



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

EMANUEL ANDRADE SOUZA

**AVALIAÇÃO DE TRECHO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL DA RN-012 A PARTIR
DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO E ÍNDICE DE IRREGULARIDADE
LONGITUDINAL**

MOSSORÓ

2025

EMANUEL ANDRADE SOUZA

**AVALIAÇÃO DE TRECHO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL DA RN-012 A PARTIR
DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO E ÍNDICE DE IRREGULARIDADE
LONGITUDINAL**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semiárido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia civil.

Orientador: Bruno Tiago Angelo da Silva.

MOSSORÓ

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

SS729 Souza, Emanuel Andrade .
a AVALIAÇÃO DE TRECHO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL DA
RN-012 A PARTIR DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO E
ÍNDICE DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL / Emanuel
Andrade Souza. - 2025.
53 f. : il.

Orientador: Bruno Tiago Angelo da Silva..
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2025.

1. Levantamento Visual contínuo . 2.
RoadBounce. 3. Sistema de Gerência de Pavimentos
(SGP). 4. Índice de Irregularidade Internacional
(IRI). I. Angelo da Silva., Bruno Tiago , orient.
II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

EMANUEL ANDRADE SOUZA

**AVALIAÇÃO DE TRECHO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL DA RN-012 A PARTIR
DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO E ÍNDICE DE IRREGULARIDADE
LONGITUDINAL**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semiárido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Defendida em: 26/03/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



BRUNO TIAGO ANGELO DA SILVA
Data: 04/04/2025 13:53:34-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Bruno Tiago Angelo da Silva, Prof. M. Eng. (UFERSA)
Presidente

WENDEL SILVA

Assinado de forma digital por

WENDEL SILVA CABRAL:00990257444
Dados: 2025.03.27 15:37:09 -03'00'

Wendel Silva Cabral, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente



FRANCISCO DE ASSIS FRANCO VIEIRA
Data: 28/03/2025 13:24:57-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Francisco de Assis Franco Vieira, Engº. (UFC)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a DEUS que me concedeu força e perseverança necessária para superar todas dificuldades e desafios durante essa jornada acadêmica.

Agradecer a minha família: minha mãe, Magneide, meu pai, Fabiano e minha irmã, Alice. Sou extremamente grato por tudo que me proporcionaram fazendo possível encerrar esse ciclo da melhor maneira possível.

Aos meus amigos, companheiros de jornada, que viveram juntos comigo essa árdua vida acadêmica compartilhando comigo alegrias e desafios na graduação, tanto no campus Caraúbas onde passei a maior parte quanto aos de Mossoró, onde concluo esta etapa, meus sinceros agradecimentos.

A minha namorada, Ana Maria, agradeço pelo apoio de sempre, por sempre está presente, por me ajudar neste trabalho. Sua parceria foi de extrema importância

Ao meu orientador, Professor Bruno Tiago, expresso minha profunda gratidão pela orientação, pelo conhecimento compartilhado e pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

RESUMO

O pavimento, é estruturado em múltiplas camadas, exerce um papel importante para oferecer segurança, conforto e economia aos usuários. Porém, fatores como o tráfego intenso e as condições climáticas, são responsáveis para o surgimento de defeitos no pavimento, como trincas, fissuras, desagregações etc., comprometendo sua durabilidade e funcionalidade. Para essa análise, serão empregados dois métodos: o Levantamento Visual Contínuo (LVC), conforme a norma DNIT 008/2003-PRO que permite identificar e classificar defeitos na superfície do pavimento, e o Índice de Irregularidade Internacional (IRI), analisado pelo aplicativo móvel *Road Bounce*, possibilitando a avaliação da qualidade da aplicação de superfície de forma prática e eficiente. O uso combinado desses dois métodos permite um entendimento mais extenso das condições do pavimento, para que, deste modo, se possa definir de estratégias para possíveis manutenções. O presente estudo busca avaliar e qualificar as condições do pavimento em um trecho de 8,7 km da RN-012, que conecta as cidades de Tibau-RN e Grossos-RN, utilizando metodologias de gerenciamento de pavimentos. A pesquisa ainda mostrou a importância de intervenções preventivas para evitar falhas estruturais, diminuir riscos de acidentes e potencializar recursos disponíveis. No LVC, encontrou-se uma condição geral "RUIM" para todo o trecho analisado e de acordo com *RoadBounce*, a análise do IRI constatou uma classificação também "RUIM" para o pavimento em estudo, evidenciando uma consistência entre as análises. O estudo contribui para o desenvolvimento da gestão de pavimentos e a melhoria da infraestrutura rodoviária, proporcionando um sistema mais sustentável e funcional para as vias. O estudo utilizou uma abordagem fundamentada e prática na revisão bibliográfica, priorizando a aplicação de tecnologias acessíveis e a utilização de normas técnicas relevantes.

Palavras-chave: Manifestações Patológicas, Levantamento Visual Contínuo, *Road Bounce*, Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP)

ABSTRACT

This study aims to evaluate and qualify the pavement conditions of an 8.7 km stretch of RN-012, which connects the cities of Tibau-RN and Grossos-RN, using pavement management methodologies. The pavement, structured in multiple layers, plays an important role in providing safety, comfort, and economy to users. However, factors such as heavy traffic and climatic conditions are responsible for the emergence of pavement defects, such as cracks, fissures, disintegrations, etc., compromising its durability and functionality. For this analysis, two methods will be employed: the Continuous Visual Survey (CVS), according to standard DNIT 008/2003-PRO, which allows for the identification and classification of defects on the pavement surface, and the International Roughness Index (IRI), analyzed by the Road Bounce mobile application, enabling the evaluation of surface application quality in a practical and efficient way. The combined use of these two methods allows for a more extensive understanding of pavement conditions, so that strategies for possible maintenance can be defined. In this context, the Pavement Management System (PMS) is of great importance for monitoring and defining guidelines efficiently, reducing costs and increasing the lifespan of the pavement structure. The PMS provides concrete data that supports decision-making by road agencies, ensuring greater safety and comfort for users. The research also shows the importance of preventive interventions to avoid structural failures, reduce accident risks, and optimize available resources. Thus, the study contributes to the development of pavement management and the improvement of road infrastructure, providing a more sustainable and functional system for the roads. The study uses a grounded and practical approach in the literature review, prioritizing the application of technologies such as Road Bounce and the use of relevant technical standards

Keywords: Pavement Management , Continuous Visual Survey (CVS) ,Road Bounce , Pavement Management System (PMS)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura de um pavimento	20
Figura 2 - Pavimento flexível.....	21
Figura 3- Pavimento Rígido.....	22
Figura 4 - Fenda.....	23
Figura 5- Afundamento.....	23
Figura 6- Ondulações	24
Figura 7 - Escorregamento	24
Figura 8-Exudação	25
Figura 9 - Desgaste	25
Figura 10- Painelas	26
Figura 11 - Remendos	26
Figura 12 – Sistema de gerencia de Pavimentos	28
Figura 13 - Trecho estudado.....	33
Figura 14 - Trecho estudado.....	34
Figura 15 - Trecho estudado.....	34
Figura 16 - Interface inicial do RoadBounce	40
Figura 17 - Interface inicial do RoadBounce	40
Figura 18- Inicio do trecho	41
Figura 19 - Trincas Longitudinais e Couro de Jacaré.....	42
Figura 20 - trincas	43
Figura 21 - painelas	44
Figura 22 - Remendos	45
Figura 23 - Trecho e Resultado do trecho percorrido.....	47
Figura 25 - Gráfico de linhas	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índice de irregularidade	32
Tabela 2 - Conceitos do ICPF	36
Tabela 3 - Determinação do Índice de Gravidade	37
Tabela 4 - Pesos para cálculo	37
Tabela 5 - Índice do Estado da Superfície do pavimento	38
Tabela 6 - Valores de ICPF, IGGE e IES	46
Tabela 7 - Categorias para qualidade de pilotagem	48
Tabela 8 - Relatório de viagem	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVO	17
2.1	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 Pavimento	18
3.2 Estrutura do pavimento	19
3.3 Tipos de Defeitos em Pavimentos	22
3.4 Sistema de Gerenciamento de pavimento	27
3.5 Levantamento Visual Contínuo (LVC).....	29
3.6 Índice de Irregularidade Internacional (IRI)	30
3.6.1 Estudo da Irregularidade Longitudinal na gerência de pavimentos	31
3.6.2 Impacto da irregularidade longitudinal sobre os gastos dos usuários e a manutenção	32
4 MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1 Região de Estudo.....	33
4.2 Equipamento e materias utilizados na pesquisa	34
4.3 Planejamento Detalhado do Levantamento Visual Contínuo (LVC)	35
4.4 Coleta de dados	38
4.5 Análise de dados.....	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 Estudo da rodovia pelo método LVC.....	41
5.2 Avaliação da rodovia pelo método IRI	46
5.3 Comparação entre os resultados obtidos com os dois métodos	48
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

ANEXOS	53
--------------	----

INTRODUÇÃO

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança. (Bernucci *et al.*, 2008).

Os autores ainda afirmam que, os pavimentos são projetados para que cada camada tenha uma certa espessura e rigidez e que o sistema de camadas responda com uma rigidez conjunta adequada às condições climáticas e geométricas do local e ao tráfego, durante sua vida de projeto. O pavimento viário se classifica tradicionalmente em dois tipos básicos, sendo eles: Pavimentos rígidos e pavimentos flexíveis.

Os pavimentos flexíveis são projetados para suportar diferentes tipos de tráfego, que podem variar em intensidade, frequência e características do veículo. De acordo com estudos, os tráfegos leves são predominantemente compostos por veículos de passeio e têm um impacto menor sobre o pavimento, enquanto os tráfegos pesados, que incluem caminhões e ônibus, exigem um pavimento mais robusto devido à carga significativa e ao impacto repetitivo. O tráfego muito intenso, com veículos de grande porte e alta frequência, pode acelerar o desgaste do pavimento, resultando em fissuras, deformações e outras falhas estruturais, como destacado em estudos sobre engenharia de pavimentos (Souza *et al.*, 2021).

As condições climáticas também desempenham um papel importante na deterioração dos pavimentos flexíveis. Alterações de temperatura, podem causar expansões e contrações no material, levando à aparição de trincas. Além disso, a presença de água, seja por chuvas intensas, contribui para a infiltração, o que enfraquece a estrutura do pavimento e acelera o processo de deterioração. (Lima, 2019).

Para isso, tem-se Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (SGP), que se refere à capacidade de um pavimento em atender às demandas do tráfego e aos usuários. Como a serventia de uma rodovia está diretamente ligada à sua condição, é crucial entender os fatores que influenciam sua deterioração. A aparição desses defeitos mostra a necessidade de um SGP, que permite monitorar a evolução da condição dos pavimentos e programar intervenções de manutenção de forma eficiente. (Lopes, 2014)

Ao adotar um SGP, as agências rodoviárias podem basear suas decisões em dados concretos, reduzindo o risco de falhas estruturais e, assim, garantindo a segurança dos usuários. Segundo a norma DNIT 008/2003-PRO DNIT 008/2003 - PRO (Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos Procedimento).

2 OBJETIVO

2.1 Avaliar as condições de um trecho da RN-012 que liga Tibau-RN a Grossos- RN a partir dos métodos de levantamento visual contínuo e Índice de irregularidade longitudinal.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar revisão bibliográfica sobre gerenciamento de pavimentos;
- Efetuar levantamento visual Contínuo (LVC) em campo;
- Fazer levantamento de índice de irregularidade longitudinal, utilizando o aplicativo móvel *RoadBounce*;
- Concluir comparativo entre os dois métodos de análise.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Pavimento

O pavimento consiste em uma estrutura composta por diversas camadas de espessuras reduzidas, erguida sobre a superfície final da terraplenagem. Seu propósito, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, é suportar as forças geradas pelo tráfego de veículos e pelas condições climáticas. Além disso, visa oferecer aos usuários um melhoramento nas condições de movimentação, garantindo conforto, economia e segurança. (Bernucci *et al.*, 2008)

Balbo (2007) diz que, historicamente, os pavimentos são classificados em duas categorias principais: rígidos e flexíveis. Porém, nos últimos tempos, passou-se a utilizar a terminologia de pavimentos de concreto de cimento Portland (ou simplesmente concreto-cimento) e pavimentos asfálticos, referindo-se ao tipo de revestimento utilizado. No que diz respeito aos pavimentos asfálticos, existem duas subdivisões: os pavimentos flexíveis, e os pavimentos semirrígidos.

Neste sentido, Dos Santos *et al.* (2020) e pesquisa da Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2022), apontam que o transporte de passageiros no Brasil depende majoritariamente do modal rodoviário, o que torna imprescindível o acesso a uma infraestrutura urbana completa e de qualidade. Tal infraestrutura é vista como um exercício de cidadania, garantindo o direito de transporte da população.

A situação das rodovias brasileiras tem se deteriorado, conforme apontado pela Pesquisa CNT de Rodovias de 2024. Os dados mostram que a maioria das rodovias (67%) foi classificada como regular, ruim ou péssima, e apenas 33% foram consideradas em condições ideais. (CNT, 2024).

A existência de uma infraestrutura de transportes moderna, de qualidade e integrada é capaz de atender as demandas e é de extrema importância para a sociedade. Com a adequação de tal infraestrutura, é possível gerar ganhos de produtividade e competitividade para os transportes e os demais setores produtivos. Por isso, torna-se necessário o investimento e a manutenção da pavimentação urbana e da infraestrutura de uma rodovia (CNT, 2024)

A pavimentação asfáltica é essencial para garantir a mobilidade nas áreas urbanas, influenciando diretamente a vivência de motoristas e pedestres. Em uma cidade com uma boa infraestrutura de pavimentação, tanto os veículos quanto os indivíduos colhem benefícios importantes. (Vila Betume, 2024).

O autor ainda afirma que, oferece muitos benefícios para os motoristas. Primeiro, melhora a direção e fornece uma superfície mais regular e segura para a circulação do veículo. Além disso, o asfalto reduz a resistência ao rolamento, levando a uma redução do consumo de combustível como resultado e a redução do desgaste dos pneus. Isso significa que os motoristas terão menos impacto econômico e ambiental.

Além disso, a pavimentação de asfalto contribui bastante para o desenvolvimento econômico e social da região. As cidades quando estão atraindo mais investimentos precisam ter um bom pavimento para que possa assegurar melhores condições de deslocamento tanto para motoristas quanto para pedestres. Para mais, a melhoria da infraestrutura de transporte facilita a mudança e o aumento de oportunidades de emprego, estudos e tempo de lazer. Todavia, a relação entre pavimentos e direitos de mobilidade é extremamente importante para o desenvolvimento urbano. Investir em alta qualidade do pavimento é garantir melhores condições de viagem para motoristas e pedestres. (Vila Betume, 2024).

3.2 Estrutura do pavimento

Os pavimentos são planejados para que cada camada tenha uma espessura e rigidez constantes, e o sistema de camada responderá com rigidez da articulação suficiente para as condições climáticas e geométricas e o tráfego da área durante a vida útil do projeto. Os pavimentos são divididos em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis. Hoje em dia, há uma tendência a usar pisos de concreto de cimento Portland (ou simplesmente concreto) ou asfalto para exibir o tipo de pavimento. (Bernucci *et al.*, 2008)

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2006), o pavimento de uma rodovia constitui-se de uma superestrutura gerada por um sistema de camadas de espessura finita, construída após a terraplenagem, com o intuito de suportar e disseminar os esforços verticais oriundos dos veículos, melhorando as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança, e a resistir aos esforços horizontais, sendo mais durável a superfície de rolamento. Essas camadas são divididas em revestimento, base, sub-base, reforço de subleito e subleito.

O subleito equivale à camada de solo natural que dá suporte para as camadas que estão acima dele, do pavimento rodoviário. Conforme descrito por Baldo (2007), os esforços submetidos em sua superfície serão aliviados em sua profundidade. Esses esforços que são aplicados normalmente se esvaem nos primeiros metros da camada, o que torna essencial uma atenção especial para essas camadas superiores, onde essas solicitações são mais excessivas.

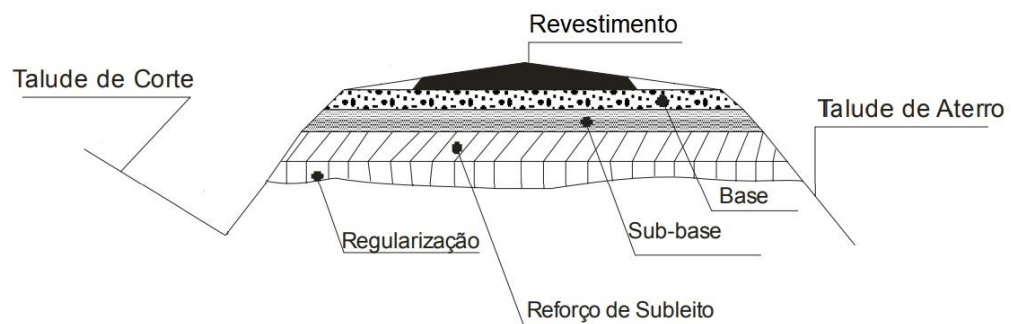
Além disso, um bom subleito desempenha um papel determinante no desempenho estrutural do pavimento.

Para reduzir a carga nas camadas inferiores do solo, são implementadas as camadas de base e sub-base. A camada de base, de forma estrutural, tem a função de oferecer maior robustez ao pavimento, transferindo as forças do tráfego para as camadas situadas abaixo. Para esta finalidade, materiais como brita, solo-cimento ou concreto asfáltico são frequentemente utilizados nessa camada. Segundo Balbo (2007), quando a camada de base necessária para adequadamente distribuir as cargas para as camadas inferiores é muito espessa, busca-se, por questões de ordem construtiva e econômica, dividi-la em duas partes, estabelecendo assim uma sub-base, que geralmente tem custo mais baixo.

A camada de revestimento, também conhecida como camada de rolamento, representa a parte superior do pavimento, que fica em contato direto com o tráfego de veículos. Esta camada precisa ter características que assegurem a aderência, resistência ao desgaste e impermeabilidade, além de oferecer uma superfície que seja confortável e segura para os veículos (Silva e Carmo, 2023). Segundo Baldo (2007), essa camada deve ser composta por materiais firmemente aglutinados ou organizados de forma a impedir seu deslocamento horizontal. Entre esses materiais, encontram-se: paralelepípedos, blocos de concreto pré-fabricado, placas de concreto, tratamentos de superfície com betume e misturas asfálticas em geral.

A figura abaixo ilustra como é constituída a estruturas do pavimento.

Figura 1 - Estrutura de um pavimento



Fonte: Guida Engenharia 2019

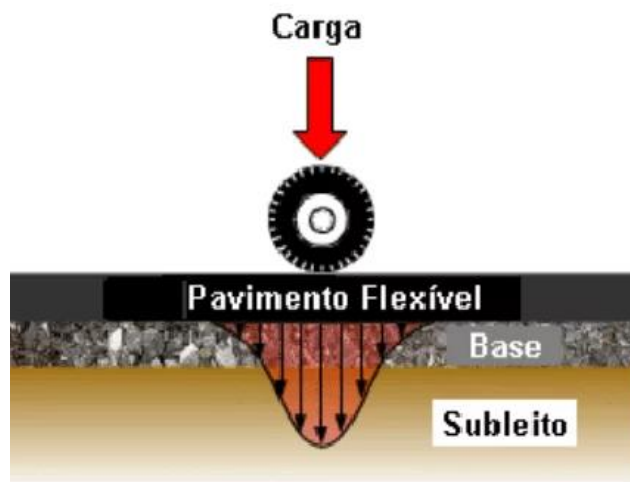
O glossário de termos técnicos rodoviários (DNER, 2017) as define como:

- Subleito: maciço de terra que serve de fundação para o pavimento ou revestimento;

- Reforço de subleito: camada granular do pavimento executada com o objetivo de melhorar a capacidade de suporte de carga do subleito e de reduzir espessura da sub-base;
- Sub-base: camada corretiva do subleito e complementar à base, com as mesmas funções desta, e executada quando, por razões de ordem econômica, for conveniente reduzir a espessura de base;
- Base: camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os ao subleito, e sobre a qual se constrói o revestimento;
- Revestimento: camada mais acima do pavimento, que recebe diretamente as ações verticais e horizontais dos veículos, e destinada a melhorar as condições do rolamento quanto ao conforto e segurança.

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), os pavimentos flexíveis são tais, constituídos por uma camada superficial asfáltica (revestimento), suportadas em camadas de base, sub-base e de reforço do subleito, constituídas por materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes, e que sob carregamento resiste a deformação elástica em todas as camadas.

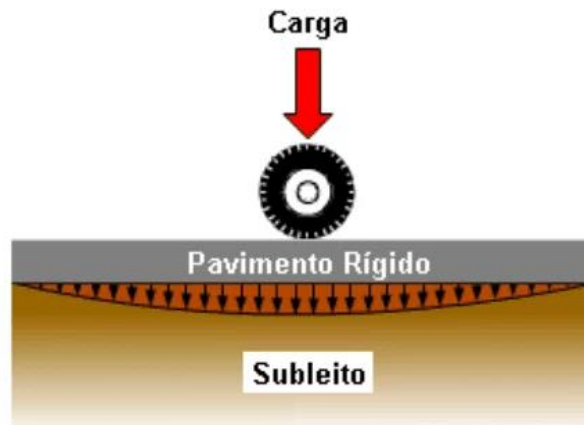
Figura 2 - Pavimento flexível



Fonte: BALBO, 2007

O pavimento rígido é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado (Manual do DNIT, 2006).

Figura 3- Pavimento Rígido



Fonte: BALBO, 2007

3.3 Tipos de Defeitos em Pavimentos

A condição do asfalto nas estradas influencia diretamente o funcionamento do transporte rodoviário e a economia brasileira. Estradas mal conservadas elevam os custos operacionais do transporte, diminuem o conforto e a segurança tanto para passageiros quanto para mercadorias, além de gerar danos ao meio ambiente. (CNT,2018)

O DNIT 005/2003 - TER (Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia) caracteriza os principais tipos de defeitos de um pavimento, são eles:

3.3.1 Fenda

Qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas, conforme adiante descrito.

Figura 4 - Fendas

Fonte: SINDETRANSRP, 2018

3.3.2 Afundamento

Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

Figura 5- Afundamentos

Fonte: SINDETRANSRP, 2018

3.3.3 Ondulação ou Corrugação

Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento.

Figura 6- Ondulações



Fonte: SINDETRANSRP, 2018

3.3.3 Escorregamento

Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua

Figura 7 - Escorregamento



Fonte: SINDETRANSRP, 2018

3.3.4 Exsudação

Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento.

Figura 8-Exudações



Fonte: SINDETRANSRP, 2018

3.3.5 Desgaste

Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego.

Figura 9 - Desgastes



Fonte: SINDETRANSRP, 2018

3.3.6 Panela ou buraco

Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas.

Figura 10- Painelas



Fonte: SINDETRANSRP, 2018

3.3.7 Remendo

Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco”.

Figura 11 - Remendos



Fonte: SINDETRANSRP, 2018

3.4 Sistema de Gerenciamento de pavimento

Um Sistema de Gestão de Pavimento (SGP) consiste em um abrangente e organizado conjunto de ações interligadas que englobam o planejamento, a construção, a manutenção, a avaliação e a pesquisa, ligadas a um banco de dados. O principal objetivo é melhorar o uso dos recursos para a criação de programas de manutenção, garantindo conforto e segurança aos usuários. (Haas *et al*, 2024)

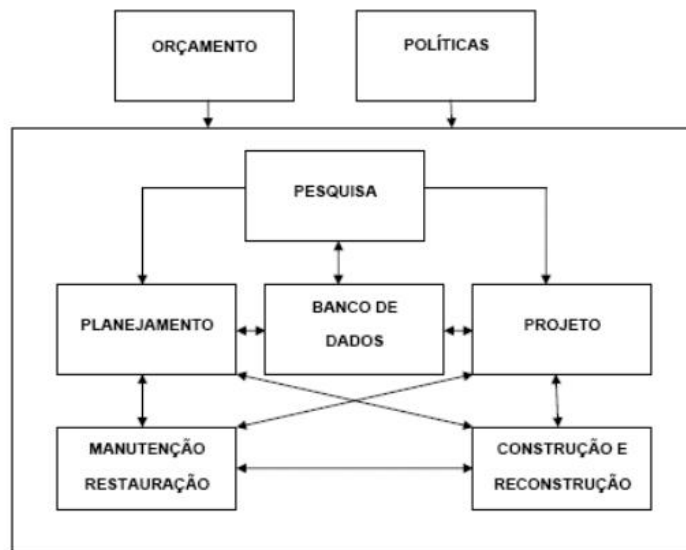
Além disso é uma ferramenta que engloba e ajuda na tomada de decisões relacionadas à manutenção e reabilitação de pavimentos. Sua serventia maior enfatiza em otimizar o ciclo de vida dos pavimentos, assegurando sua funcionalidade, segurança e durabilidade, além do conforto. (DNIT, 2011)

O Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (SGP) proporciona um planejamento pensado e eficiente das intervenções, dando ênfase em áreas críticas e otimizando a distribuição de recursos. Essa abordagem é eficiente e não apenas gera economia significativa, evitando grandes gastos com intervenções emergenciais, e eleva igualmente a qualidade do pavimento. Mediante a um monitoramento contínuo, esse sistema concede a implementação de procedimentos preventivos, estendendo a vida útil do pavimento e assegurando uma maior segurança e conforto aos usuários. Além de que, a gestão eficiente do pavimento colabora para a redução do impacto ambiental, otimizando o uso de materiais e minimizando o desperdício. (CERATTI; LOPES, 1999)

O SGP é composto por elementos que devem se relacionar entre si, como o planejamento, o projeto, a construção e a conservação das superfícies. Dentre os fatores externos mais relevantes, destacam-se os recursos financeiros, as informações requeridas pelo sistema e as orientações políticas e administrativas. (DNIT,2011)

A seguir, a figura ilustra adequadamente como se estrutura um Sistema de Gerência de Pavimentos.

Figura 12 – Sistema de gerencia de Pavimentos



Fonte: DNIT (2003)

Os autores Oliveira, Pereira e Picado-Santos (2011) estudam os benefícios de um SGP em três divisões:

1 – Aspecto econômico, um sistema de gestão de pavimentos deduz:

- Gerenciar os recursos necessários, mostrando o nível de financiamento mais adequado;
- Planejar a beneficiação, função dos recursos disponíveis;
- Determinar o efeito do adiamento dos trabalhos de conservação sobre os custos da administração e do utente;
- Garantir a rentabilidade dos recursos que estão disponíveis, utilizando um sistema de prioridades.

2 – Da perspectiva técnico, um SGP tem os seguintes objetivos:

- Analisar os resultados de testes executados, com o objetivo de aprimorar as metodologias de erguimento e manutenção;
- Implementar as abordagens mais eficazes de acordo com os cenários potenciais;
- Criar modelos de comportamento de superfícies, a fim de antecipar seu desenvolvimento;

- Definir os critérios de decisão mais significativos, de acordo com o estado do pavimento.

3 - Do olhar administrativo, um sistema de gestão de pavimentos permitirá:

- Avaliar corretamente a condição geral da malha rodoviária;
- Organizar e agendar as ações de manutenção dos pavimentos;
- Avaliar os impactos dos variados níveis de investimento na condição do pavimento;
- Empregar uma fundamentação objetiva para as decisões governamentais.

3.5 Levantamento Visual Contínuo (LVC)

O Levantamento Visual Contínuo (LVC) é um método de avaliação subjetiva que fornece informações sobre a condição da superfície do pavimento através da observação de falhas presentes em um trecho específico. Essa abordagem é utilizada para registrar a frequência de defeitos encontrados e o estado de manutenção do pavimento analisado, visando descrever e medir a quantidade de imperfeições em uma rodovia específica (DERT, 2001).

Conforme mencionado por DERT (2001), a finalidade dessa metodologia é reunir informações valiosas para avaliar o nível de degradação do pavimento, cujos resultados servem como referência para um sistema de gestão de pavimentos (SGP). Um sistema que pode ser descrito como um grupo de atividades interconectadas que envolvem planejamento, manutenção, avaliação, pesquisa e construção, são estas

- Avaliação das condições da superfície dos pavimentos;
- Identificação dos segmentos críticos da malha rodoviária federal;
- Elaboração do programa de manutenção da Malha Rodoviária Federal;
- Verificação dos resultados de investimentos anteriores.

Conforme o DER (2006), a análise das informações reunidas pelo LVC tem o objetivo de determinar:

- Determinar o Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis (ICPF):
- Calcular o Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE)

- Calcular o Índice do Estado de Superfície do Pavimento (IES)

A diretriz define os passos necessários para realizar o Levantamento Visual Contínuo (LVC), conforme estabelecido na DNIT 008/2003 – PRO – (Levantamento visual contínuo para análise de superfícies de pavimentos flexíveis e semirrígidos Procedimento). O documento menciona que o veículo deve ser conduzido a uma velocidade média de até 40 km/h enquanto percorre a estrada em análise. Isso garante a documentação das falhas encontradas na superfície do pavimento.

3.5.1 ICPF – Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis e semirrígidos

De acordo com o DNIT 008/2003 – PRO (Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos Procedimento), ICPF é um número obtido a partir do levantamento de defeitos da superfície dos pavimentos, como panelas, trincas etc. e seu valor numérico varia de 0 (para uma péssima condição) a 5 (para uma excelente condição). É feito por meio do cálculo da média dos índices contidos no Formulário do Levantamento, avaliados por duas ou mais pessoas.

3.5.2 IGGE – Índice de Gravidade Global Expedito

No Brasil, o Índice de Gravidade Global (IGG) é bastante usado, o mesmo, que é um índice de defeitos associado e estipulado por um número que permite avaliar as condições de deterioração apenas de uma seção ou através de comparação relativa entre várias seções de uma malha de pavimentos (Yshiba, 2003)

3.5.3 IES – Índice do Estado da Superfície do pavimento

O IES, que possui valores entre 0 e 10, é avaliado com base no ICPF e no IGGE calculados, formando, assim, uma síntese destes dois Índices. Os valores do IES, junto ao Código e ao Conceito atribuídos ao estado da superfície dos pavimentos são determinados de acordo com valores tabelados.

3.6 Índice de Irregularidade Internacional (IRI)

O IRI é um índice que avalia a irregularidade longitudinal de pavimentos, criado em 1986. De acordo com os estudos de Sayers, Gillespie e Queiroz (1986) e Sayers e Karamihas (1998), o IRI foi desenvolvido para permitir a comparação entre diferentes medições de

irregularidade longitudinal, estabelecendo uma escala padrão que é independente do local de aplicação e dos equipamentos de medição empregados.

De acordo com DNIT (2006), há vários índices para classificar as condições de superfície do pavimento, porém, mais frequentemente, utiliza-se o Índice de Irregularidade Internacional. Reforçado por Brasil (2011), a irregularidade longitudinal representa o conjunto dos desvios da superfície de um pavimento em comparação a um plano de referência ideal do projeto geométrico, influenciando a dinâmica dos veículos, o impacto dinâmico das cargas, a qualidade do rolamento e a drenagem superficial da estrada. Barella (2008) complementa e explica essa definição que a irregularidade longitudinal de um pavimento compreende o conjunto de desvios indesejáveis de sua superfície, que atrapalha o rolamento ágil e suave dos veículos, gerando insegurança e aumentam os gastos para os usuários, além de acelerar a deterioração do pavimento.

Para calcular essa irregularidade, usa-se o índice de irregularidade internacional (IRI), um índice estático expresso em m/km, que mede a rugosidade de um pavimento. Existe um índice internacional para mensurar essa irregularidade, chamado IRI - *International Roughness Index* (Índice de Irregularidade Internacional), que segundo Bernucci *et al.* 2008, é um índice estático, que mede os desvios da superfície do pavimento em relação ao projeto.

3.6.1 Estudo da Irregularidade Longitudinal na gerência de pavimentos

Na gerência de pavimentos envolve tem-se muitas atividades envolvidas com o objetivo de proporcionar e manter pavimentos em um bom nível de serviço. Desta maneira, o propósito principal de um sistema de gerência de pavimentos é alcançar a melhor aplicação possível para os recursos públicos disponíveis e oferecer um transporte rodoviário seguro, compatível e econômico (BRASIL, 2011).

Segundo Albuquerque (2007), A compreensão da rede viária, realizada por meio da coleta de informações em campo e sua subsequente avaliação, representa o primeiro movimento a ser adotado por entidades rodoviárias com a finalidade de otimizar a administração do sistema de estradas.

Dentro desse cenário, a análise do IRI junto com a coleta de dados sobre falhas na superfície é a mais adequada para determinar o estado funcional da via, um aspecto crucial para a administração de um sistema rodoviário de qualidade. (BRASIL, 2011).

3.6.2 Impacto da irregularidade longitudinal sobre os gastos dos usuários e a manutenção

De acordo com Brasil (2006), A irregularidade longitudinal é a característica física mensurável que melhor se correlaciona com o custo operacional dos veículos. Mesquita (2001) ainda reforça que o COV (Custo Operacional dos Veículos) é uma variável com características muito específicas de cada região, sendo fortemente afetada por fatores das estradas locais, como a textura ou aspereza da superfície, a geometria tanto horizontal quanto vertical, a velocidade de operação, o clima e outros aspectos.

Observa-se variabilidade significativa na adoção de limites de aceitabilidade para irregularidades dos pavimentos entre diferentes países. A Tabela 1, a seguir, apresenta as faixas de classificação de irregularidade longitudinal, expressas em IRI (Índice de Rugosidade Internacional), em função da qualidade do rolamento proporcionado pelas vias, para vários países. FARIAS E SOUZA (2002).

Tabela 1 - Índice de irregularidade

EUA		BRASIL		ESPANHA		CHILE		URUGUAI		HONDURAS	
Muito bom	0,0 - 0,95	Excelente	1,0 - 1,9	Excelente	0,0 - 1,5	Excelente		Muito bom	0,0 - 3,2	Muito bom	
bom	0,95 - 1,5	bom	1,9 - 2,7	Bom	1,5 - 2,5	bom	0,0 - 3,0	bom	3,2 - 3,9	bom	0,0 - 3,0
Regular	1,5 - 2,7	Regular	2,7 - 3,5	Regular	2,5 - 4,0	Regular	3,0 - 4,0	Regular	3,9 - 4,6	Regular	3,5 - 6
Ruim	> 2,7	Ruim	3,5 - 4,6	Não desejável	> 4,0	Ruim	> 4,0	Ruim	> 4,6	Ruim	> 6, 0
		Péssimo	> 4,6								
Fonte: AASHTO (1999)		Fonte: Pinto e Preussler (2001)		Fonte: Rio (1977)		Fonte: Patiño e Anguas (1998b)					

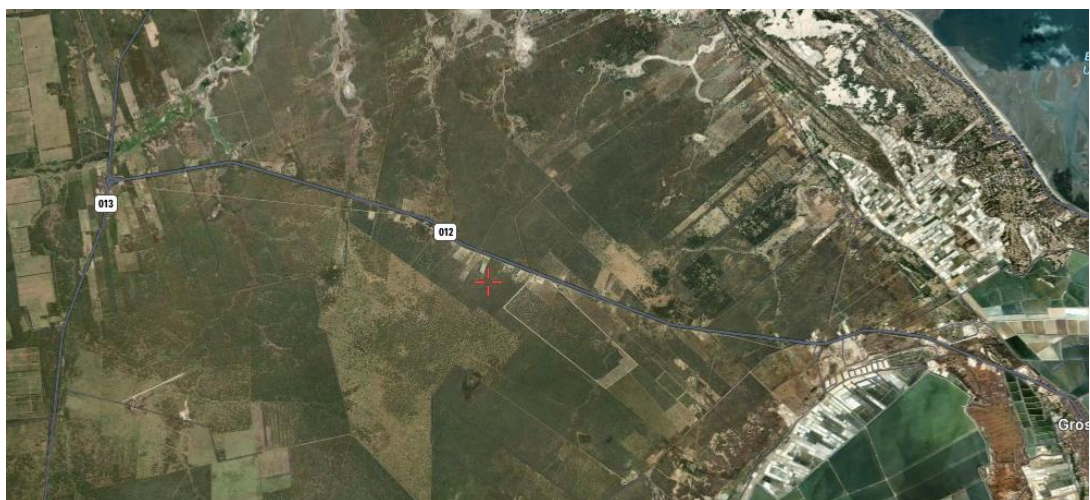
A irregularidade longitudinal da superfície do pavimento é vista como o indicativo de desempenho mais relevante dos pavimentos, pois influencia diretamente o conforto e a segurança dos usuários, além de estar relacionada com os custos operacionais dos veículos. De acordo com Paterson (1987), a irregularidade longitudinal influencia a dinâmica do movimento e, por consequência, a estabilidade e o controle dos veículos e o impacto das rodas sobre o pavimento. Lee (2007) ainda reforça que no início valores elevados de irregularidade levam a grandes custos de reabilitação e a uma menor vida útil da estrada.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Região de Estudo

- **Localização:** O presente estudo, foi realizado na Rodovia RN- 012 que liga os municípios de Tibau a Grossos no estado do Rio Grande do Norte em um trecho de 8,7 Km.
- **Características do tráfego:** Os tipos de veículos que trafegam por essa rodovia são na maioria veículos médios devido ao turismo local a veículos muito pesados por conta da indústria de sal e pesca que existe na região.
- **Condições climáticas:** Segundo CPRM - Serviço Geológico do Brasil, A região onde está inserida a via estudada possui um clima do tipo muito quente e semiárido, com estação chuvosa atrasando-se para o outono, período chuvoso de fevereiro a maio, temperatura média anual em torno de 27,3°C e umidade relativa média anual de 69%.
- **Histórico da rodovia:** De acordo com jornais locais, historicamente a rodovia nunca recebeu uma manutenção significativas, resultando-se nas condições precárias de tráfego. De dezembro de 2024 a janeiro de 2025 a rodovia recebeu uma operação de tapa – buracos. Os jornais ainda afirmam que sempre foi assim, apenas medidas paliativas. Ainda com a operação tapa buracos a rodovia apresenta condições muito ruins.

Figura 13 - Trecho estudado



Fonte: satellites.pro

Figura 14 - Trecho estudado



Fonte: Google Earth

Figura 15 - Trecho estudado



Fonte: Google Earth

4.2 Equipamento e materias utilizados na pesquisa

- Caderno de anotações.
- Câmera fotográfica de smartphone;
- Carro Hb20;
- Flanela;
- *Google Earth*
- *satellites.pro*
- Smathphone para análise do IRI
- Aplicativo *Roadbounce*
- Planilha de Excel
- Formulários e ferramentas com fita métrica

4.3 Planejamento Detalhado do Levantamento Visual Contínuo (LVC)

O Levantamento Visual Contínuo (LVC) é um processo de avaliação abstrata que gera informações de como se encontra a condição da superfície do pavimento por meio da análise de falhas presentes em um trecho específico. Esse procedimento é utilizado para registrar a frequência de defeitos encontrados e o estado de manutenção do pavimento analisado, visando descrever e medir a quantidade de imperfeições em uma rodovia específica (Dert, 2001).

A detecção de imperfeições no pavimento foi feita através de uma inspeção visual contínua, de acordo com os padrões da norma DNIT 005/2003 - TER (Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia). Os inspectores, que passaram por um treinamento apropriado, percorreram a estrada em um veículo em baixa velocidade, analisando a superfície da pista e reconhecendo os seguintes tipos de falhas: fissuras (longitudinais, transversais, em bloco), afundamentos, irregularidades, buracos, correções, desgaste, exsudação e escorregamentos. Para cada problema encontrado, informações como o tipo, a localização, as medidas (comprimento, largura, profundidade) e a gravidade serão anotadas, utilizando formulários padronizados e ferramentas como fita métrica, régua e câmera fotográfica.

A partir dos dados coletados pelo LVC foi realizado os cálculos dos índices ICPF, IGGE e o IES, cálculos esses que são de extrema importância para o estudo.

De acordo com o DNIT 008/2003 – PRO (Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos Procedimento), o cálculo do ICPF é feito por meio do cálculo da média dos índices contidos no Formulário do Levantamento, avaliados por duas ou mais pessoas. Esses resultados do ICPF são usados no Quadro apresentado abaixo, desta Norma, para cada trecho homogêneo selecionado.

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 "panelas" e remendos pouco freqüentes 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 – PROO

O cálculo do IGGE, é à analogia do método especificado na norma DNIT 006/2003-PRO é formado pela média dos dados incluso no Formulário do Levantamento. Levantados Também por 2 ou mais avaliadores, empregando a fórmula a seguir:

$$IGGE = (Pt \times Ft) + (Poap \times Foap) + (P_{pr} + F_{pr}) \quad (I)$$

Onde:

- Ft, Pt = Frequência e Peso do conjunto de trincas t;
- Foap, Poap = Frequência e Peso do conjunto de deformações;
- Fpr, Ppr = Frequência (quantidade por km) e Peso do conjunto de panelas e remendos.

Tabela 3 - Determinação do Índice de Gravidade

Panelas (P) e Remendos (R)		
FREQÜÊNCIA	Fator Fpr Quantidade/Km	GRAVIDADE
A - ALTA	≥ 5	3
M - MÉDIA	2 - 5	2
B - BAIXA	≤ 2	1
Demais defeitos (trincas, deformações)		
FREQÜÊNCIA	Fatores Ft e Foap (%)	GRAVIDADE
A - ALTA	≥ 50	3
M - MÉDIA	50 - 10	2
B - BAIXA	≤ 10	1

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO

Tabela 4 - Pesos para cálculo

GRAVIDADE	Pt	Poap	Ppr
3	0,65	1,00	1,00
2	0,45	0,70	0,80
1	0,30	0,60	0,70

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO

O IES, que possui valores entre 0 e 10, foi avaliado com base no ICPF e no IGGE calculados, formando, assim, uma síntese destes dois Índices. Os valores do IES, junto ao Código e ao Conceito atribuídos ao estado da superfície dos pavimentos são determinados de acordo com a Tabela 5 a seguir:

Tabela 5 - Índice do Estado da Superfície do pavimento

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		RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	PÉSSIMO
$IGGE > 90$	10		

Fonte: DNIT 008/2003 – PROO

4.4 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada no período de dezembro 2024 a janeiro de 2025, sendo esse processo dividido em duas etapas:

4.4.1 Levantamento visual contínuo (LVC).

A cada quilômetro do trecho, foram registrados os tipos e a severidade dos defeitos presentes no pavimento, como trincas, afundamentos, ondulações, buracos e remendos, seguindo a metodologia proposta pela norma DNIT 008/2003-PRO (Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos Procedimento).

4.4.2 Índice de Irregularidade Internacional (IRI)

Utilizando o aplicativo *RoadBounce Pro*, foram executadas medições do IRI a cada quilômetro do trecho, com o objetivo de avaliar a qualidade da superfície do pavimento em termos de conforto ao rolamento. As medições foram obtidas com um smartphone fixado no painel do veículo, seguindo às recomendações do fabricante do aplicativo.

O *RoadBounce Pro* é um aplicativo móvel que possibilita a avaliação de qualidade e de segurança das estradas usando apenas um smartphone. O mesmo usa os sensores do telefone, como o acelerômetro e o GPS, para colher dados em tempo real enquanto usuário dirige.

O funcionamento do aplicativo é feito a partir de uma coleta dados a partir das vibrações do veículo e a localização geográfica enquanto o usuário dirige. Após o *RoadBounce Pro* fazer

a extração dessas informações, usa esses dados para calcular o Índice de Irregularidade Internacional (IRI), que é uma medida da rugosidade do pavimento. O aplicativo ainda produz relatórios com os resultados do IRI, permitindo que você avalie a qualidade da estrada.

Sua finalidade alcança várias áreas, colaborando para a melhoria da infraestrutura viária e a segurança dos usuários.

Avaliação da qualidade das estradas:

O *RoadBounce Pro* permite uma rápida avaliação da rugosidade dos pavimentos, desprezando a necessidade de utilização de equipamentos mais caros. Através da obtenção de dados dos sensores do smartphone, o aplicativo calcula o Índice de Irregularidade Internacional (IRI), fornecendo informações precisas sobre as condições do pavimento.

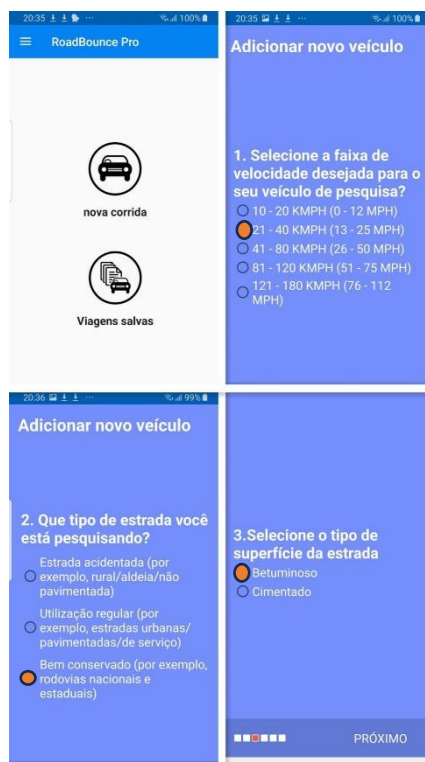
Monitoramento da segurança:

A rugosidade da estrada tem um impacto direto na segurança dos veículos. O aplicativo auxilia na identificação de trechos perigosos, permitindo que os órgãos responsáveis tomem medidas para mitigar os riscos de acidentes.

Gerenciamento de pavimentos:

Órgãos públicos e empresas privadas podem usar o *RoadBounce Pro* para monitorar a condição das estradas. Essa ferramenta viabiliza o planejamento mais eficiente da manutenção, otimizando os recursos e prolongando a vida útil do pavimento.

Figura 16 - Interface inicial do RoadBounce



Fonte : ROADBOUNCE (2025)

Figura 17 - Interface inicial do RoadBounce



Fonte : ROADBOUNCE (2025)

4.5 Análise de dados

Os dados coletados foram processados de maneira descritiva e comparativa. Nessa análise descritiva, no LVC, bem como os valores adquiridos através do IRI. Na análise comparativa, os resultados do LVC e do IRI foram comparados entre si e com os valores de referência estabelecidos pelas normas técnicas e por outros estudos de casos pesquisados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A norma que serviu de orientação para o estudo foi DNIT 008/2003 – PRO Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento (LVC), lá inclui todas as instruções essenciais para realizar o método. Foi também utilizado um aplicativo para celular chamado *RoadBounce* para verificar as irregularidades longitudinais.

5.1 Estudo da rodovia pelo método LVC

.Após a seleção do trecho da rodovia foi realizado um levantamento que contou com a presença de dois participantes, o motorista e o examinador, o motorista foi responsável por manter automóvel a uma velocidade aproximada de 40 km/h, e o examinador ficou com a tarefa de tirar fotos e analisa-las que serviram de parâmetro para a identificação seguido de classificação dos defeitos presentes no trecho escolhido.

Figura 18- Início do trecho



Fonte: Autoria própria, 2025

Foi possível encontrar na rodovia diversas irregularidades no pavimento que se distribuíam e repetiam ao longo do percurso analisado, a seguir os tipos de defeitos encontrados.

- Trinca.

Foram encontrados vários tipos de trincas como longitudinais e couro de jacaré

Figura 19 - Trincas Longitudinais e Couro de Jacaré



Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 20 - Trincas



Fonte: Autoria própria, 2025

- **Panela**

Apesar de ter tido uma operação de tapa buracos na rodovia ainda era possível detectar diversas panelas ao longo dela. Defeitos esses que prejudica bastante o trânsito desta região.

Figura 21 - panelas



Fonte: Autoria própria, 2025

- Remendo

Foi possível observar muitos remendos, de diversos tamanhos ao longo de todo trecho.

Figura 22 - Remendos



Fonte: Autoria própria, 2025

O estudo em campo permitiu identificar e classificar os principais defeitos do pavimento, como trincas, afundamentos e buracos, seguindo os critérios da norma 008/2003 - PRO (Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos Procedimento).

Os dados coletados foram organizados e tratados em planilhas Excel, onde foram calculados os índices IGGE com a ajuda da equação (I), ICPF e IES com o auxílio das tabelas 2 e 5. O IGGE. Os resultados tratados foram compilados na Tabela 7, que apresenta os valores de cada índice para cada segmento da rodovia, permitindo uma análise comparativa da condição do pavimento ao longo do trecho analisado.

$$IGGE = (Pt \times Ft) + (Poap \times Foap) + (P_{pr} + F_{pr})$$

Tabela 6 - Valores de ICPF, IGGE e IES

Distância	ICPF	IGGE	IES
1 km	1	40,7	5-RUÍM
2 km	2,5	26,55	3-REGULAR
3 km	2	30,5	3-REGULAR
4 km	2,5	52,35	5-RUÍM
5 km	1	42,1	8- PÉSSIMO
6 km	2	54,55	5-RUÍM
7 km	1,5	49,35	7- RUÍM
8 km	1,5	44,75	7- RUÍM
8,7 km	2	30,45	3- REGULAR
Média	1,8	41,3	RUÍM

Fonte: Autoria própria

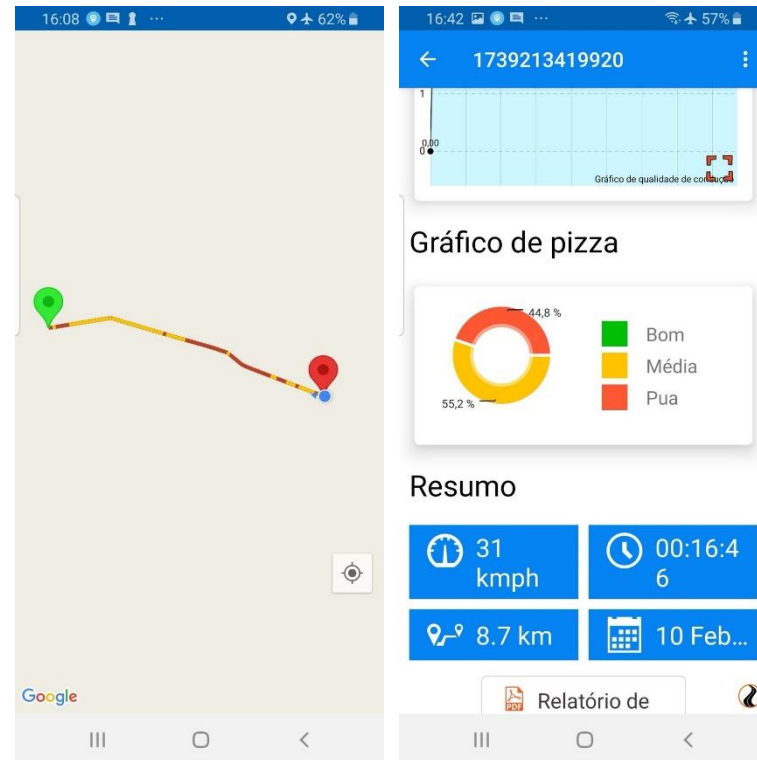
Ao analisar visualmente percebe-se que é um pavimento que foi construído a bastante tempo e não teve um gerenciamento de pavimento, onde o problema é em toda sua extensão. Durante os meses de dezembro de 2024 a 2025 foi executado um serviço paliativo, ou seja, remendos em operações de tapa buracos, onde mesmo assim, foi observado e identificado vários defeitos, tais quais trincas, fissuras, panelas, remendos (Muitos), afundamentos devidos as grandes cargas que passam entre outros.

5.2 Avaliação da rodovia pelo método IRI

Por fim, pós a realização do estudo do Índice de Regularidade Internacional (IRI) no trecho da rodovia RN-012 com o auxílio do aplicativo *RoadBounce Pro*, foi extraído o relatório

completo de como o veículo se comportava ao longo trecho de 8,7 km, com velocidade de 40 km/h. Resultado esse mostrado na figura 24 a seguir

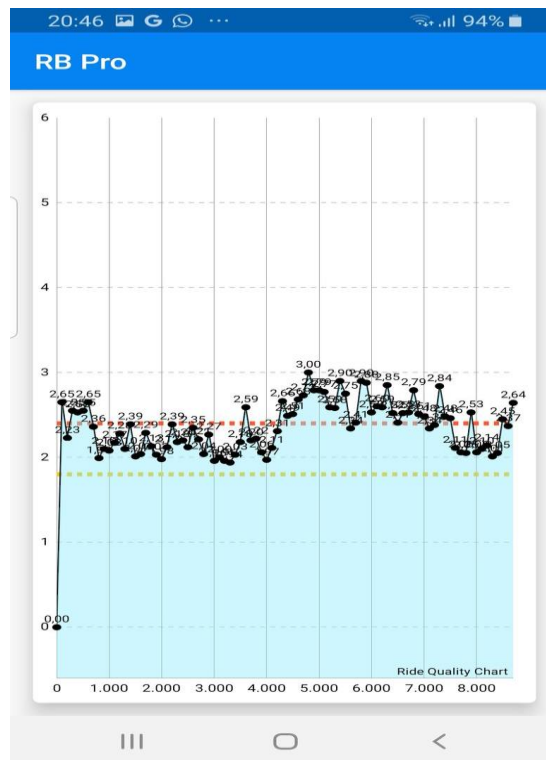
Figura 23 - Trecho e Resultado do trecho percorrido



Fonte : ROADBOUNCE (2025)

Depois de percorrer todo o trajeto, o aplicativo ainda calculou uma média final da qualidade do trecho, que na sua maior parte 55,17% foi média, isso indica que mais da metade do pavimento apresenta irregularidades moderadas. Essas irregularidades podem causar algum desconforto aos usuários e aumentar o desgaste dos veículos. 44,83% apresentou uma classificação ruim, ou seja, quase metade do trecho analisado do pavimento apresenta irregularidades relevantes). Essas irregularidades também podem causar desconforto e trazer riscos significativo aos usuários que trafegam por ali, aumentar o risco de acidentes e acelerar a deterioração do pavimento. Vale salientar que não teve nenhum resultado bom durante todo o trajeto percorrido como mostrado na tabela 7 de categorias para qualidade de pilotagem.

Figura 24 - Gráfico de linhas



Fonte : ROADBOUNCE (2025)

A média do IRI foi feito com auxílio do EXCEL após extração dos dados pelo aplicativo a cada 100 metros foi de 2,39.

Tabela 7 - Categorias para qualidade de pilotagem

Bom	Média	Pua
< 1.80	1.80 - 2.40	> 2.40
0.0%	55.17%	44.83%

5.3 Comparação entre os resultados obtidos com os dois métodos

Apesar do levantamento visual contínuo (LVC) classificar o pavimento como em estado ruim (41,3), o índice de irregularidade internacional (IRI) aponta para um nível moderado de irregularidade (2,39, considerado entre regular e bom no Brasil, conforme a tabela 1). Isso indica que, embora existam problemas visíveis e desconforto para os usuários (identificados pelo método LVC), a irregularidade medida pelo IRI não é alta o suficiente para classificar o pavimento como de qualidade ruim, de acordo com as normas brasileiras.

A discrepância nos resultados pode indicar que, embora os usuários que trafegam ali percebam um pavimento em mal estado devido a falhas visuais ou por afetar o conforto imediato, a média de rugosidade (IRI) pode ser considerada ainda dentro de um padrão aceitável de acordo com a norma brasileira.

Essa divergência entre os resultados do LVC e do IRI indica que os dois métodos estão avaliando características distintas dos pavimentos

O LVC está detectando os defeitos visíveis, enquanto o IRI está medindo a rugosidade e irregularidades no rolamento da superfície do pavimento.

Isso pode auxiliar na demonstração de que a condição do pavimento, dependendo do parâmetro utilizado (Percepção visual do levantamento visual contínuo em comparação com o IRI), pode ser compreendida de maneiras distintas.

Pode-se propor que, com base nas conclusões de ambos os métodos, seria vantajoso desenvolver um plano de manutenção para resolver tanto as falhas visuais quanto para aprimorar a qualidade da superfície, assegurando maior conforto para os usuários a longo prazo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo comparativo realizado entre os resultados obtidos do Levantamento Visual Contínuo (LVC) e do Índice de Regularidade Internacional (IRI) no trecho da rodovia RN-012 mostrou uma divergência na verificação da condição do pavimento.

No LVC, foi obtido um o Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis (ICPF) médio de 1,8 e o Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) médio de 41,3 indicando assim, uma condição geral "RUIM" para todo o trecho analisado. Esses valores trazem a presença relevante de defeitos no pavimento como trincas, afundamentos e buracos, validando a classificação de "RUIM" pelo Índice do Estado de Superfície (IES).

E de acordo com *RoadBounce*, a análise do IRI constatou que 55,17% do trecho mostrou valores de IRI na faixa de 1,8 a 2,40 m/km, considerada "média", enquanto 44,83% do trecho ultrapassou 2,40 m/km, classificados como "RUIM". A média geral do IRI, foi de 2,39 e de acordo com os parâmetros do Brasil, esse resultado indica um pavimento de regular para bom. Contraditório com o estado real do pavimento.

Portanto, a análise conjunta dos dois índices proporciona uma visão mais completa das condições do pavimento, ressaltando a importância de se utilizar múltiplos métodos para uma avaliação precisa e detalhada. Para o caso da RN-012, os resultados indicam que, apesar de a superfície do pavimento apresentar condições visivelmente deterioradas, com necessidade de manutenção, a rugosidade geral ainda não compromete totalmente a qualidade da viagem, sugerindo a necessidade de intervenções tanto para melhorar a aparência quanto para garantir maior conforto e segurança aos usuários.

Entretanto, crucial destacar que o método LVC é influenciado por percepções pessoais e pode estar sujeito a imprecisões devido à intervenção humana durante a coleta de dados. Além disso, o resultado do IRI também depende de que todos os equipamentos utilizados estejam em bom estado, caso contrário pode vir a interferir no resultado.

Com isso, reforça-se a ideia de quão importante é um ter um Sistema de Gerência de Pavimentos, pois, o mesmo ajuda a prevenir e evitar que o pavimento chegue a esse estado emergencial de serventia, precisando de uma intervenção imediata, alocando grandes recursos, que podem não estar disponíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bernucci, L. B., Motta, L. M. G., Ceratti, J. A. P., & Soares, J. B. (2008). *Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros* (4ª reimpressão). Rio de Janeiro: Petrobras, ABEDA. Recuperado de <https://wbl-nkn.com.br/assets/biblioteca/pavi-asfaltica/cap7.pdf> > (Acesso em: 10/03/2025).

CERATTI, J. A. P.; LOPES, S. R. C. Sistema de gerência de pavimento para departamentos de estradas do nordeste brasileiro. **Lume UFRGS**, Porto Alegre, 1999. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/17735>. (Acesso em: 11/03/2025).

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Gerência de Pavimentos 2011**. Brasília, DF: DNIT, 2011. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamentoepesquisa/ipr/coletaneademanuais/vigentes/745_manual_de_gerencia_de_pavimentos.pdf. (Acesso em: 11/03/2025).

DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). Norma DNIT 008/2003: Manual de Pavimentação.

Lima, C. F. (2019). *Efeitos climáticos sobre a deterioração de pavimentos flexíveis*. Revista de Engenharia Civil, 30(2), 78-89.

Sayers, M. W. e S. M. Karamihas (1998) The Little Book of Pro4iling: Basic Information about Measuring an Interpreting Road Pro4iles. University of Michigan.

MESQUITA, José Carlos Lobato. Pavimento rígido como alternativa econômica para pavimentação rodoviária. Florianópolis, UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2001. XV, 135 p. Dissertação: Mestrado em Engenharia Civil (Construção Civil). 2001

Paterson, W. D. O. (1987) Road Deterioration and Maintenance Effects: Models for Planning and Management. Published for the Word Bank, Washington, D.

ROBBINS, M. M.; TRAN, N. *Literature Review: The Impact of Pavement Roughness on*

Vehicle Operating Costs. Auburn, AL: National Center for Asphalt Technology (NCAT), 2015. Disponível em: <https://www.eng.auburn.edu/research/centers/ncat/files/technical-reports/rep15-02.pdf> (Acesso em: 12/03/2025).

Sayers, M. W.; T. Gillespie e C. Queiroz (1986) *The International Road Roughness Experiment: A Basis for Establishing a Standard Scale for Road Roughness Measurements*. Transportation Research Record 1084, Washington, D.C. pp. 76-85. Disponível em: PDF > (Acesso em: 18/03/2025).

Souza, J. A., Oliveira, P. R., & Silva, M. L. (2021). *Impactos do tráfego pesado na durabilidade dos pavimentos flexíveis*. Engenharia de Transportes, 45(3), 123-135.

LOPES, R. S.; SOUZA, R. M. de. Gestão de ativos rodoviários: uma análise da aplicação de indicadores de desempenho. Revista de Transportes e Trânsito, v. 2, n. 2, p. 1-16, 2014.

Silva, A. P., Costa, J. M., & Ribeiro, F. T. (2020). *Gestão e manutenção de pavimentos urbanos: Métodos de avaliação e monitoramento*. Revista Brasileira de Engenharia de Transportes, 12(4), 150-163.

Costa, M. R., & Souza, L. P. (2018). *Tecnologias aplicadas à manutenção de pavimentos: Inovações e desafios*. Engenharia de Infraestruturas, 22(2), 45-58.

Shiba, J. K. (2003) *Modelos de previsão de desempenho: estudos de rodovias do estado do Paraná*. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo

ANEXOS

Início: R. Dehon Caenga, Tibau - RN, 59678-000, Brasil

Fim: R. Deon Caenga, Grossos - RN, 59675-000, Brasil

Tabela 8 - Relatório de viagem

Relatório de qualidade de pilotagem					
#	metros	Velocidade (kmph)	Precisão do GPS	Lat.,Long. (De para)	IRI(m/km)
1	0 - 100	20	100%	(-4.942749, -37.3052378), (-4.9425782, -37.3042322)	2.65
2	100 - 200	30	100%	(-4.9425782, -37.3042322), (-4.9424241, -37.3032966)	2.23
3	200 - 300	31	100%	(-4.9424241, -37.3032966), (-4.9422727, -37.3024414)	2.55
4	300 - 400	31	100%	(-4.9422727, -37.3024414), (-4.9421184, -37.3014861)	2.53
5	400 - 500	32	100%	(-4.9421184, -37.3014861), (-4.9419711, -37.3006026)	2.55
6	500 - 600	32	100%	(-4.9419711, -37.3006026), (-4.9418319, -37.2997473)	2.65
7	600 - 700	29	100%	(-4.9418319, -37.2997473), (-4.9416953, -37.2988746)	2.36
8	700 - 800	31	100%	(-4.9416953, -37.2988746), (-4.9415397, -37.2979203)	1.99
9	800 - 900	32	100%	(-4.9415397, -37.2979203), (-4.9413898, -37.297053)	2.10
10	900 - 1000	31	100%	(-4.9413898, -37.297053), (-4.9412506, -37.29619)	2.08
11	1000 - 1100	32	100%	(-4.9412506, -37.29619), (-4.9411096, -37.2953161)	2.17
12	1100 - 1200	31	100%	(-4.9411096, -37.2953161), (-4.9409641, -37.2943927)	2.28
13	1200 - 1300	31	100%	(-4.9409641, -37.2943927), (-4.9408288, -37.2935474)	2.10
14	1300 - 1400	32	100%	(-4.9408288, -37.2935474), (-4.9406861, -37.2926298)	2.39
15	1400 - 1500	34	100%	(-4.9406861, -37.2926298), (-4.9405341, -37.2917001)	2.01
16	1500 - 1600	30	100%	(-4.9405341, -37.2917001), (-4.9403963, -37.2908758)	2.04
17	1600 - 1700	31	100%	(-4.9403963, -37.2908758), (-4.9402435, -37.2899501)	2.29
18	1700 - 1800	30	100%	(-4.9402435, -37.2899501), (-4.9401078, -37.2890509)	2.13

19	1800 - 1900	31	100%	(-4.9401078, -37.2890509), (-4.940112, -37.2881659)	2.03
20	1900 - 2000	33	100%	(-4.940112, -37.2881659), (-4.9403565, -37.2872713)	1.98
21	2000 - 2100	31	100%	(-4.9403565, -37.2872713), (-4.9406251, -37.2863897)	2.12
22 Generated	2100 - 2200 by RoadBounce - www.roadbounce.com	28 adbounce.com	100%	(-4.9406251, -37.2863897), (-4.9408755, -37.2855752)	2.39 Page 1

Relatório de qualidade de pilotagem					
#	metros	Velocidade (kmph)	Precisão do GPS	Lat.,Long. (De para)	IRI(m/km)
23	2200 - 2300	31	100%	(-4.9408755, -37.2855752), (-4.94114, -37.2846804)	2.18
24	2300 - 2400	30	100%	(-4.94114, -37.2846804), (-4.941395, -37.283816)	2.20
25	2400 - 2500	30	100%	(-4.941395, -37.283816), (-4.9416493, -37.2829446)	2.12
26	2500 - 2600	31	100%	(-4.9416493, -37.2829446), (-4.9418983, -37.2821176)	2.35
27	2600 - 2700	32	100%	(-4.9418983, -37.2821176), (-4.9421528, -37.281258)	2.21
28	2700 - 2800	32	100%	(-4.9421528, -37.281258), (-4.9424179, -37.2804012)	2.04
29	2800 - 2900	31	100%	(-4.9424179, -37.2804012), (-4.9426834, -37.2794927)	2.27
30	2900 - 3000	32	100%	(-4.9426834, -37.2794927), (-4.9429181, -37.2787068)	1.96
31	3000 - 3100	31	100%	(-4.9429181, -37.2787068), (-4.9431858, -37.2777964)	2.00
32	3100 - 3200	33	100%	(-4.9431858, -37.2777964), (-4.9434456, -37.2769189)	1.96
33	3200 - 3300	32	100%	(-4.9434456, -37.2769189), (-4.9436972, -37.2760642)	1.94
34	3300 - 3400	32	100%	(-4.9436972, -37.2760642), (-4.9439496, -37.2752161)	2.03
35	3400 - 3500	31	100%	(-4.9439496, -37.2752161), (-4.9442091, -37.2743236)	2.18
36	3500 - 3600	31	100%	(-4.9442091, -37.2743236), (-4.9444434, -37.2734934)	2.59
37	3600 - 3700	32	100%	(-4.9444434, -37.2734934), (-4.9446793, -37.2726186)	2.20
38	3700 - 3800	34	100%	(-4.9446793, -37.2726186), (-4.9449571, -37.2717132)	2.22
39	3800 - 3900	34	100%	(-4.9449571, -37.2717132), (-	2.06

				4.9451879, -37.2709013)	
40	3900 - 4000	32	100%	(-4.9451879, -37.2709013), (-4.945429, -37.2700486)	1.97
41	4000 - 4100	30	100%	(-4.945429, -37.2700486), (-4.9456941, -37.2691113)	2.11
42	4100 - 4200	30	100%	(-4.9456941, -37.2691113), (-4.9459302, -37.2682946)	2.31
43	4200 - 4300	29	100%	(-4.9459302, -37.2682946), (-4.9461732, -37.2674387)	2.66
44	4300 - 4400	30	100%	(-4.9461732, -37.2674387), (-4.9464229, -37.2665571)	2.49
45	4400 - 4500	30	100%	(-4.9464229, -37.2665571), (-4.9466726, -37.2656876)	2.51
46	4500 - 4600	29	100%	(-4.9466726, -37.2656876), (-4.9469214, -37.264845)	2.68

Relatório de qualidade de pilotagem					
#	metros	Velocidade de (kmph)	Precisão do GPS	Lat.,Long. (De para)	IRI(m/km)
47	4600 - 4700	29	100%	(-4.9469214, -37.264845), (-4.9471743, -37.2639339)	2.73
48	4700 - 4800	30	100%	(-4.9471743, -37.2639339), (-4.9474033, -37.2631147)	3.00
49	4800 - 4900	31	100%	(-4.9474033, -37.2631147), (-4.9476745, -37.2621954)	2.79
50	4900 - 5000	31	100%	(-4.9476745, -37.2621954), (-4.9479243, -37.2613541)	2.79
51	5000 - 5100	32	100%	(-4.9479243, -37.2613541), (-4.9481808, -37.2604931)	2.77
52	5100 - 5200	34	100%	(-4.9481808, -37.2604931), (-4.9484503, -37.2596709)	2.59
53	5200 - 5300	33	100%	(-4.9484503, -37.2596709), (-4.9487446, -37.2588117)	2.58
54	5300 - 5400	34	100%	(-4.9487446, -37.2588117), (-4.9490357, -37.2579265)	2.90
55	5400 - 5500	32	100%	(-4.9490357, -37.2579265), (-4.9493803, -37.2571041)	2.75
56	5500 - 5600	33	100%	(-4.9493803, -37.2571041), (-4.9498911, -37.2563018)	2.34
57	5600 - 5700	32	100%	(-4.9498911, -37.2563018), (-4.9504326, -37.2556252)	2.41
58	5700 - 5800	30	100%	(-4.9504326, -37.2556252), (-4.9509769, -37.2549773)	2.90
59	5800 - 5900	32	100%	(-4.9509769, -37.2549773), (-4.9515594, -37.2542751)	2.88
60	5900 - 6000	32	100%	(-4.9515594, -37.2542751), (-4.9521241, -37.2535847)	2.53

61	6000 - 6100	28	100%	(-4.9521241, -37.2535847), (-4.9526636, -37.2528606)	2.60
62	6100 - 6200	30	100%	(-4.9526636, -37.2528606), (-4.9530749, -37.2520428)	2.59
63	6200 - 6300	29	100%	(-4.9530749, -37.2520428), (-4.9533874, -37.2512382)	2.85
64	6300 - 6400	29	100%	(-4.9533874, -37.2512382), (-4.953729, -37.2503961)	2.52
65	6400 - 6500	29	100%	(-4.953729, -37.2503961), (-4.9540735, -37.2495015)	2.41
66	6500 - 6600	31	100%	(-4.9540735, -37.2495015), (-4.9543875, -37.2486846)	2.52
67	6600 - 6700	31	100%	(-4.9543875, -37.2486846), (-4.9547222, -37.247811)	2.53
68	6700 - 6800	31	100%	(-4.9547222, -37.247811), (-4.9550294, -37.2469972)	2.79
69	6800 - 6900	31	100%	(-4.9550294, -37.2469972), (-4.9553424, -37.2461751)	2.51
70	6900 - 7000	31	100%	(-4.9553424, -37.2461751), (-4.9556805, -37.2452996)	2.48

Relatório de qualidade de pilotagem					
#	metros	Velocidade (kmph)	Precisão do GPS	Lat.,Long. (De para)	IRI(m/km)
71	7000 - 7100	31	100%	(-4.9556805, -37.2452996), (-4.9559824, -37.2445015)	2.34
72	7100 - 7200	30	100%	(-4.9559824, -37.2445015), (-4.9563036, -37.2436399)	2.38
73	7200 - 7300	31	100%	(-4.9563036, -37.2436399), (-4.9566444, -37.2427485)	2.84
74	7300 - 7400	32	100%	(-4.9566444, -37.2427485), (-4.956965, -37.2419135)	2.48
75	7400 - 7500	32	100%	(-4.956965, -37.2419135), (-4.9572855, -37.2410733)	2.46
76	7500 - 7600	34	100%	(-4.9572855, -37.2410733), (-4.9576003, -37.2402524)	2.11
77	7600 - 7700	31	100%	(-4.9576003, -37.2402524), (-4.957909, -37.2394417)	2.06
78	7700 - 7800	32	100%	(-4.957909, -37.2394417), (-4.9582573, -37.2385327)	2.05
79	7800 - 7900	29	100%	(-4.9582573, -37.2385327), (-4.9585695, -37.2377179)	2.53
80	7900 - 8000	31	100%	(-4.9585695, -37.2377179), (-4.9588797, -37.2368986)	2.06
81	8000 - 8100	33	100%	(-4.9588797, -37.2368986), (-4.9592109, -37.2360196)	2.10

82	8100 - 8200	33	100%	(-4.9592109, -37.2360196), (-4.9595281, -37.2351615)	2.14
83	8200 - 8300	34	100%	(-4.9595281, -37.2351615), (-4.9598528, -37.2343526)	2.01
84	8300 - 8400	34	100%	(-4.9598528, -37.2343526), (-4.9601853, -37.2334668)	2.05
85	8400 - 8500	31	100%	(-4.9601853, -37.2334668), (-4.9604883, -37.2326514)	2.45
86	8500 - 8600	30	100%	(-4.9604883, -37.2326514), (-4.9607954, -37.2318646)	2.37
87	8600 - 8700	28	100%	(-4.9607954, -37.2318646), (-4.9611321, -37.2310024)	2.64