

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Marcelo Silva Santos Segundo

Proposta de intervenção em pavimento para AL - 135 na cidade de Maravilha-AL

Maceió
2023

MARCELO SILVA SANTOS SEGUNDO

Proposta de intervenção em pavimento para AL - 135 na cidade de Maravilha-AL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao colegiado do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof^ª. MSc. Aline Calheiros Espíndola

Maceió

2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S456p Segundo, Marcelo Silva Santos.
Proposta de intervenção em pavimento para AL - 135 na cidade de
Maravilha-AL / Marcelo Silva Santos Segundo. - 2023.
82 f. : il.

Orientadora: Aline Calheiros Espíndola.
Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) –
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 62-64.
Anexos: f. 65-82.

1. Pavimentos flexíveis - Avaliação. 2. Pavimentos flexíveis - Defeitos. 3.
Pavimentos flexíveis - Manutenção. 4. Pavimentos flexíveis - Restauração. I.
Título.

CDU: 693.7

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos que foram responsáveis por tornar toda a minha formação pessoal e profissional possível, agradeço aos meus pais. Por todas as palavras de apoio e incentivo, por serem minha base e ponto de retorno de forma estável e amorosa. A minha mãe, Monacleide, por ser voz da razão, norte da minha vida e meu lugar seguro. Ao meu pai Marcelo, por me ensinar a ser amoroso e aproveitar um pouco mais o que podemos viver. Aos meus avós Manoel (Neca) e Josefa (Zefinha), por tanto amor, carinho e cuidado. Às minhas Tias Jacielly e Geine pelo companheirismo de uma vida inteira e por celebrar tanto cada pequena conquista da minha jornada. À minha irmã Lisandra e ao meu afilhado Manoel, por serem ponto de esperança e me darem oportunidade de tentar deixar algum tipo de inspiração/legado enquanto escrevo minha jornada.

Agradeço aos meus amigos, não existiria jornada com algum significado se não fosse a existência de vocês. Aos amigos que tiveram participação direta no desenvolvimento do trabalho, a Wislayne por toda ajuda com Qgis, ao Arthur e ao Thomaz pela ajuda e companheirismo no levantamento de dados, à Alícia Caroline por todas as dicas e companheirismo no processo de escrita e finalização de curso. Aos amigos que me ensinaram o significado de sentir alegria e felicidade real com a vitória e jornada de outras pessoas, os meus primeiros amigos da fase adulta João Rosa e Nívea, obrigado por todos os bons momentos, as boas risadas e as boas fofocas. Ao grupo que foi minha rede de apoio fora do curso de engenharia, agradeço por todo acolhimento e carinho ao Emanuel, Pedro, Gabrielly, Lívia, Yrla, Alícia Soares, Guilherme e Neto. Aos amigos que entraram comigo na faculdade e fizeram valer não só a formação acadêmica/profissional mas a vivência universitária Matheus, Letícia, Paulo, João Albuquerque, Mayara, Renata, Egleidson e Ágda.

Agradeço a Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e ao Centro de Tecnologia (CTEC), por todas as oportunidades de desenvolvimento pessoal e por dispor de programas de excelência para complementação na formação que vai muito além da acadêmica. Agradeço especialmente ao Programa de Educação Tutorial – PET Engenharia Civil, o PET Civil é um capítulo especial na história da instituição e foi um capítulo especial na minha vida, agradeço ao programa por ser um berço de potencialização e por me permitir aprender e me inspirar com pessoas tão incríveis como os egressos Christian, Diana, Fernanda, Mateus, Gabriela, Rayanne, Yanna, Gabriel e Bruno.

Agradeço a todo o corpo docente do curso, por todo o empenho e dedicação. Em especial, agradeço as professoras que foram minhas orientadoras no PET. À professora Karoline, não apenas pela orientação em 2 anos de PET, mas por me acolher, aconselhar, instruir e cuidar durante minha graduação quase toda. À professora Adriana por assumir a árdua missão de orientar o PET Engenharia Civil pelos próximos anos e se dispor a entender as nuances e dinâmicas do programa.

Agradeço a minha banca avaliadora o professora Alexandre Lima e a Ana Kassia. Por todas as contribuições no trabalho, todos os apontamentos para melhoria e participação nesse processo tão importante de amadurecimento profissional.

Em especial, agradeço à orientadora deste trabalho, professora Aline Espíndola. Não esperava encontrar uma docente tão humana em um estágio tão avançado do curso. Não seria possível desenvolver esse trabalho sem a senhora, obrigado pela paciência, cuidado nas correções e por toda autenticidade em todo o processo. No final o TCC, que poderia ser traumatizante, foi uma experiência divertida e prazerosa e eu atribuo parte disso a senhora.

Enfim agradeço a todos que não citei mas contribuíram direta ou indiretamente na minha formação.

RESUMO

Segundo, M. S. S. **Proposta de restauração de pavimento para via de acesso da BR 316 à cidade de Maravilha-AL.** Plano do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil. Maceió, 2023.

Pavimentos flexíveis/semirrígidos apresentam um ciclo de vida útil de 10 anos, apresentando defeitos em sua superfície com o passar do tempo/tráfego, havendo uma necessidade de intervenção para renovação deste. Além de comprometer o conforto dos usuários, defeitos na superfície de rolamento são responsáveis por elevar o custo operacional dos veículos e contribuir para aumento de acidentes no trajeto. Assim, propostas de intervenções e restaurações são essenciais para manutenção da segurança e conforto viário. Portanto, este trabalho trata-se de um estudo de caso que tem como objetivo, analisar as condições gerais do pavimento, diagnosticar possíveis causas dos defeitos e propor soluções de restauração para o pavimento da AL – 135 no trecho que conecta a cidade de Maravilha à BR-316. Neste trabalho será seguido as normas e procedimentos de avaliação e catálogo de soluções Brasileiro definidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) que, para análise da qualidade de um pavimento, utiliza métodos como Índice de Gravidade Global (IGG), Levantamento Visual Contínuo (LVC), Irregularidade Longitudinal (IRI). As metodologias adotadas no estudo demonstraram ter sido eficazes na avaliação e identificação de defeitos no pavimento. Entretanto, é importante ressaltar que, apesar desses avanços, a pesquisa destacou a necessidade da realização de avaliações estruturais para uma maior precisão nas soluções e estratégias de reabilitação. É importante mencionar que um valor de número N aproximado foi utilizado para o dimensionamento, sendo assim, é fundamental realizar estudo de tráfego e um estudo geotécnico para a adaptação às condições reais.

Palavra-Chave: Pavimentos flexíveis, Avaliação, Defeitos, Manutenção e Restauração.

ABSTRACT

Flexible/semi-rigid pavements have a lifespan of 10 years, exhibiting surface defects over time/traffic, necessitating intervention for renewal. In addition to compromising user comfort, defects in the road surface contribute to increased vehicle operational costs and contribute to an increase in accidents along the route. Thus, proposals for interventions and restorations are essential for road safety and comfort maintenance. Therefore, this work is a case study aimed at analyzing the general conditions of the pavement, diagnosing possible causes of defects, and proposing restoration solutions for the AL-135 pavement segment that connects the city of Maravilha to BR-316. This work will follow the Brazilian evaluation standards and solutions catalog defined by the National Department of Infrastructure and Transportation (DNIT), which, for pavement quality analysis, employs methods such as the Global Severity Index (IGG), Continuous Visual Survey (LVC), and Longitudinal Irregularity (IRI). The methodologies adopted in the study have proven to be effective in evaluating and identifying defects in the pavement. However, it is important to note that, despite these advancements, the research emphasized the need for structural assessments for greater precision in solutions and rehabilitation strategies. It is important to mention that an approximate numerical value N was used for dimensioning; therefore, it is essential to conduct a traffic study and geotechnical analysis for adaptation to real conditions.

Keyword: Flexible Pavements, Evaluation, Defects, Maintenance, and Restoration.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 01: Esquema representativo das tensões, deformações e deslocamentos em um pavimento asfáltico.
- Figura 02: Corte transversal de um pavimento flexível/semirrígido.
- Figura 03: Classificação das vias e parâmetro de tráfego.
- Figura 04: Espessuras mínimas de revestimento associadas ao número N de projeto.
- Figura 05: Coeficientes de equivalência estrutural.
- Figura 06: Dimensionamento do pavimento.
- Figura 07: Gráfico de ilustrando quedas do nível de serventia ao longo do tempo(tráfego).
- Figura 08: Mosaico de avaliações de pavimentação. 1 - Avaliação não-destrutiva, 2 - Avaliação destrutiva; 3 - Avaliação semidestrutiva.
- Figura 09: Equipamentos medidores de IRI.
- Figura 10: Relação de pesos atribuídos de acordo com o grau de gravidade.
- Figura 11: Fluxograma para cálculo do IGG.
- Figura 12: Defeitos diversos do pavimento. 1 – Trinca isolada; 2 – Trinca couro de jacaré; 3 – Trinca tipo bloco; 4 – Afundamento; 5 – Ondulação 6 – Escorregamento; 7 – Exsudação; 8 – Desgaste; 9 - Panela.
- Figura 13: Mapa de localização da rodovia AL-135.
- Figura 14: Via de análise dividida em trechos.
- Figura 15: Imagens do trecho de interesse na AL-135. 1 – Trecho 4; 2 – Trecho 1; 3 – Trecho 5; 4- Trecho 3.
- Figura 16: Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos.
- Figura 17: Interface do aplicativo para smartphones *SmartIRI*.
- Figura 18: Resultado do arquivo de medição do *SmartIRI*.
- Figura 19: Fragmento do Trecho 01 sem revestimento.
- Figura 20: Inventário de defeitos da superfície por trecho. Onde: F: Fissuras; TTC: Trincas Transversais Curtas; TTL: Trincas Transversais Longas; TLC: Trincas Longitudinais Curtas; TLL: Trincas Longitudinais Longas; TRR: Trincas isoladas; J: Trinca Couro de Jacaré; TB: Trinca em bloco; JE: Trinca Couro de Jacaré com Erosão; TBE: Trinca em Bloco com Erosão;

ALP: Afundamento Plástico Local; ATP: Afundamento Plástico de Trilha; ALC: Afundamento de Consolidação Local; ATC: Afundamento de Consolidação de Trilha; O: Ondulações; P: Panelas; E: Erosão; EX: Esxudação; D: Desgaste; R: Remendo.

Figura 21: Fragmento de trecho classificado como “bom” pelo *SmartIRI*.

Figura 22: Mapas com classificação por conceito.

Figura 23: Árvore de decisão para definição de solução por trecho.

Figura 24: Dimensionamento realizado para nova estrutura de pavimento.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBR	<i>California Bearing Ratio</i>
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DER	Departamento de Estradas e Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FWD	<i>Falling Weight Deflectometer</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICPF	Índice de Condição de Pavimento Flexíveis
IES	Índice de Estado da Superfície
IGG	Índice de Gravidade Global
IGGE	Índice de Gravidade Global Expedido
IP	Instrução de projeto
IRI	Índice de Irregularidade
LCV	Levantamento Visual Contínuo
SETRAND	Secretaria de Estado de Transporte e Desenvolvimento
SGP	Sistema de Gerência de Pavimentos
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
VMD	Volume Médio Diário

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	15
1.1.1.	Objetivo geral.....	15
1.1.2.	Objetivos específicos	15
1.2	Justificativa.....	15
1.3	Delimitação do trabalho	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Pavimento	16
2.2	Classificação dos pavimentos.....	17
2.3	Camadas de um pavimento flexível/semirrígido.....	18
2.4	Método de Dimensionamento de pavimentos do DNER	19
2.5	Avaliação de Desempenho	24
2.6	Avaliação estrutural	25
2.7	Avaliação funcional.....	27
2.8	Defeitos de superfície.....	36
2.8.1	Fendas	37
2.8.2	Trincas interligadas	38
2.8.3	Afundamento.....	38
2.8.4	Ondulação ou Corrugação.....	38
2.8.5	Escorregamento.....	38
2.8.6	Exsudação	38
2.8.7	Desgaste	38
2.8.8	Panela ou buraco	39
2.8.9	Remendo	39
2.9	Contrato de Restauração e Manutenção (CREMA)	40
3	METODOLOGIA	41
3.1	Estudo de caso	41
3.2	Métodos de avaliação	43
3.3	Índice de Gravidade Global (IGG).....	43

3.4	Levantamento Visual Contínuo (LVC).....	44
3.5	IRI.....	44
3.6	Dados de entrada para dimensionamento do pavimento	46
3.6.1	Estudo de tráfego e número N.....	46
3.6.2	Dados de CBR do subleito.....	47
4	Resultados e discussão.....	47
4.1	Levantamento Visual Contínuo (LVC).....	47
4.2	Índice de Gravidade Global (IGG).....	50
4.3	Índice de Irregularidade da Superfície (IRI)	52
4.4	Comparativo de defeitos característicos.....	54
4.5	Segmento crítico.....	55
4.6	Sugestão de soluções por trecho.....	56
4.7	Dimensionamento do pavimento.....	58
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
6	REFERÊNCIAS.....	61
7	ANEXOS	64

1 INTRODUÇÃO

O setor de transporte possui um papel fundamental na sociedade e no desenvolvimento econômico de um país. No Brasil, segundo relatório da Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2022), 64,9% da matriz de transporte de cargas depende do modo rodoviário, responsável também por 95,0% do transporte de passageiros, evidenciando sua importância econômica e social. Segundo Fonseca (2013) o investimento regular em recuperação, que garanta a trafegabilidade com segurança, se reflete diretamente na economia nacional por diminuir os gastos e custos operacionais no transporte de cargas/passageiros. De acordo com a CNT (2022) “A qualidade das rodovias é fundamental para definição do nível de produtividade nacional” dado que, além de ser o modal de transporte mais utilizado do país, é o modal que promove a integração entre mercados, é atribuído aos custos operacionais os custos financeiros adicionais para o sistema de saúde, devido ao aumento do número de acidentes. Assim, a qualidade das rodovias imprime um papel fundamental e impacto positivo direto na economia do país e depende fundamentalmente de um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) bem aplicado para sua manutenção.

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT, 2011), o objetivo principal de SGP é alcançar a melhor aplicação possível para os recursos públicos disponíveis e oferecer um transporte rodoviário seguro, compatível e econômico.

Em relação a qualidade do pavimento no Brasil de acordo com a CNT (2022) 44,5% de suas rodovias se enquadram nas categorias bom e ótimo, e 65,5% se enquadram nas categorias péssimo, ruim e regular. Dessa forma, a maior parte da malha rodoviária do Brasil é qualificada como não satisfatória. Ademais, o estado de Alagoas tem destaque positivo nesse aspecto dado que não possui nenhuma rodovia classificada como péssima e apenas 3,5% classificadas como ruim, apesar disso, deve-se destacar que, em sua metodologia, a CNT não avalia toda malha rodoviária do país, em Alagoas, foram analisados apenas rodovias federais para o relatório anual de 2022, não revelando informações sobre a qualidade nas rodovias estaduais.

Desse modo, há uma lacuna de dados das rodovias estaduais de Alagoas, essa condição prejudica a atualidade da pesquisa em um determinado aspecto, pois não fornece um diagnóstico preciso da situação do estado e não permite a identificação das rodovias, em estado péssimo/ruim,

que requerem intervenções, que é o enquadramento da rodovia analisada neste estudo. O estudo de caso em questão trata-se de uma AL não analisada pela CNT, cujo estado do pavimento mostra-se em degradação avançada, em que os conceitos e valores de “ruim” e “péssimo” mostram-se bem maiores que os dados oficiais.

1.1 Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivos gerais analisar condição geral do pavimento na AL-135 e propor as intervenções necessárias.

1.1.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho consistem em:

- Conhecer o estado de superfície do pavimento através do diagnóstico dos defeitos existentes;
- Comparar convergência dos métodos de avaliação, através da identificação do segmento crítico, defeito característico e índice de qualidade do pavimento;
- Analisar o grau de deterioração do pavimento, identificando se os defeitos são decorrentes a falhas funcionais ou estruturais.

1.2 Justificativa

Apesar da disponibilidade de dados públicos sobre rodovias brasileiras, há ainda uma carência no que se refere as não são analisadas pela CNT e/ou pelo DNIT, em sua maioria rodovias estaduais secundárias ou municipais, que efetuam avaliações periódicas. Dessa forma, a maioria das Unidades Federativas não publicam dados sobre qualidade das suas rodovias, ou muitas vezes sequer realizam avaliações. Segundo Bezerra (2022) a condição da infraestrutura das rodovias impacta diretamente na segurança de seus usuários, aumentando potencial de risco de acidentes. Os custos relativos à acidentes de trânsito são praticamente imensuráveis, dado que os sinistros podem afetar completamente a dinâmica familiar no caso do acidente estar relacionado ao provedor familiar.

A falta de investimento e manutenção adequada em rodovias estaduais pode afetar a economia local, pois prejudica a logística e mobilidade de pessoas e bens, reduzindo a competitividade dos negócios. Além disso, a qualidade das rodovias impacta diretamente na

qualidade de vida das comunidades circunvizinhas, pois pode afetar o acesso a serviços básicos como saúde, educação e lazer. Por isso, uma proposta de restauração tem como objetivo melhorar a infraestrutura viária da região e contribuir para o desenvolvimento socioeconômico local.

O presente estudo trata-se de uma proposta de avaliação e intervenção para AL - 135, rodovia que liga a cidade de Maravilha, cidade situada no médio sertão alagoanos, à BR que acessa a cidade de Santana do Ipanema, uma das vias não analisadas no relatório anual da CNT de 2022.

1.3 Delimitação do trabalho

O trabalho foi realizado em um trecho da rodovia Estadual AL-135. O trecho da rodovia que analisado tem extensão de 5,8 km e tem início na cidade de Maravilha com ponto final na BR-316. O pavimento analisado tem revestimento asfáltico, tratando-se assim de uma estrutura de pavimento enquadrada como Flexível.

Para as análises estruturais, são exigidos equipamentos específicos como o *Falling Weight Deflectometer* (FWD) e/ou Viga Belkeman. Como a Universidade Federal de Alagoas (UFAL) não possui esses equipamentos não foi realizada análise estrutural durante a execução do trabalho. Da mesma forma, o IGG foi realizado de maneira simplificada por não haver a treliça de medição das flechas de trilha de roda.

Dessa forma, o trabalho está delimitado em uma série de avaliações funcionais para indicação de proposta de intervenção. A restrição das avaliações estritamente a aspectos funcionais, excluindo o uso do FWD ou optando por uma versão IGG apenas com os defeitos visuais, apresentou influência substancial no resultado final dado que os resultados ficaram próximos o suficiente para que o acréscimo dessas avaliações mudassem os conceitos recebidos pelo pavimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

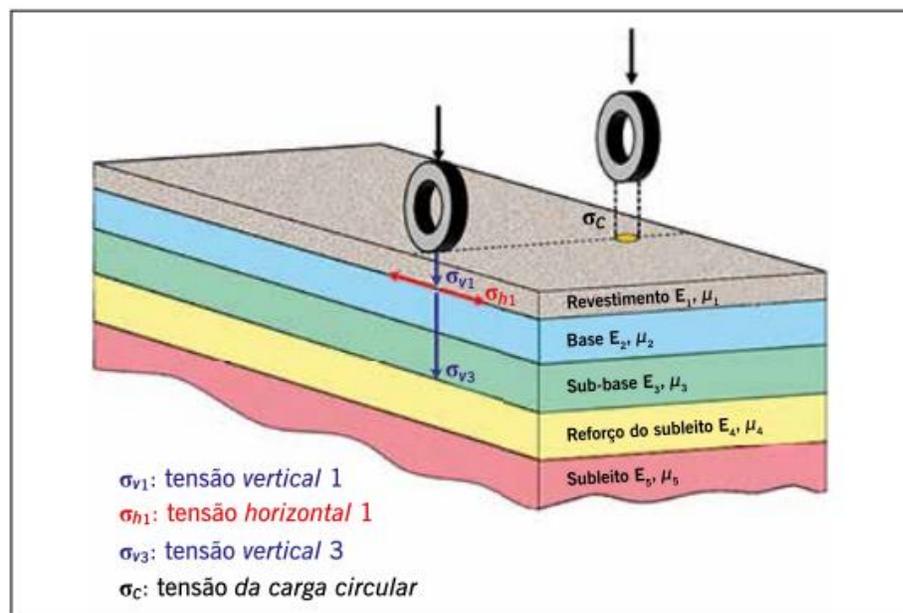
2.1 Pavimento

Segundo o DNIT (2010) pode-se definir pavimento como um sistema de camadas de espessuras finitas assentes sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito, a

infraestrutura ou terreno de fundação, o qual é designado de subleito. Conforme o Manual de Pavimentação (DNIT, 2006) são destinadas três funções básicas ao pavimento, são elas:

- Resistir a função de distribuir ao subleito os esforços verticais oriundos do tráfego, que estão representados na Figura 01;
- Melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e conforto;
- Resistir aos esforços horizontais (desgaste), tomando mais durável a superfície de rolamento.

Figura 01: Esquema representativo das tensões, deformações e deslocamentos em um pavimento asfáltico.



Fonte: Francco *et al.* (2007)

2.2 Classificação dos pavimentos

De acordo com DNIT (2006) os pavimentos podem ser classificados em três diferentes tipos, são eles: Rígido, Semirrígido e Flexível.

- **Rígido:** O revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado, é costumeiramente composta por uma laje contínua. Além disso, desempenha a função de base eliminando a necessidade do uso desta.

- **Semirrígido:** Caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica;
- **Flexível:** Todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo: pavimento constituído por uma base de brita ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.

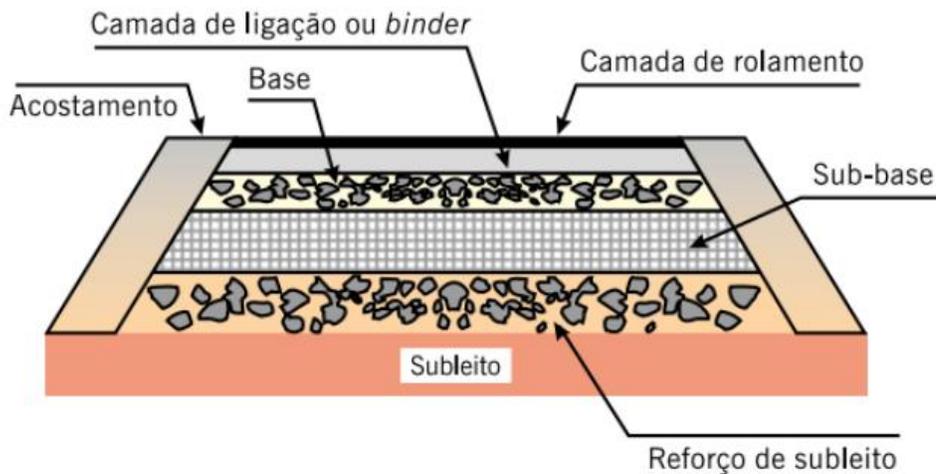
2.3 Camadas de um pavimento flexível/semirrígido

De forma geral, as camadas de um pavimento flexível/semirrígido são: revestimento, base, sub-base e subleito. (BERNUCCI *et al.* 2006)

- **Revestimento:** Projetada para resistir à ação do tráfego e proteger as camadas inferiores impermeabilizando o pavimento;
- **Base:** Localizada abaixo da camada de revestimento, tem como objetivo distribuir as cargas do tráfego para as camadas inferiores;
- **Sub-base:** Camada localizada abaixo da camada de base, tem como objetivo fornecer suporte adicional para o pavimento e ajudar a controlar a umidade;
- **Reforço do subleito:** Camada de espessura constante, posta por circunstâncias técnico-econômicas, acima da de regularização, com características geotécnicas inferiores ao material usado na camada que lhe for superior, porém melhores que o material do subleito;
- **Subleito:** Camada de solo natural ou preparado que suporta as camadas do pavimento.

O DNIT (2006) identifica, na seção transversal de um pavimento, a possibilidade da inserção da camada de regularização, camada de reforço do subleito e Leito. Em alguns casos, uma ou mais camadas podem ser suprimidas sem comprometer o comportamento estrutural do pavimento (BERNUCCI *et al.*, 2022). Na Figura 02 é possível observar a seção transversal típica de um pavimento flexível com suas camadas indicadas.

Figura 02: Corte transversal de um pavimento flexível/semirrígido.



Fonte: Bernucci *et al.* (2022)

2.4 Método de Dimensionamento de pavimentos do DNER

Método idealizado pelo Engenheiro Murilo Lopes, com base no trabalho “*Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume*”, o método define as espessuras de cada camada do pavimento através de características do material utilizado, principalmente o CBR do material da camada inferior, e também da característica do tráfego local.

- **Estudo Geotécnico**

Desempenha um papel fundamental no dimensionamento de estruturas de pavimentação, uma vez que fornece informações cruciais sobre o comportamento do subleito e dos materiais utilizados nas camadas do pavimento. Para a avaliação do subleito, devem ser executadas sondagens situadas em intervalos de no máximo 500 m, atingindo a profundidade de 1 m abaixo do greide do projeto geométrico. As amostras analisadas são caracterizadas pelos ensaios de limites físicos, granulometria, compactação e o Índice de Suporte Califórnia (ISC/CBR) DNIT (2006). Para além da caracterização, o ISC é importante para definir a capacidade de suporte do subleito.

Durante o estudo geotécnico há também a identificação de jazidas de materiais que podem ser utilizados para base/sub-base do pavimento. Em conformidade com o DNIT (2006), nos locais apropriados conforme determinado por estudos geológicos e inspeções de campo, os seguintes serviços serão realizados:

- a) Realização de cinco a dez furos de sondagem estrategicamente localizados, com amostragem de camadas para ensaios de caracterização, compactação e ISC;
- b) Materiais próprios para uso serão identificados por suas designações locais;
- c) Criação de um croqui com a disposição dos furos de sondagem e sua relação com a rodovia em estudo;
- d) Prospecção e avaliação de ocorrências em exploração comercial;
- e) Uma ocorrência será apropriada para prospecção definitiva quando parte dos materiais atender às especificações ou puder ser corrigida por mistura, e seu volume for superior a 10.000 m³.

De acordo com o DNIT (2006) os materiais utilizados em estrutura de pavimentação devem atender requisitos mínimos, de acordo com a camada do pavimento que será utilizado, a saber:

- Subleito: É exigido que o solo escolhido como subleito para estrutura apresente $CBR \geq 2\%$ e expansão $\leq 2\%$
- Reforço do subleito: O material escolhido deve apresentar características geotécnicas superiores ao subleito e expansão $\leq 1\%$;
- Sub-base: Deve ser granulometricamente estabilizada, com $CBR \geq 20$, $IG = 0$ e expansão $\leq 1\%$;
- Base: Deve ser granulometricamente estabilizada, com $CBR \geq 60$, $IP \leq 6$, $LL \leq 25\%$, equivalente de areia $\geq 30\%$ e expansão $\leq 0,5\%$.

- **Estudo de tráfego**

Estudos de Tráfego tem como objetivo embasar os estudos técnico para implantação, restauração e operação de uma rodovia, servindo para a avaliação do número de acidentes, classificação das estradas e fornecem subsídios para o planejamento rodoviário, projeto geométrico de estradas, estudos de viabilidade e projetos de construção e conservação.

Para pavimentação, o foco é identificar as características do tráfego da região necessárias como dados de entrada para o dimensionamento da estrutura do pavimento tais como: veículo

padrão; volume médio diário (VMD); classificação da frota; Número N (número de repetições de um eixo-padrão de 8,2 tf).

A principal informação para cálculo e dimensionamento do pavimento é o número N, número de repetições de um eixo-padrão de 8,2 tf, durante o período de projeto, e determina as necessidades estruturais dos pavimentos para uma determinada solicitação pelo tráfego (DNIT, 2011).

A análise do tráfego de uma região pode ser realizada de diferentes formas, contagem manual, automatizada por loop, por peso, por uso de inteligência artificial, etc. Além dessas, há também formas de se estimar o tráfego da região e definir o número N por meio da hierarquia da via.

A Instrução de Projeto IP 002/2004 tem como objetivo apresentar as diretrizes para a classificação de vias em função do tráfego, da geometria e do uso do solo do entorno de vias urbanas. Na Figura 03, pode-se observar um quadro para definição de um número N característico dado a função da via, volume de tráfego previsto e vida de projeto (Prefeitura de São Paulo (2004).

Figura 03: Classificação das vias e parâmetro de tráfego.

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto	Volume inicial faixa mais carregada		Equivalente / Veículo	N	N característico
			Veículo Leve	Caminhão/Ônibus			
Via local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	$2,70 \times 10^4$ a $1,40 \times 10^5$	10^5
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	$1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$	5×10^5
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	2×10^6
	PESADO	12	5001 a 10000	301 a 1000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	2×10^7
	MUITO PESADO	12	> 10000	1001 a 2000	5,90	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	5×10^7
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3×10^6 ⁽¹⁾	10^7
	VOLUME PESADO	12		> 500		5×10^7	5×10^7

Fonte: Prefeitura de São Paulo – IP 002 (2004)

Para definição das funções predominantes da via, são levados em consideração os volumes de veículos leves e caminhões/ônibus que passam por dia.

- **Estrutura**

É definida uma espessura mínima de revestimento, de acordo exclusivamente com o número N da via analisada. As espessuras mínimas podem ser observadas na Figura 04.

Figura 04: Espessuras mínimas de revestimento associadas ao número N de projeto.

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: DNIT (2006).

A espessura total do pavimento (Ht), ou da camada analisada, é dada pela Equação 1. O CBR levado em consideração é sempre da camada inferior a que está sendo dimensionada.

$$Ht = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad (1)$$

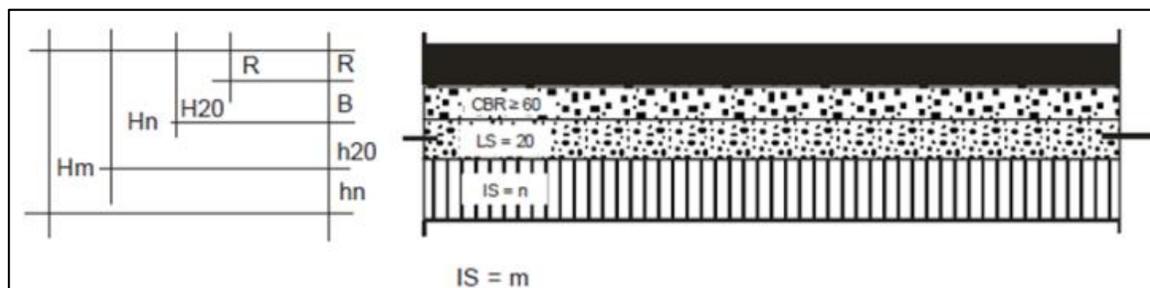
Para todo material, é associado um valor K como equivalência estrutural, tendo como base o valor de 1 para base granular, maior que isso para materiais com maior rigidez e menor para materiais de menor rigidez. A Figura 05 define os coeficientes aplicados de acordo com as características das camadas da estrutura.

Figura 05: Coeficientes de equivalência estrutural

Componentes do pavimento	Coeficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas granulares	
1,00	
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm e 28 kg/cm	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm e 21 kg/cm	1,20

Fonte: DNIT (2006).

A Figura 06 ilustra as variáveis a serem encontradas no cálculo das camadas de uma estrutura de pavimento.

Figura 06: Dimensionamento do pavimento.

Fonte: DNIT (2006).

Dessa forma, para obtenção de B, Hn e H20, é preciso resolver as seguintes inequações:

$$R \cdot K_R + B \cdot K_B \geq H_{20}$$

$$R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S \geq H_n$$

$$R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S + h_n \cdot K_{Ref} \geq H_m$$

Ainda, é necessário alguns cuidados e observações, a saber:

- Para CBR inferiores a 2, é recomendável substituir o material;
- A espessura mínima para camada granular é 10 cm;
- Mesmo que o CBR da sub-base seja maior que 20, a espessura do pavimento é determinada como se o valor do CBR fosse 20;

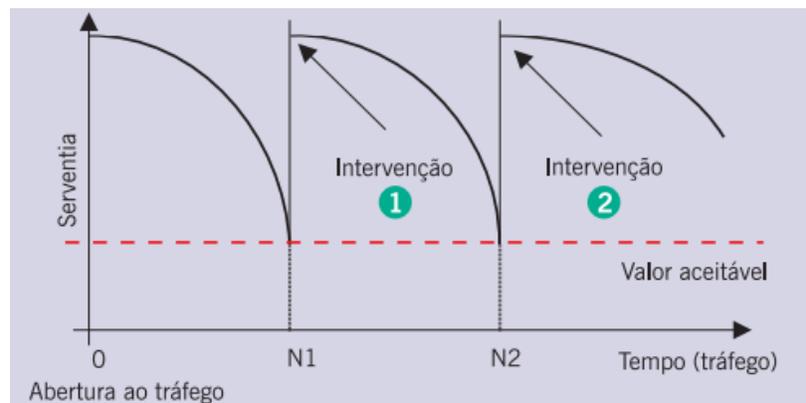
2.5 Avaliação de Desempenho

Bernucci *et al.* (2006) define conceitos básicos tipicamente relacionados a avaliação de pavimentos:

- **Serventia:** qualidade do pavimento, num determinado instante, quanto aos aspectos para o qual foi construído em relação ao conforto ao rolamento e segurança;
- **Desempenho:** variação da serventia ao longo do tempo (ou do tráfego) de uso do pavimento;
- **Gerência:** administração, gestão e otimização dos recursos aplicada ao planejamento, projeto, construção, manutenção e avaliação dos pavimentos;
- **Restauração:** conjunto de operações destinadas a restabelecer na íntegra ou em parte as características técnicas originais de um pavimento (intervenções);
- **Manutenção preventiva:** operação de correções localizadas que não atingem a maioria da superfície do pavimento, repondo pequena parcela da condição de serventia;
- **Reforço:** operação de restauração onde se aproveita o valor residual da estrutura do pavimento e acrescenta-se nova camada de mistura asfáltica.
- **Reconstrução:** operação de refazer o pavimento, no todo desde o subleito, ou mais comumente a partir da sub-base por retirada total dos materiais de base e revestimentos antigos e substituição por novos materiais.

De acordo com o DNIT (2005) a serventia do pavimento serve como parâmetro na tomada de decisão acerca do tipo e do momento mais adequado para realizar intervenções de manutenção. Na Figura 07, está ilustrado um gráfico que demonstra de forma clara o conceito mencionado anteriormente. No gráfico, é possível observar os pontos em que a restauração ou manutenção do pavimento é necessária, quando o nível de serventia atinge a linha de valor aceitável que representa o nível mínimo de serventia que o pavimento deve possuir para estar em condições de uso.

Figura 07: Gráfico de ilustrando quedas do nível de serventia ao longo do tempo (tráfego).



Fonte: Bernucci *et al.* (2006).

Dessa forma, é importante que os períodos entre as manutenções e restaurações do pavimento apresentem um desempenho satisfatório. Segundo o DNIT (2011) quando a manutenção não é realizada, o pavimento pode atingir o limite de trafegabilidade, tornando necessária sua reconstrução. Diante disso, torna-se necessário a realização de avaliações periódicas para verificar e acompanhar o estado da via. Segundo o DNIT (2006), a condição da superfície dos pavimentos pode ser avaliada considerando parâmetros, como: desempenho funcional e desempenho estrutural.

2.6 Avaliação estrutural

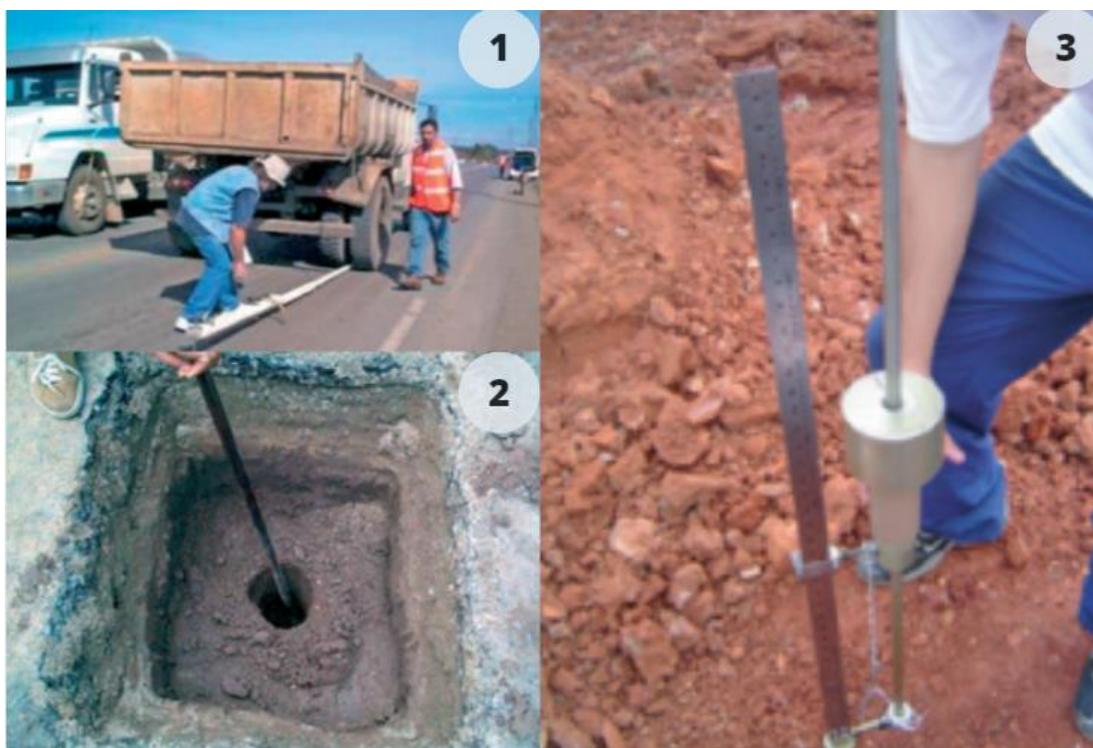
De acordo com o DNIT (2011), a condição estrutural do pavimento relaciona-se com o conceito de capacidade de carga, conceito este que pode ser vinculado ao projeto do pavimento e ao seu dimensionamento. Segundo Bernucci *et al.* (2006) defeitos estruturais resultam especialmente da repetição das cargas e vinculam-se às deformações elásticas ou recuperáveis e plásticas ou permanentes. As avaliações estruturais podem ser classificadas como destrutiva, semidestruativa ou não-destrutiva (BERNUCCI *et al.*, 2006).

- **Destrutiva:** Investiga a condição estrutural de cada camada que compõe o pavimento por abertura de trincheiras ou poços de sondagem, permitindo recolher amostras de cada material até o subleito e realizar ensaios de capacidade de carga in situ;

- **Semidestrutiva:** Se vale de aberturas menores de janelas no pavimento que permitam utilizar um instrumento portátil de pequenas dimensões para avaliar a capacidade de carga de um pavimento, tal como o uso de cones dinâmicos de penetração;
- **Não-destrutiva:** É a avaliação mais adequada para ser efetuada em grandes extensões de pistas e com possibilidade de inúmeras repetições no mesmo ponto, de forma a acompanhar a variação da capacidade de carga com o tempo.

Na Figura 08 pode-se observar exemplos de cada uma das avaliações supracitadas.

Figura 08: Mosaico de avaliações de pavimentação. 1 - Avaliação não-destrutiva, 2 - Avaliação destrutiva; 3 - Avaliação semidestrutiva.



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

De acordo com o DNER (1979), a avaliação estrutural do pavimento pode servir de parâmetro no auxílio do critério de decisão quanto ao aproveitamento da estrutura existente e às medidas corretivas que podem ser tomadas. Na Tabela 01, pode ser observada a imagem contendo os critérios, parâmetros de decisão e as medidas corretivas.

Tabela 01: Critérios para estabelecimento das diretrizes de projeto.

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

Onde:

F = Valor médio das flechas nas trilhas de roda da extensão considerada;

AP% = Porcentagem de estações inventariadas na extensão considerada, apresentando afundamentos plásticos (locais e/ou nas trilhas de roda) de reconhecida gravidade;

d_0 = Deflexão de projeto, correspondente à extensão considerada, referida à carga de eixo de 6,8t;

d_{adm} = Deflexão admissível pelo pavimento existente, referida à carga de eixo de 6,8 t, em se considerando o tráfego que ele suportaria durante o período compreendido entre a data de sua colocação em serviço e a data correspondente ao final do período de projeto, estabelecido para efeito de análise

Fonte: DNER (1979).

É importante ressaltar que um dos critérios para decisão, o Índice de Gravidade Global (IGG), tem caráter funcional. Além disso, a distinção entre IGG \leq 180 e IGG $>$ 180 é realizada porque, em 1979, no ano em que a norma foi concebida, um IGG superior a 180 caracterizava um pavimento em estado PÉSSIMO.

2.7 Avaliação funcional

O desempenho funcional refere-se a capacidade do pavimento de satisfazer sua condição principal, que é a de fornecer uma superfície com serventia adequada em termos de qualidade de rolamento (DNIT, 2006). Segundo Bernucci *et al.* (2022) do ponto de vista do usuário, o estado da superfície do pavimento é o mais importante, pois os defeitos ou irregularidades nessa superfície

são percebidos uma vez que afetam seu conforto. A avaliação do desempenho funcional pode ser realizada por diversos métodos, cabe citar:

– **Levantamento Visual Contínuo (LVC)**

O método de cálculo para determinar os índices obtidos através do Levantamento Visual Contínuo (LVC) é especificado na DNIT 008/2003 – PRO. Para cálculo, são considerados parâmetros como: Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF), Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) e do Índice de Estado de Superfície (IES). A norma indica que o levantamento de dados deve ser com um veículo operado a uma velocidade média aproximada de 40 km/h percorrendo a rodovia em um único sentido, não deve ser realizada em dias chuvosos/com neblina. O formulário para o levantamento visual contínuo da norma DNIT 008/2003 – PRO, utilizado no processo de levantamento de dados está disponível no Anexo A.

- **ICPF**

O Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF) classifica a superfície do segmento tendo em vista a aplicabilidade das medidas de manutenção. A precisão do valor do índice estimado será de aproximadamente 0,5 e é estimada com base na tabela 02 da norma DNIT 008/2003 – PRO que pode ser vista na Tabela 02.

Tabela 02: Tabela com conceitos para definição do valor do ICPF.

Conceito	Descrição	ICPF
Ótimo	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	5 - 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAVA 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 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.

- **IGGE**

O Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) é um outro parâmetro fundamental para descrever o índice de estado do pavimento, considerando frequência peso dos

defeitos apresentados por trecho. De acordo com a DNIT 008/2003 – PRO é calculado pela Equação 2.

$$IGGE = (Pt \times Ft) + (Poap \times Foap) + (Ppr \times Fpr) \quad (2)$$

Onde:

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

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO.

Para definição dos pesos, é atribuído um índice de gravidade para as frequências que pode ser observada na Tabela 03.

Tabela 03: Relação de gravidade de acordo com a frequência dos defeitos analisados.

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

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO.

Diante disso, os pesos são atribuídos de acordo com a Tabela 04.

Tabela 04: Relação de pesos atribuídos de acordo com o grau de gravidade.

Gravidade	Pt	Poap	Ppr
3	0,65	1	1
2	0,45	0,7	0,8
1	0,3	0,6	0,7

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO.

- **IES**

O Índice de Estado de Superfície (IES) é obtido em função do ICPF e IGGE, seu valor pode variar de 0 a 10 e é o produto final do levantamento visual contínuo, a nota

obtida pelo estado de superfície do pavimento. O nota do IES junto com conceito e código são obtidos através da tabela que pode ser observada na Tabela 05.

Tabela 05: Conceito, código e IES dado o valor do IGGE e ICPF.

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	C	REGULAR
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 3,5$	4	D	RUIM
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	5		
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 3,5$	7	E	PÉSSIMO
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 3,5$	8		
$IGGE > 90$	10		

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO.

– Índice de Irregularidade da Superfície (IRI)

De acordo com o DNIT (2023) irregularidade longitudinal é o somatório dos desvios da superfície de um pavimento em relação a um plano de referência ideal de projeto geométrico que afeta a dinâmica do veículo, o efeito dinâmico das cargas, a qualidade ao rolamento e a drenagem superficial da via. A irregularidade longitudinal é o índice com maior relevância e o mais, frequentemente, utilizado de acordo com o DNIT (2006) e o índice para medição desta é o *International Roughness Index* – IRI.

Segundo Benucci *et al.* (2022) a irregularidade pode ser levantada com medidas topográficas ou por equipamentos medidores do perfil longitudinal com ou sem contato, ou ainda indiretamente avaliada por equipamentos do tipo “resposta”, que recorrem ao uso de equações de correlação para a estimativa do valor de IRI baseados em um somatório de desvios do eixo de um veículo em relação à suspensão. Os equipamentos medidores de IRI podem ser divididos em quatro classes, são elas: Classe I, geradores de alta precisão de medição do perfil; Classe II, medição sem contato com a superfície; Classe III, geradores de perfis simples ou equipamentos do tipo resposta; Classe IV, avaliação subjetiva. Na Figura 09 podem ser observadas diferentes formas de se analisar o IRI.

Figura 09: Equipamentos medidores de IRI.



ROMDAS Z-250
Classe I (manual)



SSI 9300
Classe II (laser)



ARRB *Walking*
Profilometer
Classe I (manual)



Perfilógrafo Califórnia
Classe II



ROMDAS *Bump Integrator*
Classe III



Roughmeter
Classe III

Fonte: Almeida (2018).

Dessa forma, como uma alternativa aos levantamentos tradicionais, foi desenvolvido, em 2018, o aplicativo para *smartphone* SmartIRI como tecnologia de baixo custo, fácil operação e alta produtividade com potencial de melhoria para obtenção de dados sobre o IRI. De acordo com Almeida (2018) a ferramenta deve ser embarcada em um veículo por meio de um suporte fixado no para-brisas e baseia-se na utilização de sensores presentes em smartphones, como o acelerômetro e o sensor do Sistema de Posicionamento Global (GPS - *Global Positioning System*), para a obtenção dos dados de aceleração vertical, velocidade e localização. Em conformidade com Almeida (2018) o aplicativo utiliza de equações de correlações para dedução do Índice de Irregularidade Longitudinal e apresentou resultados satisfatórios quando comparado a métodos de avaliações funcionais como o VSA ou de métodos para avaliação do IRI tradicionais como o perfilômetro a laser. Para calibração do aplicativo, foi utilizado como referência o *Roadlab* que foi

desenvolvido para estimar a condição funcional do pavimento baseado em dados do acelerômetro do *smartphone*. Na Figura 10 pode ser observado um *smartphone* em utilização para levantamento do IRI pelo SmartIRI.

Figura 10: Relação de pesos atribuídos de acordo com o grau de gravidade.



Fonte: Almeida (2018).

O DNIT (2005) define conceitos para cada faixa de valor de IRI que variam de excelente a péssimo. Na Tabela 06 a tabela com os conceitos e seus respectivos valores de IRI estão representados.

Tabela 06: Conceitos de IRI e respectivo valor definidos pelo DNIT.

Conceito	IRI (m/km)
Excelente	1 - 1,9
Bom	1,9 - 2,7
Regular	2,7 - 3,5
Ruim	3,5 - 4,6
Péssimo	> 4,6

Fonte: DNIT (2006).

De acordo com o DNIT (2006), os pavimentos que se apresentam $IRI \cong 3,5/4$ o pavimento passa a apresentar um desempenho próximo de sua condição limite permissível, no qual o processo de deterioração tenderá a crescer de forma acentuada, vindo a tornar antieconômica. Nessa ocasião, deve ser projetado e executado o novo dimensionamento do pavimento para atender a um novo ciclo de vida DNIT (2006).

Além disso, os parâmetros obtidos através do LVC podem servir como dados para estimativa subjetiva de IRI DNIT (2005), a Tabela 07 apresenta as correlações entre valores de ICPF e IRI.

Tabela 07: Correlações entre ICPF e IRI.

ICPF	Irregularidade	
	IRI (m/km)	Conceito
5-4	1-1,9	Excelente
4-3	1,9-2,7	Bom
3-2	2,7-3,5	Regular
2-1	3,5-4,6	Ruim
1-0	>4,6	Péssimo

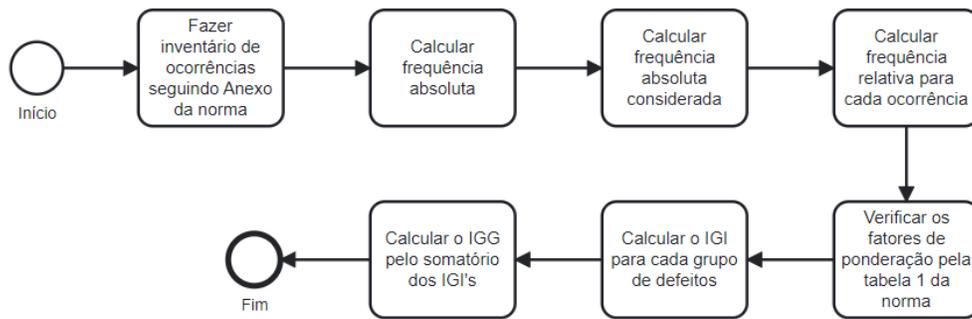
Fonte: DNIT (2005).

– Índice de Gravidade Global (IGG)

Este índice permite retratar o grau de degradação do pavimento, mediante a quantificação e classificação de ocorrências aparentes e da medida das deformações permanentes nas trilhas de roda (DNIT, 2003).

Para pistas simples, área de análise é delimitada por marcações a cada 20 metros ao longo do trecho avaliado. Cada marcação corresponde a uma área total de análise de 6 metros, sendo 3 metros à frente e 3 metros atrás da marcação. Em cada área demarcada deve ser anotada a presença de qualquer ocorrência (defeito) no pavimento seguindo o inventário do estado da superfície do pavimento (Anexo B) presente na norma DNIT 006/2003 – PRO, que é o ponto de partida para o cálculo do IGG.

O cálculo é realizado conforme planilha disponível na norma DNIT 006/2003 – PRO (Anexo C) e segue o fluxograma que pode ser visto na Figura 11.

Figura 11: Fluxograma para cálculo do IGG.

Fonte: Autor (2023).

a. Frequência absoluta

Somatório da quantidade de registros que um mesmo tipo de defeito é catalogado em toda extensão analisada da via.

b. Frequência absoluta considerada

Fator considerado apenas para as trincas. Caso em uma mesma amostra sejam registradas trincas de diferentes gravidades, deve ser considerado na frequência absoluta apenas as trincas de maior severidade.

c. Frequência relativa

Frequência absoluta registrada dividido pelo número de amostras analisadas.

d. Fatores de ponderação

Normalizados pela DNIT 006/2003 – PRO, seguem tabela que pode ser visualizada na Quadro 01.

Quadro 01: Fatores de ponderação das respectivas ocorrências.

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER "Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia" (ver item 6.4 e Anexo D)	Fator de Ponderação fp
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO.

e. Índice de Gravidade Individual (IGI)

O IGI é calculado com a multiplicação do fator de ponderação pela frequência relativa do respectivo defeito inventariado. No Quadro 02 pode-se observar um recorte do Anexo B da norma DNIT 006/2003 – PRO, exemplificando o cálculo feito para o IGI de cada grupo de defeitos.

Quadro 02: Agrupamento de ocorrências para cálculo do IGI.

RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Data:	Folha:
TRECHO:						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
SUB-TRECHO:						REVESTIMENTO TIPO:	
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR				0,2		
2	(FC – 2) J, TB				0,5		
3	(FC – 3) JE, TBE				0,8		
4	ALP, ATP, ALC, ATC				0,9		
5	O, P, E				1,0		
6	EX				0,5		
7	D				0,3		
8	R				0,6		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A () 1 B ()		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRlv =	FV =	2 A () 2 B ()		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	∑ IND. GRAVID. IND. = IGG				Conceito
1A) $IGI = \bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$						Operador	
2A) $IGI = \sqrt{FV}$ quando $\sqrt{FV} \leq 50$						Cálculo	
1B) $IGI = 40$ quando $\bar{F} > 30$						Visto	
2B) $IGI = 50$ quando $\sqrt{FV} > 50$							

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO.

f. IGG

É o somatório do IGI de todas as ocorrências, os pavimentos podem receber conceitos que retrate o grau de degradação atingido com base no valor final do IGG, para a norma DNIT 006/2003 – PRO, os conceitos podem variar de acordo com a tabela presente na Tabela 08.

Tabela 08: Conceitos para pavimento baseado em valores de IGG.

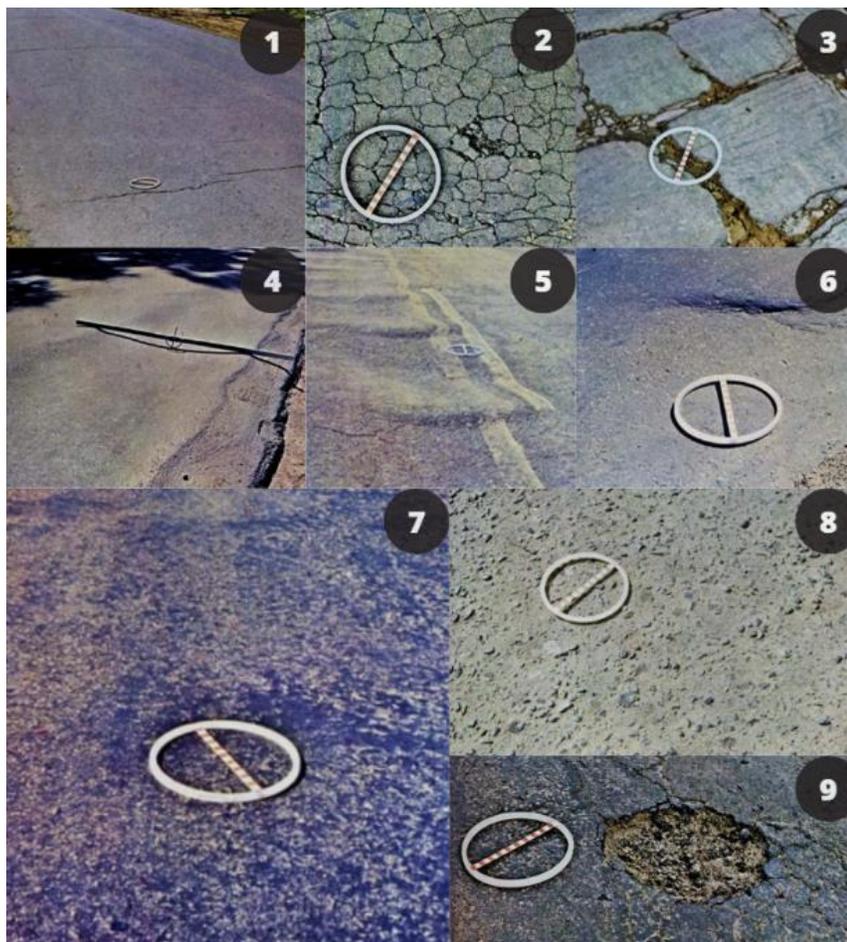
Conceitos	Limites
ÓTIMO	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO.

2.8 Defeitos de superfície

São os danos ou deteriorações na superfície dos pavimentos asfálticos que podem ser identificados a olho nu e classificados segundo uma terminologia normatizada (DNIT 005/2003). Todo pavimento começa a acumular defeitos a partir da construção, sendo comum a perda da serventia e da capacidade de suporte ao longo do tempo e da passagem do tráfego. Em adição à descrição dos defeitos, a norma disponibiliza, em seu Anexo C, registros fotográficos destes, os quais estão representados na Figura 12. Esses registros são de grande importância para possibilitar uma visualização clara e objetiva dos diferentes tipos de defeitos presentes no pavimento.

Figura 12: Defeitos diversos do pavimento. 1 – Trinca isolada; 2 – Trinca couro de jacaré; 3 – Trinca tipo bloco; 4 – Afundamento; 5 – Ondulação 6 – Escorregamento; 7 – Exsudação; 8 – Desgaste; 9 - Panela.



Fonte: DNIT (2003).

2.8.1 Fendas

Segundo o DNIT (2005) qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas.

- **Fissura:** Fenda de largura capilar existente no revestimento, somente perceptível a vista desarmada de uma distância inferior a 1,50 m. Não causam problemas funcionais ao revestimento;
- **Trinca isolada:** Fenda existente no revestimento, facilmente visível a vista desarmada, como o nome define, não estão interligada;

2.8.2 Trincas interligadas

Segundo o DNIT (2005) as trincas interligadas são um tipo de fenda existente que pode ser dividido em:

- **Trinca couro de jacaré:** que são um conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré;
- **Trincas tipo “bloco”:** são um conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos; As trincas interligadas podem apresentar, ou não, erosão em suas bordas.

As trincas interligadas são defeitos característicos que surgem ao final da vida útil do pavimento. Dessa forma, a presença dos defeitos pode ser indício de um problema estrutural.

2.8.3 Afundamento

Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento. Assim como as trincas interligadas, afundamentos também são ocorrências de um pavimento ao final da sua vida útil, portanto, direcionam a análise para um possível problema estrutural.

2.8.4 Ondulação ou Corrugação

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

2.8.5 Escorregamento

Deslocamento do revestimento em relação a camada de base do pavimento, há o aparecimento de fendas em meia lua.

2.8.6 Exsudação

Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento.

2.8.7 Desgaste

Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento.

2.8.8 Painela ou buraco

Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas.

2.8.9 Remendo

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

A Quadro 03 apresenta o Anexo A da norma do DNIT 005/2003 - TER, que é quadro resumo dos defeitos com suas respectivas codificações.

Quadro 03: Quadro resumo dos defeitos disponível no anexo A da norma DNIT 005/2003 – TER.

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

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.

FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.

FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.

Fonte: DNIT (2003)

De acordo com a CNT (2017) os pavimentos no Brasil apresentam defeitos precoces e duram menos que o idealizado, devido a utilização de metodologias ultrapassadas para o planejamento de obras, deficiências técnicas na execução, pouco investimento e falha no gerenciamento de obras, na fiscalização e na manutenção das pistas.

2.9 Contrato de Restauração e Manutenção (CREMA)

O DNIT adota o Contrato de Restauração e Manutenção (CREMA) como modelo para recuperação de suas rodovias. Esse modelo é composto por duas etapas distintas, segundo instrução de serviço 005/2005. A primeira etapa pode ter duração máxima de até 2 anos, no primeiro são realizadas intervenções leves nos serviços de restauração, enquanto o segundo ano é destinado para serviços de conservação. Na segunda etapa, com duração máxima de 5 anos, ocorrem intervenções de caráter funcional e recuperação estrutural, para as quais o DNIT elaborou um catálogo de soluções de pavimentação com vida útil de 10 anos, que incluem opções de revestimento em concreto asfáltico e tratamentos superficiais.

O contrato indica atividades a serem desenvolvidas, sendo elas: Levantamento de dados, diagnóstico, indicação das soluções e relatório do projeto.

- **Levantamento de dados**

Observa itens como, dados históricos do pavimento, cadastro geral da rodovia, inventário de superfície (realizado através de avaliação objetiva pela norma PRO DNIT 006/2003), tráfego da região, deflexão (por uso de um FWD), IRI, sondagens e ensaios.

- **Diagnóstico**

Tem como finalidade principal determinar as causas da deterioração dos pavimentos a partir dos parâmetros levantados.

- **Indicação das soluções**

Indicação quantificada de soluções por segmentos homogêneos, de acordo com o catálogo de soluções.

- **Relatório do projeto**

Consiste em um documento final de projeto, contendo dados dos levantamentos, gráfico linear de pavimentação, quantitativos unitários, quantitativos por solução, cronograma de obras e orçamentos.

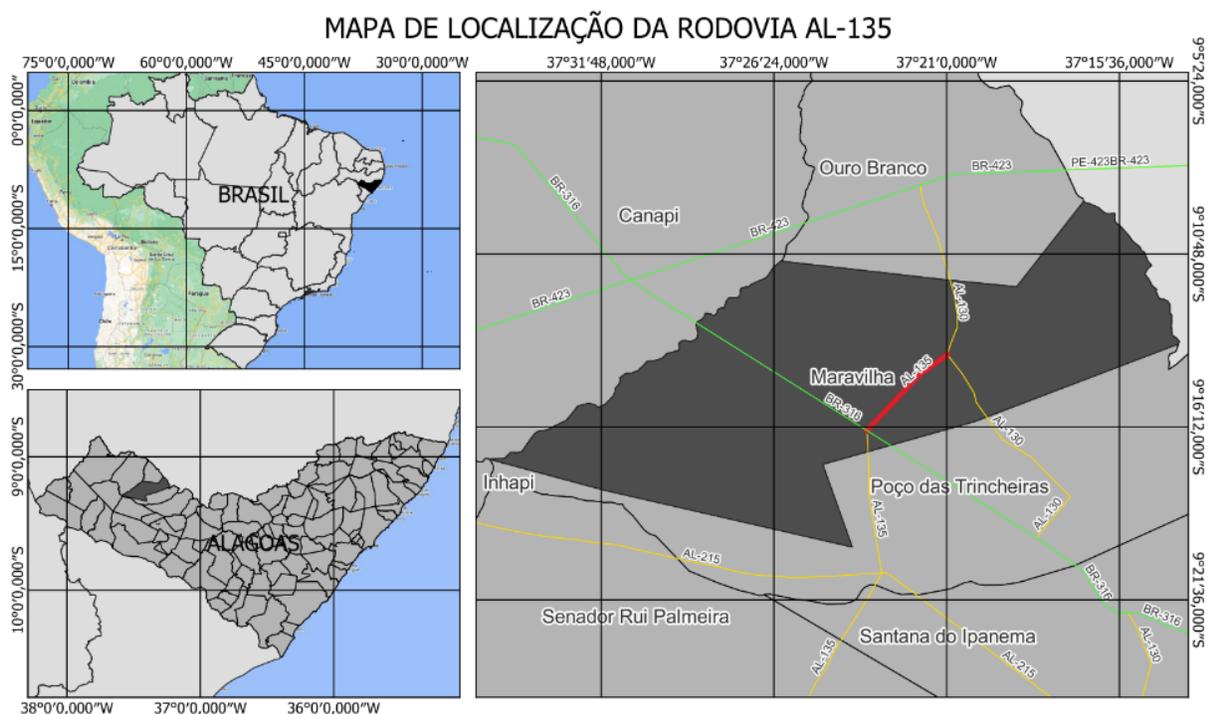
Os Departamentos de Estrada e Rodagem (DER) utilizam como base de projeto executivo a estrutura e dados contidos nos projetos de restaurações dos projetos CREMA, com os mesmo formatos e itens avaliados.

3 METODOLOGIA

3.1 Estudo de caso

A AL-135, rodovia escolhida para análise, é via de acesso da cidade de Maravilha - AL para a BR - 316, na Figura 13 pode-se observar o mapa de localização do trecho de interesse para análise. A via está localizada no médio sertão do Estado, clima semiárido com variação de temperatura do ar de 17° a 33° (EMBRAPA, 2012).

Figura 13: Mapa de localização da rodovia AL-135.



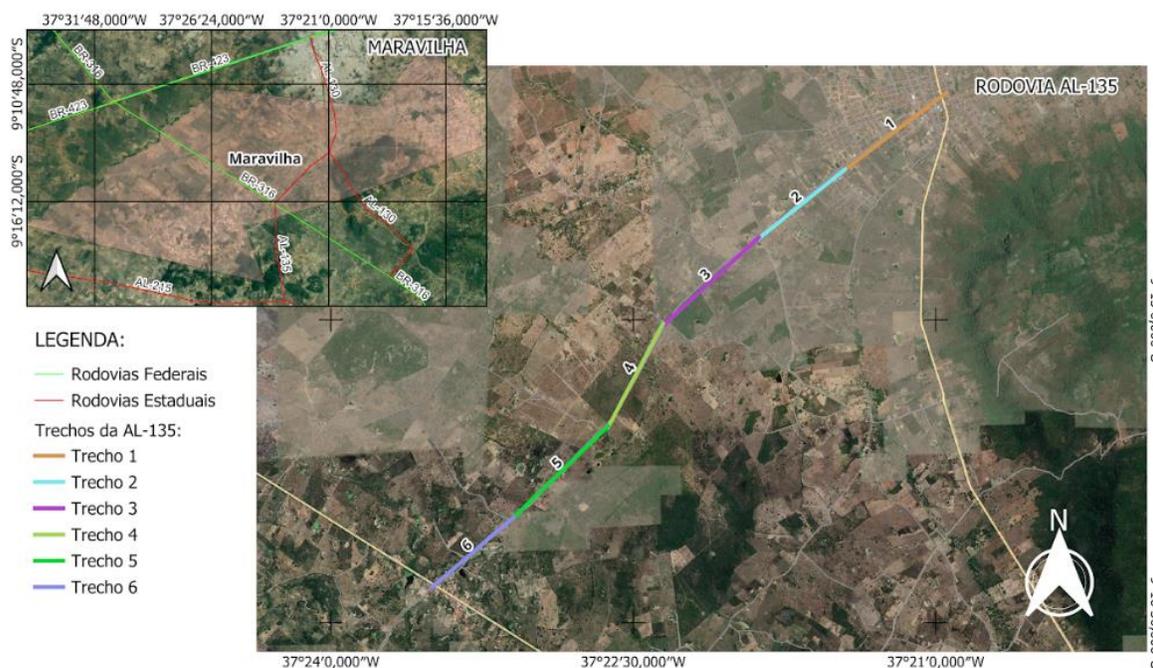
Fonte: Autor (2023).

Destaca-se que o trecho em questão se trata da via de acesso mais rápida da cidade à BR 316, sendo a BR o acesso da população da cidade à Santa do Ipanema que é o polo regional mais próximo à Maravilha.

Quanto a caracterização do trecho da AL-135, é uma rodovia pista simples, 2 faixas de rolamento, com acostamento. É uma via de pavimento com mistura asfáltica, com extensão total de 116 km ligando a cidade de Maravilha à cidade de Palestina.

Para realização das análises, a rodovia fora dividida em 6 trechos, os 5 primeiros com 1 km de extensão cada um e o sexto trecho com 0,8 km de extensão. A Figura 14 Ilustra a divisão adoss trechos adotada para o trabalho.

Figura 14: Via de análise dividida em trechos.



Fonte: Autor (2023).

Na Figura 15 observa-se imagens retiradas do local em 30 de Abril de 2023, notam-se defeitos característicos na superfície do pavimento como trincas couro de jacaré com e sem erosão, panelas, escorregamento e trechos onde não existe mais revestimento asfáltico.

Figura 15: Imagens do trecho de interesse na AL-135. 1 – Trecho 4; 2 – Trecho 1; 3 – Techo 5; 4 - Trecho 3.



Fonte: Autor (2023).

3.2 Métodos de avaliação

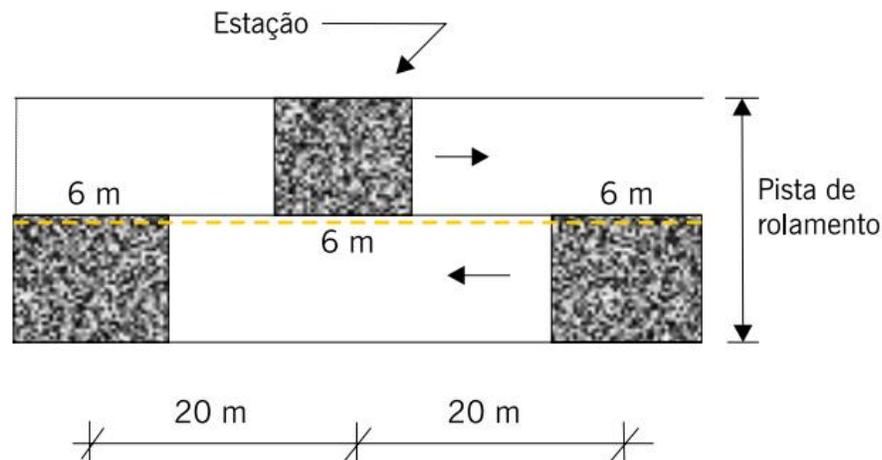
A escolha dos métodos de avaliação para o trabalho foi pautada em cima das orientações do DNIT para o programa CREMA de manutenção de rodovias federais que prevê o uso do Índice de Gravidade Global (IGG), o Levantamento Visual Contínuo (LVC) e Índice de irregularidade (IRI) como forma de avaliação das rodovias e enquadramento de soluções no catálogo proposto pelo DNIT (2008) (Anexo B).

Os métodos de análise escolhidos foram realizados seguindo padrões normativo, sendo eles: LVC DNIT 008/2003 – PRO; IGG DNIT 006/2003 – PRO. Para o IRI foi utilizado o aplicativo para smartphone *SmartIRI* e o modelo de estimativa de IRI por correspondência do DNIT (2005).

3.3 Índice de Gravidade Global (IGG)

Para análise do IGG, a cada 20 m, o trecho de interesse é subdividido em áreas de análise com 6 m de extensão, alternando a faixa de rolamento de análise em cada estação, como demonstrado na Figura 16. Por conseguinte, é realizado o preenchimento das tabelas presente nos anexos da norma DNIT 006/2003 – PRO, gerando assim o Índice de Gravidade Individual e Índice de Gravidade Global.

Figura 16: Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos.



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

3.4 Levantamento Visual Contínuo (LVC)

Para o LVC, todo o trecho fora filmado com um *Smartphone Samsung Galaxy S20 FE* fixado no para brisa do veículo. O levantamento fora realizado em veículo de passeio, em velocidades de 20 a 30 km/h. Conforme indicado por norma, o trecho deve ser dividido em cinco partes com 1 km de extensão cada e uma sexta parte com 0.8 km e a avaliação considerou as duas faixas de rolamento. Para geração do Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis (ICPF), Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) e Índice do Estado de Superfície do pavimento (IES) devem ser utilizadas as tabelas presente nos anexos da norma DNIT 008/2003 – PRO.

3.5 IRI

Neste estudo, foram empregadas duas abordagens distintas para a obtenção do IRI. A primeira metodologia baseou-se na utilização do aplicativo *SmartIRI*. Enquanto a segunda abordagem recorreu à estimativa do IRI conforme estabelecido pelo DNIT (2006).

- ***SmartIRI***

Em antecipação ao início do registro do trecho, o aparelho deve ser fixado no parabrisa do veículo em uma posição onde o sinal de aprovação esteja indicando a cor verde. A partir disso, a gravação do percurso é feita de forma contínua, em veículo a aproximadamente de 60 a 80 km/h,

finalizando no botão “stop”. Ademais, os dados são gravados no próprio aparelho, com possibilidade de acesso pela plataforma web do aplicativo. Na Figura 17, pode ser visualizada a interface do aplicativo para smartphones.

Figura 17: Interface do aplicativo para smartphones *SmartIRI*.



Fonte: Autor (2023).

Os arquivos de resultado do aplicativo são disponibilizados em formato .kml, .xlsx e .pdf. Nestes, é possível visualizar o registro através de uma tabela contendo as informações de trecho, hora, velocidade média, classificação, latitude inicial, longitude inicial, latitude final, longitude final, distância e o IRI (m/km). A tabela em pdf disponibilizada pelo *SmartIRI* pode ser observada na Figura 18.

Figura 18: Resultado do arquivo de medição do *SmartIRI*.

SmartIRI - HDM4 | 30/07/2023 16:34:51 | t2

TRECHO	HORA	VEL. MÉDIA (km/h)	CLASSIFICAÇÃO	LAT. INICIAL	LNG. INICIAL	LAT. FINAL	LNG. FINAL	DISTÂNCIA (m)	IRI (m/km)
1	16:31:47	15	BOM	-9,236219	-37,356106	-9,236317	-37,356269	22	3,91
2	16:35:14	22	BOM	-9,236317	-37,356269	-9,236420	-37,356445	22	3,87
3	16:35:17	26	REGULAR	-9,236420	-37,356445	-9,236557	-37,356658	27	4,00
4	16:35:20	30	REGULAR	-9,236557	-37,356658	-9,236668	-37,356813	21	4,50
5	16:35:22	30	BOM	-9,236668	-37,356813	-9,236810	-37,357019	27	3,93

Fonte: Autor (2023).

O formato .kml, permite ao usuário a visualização do trecho monitorado por meio de mapas, segmentando o trecho em uma escala de cores que obedece aos parâmetros de classificação, de acordo com a Tabela 09.

Tabela 09: Classificação proposta pelo SmartIRI

Intervalos de IRI	Classificação	Cores
$0 < \text{IRI (m/km)} < 2$	Excelente	verde escuro
$2 \leq \text{IRI (m/km)} < 4$	Bom	verde claro
$4 \leq \text{IRI (m/km)} < 6$	Regular	laranja
$6 \leq \text{IRI (m/km)}$	Ruim	vermelho

Fonte: Almeida (2018).

- **Método de equivalência**

Como forma de se estimar os valores do índice para o trecho de interesse foi empregada a equivalência entre o ICPF, obtido por meio de um Levantamento Visual Contínuo, e o IRI, conforme delineado nas diretrizes estabelecidas pelo DNIT (2005). As correlações específicas podem ser visualizadas na Tabela 10.

Tabela 10: Correlações entre ICPF e IRI.

Irregularidade		
ICPF	IRI (m/km)	Conceito
5-4	1-1,9	Excelente
4-3	1,9-2,7	Bom
3-2	2,7-3,5	Regular
2-1	3,5-4,6	Ruim
1-0	>4,6	Péssimo

Fonte: DNIT (2005).

Observa-se que os valores e os conceitos de correlação são apresentados em intervalos delimitados. Portanto, a determinação do IRI foi realizada de maneira proporcional, levando em consideração essas correlações pré-estabelecidas, conforme preconizado pelo DNIT (2005).

3.6 Dados de entrada para dimensionamento do pavimento

Para dimensionamento do pavimento, foi utilizado o método do DNER (método do CBR), que utiliza como dados de entrada o número N e o CBR da camada de subleito.

3.6.1 Estudo de tráfego e número N

Em relação ao tráfego, o veículo tipo predominante é automóvel de passeio. Ao longo do desenvolvimento do trabalho foi utilizado uma estimativa de tráfego realizado pelo DNIT na cidade

de Mata Grande – AL baseado na instrução IP 002/2004 de São Paulo. O estudo de tráfego foi utilizado devido à proximidade física das cidades, bem como proximidade das características das vias e do tráfego das mesmas. Foi considerado para a via a função predominante de via local e coletora, com um tráfego médio, e vida útil de 10 anos. Dessa forma, o número N característico adotado foi de 5×10^5 .

3.6.2 Dados de CBR do subleito

Foram utilizados dados e estudos geotécnicos do DNIT 2017 para implantação e pavimentação da rodovia BR – 316 trecho próximo à cidade de Canapi – AL, que fica a 32 km de distância de condução para o trecho de interesse para o artigo. O estudo estatístico indica um CBR de 10% para o subleito da região e pode ser visualizado no Anexo D do trabalho.

4 Resultados e discussão

4.1 Levantamento Visual Contínuo (LVC)

O levantamento visual contínuo gerou como resultado o inventário de frequência de defeitos, adaptado do Anexo B da norma DNIT 008/2003, que pode ser visualizado no Quadro 04. A priori, é perceptível uma alta frequência de remendos para todos os trechos analisados e alta frequência de panelas em 5 dos 6 trechos analisados. Ou seja, além de ser um pavimento que sofrera diversas intervenções de operação tapa-buraco apresenta, em alta frequência defeitos com maior impacto na elevação do custo operacional.

Quadro 04: Inventário de defeitos.

SEGMENTO		FREQUÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)											INF.COMPLEMENTARES					
Nº DO SEG	ODÔMETRO/KM		Ext	P	TRINCAS			R	DEFOR-MAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			I C P F	REV	ESP	IDADE	
	INÍCIO	FIM			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E				ORIG	REST
1	119856	119857		A	B	M	B	A	B	M	M	B	B	1				
2	119857	119858		A	B	M	B	A	B	B	B	B	B	2				
3	119858	119859		A	B	B	B	A	B	B	M	B	B	3				
4	119859	119860		M	M	M	B	A	M	M	M	M	B	1				
5	119860	119861		A	B	M	B	A	M	B	M	B	B	1				
6	119861	119862		A	B	M	B	A	B	B	M	M	B	1				

P – Panela AF – Afundamento D – Desgaste do Pavimento REST – Idade da última restauração TR – Trinca Isolada O – Ondulações EX – Exsudação REV – Tipo de Revestimento
TJ – Trinca Couro E – Escorregamento do R – Remendo ESP – Espessura do Revestimento de Jacaré revestimento betuminoso
TB – Trinca em Bloco ICPF – Índice de Condições MR – Marco Rodoviário ORIG – Idade do Pav. Original

Fonte: Autor (2023).

No Quadro 05, adaptada do Anexo D da norma DNIT 008/2003, pode-se observar o estado geral da superfície por conceitos. Dessa forma, 5 dos trechos analisados estão categorizados como ruins totalizando 82,75% da via de interesse em um estado que se faz necessário manutenções e/ou restaurações de maior custo para conservação de sua funcionalidade.

Quadro 05: Resumo de dados obtidos a partir do LVC.

MT DNIT		PAVIMENTOS FLEXIVEIS E SEMI-RÍGIDOS RESULTADOS DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO							Folha de
Código PNV _____		Ext. PNV _____		UNIT _____		N° _____			
PISTA/LADO _____		MÊS/ANO _____		Início _____		MR N° _____			
Trecho do PNV Fim _____		VMD _____		MR N° _____					
N° do Seg	SEGMENTO			RESULTADOS					OBSERVAÇÕES
	Km Início	Km Fim	Extensão	ICPF	IGGE	IES			
						Valor	Cód.	Conceito	
1	119856	119857	1	1	40,00	5	D	Ruim	
2	119857	119858	1	2	45,75	5	D	Ruim	
3	119858	119859	1	3	36,50	3	C	Regular	
4	119859	119860	1	1	43,50	5	D	Ruim	
5	119860	119861	1	1	40,25	5	D	Ruim	
6	119861	119862	0,8	1	54,75	5	D	Ruim	

Fonte: Autor (2023).

Ademais, pôde-se observar faixas onde há total degradação do revestimento. No trecho 1, há 200 m de rodovia sem revestimento asfáltico, enquanto no trecho 6 há aproximadamente 400 m da via sem revestimento, na Figura 19 pode ser visualizado uma faixa do trecho 1 com revestimento totalmente deteriorado. Tais características indicam uma clara necessidade de reconstrução da estrutura.

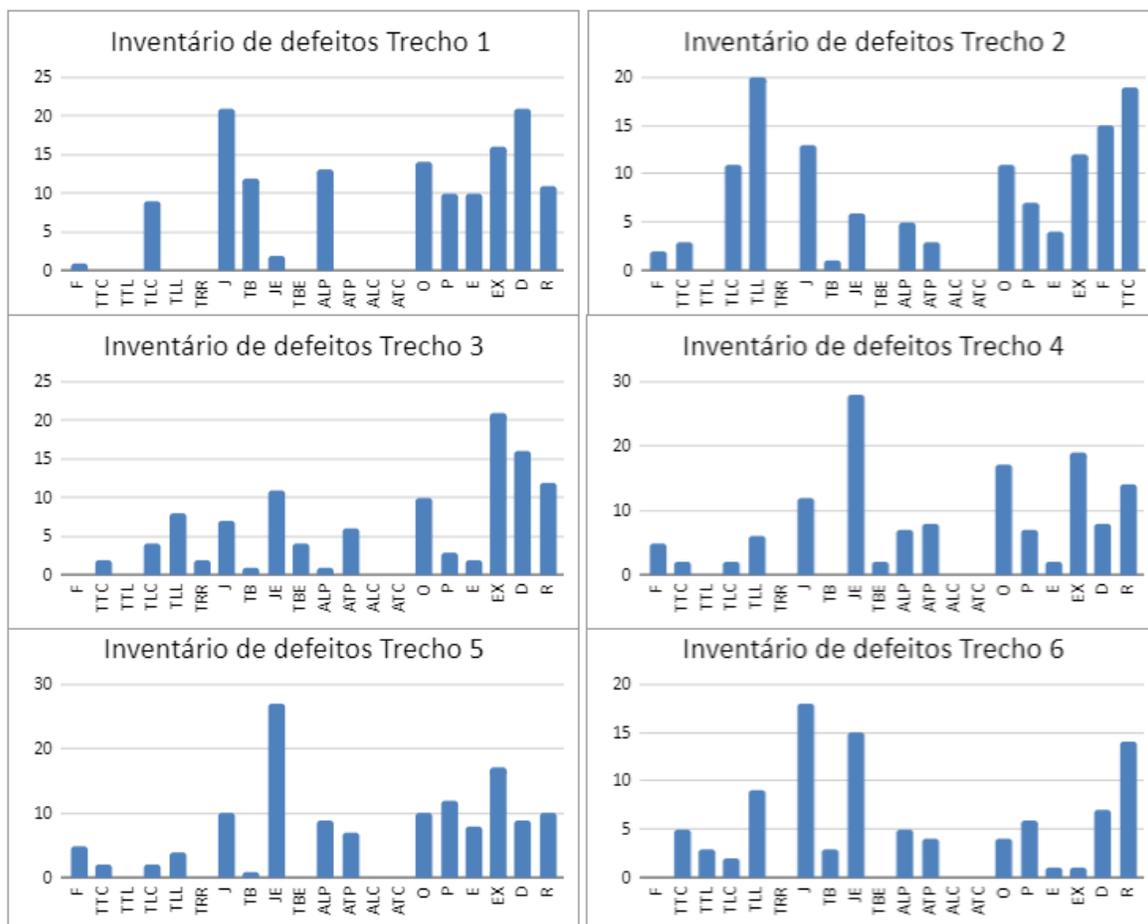
Figura 19: Fragmento do trecho 1 sem revestimento.

Fonte: Autor (2023)

4.2 Índice de Gravidade Global (IGG)

Como produto do levantamento objetivo de defeitos da superfície do pavimento, obteve-se o inventário de ocorrências seguindo tabela disponível em norma. As tabelas preenchidas podem ser visualizadas no Anexo E do trabalho. Na Figura 20, pode-se observar gráficos resumos da quantidade registrada de ocorrências por trecho de análise.

Figura 20: Inventário de defeitos da superfície por trecho. Onde: F: Fissuras; TTC: Trincas Transversais Curtas; TTL: Trincas Transversais Longas; TLC: Trincas Longitudinais Curtas; TLL: Trincas Longitudinais Longas; TRR: Trincas isoladas; J: Trinca Couro de Jacaré; TB: Trinca em bloco; JE: Trinca Couro de Jacaré com Erosão; TBE: Trinca em Bloco com Erosão; ALP: Afundamento Plástico Local; ATP: Afundamento Plástico de Trilha; ALC: Afundamento de Consolidação Local; ATC: Afundamento de Consolidação de Trilha; O: Ondulações; P: Painelas; E: Erosão; EX: Esxudação; D: Desgaste; R: Remendo.



Fonte: Autor (2023).

Desta forma, pode-se observar os defeitos característicos do trecho, a saber: Trecho 1, Trinca couro de jacaré e desgaste (21 ocorrências cada um); Trecho 2, Trinca longitudinais longas (20 ocorrências); Trecho 3, exsudação (21 ocorrências), Trecho 4, Trinca couro de jacaré com erosão (28 ocorrências); Trecho 5, Trinca couro de jacaré com erosão (27 ocorrências); Trecho 6, Trinca Couro de Jacaré (18 ocorrências). Percebe-se uma certa homogeneidade dos defeitos apresentados, dado que em 5 dos 6 trechos a ocorrência característica é alguma trinca, mais especificamente em 4 trechos são trincas couro de jacaré. A Tabela 11 apresenta um quadro resumo com os defeitos característicos por trecho.

Tabela 11: Quadro resumo de ocorrências características por trecho.

Trecho	Ocorrência característica	Nº de ocorrências
1	Trinca Couro de Jacaré e Desgaste	21
2	Trinca Longitudinal Longa	20
3	Exsudação	21
4	Trinca Couro de Jacaré com Erosão	28
5	Trinca Couro de Jacaré com Erosão	27
6	Trinca Couro de Jacaré	18

Fonte: Autor (2023).

É relevante enfatizar que as trincas couro de jacaré constituem defeitos associados a pavimentos que atingiram o fim da sua vida útil, denotando um estado de fadiga do revestimento. Conseqüentemente, este tipo específico de ocorrência pode ser empregado como um indicador de que o pavimento já não está mais em condições estruturais adequadas para suportar o tráfego na região, enfatizando a necessidade de uma avaliação estrutural. Os quadros para cálculo de IGG em cada um dos trechos analisados está disponível no Anexo F deste trabalho.

O cálculo do IGG por trecho revela a classificação objetiva da estrutura analisada de acordo com a norma DNIT 006/2003, todos os trechos são categorizados em “Ruim” ou “Péssimo”, classificações que se faz necessária intervenção de grande porte (elevado custo). Na Tabela 12 pode ser analisado o resultado do cálculo do IGG por trecho.

Tabela 12: Inventário de defeitos da superfície por trecho.

Trecho	IGG	Classificação por Norma
1	170	Péssimo
2	134,6	Ruim
3	130	Ruim
4	177,6	Péssimo
5	214,5	Péssimo
6	162,3	Péssimo

Fonte: Autor (2023).

A identificação de resultados de IGG tão altos indica a necessidade de análises estruturais na concepção de uma sugestão de solução para a via analisada. Este pressuposto ganha ainda maior relevância ao considerarmos que os valores observados poderiam, potencialmente, ser ainda mais elevados caso a medição ATR fosse incorporada à análise, fomentando uma compreensão mais completa e abrangente do estado do pavimento. Tal constatação denota a gravidade das ocorrências presentes na superfície do pavimento, sugerindo que intervenções não apenas superficiais, mas também de natureza estrutural, são necessárias para assegurar a integridade e a funcionalidade adequada da via.

4.3 Índice de Irregularidade da Superfície (IRI)

Foi realizado o levantamento pelo aplicativo, porém, devido a deterioração avançada do pavimento, não foi possível atingir a velocidade média, para o qual o aplicativo foi desenvolvido e calibrado, de forma segura e sem danos ao veículo. No trecho de análise da rodovia, o aplicativo realizou 208 classificações, com sub trechos variando de 20 a 36 metros de distância. Dessa forma, 4629 m (85,56%) foram classificados como BOM, 733 m (13,55%) EXCELENTE e apenas 48 m (0,89%) REGULAR. Os trechos foram medidos em uma velocidade média de 41,61 km/h. Dessa forma, os resultados obtidos pelo levantamento do *SmartIRI* mostraram-se irrealistas quando comparado a outras formas de levantamento.

A análise dos demais métodos de avaliação pode servir de contrapartida com o diagnóstico realizado pelo aplicativo, a Figura 21 ilustra um dos trechos classificados como “Bom” pelo *SmartIRI*.

Figura 21: Fragmento de trecho classificado como “Bom” pelo *SmartIRI*.



Fonte: Autor (2023).

Portanto, foi utilizado a tabela de correlação do DNER para medir o IRI com base no Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis (ICPF) padronizado pela norma DNIT 008/2003 – PRO.

A aplicação do modelo padronizado pelo DNER traz uma estimativa mais fidedigna do estado da via analisada. A Tabela 13 apresenta os valores de IRI associado aos valores de ICPF, bem como o conceito obtido por cada trecho.

Tabela 13: Valores subjetivos de IRI.

Irregularidade		
ICPF	IRI (m/km)	Conceito
5-4	1-1,9	Excelente
4-3	1,9-2,7	Bom
3-2	2,7-3,5	Regular
2-1	3,5-4,6	Ruim
1-0	>4,6	Péssimo

Fonte: Autor (2023).

Os valores e conceitos obtidos por meio da estimativa do IRI pelos valores do ICPF apresentam uma discrepância substancial em relação aos resultados gerados pelo aplicativo *SmartIRI*. Essa disparidade fundamenta que as medições no aplicativo devem ser conduzidas com

o veículo na velocidade para o qual o modelo matemático foi desenvolvido e calibrado. Além disso, em caso de vias bastante deterioradas, haverá dificuldade no uso do aplicativo para medida do índice. É relevante mencionar que a mesma consideração pode ser aplicada às medidas do perfilômetro a laser, uma vez que também dependem da velocidade operacional adequada. Ou seja, priorizar a conservação do veículo em detrimento da obtenção de dados precisos de IRI pode comprometer a integridade das informações coletadas, comprometendo a eficácia da avaliação da condição do pavimento e a tomada de decisões informadas sobre intervenções e reabilitação necessárias. Portanto, a adequada operação de equipamentos e aplicativos, em conformidade com as especificações e condições de coleta, é fundamental para obter resultados confiáveis e embasar adequadamente a gestão de pavimentos.

4.4 Comparativo de defeitos característicos

Na Tabela 14 é possível analisar a distinção dos defeitos característicos acusados pelo LVC e IGG.

Tabela 14: Comparativo de defeitos característicos. Onde: “P” painelas; “R” remendos; “J” trincas couro de jacaré; “TLL” trincas longitudinais longas; “D” desgastes; “JE” trinca couro de jacaré com erosão.

Defeito característico		
Trecho	LVC	IGG
1	P e R	J e D
2	P e R	TLL
3	P e R	EX
4	R	JE
5	P e R	JE
6	P e R	J

Fonte: Autor (2023).

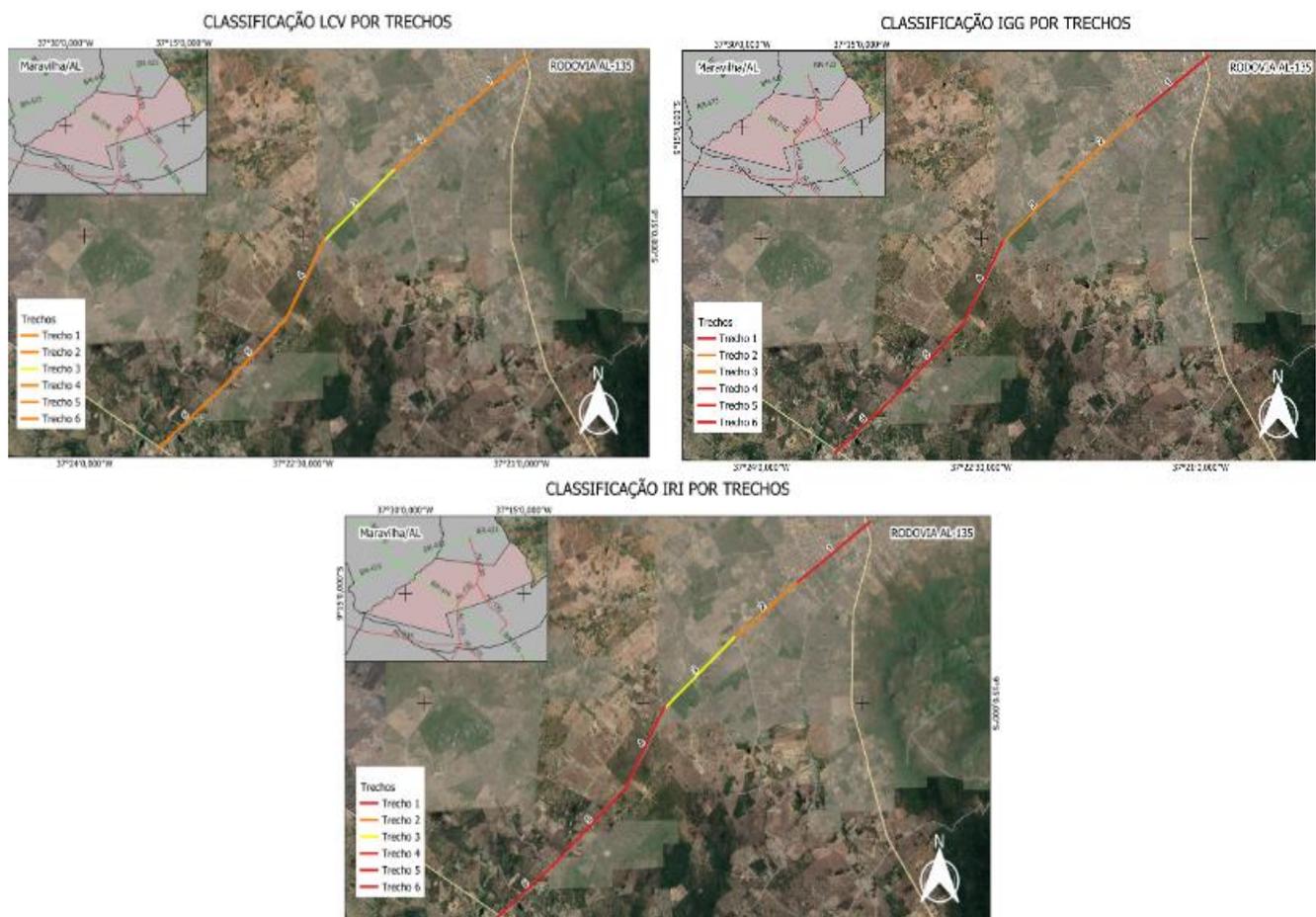
A discrepância observada encontra sua principal justificativa na metodologia para evidência de ocorrências das normas em questão. A norma referente ao Levantamento Visual de Campo (LVC) evidencia como alta a presença de painelas e remendos que ultrapassem números absolutas maiores que 5 por trecho, enquanto caracteriza como média a presença de trincas em um intervalo de 10 a 50%. Enquanto o Índice de Irregularidade Global (IGG) baseia-se na contabilização apenas das amostras que contenham as ocorrências em análise. Em outras palavras, a análise de dados empregada pelo IGG identifica quais defeitos se manifestam de maneira mais disseminada ao longo

do pavimento, enquanto a abordagem do LVC revela quais defeitos ocorrem com maior frequência de forma absoluta, denotando uma concentração das imperfeições em determinados pontos.

4.5 Segmento crítico

Com as avaliações realizadas, pode-se comparar as piores situações de pavimento identificada por ambas análises. A Figura 22 apresenta mapas com a classificação por conceito de cada trecho da rodovia, as cores distinguem os conceitos, onde: Vermelho = Péssimo; Laranja = Ruim; Amarelo = Regular.

Figura 22: Mapas com classificação por conceito.



Fonte: Autor (2023).

Entretanto, o processo de definição do segmento crítico não é possível de ser realizado apenas com a visualização da classificação por conceito, já que os trechos 1, 4, 5 e 6 apresentam os mesmos

conceitos nas 3 classificações diferentes. Dessa forma, faz-se necessária uma análise mais quantitativa acerca dos parâmetros analisados.

Na Tabela 15 observa-se um resumo do estado de pavimento para a definição do segmento crítico da via.

Tabela 15: Resumo de definição de segmento crítico.

TRECHO	DEFINIÇÃO DE SEGMENTO CRÍTICO						
	IGG		LVC		IRI		
	Parâmetro	Conceito	ICPF	Parâmetro IGGE	Conceito	Parâmetro	Conceito
1	170	Péssimo	1	40,00	Ruim	4,6	Péssimo
2	134,6	Ruim	2	45,75	Ruim	3,5	Ruim
3	130	Ruim	3	36,50	Regular	2,7	Regular
4	177,6	Péssimo	1	43,50	Ruim	4,6	Péssimo
5	214,5	Péssimo	1	40,25	Ruim	4,6	Péssimo
6	162,33	Péssimo	1	54,75	Ruim	4,6	Péssimo

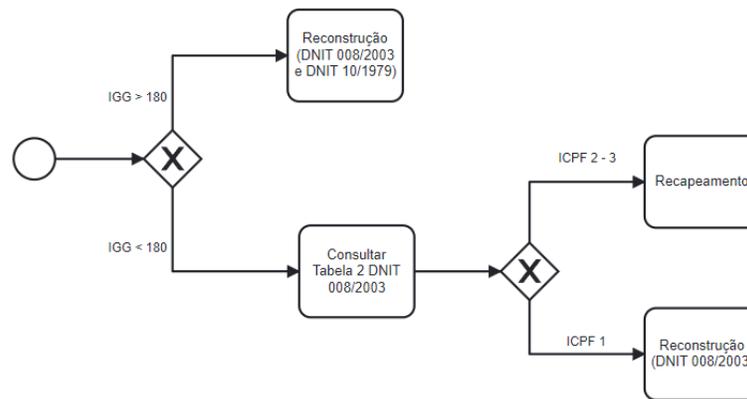
Fonte: Autor (2023).

Dessa forma, destacam-se como segmentos críticos os Trechos 5 e 6, os quais se sobressaem devido à exibição dos parâmetros mais desfavoráveis em relação ao Índice de Irregularidade Global (IGG) e ao Índice de Irregularidade Global de Escalonamento Espacial (IGGE), respectivamente. Além disso, são trechos que apresentam em sua extensão o desgaste total do revestimento asfáltico nos eixos da rodovia, agravando ainda mais a situação crítica destes. Tal constatação é de extrema importância para a tomada de decisões estratégicas visando a recuperação e a manutenção eficaz da infraestrutura viária em questão.

4.6 Sugestão de soluções por trecho

Finalmente, com as avaliações realizadas, pode-se apontar a sugestão de solução por trecho com embasamento nas normas 10/79 e 008/2003 do DNIT. A Figura 23 ilustra o processo de tomada de decisão ao definir soluções para os trechos analisados.

Figura 23: Árvore de decisão para definição de solução por trecho.



Fonte: Autor (2023).

Com isso, pode-se definir as soluções indicadas por norma para cada trecho, a saber: Trecho 1, reconstrução; Trecho 2, recapeamento; Trecho 3, recapeamento; Trecho 4, reconstrução; Trecho 5, reconstrução; Trecho 6, reconstrução. A Tabela 16 resume as soluções apontadas, indicando a origem normativa que levou a escolha desta. No entanto, é fundamental destacar que a avaliação estrutural é imprescindível para confirmar a necessidade de substituição de todas as camadas do pavimento ou se parte da estrutura existente pode ser preservada. Este processo de avaliação estrutural é relevante tanto para os trechos que demandam reconstrução quanto para aqueles que necessitam de recapeamento. Esta análise detalhada permitirá uma abordagem mais precisa e sustentável na implementação das soluções recomendadas.

Tabela 16: Resumo das soluções apontadas por trecho de análise.

RESUMO DA CLASSIFICAÇÃO DAS RODOVIAS								
TRECHO	IGG	IES	ICPF	SOLUÇÃO	ORIGEM	DEFEITO		OBSERVAÇÕES
					DA	CARACTERÍSTICO		
					SOLUÇÃO	LVC	IGG	
1	170	5	1	RECONSTRUÇÃO	DNIT 008/2003	P e R	J e D	AUSÊNCIA DE PAVIMENTAÇÃO EM PORCENTAGEM SIGNIFICATIVA DO TRECHO
2	134,6	5	2	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS	DNIT 008/2003	P e R	TLL	
3	130	3	3	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS	DNIT 008/2003	P e R	EX	
4	177,6	5	1	RECONSTRUÇÃO	DNIT 008/2003	R	JE	MUITOS REMENDOS, APESAR DE POUCA PANELA
5	214,5	5	1	RECONSTRUÇÃO	DNIT 008/2003 e DNIT 79	P e R	JE	IGG MAIOR QUE 180
6	162,33	5	1	RECONSTRUÇÃO	DNIT 008/2003	P e R	J	AUSENCIA DE PAVIMENTAÇÃO NOS EIXOS DA RODOVIA

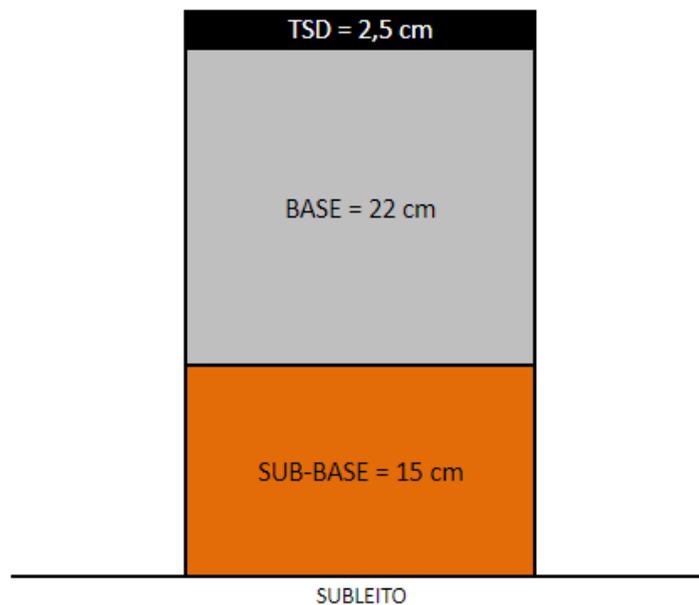
Fonte: Autor (2023).

O estado geral da infraestrutura viária, bem como a demanda de realizar intervenções de reconstrução em aproximadamente 65,5% de sua extensão sugere que o pavimento tenha exaurido, no mínimo, sua esperança vida útil. A análise ressalta a urgência de ações de reabilitação para preservar a integridade e funcionalidade da malha viária, garantindo a continuidade da mobilidade e segurança dos usuários.

4.7 Dimensionamento do pavimento

Dada a necessidade de reconstrução da estrutura para os trechos 1, 4, 5 e 6, deve ser dimensionada uma nova estrutura de pavimento. O dimensionamento realizado pode ser observado na Figura 24.

Figura 24: Dimensionamento realizado para nova estrutura de pavimento.



Fonte: Autor (2023).

Não houve necessidade de reforço do subleito dado a boa qualidade do subleito da região diagnosticado pelo estudo geotécnico do DNIT para projeto básico/executivo da BR – 316, que revelou um CBR mínimo de 10% para o solo analisado. Pelo dimensionado, foram calculadas alturas menores que as mínimas para a camada de sub-base, portanto, foi considerada a mínima para dimensão final.

Para o revestimento foi considerado tratamento superficial dado as características de tráfego da via coletora, como material de base foi escolhido uma mistura padrão de Solo/Brita (70%/30%) enquanto para a sub-base o material definido por jazidas encontradas em estudo geotécnico do DNIT (2017) de areia argilosa amarela com pedregulho que apresentou CBR superior aos 20% exigidos para utilização na sub-base.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível realizar uma análise abrangente da condição geral do pavimento no trecho de interesse da AL -135 e identificar as intervenções necessárias para sua reabilitação. Observou-se que o pavimento apresenta um estado significativamente degradado, o que corroborou a necessidade de ações corretivas de maior custo, reconstrução e recapeamento. Para o trecho que requer reconstrução, foi dimensionada uma nova estrutura de pavimento, aproveitando as boas

características do subleito analisado pelo DNIT em 2017 na implantação da BR – 316 em Canapi - AL, que apresenta um CBR de 10%. Nesse cenário, não houve necessidade da camada de reforço de sub-leito, a camada de sub-base foi estabelecida em 15 cm, seguida por uma camada de base com 22 cm, culminando em um revestimento de tratamento superficial com 2,5 cm. No caso do recapeamento, a análise estrutural se faz premente para determinar o quanto da estrutura existente pode ser reaproveitado.

As metodologias adotadas no estudo revelaram-se eficazes na avaliação do estado do pavimento, na identificação de segmentos críticos e na caracterização de defeitos significativos. Ademais, foi possível comparar a convergência dos métodos de avaliação, que concordaram na identificação do segmento crítico e no índice de qualidade do pavimento, embora tenham divergido em relação aos defeitos característicos. No entanto, é importante destacar que, apesar desses avanços, a pesquisa ressaltou necessidade de realizar avaliações estruturais mais abrangentes no pavimento. A inclusão dessas análises proporcionaria uma precisão ainda maior no diagnóstico de soluções e na formulação de estratégias de reabilitação.

Além disso, é importante salientar que, para fins de dimensionamento, durante o estudo, foi adotado um valor aproximado, representado como "N", com base em um estudo de tráfego realizado em outra localidade. Para um dimensionamento real e mais preciso da estrutura do pavimento, torna-se fundamental a realização de um estudo de tráfego específico e estudo geotécnico para a via de acesso em questão. Esse estudo permitirá uma adaptação mais precisa às condições de tráfego reais da região, aprimorando a eficácia das futuras intervenções.

Este trabalho proporcionou uma compreensão detalhada da condição do pavimento e subsidiou a proposição de soluções de intervenção adequadas, que visam à restauração da segurança e ao prolongamento da vida útil da via AL-135, contudo, para etapa de projeto real recomenda-se a execução de um estudo de tráfego específico na região abrangida pelo pavimento, a fim de obter dados atualizados e representativos da realidade local. Isso permitirá um redimensionamento mais preciso do pavimento, considerando as demandas de tráfego reais e as mudanças ao longo do tempo. Ademais, é aconselhável a realização de análises estruturais mais abrangentes para avaliar se a totalidade do pavimento necessita de reconstrução ou se intervenções mais específicas podem ser aplicadas com base nas condições estruturais identificadas. Essas ações futuras contribuirão

significativamente para a gestão eficiente da infraestrutura viária e a garantia de sua durabilidade e desempenho a longo prazo.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lucas Cavalcante de. **Aplicativo para smartphone destinado à medição da irregularidade longitudinal em rodovias**. Fortaleza, 2018.

BEZERRA, Simone Gomes. **Gestão de Rodovias Estaduais: Estudo de Caso AL-220 entre Barra de São Miguel e São Miguel dos Campos**. Maceió, 2022.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS: ABEDA, 2006.

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

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Recife, PE: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Dezembro, 2012. ISSN 1678-0892. Autores: BARROS, A.H.C.; ARAÚJO FILHO, J.C.; SILVA, A.B.; SANTIAGO, G.A.C.F.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Relatório de Rodovias 2022: pesquisa CNT de rodovias**. Brasília, DF: CNT, 2022. 226 p. ISBN 978-65-993711-0-2.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?**. CNT, 2017.

DNER. **Avaliação Estrutural de Pavimentos Flexíveis**. Rio de Janeiro, 1979.

DNIT. **Diretrizes Básicas Para Elaboração De Estudos E Projetos Rodoviários Instruções Para Apresentação De Relatórios**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006.

DNIT. **Instrução de Serviço 005/2005 – DG - Instrução de serviços projetos tipo CREMA 2ª ETAPA.** MT/DNIT/DG. Rio de Janeiro, 2005.

DNIT. **Manual de Conservação Rodoviária.** Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2005.

DNIT. **Manual de Gerência de Pavimentos.** Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2011.

DNIT. **Manual de Implantação Básica de Rodovias.** Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2010.

DNIT. **Manual de Pavimentação.** Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006.

DNIT. **NORMA DNIT 005/2003 - TER.** Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2003.

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

DNIT. **NORMA DNIT 008/2003 – PRO:** Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Rio de Janeiro, 2003.

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

DNIT. **NORMA DNIT 440/2023 - PRO:** Pavimentação – Levantamento funcional e estrutural contínuo de pavimentos utilizando um equipamento móvel - Procedimento. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2023.

DNIT. **Projeto básico/executivo e execução das obras de implantação e pavimentação da rodovia, BR-316/AL.** Alagoas: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2017.

DNIT. **Resolução nº 07/DG/DNIT.** Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2016.

DNIT. **Resolução nº 18/DG/DNIT**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2019.

EMBRAPA. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento – Climatologia do estado de Alagoas**. ISSN 1678-0892 Dezembro, 2012

FONSECA, Luiz Felipe da Silva da; MOTTA, Laura Maria Goretti da. **Uma análise das soluções de pavimentação do CREMA 2ª Etapa**. Rio de Janeiro: Engespro Engenharia Ltda; Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

IBGE. **Censo Demográfico 2022**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al/maravilha.html> Acesso em: 24 de abril de 2023.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Instrução de Projeto 002/2004 – Classificação das Vias**. São Paulo, 2004.

VIEIRA, Suyanne Alves et al. **Análise comparativa de metodologias de avaliação de pavimentos através do IGG e PCI**. Conexões - Ciência e Tecnologia, Fortaleza, 2016.

ANEXO B – Inventário do estado da superfície do pavimento

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																											
RODOVIA:										OPERADOR:												FOLHA:					
TRECHO:										REVESTIMENTO TIPO:										ESTACA OU QUILOMETRO		ESTACA OU QUILOMETRO					
SUBTRECHO:										DATA:																	
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:				
			ISOLADAS					INTERLIGADAS			PLASTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE					
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC - 2		FC - 3		ALP	ATP										ALC	ATC		
			1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4										4	4	5	5

Fonte: DNIT 006/2003 - PRO

ANEXO C – Planilha de cálculo do IGG

RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Data:	Folha:
TRECHO:						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
SUB-TRECHO:			REVESTIMENTO TIPO:				
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR				0,2		
2	(FC – 2) J, TB				0,5		
3	(FC – 3) JE, TBE				0,8		
4	ALP, ATP, ALC, ATC		X		0,9		
5	O, P, E		X		1,0		
6	EX		X		0,5		
7	D		X		0,3		
8	R		X		0,6		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A () 1 B ()		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRIV =	FV =	2 A () 2 B ()		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG				Conceito
1A) $IGI = \bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$						Operador	
2A) $IGI = \bar{FV}$ quando $\bar{FV} \leq 50$						Cálculo	
1B) $IGI = 40$ quando $\bar{F} > 30$						Visto	
2B) $IGI = 50$ quando $\bar{FV} > 50$							

Planilha de Cálculo do IGG

Fonte: DNIT 006/2003 - PRO

ANEXO D – ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA SUBLEITO DA BR – 316 CANAPI-AL.

APIA		CORVAP		Consol		ANÁLISE ESTATÍSTICA		
RODOVIA: BR-316/AL		TRECHO: Divisa PE/AL – Entr. Barro Duro (Macóio)				LOTE:		
SUBTRECHO: Divisa PE/AL - Canapi / Canapi - Entr. BR-423/AL		ESTUDO: SUBLEITO		ENERGIA: P. INTERMEDIÁRIO				
ENSAIOS	N	\bar{x}	σ	μ MIN	μ MÁX	X MIN	X MÁX	
ESTUDO DO SUBLEITO P. INTERMEDIÁRIO	GRANULOMETRIA % QUE PASSA	LL	31	NL	-	-	-	-
		IP	31	NP	-	-	-	-
		PEN 2 1/2"						
		PEN 2"						
		PEN 1 1/2"						
		PEN 1"	31	100	0,00	100	100	100
		PEN 3/4"						
		PEN 1/2"						
		PEN 3/8"	31	93	6,64	91	94	95
		PEN Nº 4	31	84	10,51	81	86	74
		PEN Nº 10	31	68	14,96	64	71	54
		PEN Nº 16						
		PEN Nº 30						
		PEN Nº 40	31	36	12,34	33	39	25
		PEN Nº 60						
		PEN Nº 100						
		PEN Nº 200	31	12	5,46	11	14	8
HOT	31	8,6	1,36	8,3	8,9	7,4		
D. MAX	31	2,001	0,05	1,990	2,013	1,956		
EXP	47	0,14	0,16	0,11	0,17	0,00		
I.S.C(*)	47	21	7,90	19	22	14		
I.S.C(**)	45	33	25,75	28	38	10		

**Varição de ISC X Umidade de Compactação
SUBLEITO - P. Intermediário**

	(*) Valores de ISC analisados dentro do intervalo de -2 a +2% em relação à umidade ótima.
OBSERVAÇÕES	(**) Valores de ISC analisados em relação à umidade ótima.

Estaca ou km	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS				TRINCAS RODAS		Observações:			
	ISOLADAS					INTERLIGADAS					PLASTICO		CONSOLID		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8		TRI mm	IRE mm	
	FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC - 2		FC - 3			ALP 4	ATP 4	ALC 4										ATC 4
							J 2	TB 2	JE 3	TBE 3														
101					1		1												1	1				
102									1			1							1		1			
103																			1					
104		1																						
105																			1					
106							1												1					
107																			1	1				
108							1												1		1			
109																			1					
110																				1				
111										1	1	1			1		1							
112									1						1		1							
113																			1					
114									1							1				1				
115				1	1														1					
116				1																				
117				1	1		1																	
118				1	1																			
119										1		1								1				
120																				1				
121							1					1								1				
122																				1	1			
123					1		1													1				
124																				1				
125					1											1				1				
126																				1				
127																								
128																				1				
129					1															1				
130										1					1									
131										1					1							1		
132										1					1							1		
133										1					1					1	1			
134										1	1		1			1				1				
135																				1				
136						1															1	1		
137																								
138						1																		
139										1					1					1	1			
140									1													1		
141										1					1							1		
142										1					1									
143																					1			
144																					1			
145							1								1									
146		1			1																1			
147																					1			
148										1		1									1	1		
149																					1			
150																					1		1	

Estaca ou km	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:		
	ISOLADAS					INTERLIGADAS					PLASTICO		CONSOLID		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI mm	IRE mm			
	FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC - 2		FC - 3			ALP 4	ATP 4	ALC 4										ATC 4	
							J 2	TB 2	JE 3	TBE 3															
151																									
152																									
153					1			1																	
154																									
155											1					1							1		
156																							1		
157																							1		
158																									
159												1				1									
160								1		1						1	1								
161								1		1						1	1								
162										1						1							1		
163										1		1													
164		1								1						1						1	1		
165					1																				
166								1		1	1	1				1		1				1	1		
167										1			1			1							1		
168																									
169										1	1					1							1		
170										1						1						1	1		
171										1						1						1	1	1	
172										1												1			
173																									
174										1						1							1		
175																									
176										1						1	1								
177												1											1		
178										1						1							1		
179										1						1							1		
180								1		1		1											1		
181																							1		
182										1												1	1		
183										1			1										1		
184										1						1							1		
185										1							1						1		
186	1				1											1							1		
187										1													1		
188	1				1					1			1										1		
189										1				1								1	1		
190										1		1											1		
191										1		1											1		
192	1															1							1		
193										1							1						1		
194										1													1		
195										1						1							1		
196					1																		1		
197										1		1											1		
198	1	1								1													1		
199										1															
200	1											1											1		

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																							
RODOVIA: AL-131 Marcelo Segundo												OPERADOR:				ESTACA OU QUILOMETRO		FOLHA: ESTACA OU QUILOMETRO					
TRECHO: Da cidade de Maravilha ao povoado Cedro																							
Estaca ou km	TRINCAS						AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:				
	ISOLADAS			INTERLIGADAS			PLASTICO		CONSOLID		O		P		E		EX			D		R	
	FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC - 2		FC - 3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4	O 5	P 5	E 5	EX 6		D 7	R 8	TRI mm	IRE mm
						J 2	TB 2	JE 3	TBE 3														
241																							
242								1														1	
243		1						1														1	
244								1														1	
245								1				1											
246															1							1	
247												1										1	
248								1		1		1											1
249											1												
250								1		1		1	1										1
251																		1					
252				1				1		1		1											1
253										1						1							
254			1					1		1					1								1
255								1		1					1								1
256										1													
257		1						1		1							1						1
258		1																					
259										1													
260										1													
261										1													
262												1											
263		1	1					1		1													1
264			1							1													1
265		1						1	1														1
266				1						1							1						1
267								1	1														1
268									1													1	
269					1			1															
270																							1
271										1		1					1				1		1

ANEXO F – Quadros para cálculo do IGG por trecho.

RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) TRECHO: SUB-TRECHO: TRECHO 1 REVESTIMENTO TIPO:						Data:	Folha:
						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	10	4	8,00	0,2	1,60	
2	(FC – 2) J, TB	33	32	64,00	0,5	32,00	
3	(FC – 3) JE, TBE	2	2	4,00	0,8	3,20	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	13	X	26,00	0,9	23,40	
5	O, P, E	34	X	68,00	1,0	68,00	
6	EX	16	X	32,00	0,5	16,00	
7	D	21	X	42,00	0,3	12,60	
8	R	11	X	22,00	0,6	13,20	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A () 1 B ()		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRlv =	FV =	2 A () 2 B ()		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 50	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			170,00	Conceito
-- 1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30 2A) IGI = FV quando FV ≤ 50 -- 1B) IGI = 40 quando F > 30 2B) IGI = 50 quando FV > 50						Operador	PÉSSIMO
						Cálculo	
						Visto	

RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) TRECHO: SUB-TRECHO: TRECHO 2 REVESTIMENTO TIPO:						Data:	Folha:
						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	36	22	44,00	0,2	8,80	
2	(FC – 2) J, TB	14	14	28,00	0,5	14,00	
3	(FC – 3) JE, TBE	6	6	12,00	0,8	9,60	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	8	X	16,00	0,9	14,40	
5	O, P, E	22	X	44,00	1,0	44,00	
6	EX	12	X	24,00	0,5	12,00	
7	D	15	X	30,00	0,3	9,00	
8	R	19	X	38,00	0,6	22,80	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A () 1 B ()		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRIV =	FV =	2 A () 2 B ()		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 50	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			134,60	Conceito
1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30 2A) IGI = FV quando FV ≤ 50 1B) IGI = 40 quando F > 30 2B) IGI = 50 quando FV > 50						Operador	RUIM
						Cálculo	
						Visto	

RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) TRECHO: SUB-TRECHO: TRECHO 4 REVESTIMENTO TIPO:						Data:	Folha:
						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	15	5	10,00	0,2	2,00	
2	(FC – 2) J, TB	12	8	16,00	0,5	8,00	
3	(FC – 3) JE, TBE	30	30	60,00	0,8	48,00	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	15	X	30,00	0,9	27,00	
5	O, P, E	26	X	52,00	1,0	52,00	
6	EX	19	X	38,00	0,5	19,00	
7	D	8	X	16,00	0,3	4,80	
8	R	14	X	28,00	0,6	16,80	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A () 1 B ()		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRIV =	FV =	2 A () 2 B ()		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 50	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			177,60	Conceito
-- 1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30 2A) IGI = FV quando FV ≤ 50 -- 1B) IGI = 40 quando F > 30 2B) IGI = 50 quando FV > 50						Operador	PÉSSIMO
						Cálculo	
						Visto	

RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) TRECHO:
SUB-TRECHO: TRECHO 5 REVESTIMENTO TIPO:

RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) TRECHO: SUB-TRECHO: TRECHO 5 REVESTIMENTO TIPO:						Data:	Folha:
						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	13	3	7,50	0,2	1,50	
2	(FC – 2) J, TB	11	4	10,00	0,5	5,00	
3	(FC – 3) JE, TBE	27	27	67,50	0,8	54,00	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	16	X	40,00	0,9	36,00	
5	O, P, E	30	X	75,00	1,0	75,00	
6	EX	17	X	42,50	0,5	21,25	
7	D	9	X	22,50	0,3	6,75	
8	R	10	X	25,00	0,6	15,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A () 1 B ()		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRIV =	FV =	2 A () 2 B ()		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 40	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			214,50	Conceito
1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30 2A) IGI = FV quando FV ≤ 50 1B) IGI = 40 quando F > 30 2B) IGI = 50 quando FV > 50						Operador	PÉSSIMO
						Cálculo	
						Visto	

RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) TRECHO:
SUB-TRECHO: TRECHO 6 REVESTIMENTO TIPO:

RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) TRECHO: SUB-TRECHO: TRECHO 6 REVESTIMENTO TIPO:						Data:	Folha:
						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	19	3	10,00	0,2	2,00	
2	(FC - 2) J, TB	21	12	40,00	0,5	20,00	
3	(FC - 3) JE, TBE	15	15	50,00	0,8	40,00	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	9	X	30,00	0,9	27,00	
5	O, P, E	11	X	36,67	1,0	36,67	
6	EX	1	X	3,33	0,5	1,67	
7	D	7	X	23,33	0,3	7,00	
8	R	14	X	46,67	0,6	28,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A () 1 B ()		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRIV =	FV =	2 A () 2 B ()		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 30	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			162,33	Conceito
1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30 2A) IGI = FV quando FV ≤ 50 1B) IGI = 40 quando F > 30 2B) IGI = 50 quando FV > 50						Operador	PÉSSIMO
						Cálculo	
						Visto	