.2.1.11 Remendo profundo

De acordo com a norma DNIT (005/2003 – TER), o remendo profundo é o tipo de remendo que substitui a camada de revestimento asfáltico e, em alguns casos, outras camadas subjacentes do pavimento.

2.2.1.12 Remendo superficial

Consiste no reparo superficial do pavimento existente, na profundidade da camada de revestimento asfáltico (DNE/PR, 2005).

2.2.2 Método DNIT 008/2003 – PRO para cálculo do IES

A norma do DNIT 008/2003 - PRO estabelece os procedimentos executivos necessários para realizar o Levantamento Visual Contínuo e determinar o Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis (ICPF), além de garantir dados para o cálculo do Índice de Gravidade Global Expedido (IGGE) e, por fim, do Índice de Estado de Superfície (IES).

Segundo prescrito pela norma, o LVC deve ser realizado com uma equipe contendo, no mínimo, dois técnicos, além do motorista, em um veículo equipado com odômetro e velocímetro calibrados para aferir as distâncias e velocidades de operação. O percurso deve ser em sentido único, com velocidade média de 40 km/h. Para rodovias de pista simples o levantamento de dados deve ser realizado em um sentido, avaliando as duas faixas de rolamento simultaneamente. No caso de rodovias com pista dupla, o LVC deve ser realizado em cada pista, considerando as suas duas ou mais faixas de tráfego.

Os trechos avaliados devem ser divididos, preferencialmente, em subtrechos de 1 km. Em razão da ausência de segurança acerca da homogeneidade do pavimento avaliado, são aceitas extensões superiores apenas em pavimentos recém-construídos, com limite de 6 km. São permitidas extensões inferiores a 1 km em casos de mudança brusca de estado de conservação ou final do trecho avaliado.

Ao iniciar o levantamento, os avaliadores enquadram cada tipo de defeito conforme as terminologias do DNIT que foram caracterizadas e apresentadas na Revisão Bibliográfica (item 2.2.1). As classificações das frequências dos defeitos devem ser realizadas ao final de cada segmento de 1km e são definidas como Alta (A), Média (M) ou Baixa (B). As Painelas (P) e Remendos (R) são quantificados em valores unitários por quilômetro, ao passo que os outros defeitos como as deformações, trincas, entre outros, em porcentagem por quilômetro, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Frequência de defeitos.

Panelas (P) e Remendos		
Código	Frequência	Quant./km
A	Alta	≥ 5
M	Média	2 - 5
B	Baixa	≤ 2
Demais defeitos		
Código	Frequência	Quant./km
A	Alta	≥ 50
M	Média	50 - 10
B	Baixa	≤ 10

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO

A partir dos dados coletados visualmente e de posse da Tabela 2, cada avaliador atribui um valor de ICPF, de acordo com as atividades de manutenção e reabilitação que consideram pertinentes ao segmento. Os valores variam de 0, com conceito péssimo, até 5, conceito ótimo, conforme Tabela 2. O valor final do ICPF é obtido pela média aritmética dos avaliadores.

Tabela 2 - Conceitos do ICPF.

Conceito	Descrição	ICPF
Ótimo	Necessita apenas de conservação rotineira	5 - 4
Bom	Aplicação de lama asfáltica: Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas.	4 - 3
Regular	Correção de pontos localizados ou recapeamento: pavimento trincado, com “painéis” e remendos pouco frequentes e com irregularidade longitudinal ou transversal	3 - 2
Ruim	Recapeamento com correções prévias: defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas – remendos superficiais ou profundos.	2 - 1
Péssimo	Reconstrução: defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas – infiltração de água e descompactação da base.	1 - 0

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO

Em relação ao cálculo do IGGE, os defeitos identificados são divididos em três categorias: O conjunto de trincas (isoladas, transversais e de retração), de deformações (afundamentos e ondulações) e de painéis e remendos. Cada conjunto terá seu peso determinado através da gravidade definida pela frequência com que ocorrem, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Gravidade e peso dos defeitos.

Panelas (P) e Remendos				
Frequência	Fator F_{pr} (Quant./Km)	Gravidade	P_{pr}	
A – Alta	≥ 5	3	1,00	
M – Média	2 - 5	2	0,80	
B - Baixa	≤ 2	1	0,70	
Demais defeitos (trincas e deformações)				
Frequência	Fator F_t e F_{poap} (%)	Gravidade	P_t	P_{oap}
A – Alta	≥ 50	3	0,65	1,00
M – Média	50 - 10	2	0,45	0,70
B - Baixa	≤ 10	1	0,30	0,60

Fonte: adaptado (DNIT 008/2003 – PRO)

Com os pesos definidos, a fórmula, apresentada na Equação 1, é igual a somatória dos produtos do peso atribuído pela frequência média de cada conjunto de defeitos.

$$IGGE = (P_t \times F_t) + (P_{oap} \times F_{oap}) + (P_{pr} \times F_{pr}) \quad (1)$$

Onde:

- F_t e P_t = Frequência e Peso do conjunto de trincas;
- F_{oap} e P_{oap} = Frequência e Peso do conjunto de deformações;
- F_{pr} e P_{pr} = Frequência (quantidade por km) e Peso do conjunto de painéis e remendos.

Por fim, relaciona-se os valores calculados do IGGE e ICPF e, com auxílio da Tabela 4, é obtido o valor, código e o conceito do Índice de Estado de Superfície, os quais variam de IES igual a 0, com conceito ótimo até 10, considerado péssimo.

Tabela 4 - Classificação do IES.

Descrição	IES	Código	Conceito
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	Ótimo
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	Bom
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	Regular
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	Ruim
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	Péssimo
$IGGE > 90$	10		

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO

2.3 Concessão de Rodovias

A Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, com concessão de serviço público é “a delegação de sua prestação, realizada pelo poder concedente, mediante licitação, na modalidade concorrência ou diálogo competitivo, a pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e por prazo determinado”. Com o intuito de promover o aprimoramento da infraestrutura

viária, as concessões de rodovias transmitem a operação e a manutenção de uma rodovia para a iniciativa privada (Ministério dos Transportes, 2020).

De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2018), a concessão da infraestrutura rodoviária brasileira foi motivada pela insuficiência de recursos públicos, corroborando para a deterioração da qualidade das rodovias. Logo, os recursos do setor privado passaram a ser a melhor alternativa para o enfrentamento dessa crise. As concessões são delegadas à iniciativa privada a partir de licitações, que possuem editais, onde são definidos os valores das tarifas, os investimentos necessários, o número e a localização das praças de pedágio, e o período da concessão. No caso das rodovias federais, as empresas vencedoras têm sido aquelas que apresentam a menor tarifa de pedágio, sendo esta tarifa, considerada suficiente para garantir à concessionária a taxa de retorno por ela esperada, entretanto, também é regido pelo edital e contrato, a manutenção dessa taxa de retorno durante a vigência da concessão, fiscalizada pelo poder público, para a garantia do equilíbrio econômico-financeiro.

Antes de realizar o processo licitatório, o Ministério da Infraestrutura (MINFRA) define quais rodovias e trechos serão concedidos, a partir do planejamento de transportes e da Política Nacional de Transportes (PNT), que é responsável por classificar as rodovias em categorias baseadas no nível de serviço ofertado e na condição da malha viária, além de definir corredores logísticos estratégicos para o transporte de cargas (Ministério dos Transportes, 2020).

No ano de 1995, se dava início ao Programa de Concessão de Rodovias Federais para a iniciativa privada, com o vencedor sendo declarado com o critério de menor tarifa de pedágio, no prazo de 20 a 25 anos de concessão da Rio-Petrópolis-Juiz de Fora (ANTT, 2025).

No estado do Pará, no dia 04 de abril de 2022, foi assinado o contrato da primeira rodovia federal do Pará, a BR-163, no trecho que liga o estado de Mato Grosso a três terminais portuários do Arco Norte (Rio Tapajós), no Pará, entre Sinop (MT) e Miritituba (PA), com extensão total de 1.009,52 km. A concessionária Via Brasil BR-163 tornou-se responsável pela infraestrutura e prestará os serviços de reparos, operação, manutenção, monitoramento, conservação, melhorias e ampliação da rodovia, assim como a instalação de 3 praças de pedágio, 4 bases de atendimento ao usuário, 3 Postos de Fiscalização (PGF), 2 Postos da Polícia Rodoviária Federal (PRF), faixas adicionais, vias marginais e acostamentos, além de acessos definitivos

aos terminais portuários de Miritituba, Santarenzinho e Itapacurá, agilizando o transbordo da carga na Hidrovia do Tapajós. Também é prevista a construção de dois novos pontos de parada e descanso para os profissionais do transporte rodoviário (CONASA, 2022; Rodrigues; Nahum, 2023).

As primeiras rodovias estaduais do Pará foram concedidas à iniciativa privada através de um contrato firmado com a concessionária Rota do Pará S.A., por meio de assinatura datada de 04 de setembro de 2023. O prazo da concessão é de 30 (trinta) anos, contados a partir da data de assinatura do Termo de Transferência de Trechos do Subsistema Rodoviário do Estado do Pará, no dia 01 de agosto de 2024. Com um total de aproximadamente 526 km de diversos trechos do subsistema rodoviário do Pará, a concessão integra as cidades de Marabá, na região sudeste do Estado, até o município de Marituba, na Região Metropolitana de Belém, apresentado na Figura 7, contempla a PA-150, PA-475, PA-252, PA-151, PA-483 e Alça Viária. Além de executar obras de recuperação, conservação, sinalização e manutenção do nível de serviço do conjunto de rodovias inseridas no contrato, a empresa é responsável por disponibilizar veículos de serviços operacionais e construção de unidades operacionais, com finalidade de garantir segurança viária, redução de acidentes e conforto aos usuários (Agência Pará, 2024; Rota do Pará, s.d.).

A partir do dia 15 de agosto de 2025, iniciaram as cobranças em quatro praças de pedágios, dispostas em trechos da Alça Viária, PA-252 e PA-150, após aplicação de período educativo, com tarifas que variam de acordo com o tipo de veículo e número de eixos. Concomitante a isso, estavam sendo construídas mais quatro praças que constituem a segunda etapa da cobrança de pedágio, com início de suas operações em 13 de dezembro de 2025, as quais três delas operam na PA-150 e uma na PA-475 (Rota do Pará, s.d.).

A cobrança de tarifas definidas pela Resolução nº 03/2025 da Agência de Regulação e Controle dos Serviços Públicos de Transporte do Pará (Artran), com valores que variam de 12 (doze) a 108 (cento e oito) reais, de acordo com a categoria do veículo.

Figura 7 - Mapa de operação e extensão das rodovias concedidas.



Fonte: Rota do Pará (2025)

2.4 Número N

O número N corresponde ao número equivalente de repetições do eixo padrão de 80 kN ao longo do período de projeto, sendo amplamente utilizado na Engenharia Rodoviária para representar o efeito acumulado do tráfego sobre a estrutura do pavimento. Esse parâmetro resulta da conversão dos diferentes tipos de veículos comerciais em passagens equivalentes do eixo padrão, permitindo avaliar a severidade da solicitação estrutural imposta à via durante sua vida útil (DNIT, 2006).

De acordo com Balbo (2007) o carregamento a ser considerado nos métodos de dimensionamento é o tráfego comercial. Nesse sentido, existe uma necessidade importante de se padronizar o tráfego, uma vez que ele se apresenta de forma bastante complexa: veículos diferentes, cargas aleatórias, várias configurações de eixos e rodas, velocidades variáveis. Por conta disso, é usual representar o tráfego total e a intensidade das cargas transportadas por meio do número N (SILVA et al., 2011).

Segundo Gonçalves (1999), os modelos mecanístico-empíricos de previsão de desempenho de pavimentos levam em conta a associação de três componentes essenciais: um modelo mecanístico para a determinação das respostas mecânicas da estrutura em termos de tensões e deformações, uma teoria que relaciona esse comportamento mecânico com a deterioração do pavimento e uma calibração que considera os fatores ambientais e as características específicas do tráfego.

A caracterização do tráfego em leve, moderado, pesado ou muito pesado e especial, permite prever os problemas estruturais dos pavimentos, como a incidência e grau de severidade dos defeitos, em função do volume e tipo de carga repetitiva dos veículos comerciais. Nesse sentido, a utilização do número N para determinar as cargas solicitantes, permite quantificar o efeito do tráfego sobre a estrutura do pavimento ao longo do seu período de projeto e, portanto, indicar a severidade das solicitações atuantes. Com esses dados é possível realizar um planejamento acerca de quais atividades de manutenção e reabilitação serão necessárias para atender as solicitações e o período em que devem ser executadas, garantindo uma gestão com redução de custos adicionais e, também, segurança e conforto aos usuários.

3. MÉTODO

Neste capítulo serão abordadas as características da rodovia estadual e dos trechos que serão alvos deste estudo e a descrição do método do LVC. O procedimento para coleta de dados e obtenção de resultados será detalhado em etapas progressivas, incluindo: codificação dos trechos, inventário da rede, formulário de campo e coleta de dados, determinação do Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos (ICPF), cálculo do Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE), cálculo do Índice de Estado de Superfície (IES) e a análise dos dados obtidos. Além disso, serão detalhadas as etapas para o cálculo do número N dos trechos.

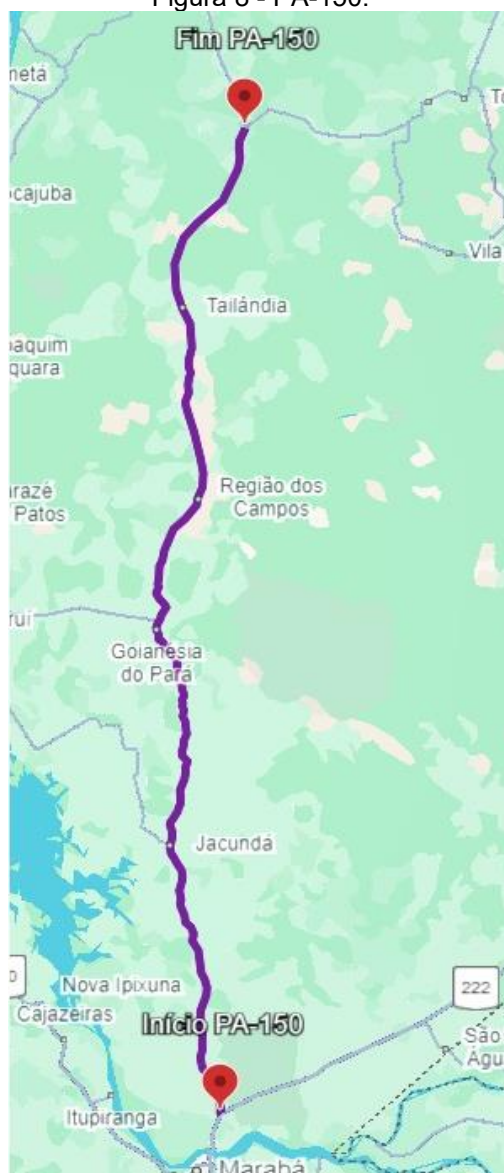
3.1 Caracterização da Área de Estudo

A rodovia estadual PA-150 localizada no sudeste do estado do Pará, é responsável por interligar inúmeros municípios do sul, sudeste e nordeste do estado e, também, desempenhar importante papel econômico no transporte de cargas, assim como social com o transporte de pessoas.

Segundo a Agência Pará (2019), a rodovia é um dos principais corredores de escoamento da produção mineral e agropastoril. É por ela que a soja e a produção pecuária são levadas para o porto de Vila do Conde, em Barcarena, de onde seguem para o mercado internacional. Isso evidencia a interdependência entre o transporte rodoviário e a infraestrutura portuária para o desenvolvimento econômico de toda região, uma vez que atua na movimentação de bens para o mercado interno e externo.

Com aproximadamente 333 km de extensão, o marco de sua origem encontra-se no entroncamento com a rodovia federal BR-222, no distrito de Morada Nova de Marabá, com término no entroncamento da PA-475 com a PA-256 que delimita o fim do perímetro urbano de Tailândia. Em seu percurso, demonstrado na Figura 8, desempenha conexão de municípios como Marabá, Ipixuna do Pará, Nova Ipixuna, Jacundá, Goianésia do Pará, Tailândia e Moju.

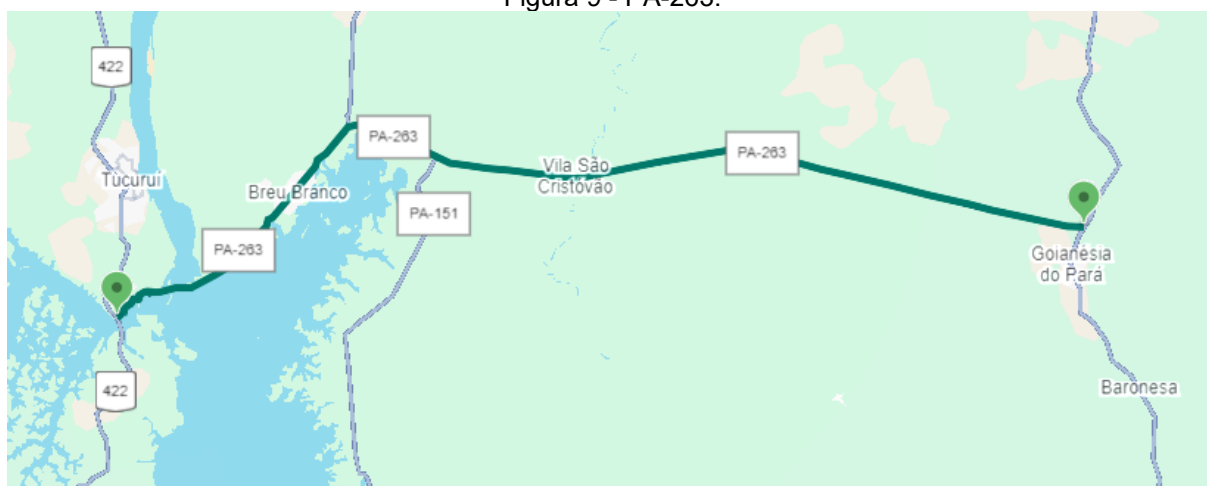
Figura 8 - PA-150.



Fonte: Autora (2025)

Além disso, a rodovia possui entroncamento com outras rodovias importantes, em foco com a PA-263, conectando-a com municípios do nordeste do estado como Brejo Branco e Tucuruí, este último detentor da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, responsável por fornecer energia não apenas para o Pará, mas também para grande parte da Região Norte. De acordo com a Eletrobrás (2024) a construção da usina impulsionou o desenvolvimento econômico e a geração de empregos locais, além de desempenhar papel importante na melhoria da infraestrutura local e contribuir para o crescimento de cidades adjacentes. A Figura 9 apresenta a disposição desta rodovia.

Figura 9 - PA-263.



Fonte: Autora (2025)

O estudo de tráfego da rodovia PA-150 pela IMTRAFF Engenharia e Mobilidade (2022) demonstra que o trecho entre Goianésia do Pará e Região dos Campos apresenta Volume Médio Diário (VMD) de aproximadamente 1.700 veículos, sendo 49% pesados, o que totaliza cerca de 833 veículos pesados. Já o trecho de Goianésia do Pará a Jacundá apresenta um VMD inferior, de quase 1.400 veículos para ambos os sentidos, com 49% de pesados que corresponde a 686 veículos. Essa redução do VMD entre os trechos pode ser relacionada com o entroncamento da PA-150 com a PA-263.

3.2 Descrição do Método

A seguir, na Figura 10, é apresentado um fluxograma que ilustra as etapas do método a ser utilizado neste estudo.

Figura 10 - Fluxograma do Método.



Fonte: Autora (2026)

3.2.1 Codificação dos Trechos

O estudo foi aplicado na rodovia PA-150, no município de Goianésia do Pará, em uma extensão total de 40 km. Os trechos foram divididos com marco de referência central em comum o entroncamento da PA-150 com a PA-263, obtendo uma extensão total de 40 km, conforme demonstrado na Figura 11. O trecho 1, com características rurais, inicia no entroncamento da PA-263 e segue 20 km no sentido norte. O Trecho 2 abrange tanto o perímetro urbano de Goianésia do Pará, quanto o rural, sua origem é no mesmo ponto e se estende por 20 km na direção sul.



Após a determinação dos dois trechos, foi necessário dividi-los em segmentos com extensão de 1 km, de modo a garantir a homogeneidade do levantamento de defeitos apresentados na superfície de rolamento, uma vez que não se trata de um pavimento novo, em que é esperada segurança da uniformidade do pavimento.

3.2.2 Inventário da Rede

Inicialmente foram utilizadas tecnologias de geovisualização como Google Earth e Google Maps, com intuito de determinar as extensões dos trechos para a pesquisa e os seus respectivos pontos de referência. Em seguida, as informações

levantadas foram verificadas *in loco*. No levantamento em campo, realizaram-se as medições das larguras das faixas de tráfego e dos acostamentos, conforme Tabela 5. Os dados referentes ao registro de elementos de drenagem superficial, foram classificados como “possui”, “não possui” ou “irregular”, em casos de alguma intercorrência ao pleno funcionamento da estrutura, como obstruções, descontinuidade. Esta classificação também foi utilizada em caso de ausência de acostamento.

Tabela 5 - Inventário da rede.

PA-150		
	Trecho 1	Trecho 2
Faixa de Tráfego (m)	3,20	3,40
Acostamento (m)	Não possui	2,60
Extensão (km)	20	20
Drenagem superficial	Não possui	Irregular

Fonte: Autora (2026)

3.2.3 Formulário de campo e coleta de dados

O formulário de campo empregado para o LVC é baseado no modelo apresentado pela Norma DNIT 008/2003-PRO e exibido no Apêndice A. A utilização do formulário foi crucial para registrar as manifestações patológicas e o estado de conservação das superfícies de rolamento dos segmentos avaliados durante as pesquisas de campo.

O formulário contém:

- Campos para identificação dos trechos avaliados como referência de início e fim dos trechos, número e extensão dos segmentos, largura das faixas de rolamento e acostamentos, data e hora, nome da rodovia e número da pista (lado);
- Identificação numérica para panelas e remendos e da frequência em porcentagem para trincas, deformações e outros defeitos. Essas informações serão utilizadas para o cálculo do IGGE (Índice de Gravidade Global Expedito);
- Conceituação do ICPF.

Outrossim, em razão das restrições pelo tempo e orçamento disponível, as coletas de campo terão espaço temporal de 90 dias (3 meses) entre cada uma delas,

totalizando dois LVC, com finalidade de avaliar as possíveis atividades de manutenção e reabilitação ou até a redução do nível de serviço dos pavimentos ao longo da pesquisa. Esse comportamento irá avaliar, consecutivamente, o desempenho da concessionária responsável pela rodovia.

3.2.4 Cálculo do IES

O cálculo do Índice de Estado de Superfície é realizado segundo especificações na Norma DNIT 008/2003 - PRO, descritas na revisão bibliográfica (item 2.2.2.). A coleta de dados para preenchimento do formulário de campo ocorreu em pista simples, na qual os avaliadores observam os defeitos apresentados nas duas faixas de rolamento, percorrendo um veículo a 40 km/h, dos segmentos de 1 km de extensão. Ao final de cada segmento é atribuída imediatamente a nota individual do ICPF.

Posterior a coleta, define-se a média aritmética do ICPF, cujos valores são atribuídos pela avaliação dos técnicos, para cada segmento de 1 km. O mesmo procedimento foi executado para as frequências dos defeitos levantados, no qual os resultados adquiridos servem para o cálculo do IGGE. De posse do ICPF e IGGE, é definido o conceito e o valor do IES dos segmentos e, posteriormente, a conceituação dos trechos.

3.2.5 Análise de dados

Os formulários de campo preenchidos com os dados coletados *in loco*, em diferentes períodos, em conjunto com os índices calculados (ICPF, IGGE e IES), formam um banco de dados que permite inúmeras análises, correlações e interpretações. A avaliação é responsável por atribuir conceitos ao estado da superfície de rolamento de toda extensão, possibilitando definir os defeitos mais e menos frequentes e o comportamento do IES com a variação temporal.

Ademais, realizou-se uma análise estatística para avaliar o nível de associação entre o ICPF (avaliação subjetiva) e o IGGE (avaliação objetiva) para cada segmento, por meio da determinação do coeficiente de correlação linear de Pearson.

A determinação do número N dos trechos permitiu correlacionar, também, a caracterização do tráfego da rodovia com os tipos e frequências de defeitos presentes nos trechos.

3.2.6 Cálculo do Número N

Neste trabalho, foi adotado o cálculo do número N, seguindo o Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2006), com o objetivo de analisar a influência das solicitações de tráfego na incidência de defeitos superficiais, observados por meio do levantamento visual contínuo, além de correlacionar os valores encontrados com o IES. Para isso, foram realizadas as coletas dos veículos em 3 pontos dos 40 segmentos, sendo apenas um deles no Trecho 1 e os outros no Trecho 2, nos quais um deles nos primeiros 4km correspondentes ao trecho urbano de Goianésia do Pará e o último no trecho rural, com características rodoviárias.

A coleta de dados foi realizada em dias úteis, por meio de registros fotográficos contínuos dos veículos passantes, nos dois sentidos da rodovia, uma vez que é necessário usar como referência o tráfego mais crítico, ou seja, o maior número N. Esse procedimento ocorreu durante um intervalo de 1 hora para cada ponto, com intuito de considerar a quantidade de veículos coletados como 10% do volume médio diário. Sendo assim, o volume diário médio inicial (V1) seria a quantidade coletada multiplicada por dez.

Posteriormente, os veículos foram classificados conforme as tabelas estabelecidas pelo DNIT (2006). Os registros fotográficos das classes de veículos observadas na contagem podem ser consultados na íntegra no Apêndice D.

A fórmula para cálculo do número N relaciona o volume total de veículos durante todo o período de projeto (Vt), médio diário (Vm), período de projeto (P), fator de veículo (FV) e, por fim, fator regional (FR), conforme Equação 1.

$$N = Vt \cdot FV \cdot FR \quad (1)$$

O volume total de veículos durante a vida útil de projeto do pavimento é calculado de acordo com o método de crescimento geométrico, descrito na Equação 2. Os dados de entrada incluem o volume diário médio (V1) determinado pela coleta de dados, taxa de crescimento ao ano (t) e o período de projeto (P).

$$Vt = \frac{365 \cdot V1 \cdot \left[\left(1 + \frac{t}{100} \right)^P - 1 \right]}{\frac{t}{100}} \quad (1)$$

Após a projeção do volume total de caminhões (V_t), calcula-se o Fator de Veículo (FV) a partir do Fator de Equivalência de Carga (FEC), responsável pela conversão dos diferentes tipos de eixos para equivalentes ao eixo padrão de 8,2 t. O FEC depende do tipo e quantidade de eixos simples, tandem duplo ou tandem triplo e das cargas correspondentes a cada um deles. Os valores utilizados foram obtidos conforme apresentado na tabela 6.

Tabela 6 - Fatores de equivalência de carga.

Tipos de eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 - 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	≥ 8	$FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo	0 - 11	$FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
	≥ 11	$FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem triplo	0 - 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

Fonte: DNIT (2006)

Em seguida, é calculado o Fator de Veículo Individual (FVi) que representa o número de repetições do eixo padrão pela passagem de um único veículo de determinada classe, seguindo a Equação 3, na qual tem-se o somatório do número de eixos do tipo j presentes no veículo (n_j) multiplicado pelo fator de equivalência de carga do eixo j (FECj).

$$FVi = \sum (n_j \cdot FEC_j) \quad (2)$$

De posse de todos os FVi, é necessário calcular o fator de veículo geral (FVgeral) representativo da composição média do tráfego da rodovia analisada, obtido pela somatória da multiplicação do FVi pela sua respectiva porcentagem (p_i) em relação ao total observado na contagem do tráfego, como pode ser observado na Equação 4.

$$FV_{geral} = \sum (p_i \cdot FVi) \quad (4)$$

Além disso, o Fator Climático Regional (FR), parâmetro que considera as condições climáticas da região em análise para elaboração de projeto de pavimentos,

é determinado de acordo com a altura média anual de chuva, em mm, conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Fator Regional (FR).

Altura média anual de chuva (mm)	Fator regional (FR)
Até 800 mm	0,7
800 – 1500 mm	1,4
Acima de 1500 mm	1,8

Fonte: DNIT (2006)

De acordo com o monitoramento hidrometeorológico estadual, a região sudeste paraense, onde se localiza Goianésia do Pará, registrou acumulados anuais recentes que variam na faixa de 2.300 mm a 2.500 mm. Tais índices reforçam a classificação climática da região como tropical úmida, com elevados totais pluviométricos anuais (PARÁ, 2023). Diante disso, o FR assumido no estudo é de 1,8.

Por fim, unindo o volume total (V_t) e o fator de veículo geral (FV) calculados, com o fator regional (FR), foi calculado o número N dos pontos estabelecidos, em ambos os sentidos da rodovia, com intuito de selecionar o valor mais crítico entre os dois. Ademais, vale ressaltar que foram considerados exclusivamente os veículos de carga (caminhões) e ônibus na contagem, uma vez que veículos leves como automóveis de passeio, motocicletas e bicicletas não contribuem de forma significativa para solicitação estrutural do pavimento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta o cálculo do IES a partir dos dados obtidos pela aplicação prática do método do LVC. De posse dos resultados, foram realizadas as análises e comparações em relação aos índices e, também, ao longo do período da pesquisa. Além disso, são interpretados os valores de número N calculados para os trechos, correlacionando-os com o estado de superfície da rodovia.

4.1 Cálculo do IES

As coletas de dados ocorreram em outubro de 2025 e janeiro de 2026, por meio da aplicação do procedimento regido pela norma do DNIT 008/2006-PRO para avaliação da superfície dos pavimentos. O apêndice A foi preenchido por cada avaliador com valores unitários para panelas e remendos, enquanto os demais defeitos como deformações, trincas, exsudação, desgaste e escorregamento em percentuais. Além disso, ao final de cada segmento foi atribuído o valor do ICPF.

As tabelas 8 e 9 apresentam, respectivamente, o cálculo do IGGE dos 20 segmentos tanto do trecho 1, quanto do trecho 2 no primeiro mês de coleta, a partir das médias dos defeitos coletados pelos dois avaliadores e os pesos relativos à frequência com que ocorrem. As demais tabelas com dados referentes aos cálculos do IGGE do Trecho 1 e trecho 2 da coleta de janeiro estão disponíveis no Apêndice B.

Tabela 8 - Cálculo do IGGE dos segmentos do Trecho 1 no mês de outubro de 2026.

SEGMENTO		TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			IGGE
Nº	Ext. (km)	Ft (%)	Pt	Ft x Pt	Foap(%)	Poap	Foap x Poap	Fpr n°	Ppr	Fpr x Ppr	
1	1,0	0,0	0,0	0,0	16,3	0,7	11,4	3,0	0,8	2,4	13,8
2	1,0	10,0	0,3	3,0	15,0	0,7	10,5	0,0	0,0	0,0	13,5
3	1,0	0,0	0,0	0,0	17,5	0,7	12,3	2,5	0,8	2,0	14,3
4	1,0	20,0	0,5	9,0	12,5	0,7	8,8	11,5	1,0	11,5	29,3
5	1,0	12,5	0,5	5,6	12,5	0,7	8,8	1,0	0,7	0,7	15,1
6	1,0	20,0	0,5	9,0	10,0	0,6	6,0	8,0	1,0	8,0	23,0
7	1,0	10,0	0,3	3,0	0,0	0	0,0	6,5	1,0	6,5	9,5
8	1,0	7,5	0,3	2,3	11,3	0,7	7,9	1,0	0,7	0,7	10,8
9	1,0	5,0	0,3	1,5	17,5	0,7	12,3	1,5	0,7	1,1	14,8
10	1,0	20,0	0,5	9,0	32,5	0,7	22,8	1,5	0,7	1,1	32,8
11	1,0	7,5	0,3	2,3	0,0	0	0,0	8,0	1,0	8,0	10,3
12	1,0	10,0	0,3	3,0	21,3	0,7	14,9	0,0	0,0	0,0	17,9

12	1,0	10,0	0,3	3,0	21,3	0,7	14,9	0,0	0,0	0,0	17,9
13	1,0	15,0	0,5	6,8	27,5	0,7	19,3	8,5	1,0	8,5	34,5
14	1,0	30,0	0,5	13,5	17,5	0,7	12,3	1,5	0,7	1,1	26,8
15	1,0	25,0	0,5	11,3	20,0	0,7	14,0	0,5	0,7	0,4	25,6
16	1,0	20,0	0,5	9,0	12,5	0,7	8,8	0,5	0,7	0,4	18,1
17	1,0	10,0	0,3	3,0	17,5	0,7	12,3	3,5	0,8	2,8	18,1
18	1,0	30,0	0,5	13,5	11,3	0,7	7,9	12,0	1,0	12,0	33,4
19	1,0	22,5	0,5	10,0	50,0	1,0	50,0	5,0	1,0	5,0	65,0
20	1,0	25,0	0,5	11,3	47,5	0,7	33,3	5,5	1,0	5,5	50,0

Fonte: Autora (2026)

Tabela 9 - Cálculo do IGGE dos segmentos do Trecho 2 no mês de outubro de 2026.

SEGMENTO		TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			IGGE
Nº	Ext. (km)	Ft (%)	Pt	Ft x Pt	Foap(%)	Poap	Foap x Poap	Fpr n°	Ppr	Fpr x Ppr	
1	1,0	6,3	0,3	1,9	30,0	0,7	21,0	4,0	0,8	3,2	26,1
2	1,0	13,8	0,5	6,2	15,0	0,7	10,5	0,0	0,0	0,0	16,7
3	1,0	3,8	0,3	1,1	21,3	0,7	14,9	1,5	0,7	1,1	17,1
4	1,0	7,5	0,3	2,3	17,5	0,7	12,3	0,0	0,0	0,0	14,5
5	1,0	17,5	0,5	7,9	15,0	0,7	10,5	16,0	1,0	16,0	34,4
6	1,0	15,0	0,5	6,8	20,0	0,7	14,0	4,5	1,0	4,5	25,3
7	1,0	17,5	0,5	7,9	5,0	0,6	3,0	12,5	1,0	12,5	23,4
8	1,0	35,0	0,5	15,8	50,0	1,0	50,0	6,5	1,0	6,5	72,3
9	1,0	23,8	0,5	10,7	15,0	0,7	10,5	7,5	1,0	7,5	28,7
10	1,0	12,5	0,5	5,6	0,0	0,0	0,0	1,0	0,7	0,7	6,3
11	1,0	15,0	0,5	6,8	16,3	0,7	11,4	0,5	0,7	0,4	18,5
12	1,0	11,3	0,5	5,1	7,5	0,6	4,5	3,0	0,8	2,4	12,0
13	1,0	8,8	0,3	2,6	5,0	0,6	3,0	2,0	0,7	1,4	7,0
14	1,0	22,5	0,5	10,1	5,0	0,6	3,0	6,5	1,0	6,5	19,6
15	1,0	2,5	0,3	0,8	0,0	0,0	0,0	1,0	0,7	0,7	1,5
16	1,0	15,0	0,5	6,8	5,0	0,6	3,0	0,0	0,0	0,0	9,8
17	1,0	32,5	0,5	14,6	20,0	0,7	14,0	4,0	0,8	3,2	31,8
18	1,0	10,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,0	5,5	1,0	5,5	8,5
19	1,0	22,5	0,5	10,1	5,0	0,6	3,0	7,0	1,0	7,0	20,1
20	1,0	22,5	0,5	10,1	22,5	0,7	15,8	11,0	1,0	11,0	36,9

Fonte: Autora (2026)

O cálculo do IGGE relaciona a média dos defeitos coletados em campo pelos avaliadores com os pesos relativos de acordo com o índice de gravidade das ocorrências e da frequência com que ocorrem, seja alta, média ou baixa. A tabela 10 apresenta o cálculo do IGGE, com ênfase na frequência com que ocorrem os defeitos do Trecho 1, referente ao mês de outubro, demonstrada a partir de cores, sendo azul para alta incidência, laranja para média e, por fim, verde para baixa. Os dados completos do Trecho 1 e Trecho 2, ao longo do período de coleta, estão dispostos no Apêndice C.

Tabela 10 - Frequência média dos defeitos e ICPF médio dos segmentos do Trecho 1 em outubro de 2025.

TRECHO 1 - OUTUBRO/2025												
Nº do seg	Ext (Km)	P	R	TRINCAS			DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			ICPF
				TR (%)	TJ (%)	TB (%)	AF (%)	O (%)	D (%)	EX (%)	E (%)	
1	1	-	M	-	-	-	M	B	M	-	-	4,5
2	1	-	-	-	B	-	M	M	B	-	B	4,5
3	1	-	M	-	-	-	-	M	B	B	B	4,0
4	1	M	A	-	M	-	B	M	B	-	M	3,0
5	1	-	B	B	M	-	B	M	M	-	-	4,3
6	1	B	A	B	M	-	-	B	-	-	B	4,0
7	1	B	A	B	B	-	-	-	B	-	B	4,0
8	1	B	B	-	B	-	B	M	M	-	-	4,0
9	1	-	B	-	B	-	M	B	M	-	B	3,5
10	1	-	B	-	M	-	M	M	M	-	M	3,5
11	1	B	A	B	B	-	-	-	-	-	M	3,5
12	1	-	-	-	B	-	M	M	M	-	M	4,5
13	1	-	A	B	M	-	M	M	-	-	-	3,0
14	1	-	B	-	M	-	B	M	B	-	B	4,8
15	1	B	-	M	M	-	M	B	M	-	B	3,8
16	1	B	-	B	M	-	M	B	-	-	-	4,0
17	1	-	M	-	B	-	M	M	M	-	B	3,8
18	1	B	A	M	M	-	M	B	B	-	M	3,5
19	1	B	M	M	M	-	A	-	M	-	B	2,8
20	1	-	A	M	M	-	A	M	B	B	M	2,3

Fonte: Autora (2026)

O levantamento visual contínuo tem objetivo de determinar o IES de cada segmento dos trechos, relacionando o valor calculado do IGGE com o ICPF atribuído. A síntese desses dois índices resulta em valores de IES, códigos e conceitos individuais, como mostram as tabelas 11 e 12, as quais representam os Trechos 1 e 2 nos meses de outubro de 2025 e janeiro de 2026, respectivamente. A partir disso é possível observar um panorama geral qualitativo e quantitativo do estado de conservação da superfície de rolamento de cada segmento ao longo dos trechos, nos diferentes meses de coletas in loco.

Tabela 11 - Valores e conceitos do IES no Trecho 1.

Seg. nº	out/25		jan/26	
	IES		IES	
	Valor	Conceito	Valor	Conceito
1	0	Ótimo	0	Ótimo
2	0	Ótimo	0	Ótimo
3	0	Ótimo	3	Regular
4	3	Regular	5	Ruim
5	0	Ótimo	1	Bom

5	0	Ótimo	1	Bom
6	2	Bom	5	Ruim
7	0	Ótimo	5	Ruim
8	0	Ótimo	1	Bom
9	1	Bom	0	Ótimo
10	2	Bom	1	Bom
11	1	Bom	3	Regular
12	0	Ótimo	2	Bom
13	3	Regular	0	Ótimo
14	2	Bom	0	Ótimo
15	2	Bom	3	Regular
16	0	Ótimo	3	Regular
17	0	Ótimo	0	Ótimo
18	3	Regular	5	Ruim
19	7	Ruim	3	Regular
20	5	Ruim	3	Regular
IES MÉDIO	2	Bom	3	Regular

Fonte: Autora (2026)

A análise dos dados da tabela 11 indica que os valores do IES que mais se repetiram foram 0, em outubro, ao passo que em janeiro ficou entre 0 e 3. Em relação aos conceitos, em outubro predominou o “Ótimo”, com um total de 45% dos segmentos. Já em janeiro a maior frequência de conceitos foi dividida entre “Ótimos” e “Regulares”, ambos com percentual de 30%. Conclui-se, portanto, que 5 segmentos, sendo 3 anteriormente ótimos e 2 bons, tiveram piora do IES, enquadrando-os nos conceitos regulares e ruins na segunda coleta.

Tabela 12 - Valores e conceitos do IES no Trecho 2.

Seg. nº	out/25		jan/26	
	IES		IES	
	Valor	Conceito	Valor	Conceito
1	2	Bom	2	Bom
2	2	Bom	0	Ótimo
3	0	Ótimo	0	Ótimo
3	0	Ótimo	0	Ótimo
4	0	Ótimo	1	Bom
5	3	Regular	3	Regular
6	3	Regular	3	Regular
7	3	Regular	3	Regular
8	4	Regular	7	Ruim
9	3	Regular	3	Regular
10	0	Ótimo	0	Ótimo

10	0	Ótimo	0	Ótimo
11	2	Bom	0	Ótimo
12	0	Ótimo	0	Ótimo
13	3	Regular	0	Ótimo
14	0	Ótimo	3	Regular
15	0	Ótimo	0	Ótimo
16	0	Ótimo	0	Ótimo
17	0	Ótimo	3	Regular
18	3	Regular	1	Bom
19	3	Regular	1	Bom
20	3	Regular	3	Regular
IES MÉDIO	2	Bom	2	Bom

Fonte: Autora (2026)

De acordo com a tabela 12, no Trecho 2 os valores de IES 0 foram igualmente recorrentes entre os meses de coleta, representando 8 dos 20 segmentos em equilíbrio. Quanto aos conceitos, em outubro o conceito “Regular” teve maior incidência comparado aos demais, representado 9 dos segmentos totais, ao passo que em janeiro foram observados 7. No entanto, é válido ressaltar que houve a inserção da classificação “Ruim” de 1 segmento, indicando uma piora de apenas 5% neste trecho.

Ademais, com finalidade de determinar um IES médio global para os trechos, foram calculados o IGGE e o ICPF médio, a partir dos 20 segmentos que os compõem, em cada mês de coleta para, então, determinar o valor e o conceito do IES. A tabela 13 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 13 - Valores e conceitos médios do IES do Trecho 1 e 2.

	IES MÉDIO			
	out/25		jan/26	
	Valor	Conceito	Valor	Conceito
	Valor	Conceito	Valor	Conceito
TRECHO 1	2	Bom	3	Regular
TRECHO 2	2	Bom	2	Bom

Fonte: Autora (2026)

Em relação a avaliação da superfície de rolamento, os valores de ICPF e IGGE médio dos 20 segmentos resultaram em um valor de 2 e condição “Boa” para o Trecho

1 em outubro de 2025. No entanto, já em janeiro de 2026 este trecho recebeu conceito “Regular”, com nota 3, obtendo um resultado que evidencia diminuição do nível de serviço do pavimento. Este comportamento pode estar atrelado ao início do período chuvoso da região no mês de janeiro e potencializado pela falta de elementos de drenagem superficial, conforme descrito no item 3.2.2. Inventário da rede, responsáveis por evitar a formação de lâmina d’água na superfície do revestimento, nociva ao desempenho funcional e à segurança da via.

A análise do Trecho 2 demonstrou uma estabilidade no IES médio, com valores de 2 e conceito “Bom” em ambas as coletas, levando em consideração o período de 3 meses entre elas. Dessa forma, pode-se considerar que este trecho teve desempenho superior ao trecho 1 e, por esta razão, é possível caracterizá-lo como o menos crítico.

4.2 Análise de dados

Este item apresenta e interpreta os resultados obtidos por meio da aplicação do método adotado nesta pesquisa. A partir dos dados obtidos em campo, são realizadas as análises e comparações que permitem avaliar as condições da superfície de rolamento da rodovia ao longo dos meses de coleta.

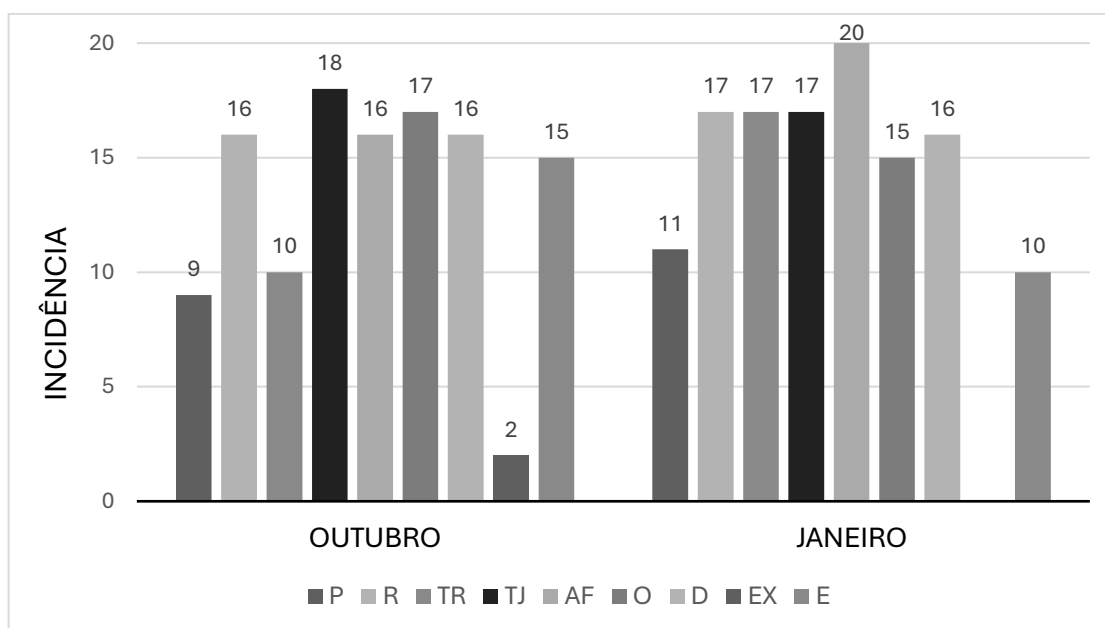
4.2.1. Defeitos de maior e menor frequência

Os dados obtidos com a aplicação do método permitiram identificar quais defeitos apresentam maior e menor ocorrência. Os Gráficos x e y mostram a incidência dessas patologias nos trechos, considerando cada mês de coleta. É importante destacar que esses valores não estão relacionados ao grau de severidade ou à extensão das manifestações, apenas à presença nos segmentos que compõem os trechos. Observa-se também que os defeitos classificados como trincas em bloco (TB) não foram identificados em nenhum dos 40 segmentos, em ambos os meses. Por esta razão, foram suprimidos dos gráficos

O Gráfico 1 permite observar que, no Trecho 1, os defeitos mais frequentes foram os afundamentos nas trilhas de roda (AF), as trincas interligadas tipo jacaré (TJ)

e os remendos (R). Em outubro, esses defeitos já apresentavam incidência elevada, atingindo grande parte dos segmentos avaliados. Em janeiro, nota-se que essa condição se mantém, com destaque para os afundamentos, que alcançam a maior incidência entre todas as patologias analisadas. A frequência média desses defeitos é de, respectivamente, 90%, 88% e 83% do total de segmentos avaliados somando-se as duas coletas.

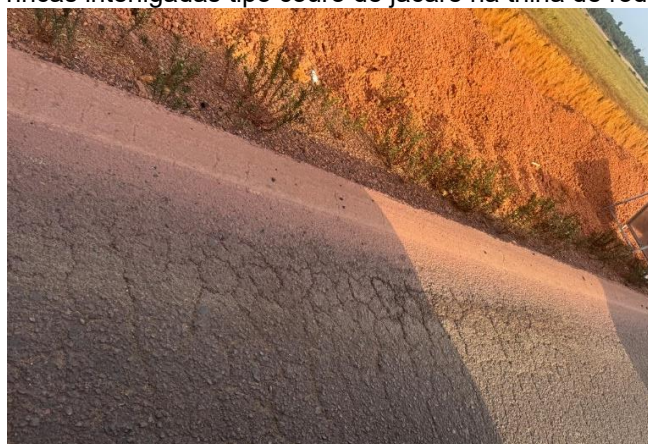
Figura 12 - Gráfico 1 – Incidência de defeitos no Trecho 1.



Fonte: Autora (2026)

A figura 13 demonstra os agravamentos dos problemas estruturais presentes no trecho, relacionados a perda de capacidade estrutural do revestimento. O trincamento nas trilhas de roda, observado próximo à borda, apresenta desagregação da camada superficial, o que favorece o surgimento de panelas. Isso ocorre devido à ação do tráfego pesado de veículos comerciais, assim como, pelas condições ambientais diversas.

Figura 13 - Trincas interligadas tipo couro de jacaré na trilha de roda no trecho 1.



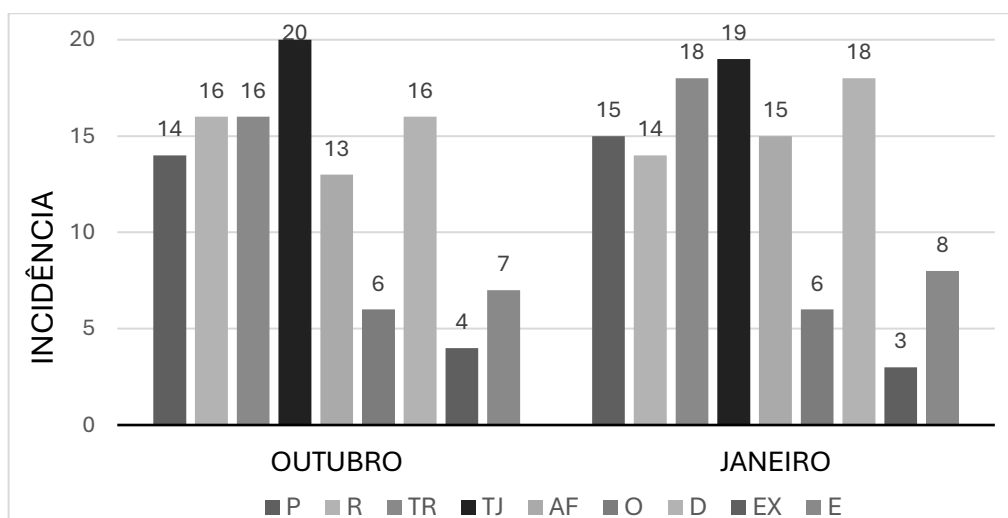
Fonte: Autora (2026)

Além disso, a figura 12 retrata a ausência de acostamento e de elementos de drenagem superficial que são fundamentais para captar, conduzir e afastar as águas pluviais da camada de rolamento e, dessa forma, evitar a infiltração para as camadas subjacentes e riscos à segurança do tráfego. Esta configuração contribui para o aumento da exposição das margens da via, favorecendo processos erosivos e o surgimento de outros defeitos que comprometem a integridade estrutural do pavimento, a segurança viária e os custos de operações dos veículos (GUIMARÃES; BARROS, 2025).

No Trecho 1, a exsudação foi identificada em apenas dois dos vinte segmentos avaliados, considerando as duas campanhas de coleta, correspondendo a aproximadamente 5% de ocorrência. Trata-se, portanto, de uma manifestação pontual, sem repetição significativa ao longo do trecho. Diante da baixa incidência, somada a ausência de recorrência, é possível considerar como um registro pontual que pode estar relacionado a alguma especificidade do local ou tratamento superficial como atividade de manutenção, prevenção, ou até mesmo a variações na percepção dos avaliadores durante a execução do LVC.

Após a exsudação, observa-se que o defeito com menor frequência corresponde às panelas (P), com incidência em, respectivamente, 9 e 11 dos 20 segmentos, o que representa a presença dessa patologia em metade do trecho, em média. Esse percentual indica que, mesmo não estando entre os defeitos predominantes, as panelas ocorrem de forma relativamente distribuídas ao longo do trecho.

Figura 14 - Gráfico 2 – Incidência de defeitos no Trecho 2.



Fonte: Autora (2026)

A análise do Gráfico 2, referente ao Trecho 2, aponta que as trincas interligadas tipo jacaré (TJ) é o defeito mais recorrente, observado em todos os segmentos em outubro de 2025 e em 19 segmentos em janeiro de 2026. Esse resultado demonstra que a patologia está presente em praticamente toda a extensão do Trecho 2 em ambos os meses, característica que indica quadro de fadiga da camada de rolamento, ainda que estes resultados não avaliem a severidade.

As trincas isoladas (TR) e o desgaste superficial (D) apresentam incidência em 80% dos segmentos no primeiro mês de coleta e em 90% no segundo. Dessa forma, nota-se que os defeitos mais frequentes no Trecho 2 estão associados a fadiga e perda de material superficial pela ação do tráfego pesado, intempéries e ação do tempo. Esses aspectos sugerem comprometimento tanto estrutural, quanto funcional do pavimento.

O desgaste superficial fortemente incidente neste trecho é caracterizado por apresentar superfície áspera e coloração acinzentada, causada pelo envelhecimento e oxidação do ligante asfáltico, ação repetitiva do tráfego, exposição contínua à ação de intempéries como água e radiação solar. Este defeito ocasiona aumento da rigidez do ligante, redução da ductilidade e, conseqüentemente, fragiliza a camada superficial, o que favorece o surgimento de trincas e fissuras. No entanto, mesmo que haja uma forte incidência deste defeito no Trecho 2, foi possível observar que o grau de severidade é baixo, como mostra a Figura 15.

Figura 15 - Desgaste superficial no Trecho 2, no mês de janeiro.



Fonte: Autora (2026)

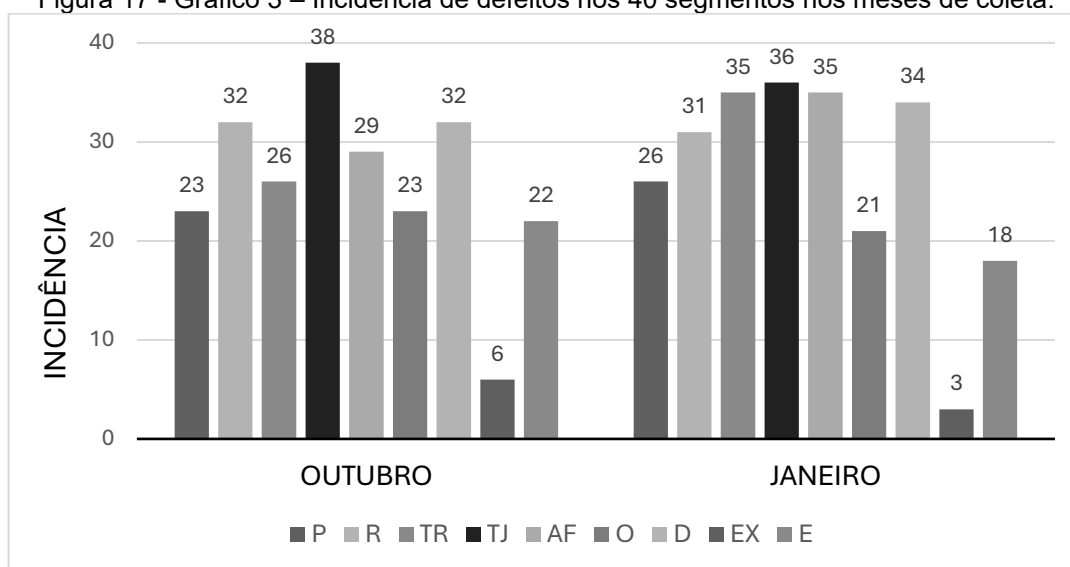
Em relação aos defeitos menos frequentes, o Gráfico 2 aponta a exsudação com menor incidência em comparação aos demais defeitos, com um total médio de 18% dos segmentos avaliados, considerando os dois meses de estudo. Em ambas as contagens, esse defeito surge dentre os 4 primeiros segmentos do trecho 2, os quais correspondem ao centro urbano de Goianésia do Pará. As características físicas da patologia podem ser observadas na figura 16, a partir da identificação de uma película lisa e brilhante na superfície do pavimento, principalmente nas trilhas de roda, que podem ser ocasionadas por sucessivos tratamentos superficiais, excesso de ligante e ação do tráfego pesado.

Figura 16 - Exsudação no Trecho 2, no mês de outubro.



Fonte: Autora (2026)

Figura 17 - Gráfico 3 – Incidência de defeitos nos 40 segmentos nos meses de coleta.



Fonte: Autora (2026)

Por fim, avaliando de forma geral os 40 segmentos desta pesquisa, como mostra o Gráfico 3, nota-se que o defeito com maior incidência são as trincas interligadas tipo “couro de jacaré”, as quais encontram-se em aproximadamente 92,5% dos segmentos, considerando os dois meses de coleta de dados. Em seguida, tem-se o desgaste superficial (82,50%) e afundamentos (80,00%). A partir desses dados, é possível definir que a maioria dos defeitos recorrentes em grande parte dos segmentos analisados são de origem estrutural, agravados pela ação demasiada do tráfego pesado em razão da característica da PA-150 como um dos principais corredores logísticos que interliga a produção do sul e sudeste do estado ao porto de Vila do Conde, em Barcarena.

Em contrapartida, a exsudação, escorregamento e ondulação foram os defeitos com menor frequência. No entanto, com exceção da EX que foi observada em apenas 11,25%, as outras duas manifestações patológicas possuem recorrência elevada, com valores médios entre 55% e 50% dos segmentos totais avaliados.

4.2.2. Variação temporal do IES

A variação temporal do Índice de Estado de Superfície (IES) foi analisada a partir dos dados referentes aos 40 segmentos, no período de outubro de 2025 à janeiro de 2026, com o objetivo de avaliar a evolução das condições das superfícies

de rolamento. A Tabela 14 apresenta, em termos percentuais, a proporção de segmentos que registraram melhoria, piora ou estabilidade dos valores de IES.

Tabela 14 - Variação percentual do IES no período de coleta.

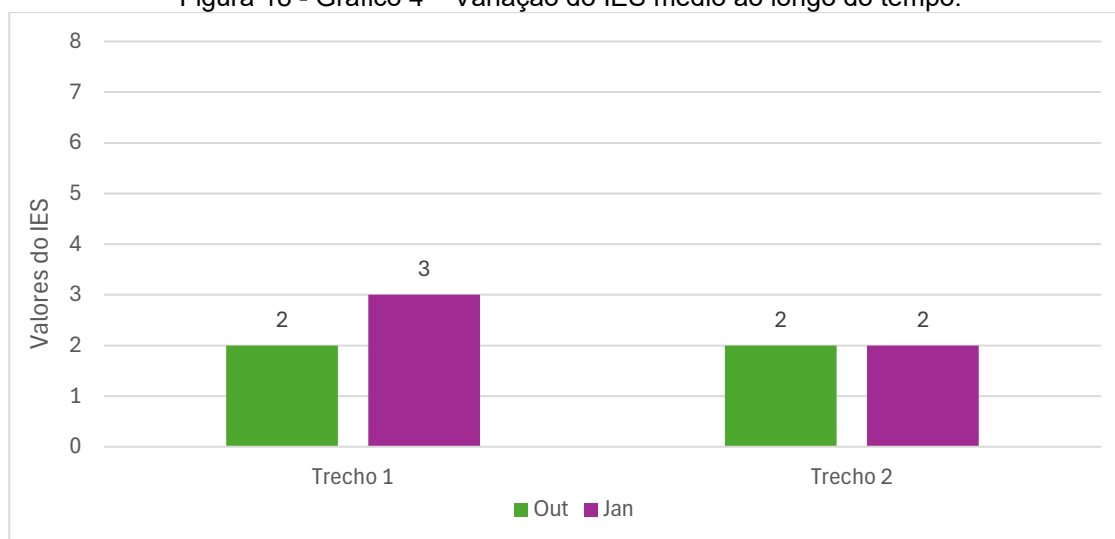
Período	Intervalo (Meses)	IES		
		PIORA	ESTÁVEL	MELHORA
Outubro/25 – Janeiro/26	3	37,5%	35,0%	27,5%

Fonte: Autora (2026)

Os resultados apresentados na Tabela 14 indicam que, no intervalo de 3 meses, a maior parcela dos segmentos apresentou piora dos valores de IES, correspondendo a 37,5% do total. Em seguida, observa-se que 35% dos segmentos mantiveram os valores do índice estáveis. Por fim, 27,5% apresentaram evolução positiva do IES.

Com finalidade de complementar essa análise voltada aos valores de IES específicos para cada segmento, foi elaborado o Gráfico 4 com a variação do IES médio do Trecho 1 e Trecho 2 nos meses de coleta.

Figura 18 - Gráfico 4 – Variação do IES médio ao longo do tempo.



Fonte: Autora (2026)

De acordo com o Gráfico 4, observou-se que o Trecho 1 apresentou aumento do valor do IES. Na primeira coleta o trecho estava classificado como “Bom”, com nota 2, no entanto, após o intervalo de 3 meses, este trecho recebeu valor de 3 que

corresponde ao conceito de “Regular”. Tal comportamento demonstra que não houve atividades de Manutenção e Reabilitação suficientes e eficazes para prevenção e/ou correção de defeitos apresentados na primeira coleta, com intuito de manter o nível de serviço do pavimento ou até mesmo aumentá-lo. Outra razão é que o mês de janeiro marca o início das chuvas da região, tornando o pavimento mais suscetível aos danos causados pela ação do tráfego e, então, à formação de manifestações.

Em relação ao Trecho 2, notou-se que tanto na primeira coleta, quanto na segunda, o IGGE e o ICPF médio dos segmentos resultaram em um IES médio de 2, com conceito “Bom”.

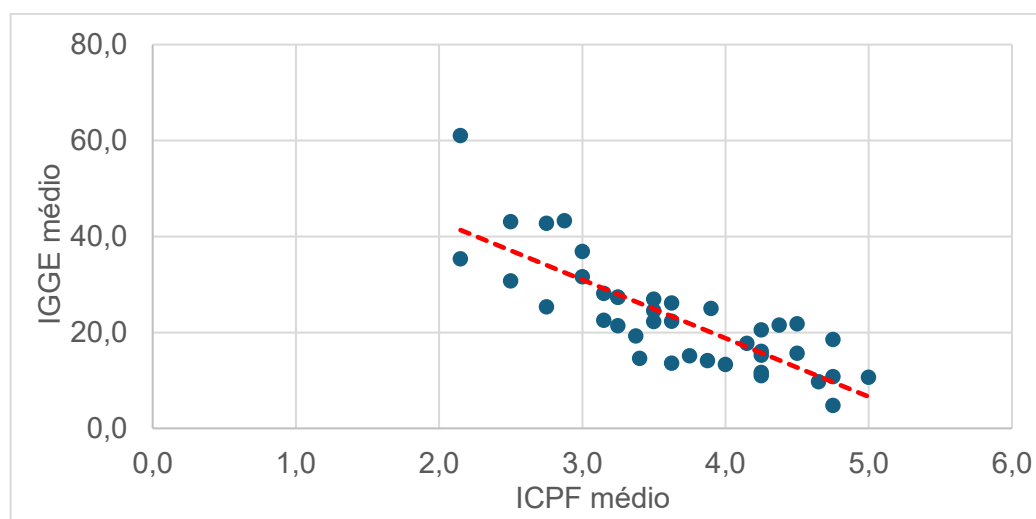
4.3 Correlação entre o ICPF e o IGGE

Diante dos dados obtidos nesta pesquisa a partir das duas coletas realizadas com um período de 3 meses entre elas, foi possível determinar a correlação linear entre os valores médios do ICPF e IGGE de cada um dos 40 segmentos que compõe os dois trechos analisados.

Para isso, aplicou-se o Teste de Correlação Linear de Pearson que consiste em uma ferramenta estatística utilizada para quantificar a intensidade e a direção da associação entre o IGGE e o ICPF. O resultado obtido foi de $r = -0,82$, o qual indica uma correlação negativa forte entre as variáveis, concluindo-se, portanto, que o aumento de uma implica na redução da outra.

Em outra análise, o gráfico 5 apresenta um diagrama de dispersão que ilustra a relação entre as variáveis. Além disso, foi inserida uma linha de tendência com finalidade de observar o comportamento médio geral dos dados.

Figura 19 - Gráfico 5 – Correlação entre o ICPF médio e o IGGE médio.



Fonte: Autora (2026)

A linha de tendência apresentada no Gráfico 5 evidencia a correlação negativa entre os valores médios dispersos de ICPF e do IGGE, indicando uma relação inversa entre a avaliação subjetiva dos técnicos e a avaliação objetiva do pavimento. É possível observar que à medida que o ICPF aumenta, correspondendo a melhores condições percebidas de rolamento, o IGGE tende a diminuir.

Apesar da dispersão de dados em torno da linha de tendência, a tendência global do Gráfico 5 confirma não somente o caráter inverso entre esses dois índices, mas também a consistência entre os valores admitidos pelos avaliadores (ICPF) e os calculados (IGGE) nesta pesquisa.

Ademais, os pontos acima da linha de tendência representam segmentos em que os valores do IGGE são superiores aos esperados para o ICPF indicado. Este resultado pode ser explicado levando em consideração que o cálculo do IGGE é baseado na incidência dos defeitos, juntamente ao peso atribuído a partir da frequência com que ocorrem, e não acerca do grau de severidade. Por este motivo, os avaliadores podem atribuir uma nota consideravelmente boa a um pavimento com presença de defeitos de baixa severidade, em razão das medidas preventivas ou corretivas que julgar necessário ao segmento.

Como exemplo disso, um pavimento com trincas de baixa severidade, ao longo de toda extensão da superfície de rolamento, pode resultar em um elevado IGGE em razão da frequência com que ocorre, no entanto, o avaliador pode assumir que é

necessário apenas a selagem de trincas e, então, atribuir nota alta ao ICPF do segmento.

Por outro lado, os pontos abaixo da linha de tendência indicam que o IGGE calculado é inferior ao valor médio esperado ao associá-lo com valores menores de ICPF, atribuídos pela avaliação subjetiva da condição e aceitabilidade dos avaliadores. Isso pode ocorrer em segmentos que apresentam baixa frequência de defeitos com elevado grau de severidade. Um exemplo desse cenário é a presença de painéis em estado avançado de erosão, as quais são responsáveis por reduzir a segurança do usuário e, conseqüentemente, a nota do ICPF.

Nesse sentido, conclui-se que a avaliação subjetiva do ICPF e a objetiva do IGGE se complementam na análise da condição funcional de pavimentos, uma vez que um índice é voltado a percepção do avaliador acerca da segurança e conforto ao rolamento e o outro avalia a quantidade de defeitos apresentados.

4.4. Cálculo do NÚMERO N

Os valores de número N foram determinados em três pontos distintos ao longo dos 40 segmentos analisados nesta pesquisa. O primeiro localizado no Trecho 1 e os outros dois no Trecho 2, sendo um entre os primeiros 4 km correspondentes ao trecho urbano de Goianésia do Pará e o último entre os 16 km subsequentes, os quais apresentam características majoritariamente rodoviárias, sem grandes interferências ao fluxo do tráfego. A Tabela 15 apresenta os valores obtidos do número N dos trechos analisados, considerando ambos os sentidos de tráfego: sentido Marabá à Belém e sentido Belém à Marabá.

NÚMERO N		
Trecho 1	Belém à Marabá	1,3 . 10 ⁸
	Marabá à Belém	1,2 . 10 ⁸
Trecho 2 - Urbano	Belém à Marabá	2,1 . 10 ⁸
	Marabá à Belém	1,5 . 10 ⁸
Trecho 2 - Rural	Belém à Marabá	1,7 . 10 ⁸
	Marabá à Belém	1,6 . 10 ⁸

Fonte: Autora (2026)

Observa-se que em todos os pontos analisados, o sentido Belém à Marabá apresentou valores superiores em comparação ao sentido Marabá à Belém. Portanto, esses valores mais críticos foram os considerados na classificação do tráfego, que representam as maiores solicitações da camada de rolamento.

Os valores críticos encontrados de cada ponto enquadram-se na ordem de 10^8 , o que classifica a PA-150 como uma via de tráfego pesado. O maior valor calculado é o do segmento urbano do Trecho 2, com N igual a $2,10 \times 10^8$. Esse resultado indica uma elevada repetição de cargas equivalentes ao eixo padrão, o que indica que o pavimento está submetido a inúmeras solicitações do tráfego de veículos pesados.

Nesse sentido, é possível correlacionar essa classificação ao surgimento de trincas tipo couro de jacaré (TJ) em cerca de 98% de toda extensão do Trecho 2, uma vez que se trata de um defeito associado à fadiga estrutural do pavimento.

Além disso, no Trecho 1 os defeitos mais frequentes observados no LVC são estruturais, comprometendo 90% dos segmentos com afundamentos (AF) e 88% com trincas interligadas tipo couro de jacaré (TJ). Essas incidências são compatíveis com o elevado número N do trecho.

A classificação da PA-150 como via de tráfego pesado indica significativa solicitação estrutural ao longo de sua extensão e esta condição está diretamente relacionada à função estratégica que exerce como um corredor de escoamento de cargas. Em razão disso, a atual concessão à iniciativa privada mostra-se necessária para garantir que haja regularidade nas ações de manutenção e planejamento contínuos de intervenções e melhorias para os usuários. A gestão privada tende a executar tanto medidas preventivas, quanto corretiva de forma mais rápida e eficiente, contribuindo para preservação do pavimento e melhores condições de conforto, trafegabilidade e segurança dos usuários.

Como exemplo disso, nota-se que o Trecho 2 com maior valor do N é classificado como “Bom” em ambas a coletas, a partir do IES médio calculado. Este resultado indica que ocorrem ações contínuas, preventivas e até mesmo corretivas para manutenção do nível de serviço da rodovia pela Rota do Pará, empresa responsável por sua administração.

4.5. Considerações Finais

As análises desenvolvidas neste trabalho permitiram a caracterização das condições dos pavimentos nos trechos avaliados. A aplicação do método do levantamento visual contínuo mostrou-se eficiente na determinação do Índice de Estado de Superfície (IES) dos segmentos, possibilitando avaliação do desempenho funcional da rodovia ao longo dos meses de coleta de dados. Os resultados obtidos, apesar de classificarem os segmentos como bons, predominantemente, indicam que há um processo de degradação progressivo da superfície de rolamento.

É válido ressaltar que uma das preocupações na execução do método esteve relacionada à simultaneidade entre a coleta de defeitos dos segmentos e a reflexão dos avaliadores acerca das atividades de manutenção ou reabilitação aplicáveis para definição do respectivo ICPF. Contudo, os resultados estatísticos obtidos por meio do coeficiente de Pearson, demonstraram correlação negativa forte entre as análises subjetivas (ICPF) e objetivas (IGGE), confirmando, dessa forma, que a componente subjetiva do método não comprometeu a objetiva.

Uma das justificativas abordadas no estudo é em relação a atuação da concessionária responsável pela PA-150. Na primeira coleta em outubro de 2025 foram observadas obras de construção das 4 praças de pedágios que iniciaram as operações em dezembro de 2025, totalizando 8 praças em funcionamento ao longo de todas as rodovias concedidas.

Diante disso, é esperado pelos usuários dessas rodovias que sejam aplicadas medidas para melhorar as condições das superfícies de rolamento compatíveis com as arrecadações tarifárias vigentes, destinadas à cobertura de custos operacionais e investimentos nas atividades de manutenção e reabilitação do pavimento. No entanto, as análises realizadas acerca da variação temporal do IES indicaram que, mesmo iniciando as coletas em uma estação seca, favorável ao desempenho estrutural do pavimento, 37,5% dos segmentos apresentaram piora do IES no segundo mês de coleta, seguido de 30% de segmentos que permaneceram estáveis, indicando que o exercício da concessionária não foi satisfatório neste período da pesquisa.

Os resultados obtidos acerca do número N em torno de 10^8 caracterizaram o tráfego como pesado ou muito pesado, característica esperada para a PA-150, dada sua funcionalidade como corredor logístico que interliga diversas regiões interioranas produtivas do Pará ao porto de Vila do Conde e à capital, Belém. A alta densidade de

veículos pesados na rodovia intensifica os processos de desgaste estrutural da camada de rolamento, acelerando o processo de deterioração e, posteriormente, o surgimento de trincas por fadiga e deformações permanentes. Isso já é observado nos trechos avaliados, visto que os defeitos mais frequentes nos trechos incluem as trincas interligadas tipo couro de jacaré e os afundamentos nas trilhas de rodas.

Outro fator relevante é em relação a ausência e irregularidade de sistemas de drenagem superficial, tendo em vista que são um dos fatores mais críticos para degradação acelerada do pavimento. Isso ocorre, pois a incidência das águas pluviais sem elementos para escoamento seguro e eficiente, permanecem sobre a pista ou infiltram-se no pavimento, ocasionando redução tanto da capacidade de suporte da rodovia, quanto da segurança dos usuários, com riscos de aquaplanagem pela perda de atrito pneu-pavimento. Ainda que as coletas tenham sido realizadas na estação seca da região, a segunda coleta de dados realizada em janeiro de 2026 demonstrou aumento do IES no Trecho 1, no qual não foram observados elementos de drenagem e acostamentos ao longo dos segmentos. Dessa forma, nota-se a importância da instalação adequada desses componentes para desacelerar a deterioração do pavimento.

Nesse sentido, a execução deste trabalho resultou em um banco de dados que contém informações sobre as manifestações patológicas presentes nos trechos, o estado de conservação pelo IES, a caracterização do tráfego da rodovia, as características das faixas de tráfego e de presença ou não de elementos de drenagem e acostamento e análises com variações temporais do IES nos meses de coleta. Trata-se de uma das etapas do Sistema de Gerência de Pavimentos para gestão e planejamento das atividades de manutenção e reabilitação que garantem o pleno funcionamento da rodovia.

5. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi determinar o IES de trechos da rodovia estadual PA-150, a qual foi concedida à iniciativa privada, a partir da aplicação do método do Levantamento Visual Contínuo para identificar e analisar defeitos no pavimento, seguindo os procedimentos estabelecidos pela norma do DNIT 008/2003-PRO. Nesse sentido, foram realizadas coletas de dados em campo em dois meses distintos que permitiram criar uma base de dados para análise e interpretações acerca do índice de estado de superfície do pavimento.

A realização desta pesquisa é relevante para avaliação da condição de dois trechos da PA-150. A análise detalhada dos segmentos forma uma base de dados para implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), ferramenta fundamental para orientar tomada de decisão quanto às atividades de manutenção e reabilitação necessárias para a conservação do nível de serviço do pavimento, além de possibilitar a otimização de investimentos e redução de custos de manutenção. Por se tratar de uma rodovia sob regime de concessão à iniciativa privada, é avaliado, também, o desempenho das ações implementadas para garantir o pleno funcionamento da infraestrutura rodoviária, em razão de sua importância na circulação da região e escoamento econômico.

Neste sentido, os resultados obtidos acerca do índice de estado de superfície demonstraram coerência entre os defeitos mais e menos frequentes em relação as características de elementos da rodovia como presença ou não de drenagem superficial, ao tráfego classificado como pesado a partir do cálculo do número N e à transição entre o início da pesquisa na estação seca da região para a estação chuvosa ao final. Além disso, tendo em vista que o IES é determinado pela correlação entre o ICPF (subjetivo) e o IGGE (objetivo), o resultado estatístico do coeficiente de Pearson indicou uma correlação negativa forte entre os índices, garantindo a consistência entre ambos. Diante disso, é concluído que a aplicação do método é assertiva para avaliação de desempenho de rodovias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. **Pavement management guide**. American Association of State Highway and Transportation Officials. 2 Ed. Washington, DCC/USA, 2012.

AGÊNCIA PARÁ. **Governo do Pará assina concessão histórica para modernizar estradas que ligam Marabá a Marituba**. 2024. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/58399>. Acesso em: 03 set. 2025.

AGÊNCIA PARÁ. **Governo assina ordem de serviço para revitalização total da PA-150**. 2019. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/15810>. Acesso em: 04 set. 2025.

AGUIAR, F. D. **Avaliação funcional e estrutural do pavimento flexível no segmento monitorado de Itapoá**. Monografia, Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Histórico das concessões de rodovias federais**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/concessionarias/historico>. Acesso em: 08 set. 2025.

ARTRAN. Agência de Regulação e Controle dos Serviços Públicos de Transporte do Pará. **Resolução nº 03/2025 - tarifas de pedágio para rodovias estaduais**. Diário Oficial do Estado do Pará, ed. extra, 13 ago. 2025.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558p.

BERBEL, M. F. **Aplicação do Método do PCI – Paviment Conditions Index – para determinação de serviços de restauração e manutenção em um trecho da Avenida Tupi de Pato Branco-PR**. 2016. 122p. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008.

BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2ª edição, 2022.

CAMPOS NETO, C. A. S. *et al.* **Modelos de concessão de rodovias no Brasil, no México, no Chile, na Colômbia e nos Estados Unidos: evolução histórica e avanços regulatórios**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Rio de Janeiro, 2018.

CAREY, W. N.; IRICK, P. E. **The Pavement Serviceability: Performance Concept**. *Highway Research Board - Bulletin 250*, p. 40-58. Washington, DCC/USA, 1960.

CARVALHO, P. H. F. C. **Coleta de dados de inventário e levantamento de defeitos com smartphones e tratamento por meio de aprendizado de máquina para uso**

em sistemas de gerência de pavimentos. 71 f. Mestrado (Engenharia de Transportes) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

CNT. Confederação Nacional de Transporte. **Transporte Rodoviário – Desempenho do setor, Infraestrutura e Investimentos.** Brasília: CNT, 2017.

CONASA. **Via Brasil BR - 163 - Concessionária de Rodovias S.A.** Disponível: <https://www.conasa.com/unidades/unidade/via-brasil-br-163-concessionaria-de-rodovias-sa>. Acesso em: 09 set. 2025.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Projeto de restauração de pavimento.** São Paulo: DER/SP, 2006a.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Avaliação funcional e estrutural de pavimento.** São Paulo: DER/SP, 2024b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento - Norma DNIT 006/2003 – PRO.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento Norma DNIT 008/2003 - PRO.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento - Norma DNIT 009/2003 – PRO.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia - Norma DNIT 005/2003 – TER.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Gerência de Pavimentos.** 2. ed. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Estudos de Tráfego.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2006.

ELETROBRÁS. **Tucuruí completa 40 anos e Eletrobras investe R\$ 1,25 bilhão na maior modernização de sua história.** 2024. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Release.aspx?ID=15>. Acesso em: 02 set. 2025.

FERNANDES JR., J. L. **Sistemas de Gerência de Pavimentos para Cidades de Médio Porte.** Tese de Livre Docência – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001, 109 p.

FERNANDES Jr., J. L.; PANTIGOSO, J. F. G. **Uso dos sistemas de informações geográficas para integração da gerência de pavimentos urbanos com as atividades das concessionárias de serviços públicos**. 1998. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

FHWA. Federal Highway Administration. **Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program**. The Strategic Highway Research Program. National Academy of Science. Washington, D.C, 1993.

GONÇALVES, F. P. **O Desempenho dos Pavimentos Flexíveis**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

GUIMARÃES, M. E. S.; BARROS, V. R. B. **Avaliação objetiva de pavimentos pelo método do levantamento visual contínuo: um estudo de caso da PA-483 (Alça Viária do Pará) e PA-151**. 2025. 108f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém.

HAAS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. P. **Modern Pavement Management**. Krieger Publishing. Malabar, Fla, 1994.

MAPC. **Pavement Management, A Manual for Communities**. U. S. Department of Transportation. Metropolitan Area Planning Council, Boston, MA, 1986.

MACHADO, D. M. C. **Avaliação de normas de identificação de defeitos para fins de gerência de pavimentos flexíveis**. 2013. 126 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Rodovias Federais – Perguntas Frequentes – Concessões de Rodovias**. Brasília, 10 set. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transporte-terrestre/_rodovias-federais/rodovias-federais-perguntas-frequentes-concessoes-de-rodovias. Acesso em: 08 de set. 2025.

MOTA, R. V. et al. Efeito do tráfego no dimensionamento de pavimentos asfálticos utilizando dados de pedágio. *In*: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 32, 2018, Gramado. **Anais [...]**. Gramado: ANPET, 2018.

RODRIGUES, J. C.; NAHUM, J. S. **The concession of the BR-163 highway in the Brazilian Amazon: Corporatization of territory and conflicts**. DIE ERDE – Journal of the Geographical Society of Berlin, v. 154, n. 1, 2023.

ROTA DO PARÁ S.A. **Rota do Pará inicia operações nas praças de pedágio**. 2025. Disponível em: <https://rotadopara.com.br/rota-do-para-inicia-operacoes-nas-pracas-de-pedagio/>. Acesso em: 30 ago. 2025.

ROTA DO PARÁ S.A. **Rota do Pará – a rodovia mais sustentável do Pará**. 2025. Disponível em: <https://rotadopara.com.br/>. Acesso em: 08 set. 2025.

ROTA DO PARÁ S.A. **Serviços**. Belém: Rota do Pará, [s.d.]. Disponível em: <https://rotadopara.com.br/servicos/>. Acesso em: 09 set 2025.

SARTÓRIO, E. A. **A Trilha Sagrada: anatomia histórica das estradas: compêndio, história e monografia**. 1º ed. Vitória: Ed. do Autor, 2007. 2 v.

IMTRAFF – Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda. **Estudo de tráfego das rodovias PA-150, PA-475, PA-252, PA-151, PA-483 e Alça Viária do Pará**. Relatório técnico. SEINFRA, Belém, 2022.

SILVA, P. O. A.; OLIVEIRA, R. F. **Patologias em pavimentos flexíveis**. Revista GETEC – Gestão, Tecnologia e Ciências, v. 10, n. 30, p. 35-52, 2021.

SILVA, R. C. et al. **Levantamento visual contínuo informatizado (LVCI) pelo método da varredura - comparação com outros métodos**. Revista Estradas. Porto Alegre. v. 23, p. 64-70, 2018.

SILVA, T. O. et al. **Influência do tráfego de veículos comerciais em rodovias vicinais não pavimentadas: estudo de caso aplicado à vcs 346, Viçosa, MG**. Revista Árvore, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 539-545, 2011.

SOUTO, I. A. **Análise de métodos de cálculo do índice de condição do pavimento aplicado à gerência de pavimentos urbanos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

ZANCHETTA, F. **Aquisição de dados sobre a condição dos pavimentos visando a implementação de sistemas de gerência de pavimentos urbanos**. 2005. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

ZHANG, Z. *et al.* **Pavement Preservation – Performance Goal and Its Implications**. Transportation Research Record Magazine, 2150. 2010.

ANEXOS
ANEXO A – REPRESENTAÇÃO FOTOGRÁFICA DOS DEFEITOS EM
PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Figura A.1 - Trinca isolada transversal.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Figura A.2 - Trinca isolada longitudinal.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Figura A.3 - Trinca tipo “Couro de Jacaré”.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Figura A.4 - Trinca tipo “Bloco”.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Figura A.5 - Afundamento plástico.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Figura A.6 - Afundamento de consolidação.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Figura A.7 - Ondulação ou Corrugação.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Figura A.8 – Escorregamento.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Figura A.9 – Exsudação.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Figura A.9 – Desgaste.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Figura A.10 - Panela ou buraco.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Figura A.11 – Remendo mal executado.



Fonte: Bernucci *et al* (2022)

APÊNDICE B – CÁLCULOS DO IGGE

TRECHO 1 - OUTUBRO/2025											
SEGMENTO		TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			IGGE
N°	Ext. (km)	Ft (%)	Pt	Ft x Pt	Foap(%)	Poap	Foap x Poap	Fpr n°	Ppr	Fpr x Ppr	
1	1,0	0,0	0,0	0,0	16,3	0,7	11,4	3,0	0,8	2,4	13,8
2	1,0	10,0	0,3	3,0	15,0	0,7	10,5	0,0	0,0	0,0	13,5
3	1,0	0,0	0,0	0,0	17,5	0,7	12,3	2,5	0,8	2,0	14,3
4	1,0	20,0	0,5	9,0	12,5	0,7	8,8	11,5	1,0	11,5	29,3
5	1,0	12,5	0,5	5,6	12,5	0,7	8,8	1,0	0,7	0,7	15,1
6	1,0	20,0	0,5	9,0	10,0	0,6	6,0	8,0	1,0	8,0	23,0
7	1,0	10,0	0,3	3,0	0,0	0	0,0	6,5	1,0	6,5	9,5
8	1,0	7,5	0,3	2,3	11,3	0,7	7,9	1,0	0,7	0,7	10,8
9	1,0	5,0	0,3	1,5	17,5	0,7	12,3	1,5	0,7	1,1	14,8
10	1,0	20,0	0,5	9,0	32,5	0,7	22,8	1,5	0,7	1,1	32,8
11	1,0	7,5	0,3	2,3	0,0	0	0,0	8,0	1,0	8,0	10,3
12	1,0	10,0	0,3	3,0	21,3	0,7	14,9	0,0	0,0	0,0	17,9
13	1,0	15,0	0,5	6,8	27,5	0,7	19,3	8,5	1,0	8,5	34,5
14	1,0	30,0	0,5	13,5	17,5	0,7	12,3	1,5	0,7	1,1	26,8
15	1,0	25,0	0,5	11,3	20,0	0,7	14,0	0,5	0,7	0,4	25,6
16	1,0	20,0	0,5	9,0	12,5	0,7	8,8	0,5	0,7	0,4	18,1
17	1,0	10,0	0,3	3,0	17,5	0,7	12,3	3,5	0,8	2,8	18,1
18	1,0	30,0	0,5	13,5	11,3	0,7	7,9	12,0	1,0	12,0	33,4
19	1,0	22,5	0,5	10,0	50,0	1,0	50,0	5,0	1,0	5,0	65,0
20	1,0	25,0	0,5	11,3	47,5	0,7	33,3	5,5	1,0	5,5	50,0
TRECHO 2 - OUTUBRO/2025											
SEGMENTO		TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			IGGE
N°	Ext. (km)	Ft (%)	Pt	Ft x Pt	Foap(%)	Poap	Foap x Poap	Fpr n°	Ppr	Fpr x Ppr	
1	1,0	12,5	0,5	5,6	12,5	0,7	8,8	4,0	0,8	3,2	17,6
2	1,0	20,0	0,5	9,0	16,3	0,7	11,4	0,0	0,0	0,0	20,4
3	1,0	15,0	0,5	6,8	13,8	0,7	9,6	2,5	0,8	2,0	18,4
4	1,0	5,0	0,3	1,5	10,0	0,7	7,0	0,5	0,7	0,4	8,9
5	1,0	22,5	0,5	10,1	0,0	0,6	0,0	17,0	1,0	17,0	27,1
6	1,0	30,0	0,5	13,5	10,0	0,7	7,0	9,0	1,0	9,0	29,5
7	1,0	30,0	0,5	13,5	10,0	0,7	7,0	12,5	1,0	12,5	33,0
8	1,0	35,0	0,5	15,8	35,0	0,7	24,5	9,5	1,0	9,5	49,8
9	1,0	30,0	0,5	13,5	5,0	0,0	0,0	8,5	1,0	8,5	22,0
10	1,0	27,5	0,5	12,4	5,0	0,6	3,0	0,0	0,0	0,0	15,4
11	1,0	25,0	0,5	11,3	27,5	0,7	19,3	1,5	0,7	1,1	31,6
12	1,0	17,5	0,5	7,9	2,5	0,6	1,5	0,0	0,0	0,0	9,4
13	1,0	20,0	0,5	9,0	0,0	0,7	0,0	6,0	1,0	6,0	15,0
14	1,0	17,5	0,5	7,9	0,0	0,6	0,0	3,5	0,8	2,8	10,7
15	1,0	15,0	0,5	6,8	0,0	0,0	0,0	2,0	0,7	1,4	8,2
16	1,0	12,5	0,5	5,6	5,0	0,6	3,0	1,5	0,7	1,1	9,7
17	1,0	17,5	0,5	7,9	5,0	0,0	0,0	5,5	1,0	5,5	13,4
18	1,0	24,0	0,5	10,8	5,0	0,6	3,0	7,0	1,0	7,0	20,8
19	1,0	15,0	0,5	6,8	15,0	0,7	10,5	5,5	1,0	5,5	22,8
20	1,0	22,5	0,5	10,1	17,5	0,7	12,3	11,5	1,0	11,5	33,9

TRECHO 1 - JANEIRO/2026											
SEGMENTO		TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			IGGE
N°	Ext. (km)	Ft (%)	Pt	Ft x Pt	Foap(%)	Poap	Foap x Poap	Fpr n°	Ppr	Fpr x Ppr	
1	1,0	10,0	0,3	3,0	16,3	0,7	11,4	3,0	0,8	2,4	16,8
2	1,0	15,0	0,5	6,8	15,0	0,7	10,5	1,0	0,7	0,7	18,0
3	1,0	12,5	0,5	5,6	32,5	0,7	22,8	2,5	0,8	2,0	30,4
4	1,0	40,0	0,5	18,0	25,0	0,7	17,5	21,5	1,0	21,5	57,0
5	1,0	7,5	0,3	2,3	10,0	0,6	6,0	5,0	1,0	5,0	13,3
6	1,0	35,0	0,5	15,8	15,0	0,7	10,5	14,0	1,0	14,0	40,3
7	1,0	26,3	0,5	11,8	15,0	0,7	10,5	23,0	1,0	23,0	45,3
8	1,0	20,0	0,5	9,0	10,0	0,6	6,0	2,0	0,7	1,4	16,4
9	1,0	7,5	0,3	2,3	13,8	0,7	9,6	0,0	0,0	0,0	11,9
10	1,0	8,8	0,3	2,6	15,0	0,7	10,5	4,0	0,8	3,2	16,3
11	1,0	13,8	0,3	4,1	27,5	0,7	19,3	5,0	1,0	5,0	28,4
12	1,0	16,3	0,5	7,3	10,0	0,6	6,0	10,0	1,0	10,0	23,3
13	1,0	10,0	0,5	4,5	10,0	0,6	6,0	9,0	1,0	9,0	19,5
14	1,0	0,0	0,0	0,0	18,8	0,7	13,1	4,0	0,8	3,2	16,3
15	1,0	15,0	0,5	6,8	27,5	0,7	19,3	1,0	0,7	0,7	26,7
16	1,0	27,5	0,5	12,4	17,5	0,7	12,3	2,5	0,8	2,0	26,6
17	1,0	20,0	0,5	9,0	7,5	0,6	4,5	1,0	0,7	0,7	14,2
18	1,0	35,0	0,5	15,8	17,5	0,7	12,3	12,5	1,0	12,5	40,5
19	1,0	10,0	0,3	3,0	13,8	0,7	9,6	8,0	1,0	8,0	20,6
20	1,0	23,8	0,5	10,7	35,0	0,7	24,5	2,0	0,7	1,4	36,6

TRECHO 2 - JANEIRO/2025											
SEGMENTO		TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			IGGE
N°	Ext. (km)	Ft (%)	Pt	Ft x Pt	Foap(%)	Poap	Foap x Poap	Fpr n°	Ppr	Fpr x Ppr	
1	1,0	6,3	0,3	1,9	30,0	0,7	21,0	4,0	0,8	3,2	26,1
2	1,0	13,8	0,5	6,2	15,0	0,7	10,5	0,0	0,0	0,0	16,7
3	1,0	3,8	0,3	1,1	21,3	0,7	14,9	1,5	0,7	1,1	17,1
4	1,0	7,5	0,3	2,3	17,5	0,7	12,3	0,0	0,0	0,0	14,5
5	1,0	17,5	0,5	7,9	15,0	0,7	10,5	16,0	1,0	16,0	34,4
6	1,0	15,0	0,5	6,8	20,0	0,7	14,0	4,5	1,0	4,5	25,3
7	1,0	17,5	0,5	7,9	5,0	0,6	3,0	12,5	1,0	12,5	23,4
8	1,0	35,0	0,5	15,8	50,0	1,0	50,0	6,5	1,0	6,5	72,3
9	1,0	23,8	0,5	10,7	15,0	0,7	10,5	7,5	1,0	7,5	28,7
10	1,0	12,5	0,5	5,6	0,0	0,0	0,0	1,0	0,7	0,7	6,3
11	1,0	15,0	0,5	6,8	16,3	0,7	11,4	0,5	0,7	0,4	18,5
12	1,0	11,3	0,5	5,1	7,5	0,6	4,5	3,0	0,8	2,4	12,0
13	1,0	8,8	0,3	2,6	5,0	0,6	3,0	2,0	0,7	1,4	7,0
14	1,0	22,5	0,5	10,1	5,0	0,6	3,0	6,5	1,0	6,5	19,6
15	1,0	2,5	0,3	0,8	0,0	0,0	0,0	1,0	0,7	0,7	1,5
16	1,0	15,0	0,5	6,8	5,0	0,6	3,0	0,0	0,0	0,0	9,8
17	1,0	32,5	0,5	14,6	20,0	0,7	14,0	4,0	0,8	3,2	31,8
18	1,0	10,0	0,3	3,0	0,0	0,0	0,0	5,5	1,0	5,5	8,5
19	1,0	22,5	0,5	10,1	5,0	0,6	3,0	7,0	1,0	7,0	20,1
20	1,0	22,5	0,5	10,1	22,5	0,7	15,8	11,0	1,0	11,0	36,9

APÊNDICE C – FREQUÊNCIA DOS DEFEITOS E ICPF COLETADOS

TRECHO 1 - OUTUBRO/2025												
Nº do seg	Ext (Km)	P	R	TRINCAS			DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			ICPF
				TR (%)	TJ (%)	TB (%)	AF (%)	O (%)	D (%)	EX (%)	E (%)	
1	1	-	M	-	-	-	M	B	M	-	-	4,5
2	1	-	-	-	B	-	M	M	B	-	B	4,5
3	1	-	M	-	-	-	-	M	B	B	B	4,0
4	1	M	A	-	M	-	B	M	B	-	M	3,0
5	1	-	B	B	M	-	B	M	M	-	-	4,3
6	1	B	A	B	M	-	-	B	-	-	B	4,0
7	1	B	A	B	B	-	-	-	B	-	B	4,0
8	1	B	B	-	B	-	B	M	M	-	-	4,0
9	1	-	B	-	B	-	M	B	M	-	B	3,5
10	1	-	B	-	M	-	M	M	M	-	M	3,5
11	1	B	A	B	B	-	-	-	-	-	M	3,5
12	1	-	-	-	B	-	M	M	M	-	M	4,5
13	1	-	A	B	M	-	M	M	-	-	-	3,0
14	1	-	B	-	M	-	B	M	B	-	B	4,8
15	1	B	-	M	M	-	M	B	M	-	B	3,8
16	1	B	-	B	M	-	M	B	-	-	-	4,0
17	1	-	M	-	B	-	M	M	M	-	B	3,8
18	1	B	A	M	M	-	M	B	B	-	M	3,5
19	1	B	M	M	M	-	A	-	M	-	B	2,8
20	1	-	A	M	M	-	A	M	B	B	M	2,3
TRECHO 2 - OUTUBRO/2025												
Nº do seg	Ext (Km)	P	R	TRINCAS			DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			ICPF
				TR (%)	TJ (%)	TB (%)	AF (%)	O (%)	D (%)	EX (%)	E (%)	
1	1	B	M	B	M	-	M	B	-	M	B	4,0
2	1	-	-	-	M	-	B	M	-	M	-	4,5
3	1	-	M	-	M	-	B	M	-	M	-	4,3
4	1	-	B	B	B	-	-	M	B	M	-	5,0
5	1	A	A	B	M	-	-	-	M	-	-	3,0
6	1	M	A	M	M	-	B	-	M	-	-	3,5
7	1	B	A	M	M	-	B	-	M	-	-	3,3
8	1	A	B	M	M	-	M	-	M	-	-	2,8
9	1	B	A	M	M	-	B	-	M	-	-	3,5
10	1	-	-	M	M	-	B	-	M	-	B	4,5
11	1	-	B	-	M	-	M	-	M	-	M	3,8
12	1	-	-	M	M	-	B	-	M	-	-	5,0
13	1	M	M	M	M	-	-	-	M	-	-	3,5
14	1	B	B	M	M	-	-	-	M	-	-	4,5
15	1	B	-	-	M	-	-	-	M	-	-	4,5
16	1	B	B	B	M	-	-	B	-	-	M	4,3
17	1	M	B	B	M	-	B	-	M	-	-	3,8
18	1	M	M	M	M	-	B	-	M	-	B	3,3
19	1	B	M	B	M	-	-	M	M	-	-	3,5
20	1	A	A	B	M	-	M	-	M	-	B	2,8

TRECHO 1 - JANEIRO/2026												
Nº do seg	Ext (Km)	P	R	TRINCAS			DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			ICPF
				TR (%)	TJ (%)	TB (%)	AF (%)	O (%)	D (%)	EX (%)	E (%)	
1	1	-	M	-	B	-	M	B	B	-	B	4,0
2	1	-	B	-	M	-	M	M	-	-	-	4,5
3	1	B	B	M	B	-	M	-	B	-	B	3,0
4	1	M	A	M	M	-	M	M	-	-	B	2,0
5	1	B	M	B	-	-	B	B	B	-	-	3,5
6	1	M	A	M	M	-	M	B	-	-	-	2,0
7	1	B	A	M	M	-	M	-	B	-	B	2,5
8	1	B	-	M	M	-	B	-	B	-	-	3,3
9	1	-	-	B	B	-	B	M	B	-	B	4,5
10	1	-	M	B	M	-	M	B	B	-	B	3,5
11	1	B	M	M	B	-	M	-	B	-	-	3,3
12	1	-	A	M	M	-	B	B	B	-	-	4,0
13	1	B	A	B	-	-	B	B	-	-	-	4,0
14	1	-	M	-	-	-	M	M	M	-	-	4,0
15	1	B	-	B	M	-	M	M	-	-	B	3,5
16	1	B	B	M	M	-	M	M	B	-	B	3,3
17	1	-	B	M	M	-	B	B	B	-	B	4,8
18	1	-	A	M	M	-	B	M	M	-	B	2,5
19	1	M	A	M	B	-	M	B	B	-	-	2,8
20	1	-	B	B	M	-	M	-	M	-	-	3,5
TRECHO 2 - JANEIRO/2026												
Nº do seg	Ext (Km)	P	R	TRINCAS			DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			ICPF
				TR (%)	TJ (%)	TB (%)	AF (%)	O (%)	D (%)	EX (%)	E (%)	
1	1	B	M	B	B	-	M	-	-	-	-	5,0
2	1	-	-	M	M	-	-	M	-	B	-	5,0
3	1	-	-	B	B	-	M	M	B	B	B	4,0
4	1	-	-	B	B	-	B	M	B	B	B	3,5
5	1	B	A	M	M	-	M	-	M	-	B	2,5
6	1	B	M	-	M	-	M	-	M	-	-	3,0
7	1	B	A	M	M	-	B	-	M	-	-	3,5
8	1	A	-	M	M	-	A	-	M	-	-	3,0
9	1	B	A	M	M	-	M	-	M	-	-	2,3
10	1	-	B	B	M	-	-	-	M	-	-	4,5
11	1	B	-	M	M	-	M	B	M	-	B	4,0
12	1	B	B	M	B	-	B	-	M	-	-	4,5
13	1	B	B	B	B	-	B	-	B	-	B	4,8
14	1	M	M	M	M	-	-	B	M	-	-	3,3
15	1	B	-	B	-	-	-	-	B	-	-	5,0
16	1	-	-	M	M	-	B	-	B	-	-	4,5
17	1	B	B	M	M	-	M	-	B	-	B	3,0
18	1	M	B	-	B	-	-	-	M	-	-	3,5
19	1	B	A	M	M	-	B	B	B	-	B	3,5
20	1	M	A	M	M	-	M	-	M	-	B	3,0

APÊNDICE D – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DAS CLASSES DE VEÍCULOS

Figura A.1 – 2C.



Fonte: Autora (2026).

Figura A.2 – 3C



Fonte: Autora (2026).

Figura A.3 – 3D4



Fonte: Autora (2026).

Figura A.4 – 3S2



Fonte: Autora (2026).

Figura A.5 – 3S3.



Fonte: Autora (2026).

Figura A.6 – 2S2.



Fonte: Autora (2026).

Figura A.7 – 3T6.



Fonte: Autora (2026).

Figura A.8 – 3I3.



Fonte: Autora (2026).

Figura A.9 – Sem classificação.



Fonte: Autora (2026).

Figura A.9 – Sem classificação.



Fonte: Autora (2026).

Figura A.10 – 2CB.



Fonte: Autora (2026).

Figura A.11 – 3CB.



Fonte: Autora (2026).