

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCAS AGRA LEMOS DE CARVALHO

**Avaliação da Condição de Superfície do Pavimento – Estudo de Caso: Rua Hugo Corrêa
Paes**

Maceió
2024

LUCAS AGRA LEMOS DE CARVALHO

**Avaliação da Condição de Superfície do Pavimento – Estudo de Caso: Rua Hugo Corrêa
Paes**

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. Dra. Aline Calheiros
Espíndola

Maceió
2024

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

Bibliotecária: SâmelaRouse de Brito Silva – CRB-4 – 6023

- C331a Carvalho, Lucas Agra Lemos de.
 Avaliação da condição de superfície do pavimento – estudo de caso: Rua
 Hugo Corrêa Paes / Lucas Agra Lemos de Carvalho. – 2024.
 46 f. : il. color.
- Orientadora: Aline Calheiros Espíndola
 Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) –
 Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2024.
- Bibliografia: f. 41-43.
 Apêndice: f. 44-46.
1. Pavimentação de vias. 2. Avaliação funcional de pavimentos. 3. Índice de
 irregularidade Longitudinal. I. Título.

CDU: 626.8

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS – EXTENSÃO TOTAL.....	3
FIGURA 2. CAMADAS DO PAVIMENTO RÍGIDO E FLEXÍVEL.....	6
FIGURA 3. DEFEITOS NOS PAVIMENTOS (F, A, O, ES, P, D, EX)	8
FIGURA 4. TIPOS DE FENDA.....	9
FIGURA 5. EXEMPLO DE DEMARCAÇÃO DE ÁREAS PARA AVALIAÇÃO DO IGG..	11
FIGURA 6. EXEMPLO DE REGISTRO DO PERFIL LONGITUDINAL COM ALTA E BAIXA IRREGULARIDADE	14
FIGURA 7. FLUXOGRAMA DAS ETAPAS	16
FIGURA 8. TELA INICIAL DE MEDIÇÃO DO APP SMARTIRI	19
FIGURA 9. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA RUA DENTRO DO BAIRRO DA GRUTA...	21
FIGURA 10. PERFIL DE ELEVAÇÃO DA VIA ESTUDADA.....	22
FIGURA 11. EXECUÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO NO TRECHO DE TRANSIÇÃO ENTRE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA E INTERTRAVADO DA VIA ESTUDADA.....	22
FIGURA 12. DESTAQUE NO MAPA DO LOCAL NO QUAL TERMINA O REVESTIMENTO ASFÁLTICO E COMEÇA O REVESTIMENTO INTERTRAVADO.....	23
FIGURA 13. INÍCIO DA VIA (PONTO DE LIGAÇÃO COM A AV. FERNANDES LIMA).	23
FIGURA 14. TRANSIÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA INTERTRAVADO.....	24
FIGURA 15. TRINCAS INTERLIGADAS TIPO COURO DE JACARÉ E REMENDO.....	25
FIGURA 16. PANELA, AFUNDAMENTO E DESGASTE.....	25
FIGURA 17. TRINCAS INTERLIGADAS TIPO COURO DE JACARÉ COM EROSÃO...	26
FIGURA 18. VAZAMENTO DA REDE COLETORA DE ESGOTO.....	27
FIGURA 19. CAMADAS DO PAVIMENTO.....	28
FIGURA 20. VELOCIDADE LIMITE DA VIA.....	29
FIGURA 21. MAPA LEVANTAMENTO IRI INICIANDO NA AV. FERNANDES LIMA....	30
FIGURA 22. MAPA LEVANTAMENTO IRI FINALIZANDO NA AV. FERNANDES LIMA.....	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. CONCEITOS DE DEGRADAÇÃO DO PAVIMENTO EM FUNÇÃO IGG	10
TABELA 2. CONCEITOS ICPF	12
TABELA 3. CONCEITO IES.....	12
TABELA 4. COMPARATIVO HDM-4 E DNIT (2011)	15
TABELA 5. CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS E PARÂMETRO DE TRÁFEGO.....	17
TABELA 6. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE.....	18
TABELA 7. PESOS PARA CÁLCULO.....	18
TABELA 8. CLASSIFICAÇÃO PROPOSTA PELO SMARTIRI	19
TABELA 9. LEVANTAMENTO IRI INICIANDO NA AV. FERNANDES LIMA	31
TABELA 10. LEVANTAMENTO IRI FINALIZANDO NA AV. FERNANDES LIMA.....	32
TABELA 11. CONCEITO DE ÍNDICES DE AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO.....	33
TABELA 12. FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO.....	34
TABELA 13. CÁLCULO IGGE.....	34
TABELA 14. QUADRO RESUMO LVC.....	35
TABELA 15. RESUMO DOS ÍNDICES OBTIDOS.....	35
TABELA 16. SOLUÇÕES DE ACORDO COM PROJETOS CREMA.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM - *American Society for Testing and Materials*

BGS – Brita Graduada Simples

CBR – *California Bearing Ratio*

CA – Concreto Asfáltico

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente

CNT – Confederação Nacional de Transporte

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

ICPF – Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis

IES – Índice do Estado de Superfície do Pavimento

IGG – Índice de Gravidade Global

IGGE – Índice de Gravidade Global Expedida

IRI – *International Roughness Index*

ISC – Índice de Suporte Califórnia

LVC – Levantamento Visual Contínuo

TCU – Tribunal de Contas da União

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	2
1 INTRODUÇÃO.....	3
1.1 Comentários iniciais	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo geral	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Justificativa	4
1.4 Delimitação do trabalho	5
2 REFERENCIAL TEÓRICO	6
2.1 Defeitos nos pavimentos	7
2.2 Avaliações do pavimento flexível.....	9
2.2.1 Avaliação Objetiva Superficial - IGG	10
2.2.2 Levantamento Visual Contínuo - LVC	11
2.2.3 Índice de Irregularidade Longitudinal.....	13
2.2.4 Outras avaliações.....	15
3 MÉTODO	16
3.1 Caracterização.....	16
3.2 Coleta de dados	16
3.3 Avaliação funcional	17
3.4 Indicação da melhor solução.....	20
4 CARACTERIZAÇÃO DA VIA	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
7 REFERÊNCIAS	41
8 ANEXOS	44

RESUMO

Carvalho, L. A. L. de. **Avaliação da Condição de Superfície do Pavimento – Estudo de Caso: Rua Hugo Corrêa Paes**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil. Maceió, 2024.

A infraestrutura rodoviária é uma peça fundamental para o funcionamento da economia brasileira, bem como para a logística de viagens a passeio. O país apresenta mais da metade de suas rodovias em condições desfavoráveis. A má qualidade do pavimento pode influenciar negativamente no tempo de viagem, vida útil dos veículos, consumo de combustível e na segurança dos que o utilizam. Por isso, faz-se necessário o planejamento para a manutenção da boa qualidade do pavimento. Este trabalho visa avaliar funcionalmente, seguindo as normas DNIT 008/2003 e DNIT 009/2003, as condições de uma via local, Rua Hugo Corrêa Paes, da cidade de Maceió e ainda levantar o índice de irregularidade longitudinal através do aplicativo SmartIRI. Tem-se como resultado de um catálogo com diversas manifestações patológicas (principalmente alta ocorrência de remendo), parâmetros da condição do pavimento ($VSA=2$, $IGGE=114$, $ICPF=2$, $IES=10$), uma média do índice de irregularidade longitudinal ao longo da via de 4,3495 e um direcionamento para uma solução viável para a recuperação dos defeitos que seria a fresagem do pavimento existente, seguido do nivelamento e da execução de uma nova camada de CA para sanar as patologias presentes.

Palavra-Chave: pavimento, asfáltico, recuperação, gerenciamento, SmartIRI.

ABSTRACT

Carvalho, L. A. L. de. **Analises of Pavement Surface Condition – Case Study: Rua Hugo Corrêa Paes**. Final Paper of the Graduation Course of Civil Engineering. Maceió, 2024.

Road infrastructure is a fundamental piece for the functioning of the Brazilian economy and for tour logistics. The country has more than half of its highways in unpleasant conditions. Poor pavement quality can negatively influence travel time, vehicle lifespan, fuel consumption and the safety of those who use it. Therefore, planning is necessary to maintain the good quality of the pavement. This work aims to functionally evaluate, following the DNIT 008/2003 and DNIT 009/2003 standards, the conditions of a local road, Street Hugo Corrêa Paes, in the city of Maceió, and also to assess the International Roughness Index using the SmartIRI application. The result is a catalog with several pathological manifestations (mainly high occurrence of patches), pavement condition parameters (VSA=2, IGGE=114, ICPF=2, IES=10), an average of the IRI along the road of 4,3495 and guidance towards a viable solution for recovering the defects, which would be the miling of the existing pavement, followed by leveling and the execution of a new CA layer to remedy the pathologies.

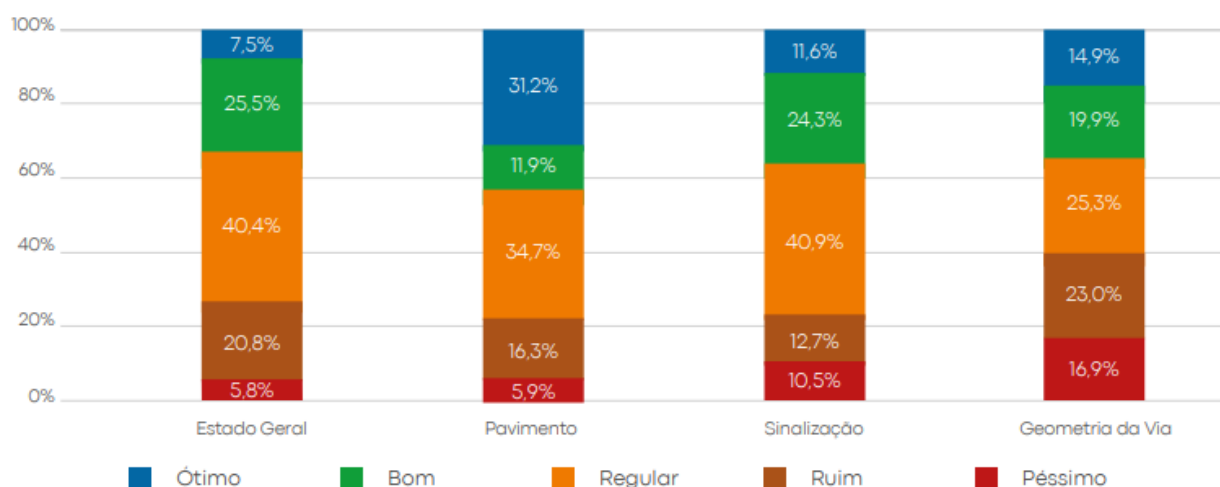
Keyword: paving, asphalt, rehabilitation, management, SmartIRI.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Comentários iniciais

No Brasil o modal de transporte mais utilizado é o rodoviário, tanto para passeio como para transporte de cargas, os quais representam respectivamente 95% e 65% da movimentação do país. (CNT, 2023). Todavia, este modal apresentou 56,9% das suas rodovias com a pavimentação em estado regular, ruim ou péssimo no ano de 2024 e, em relação ao ano anterior, esta porcentagem subiu 0,1% (CNT, 2024). A Figura 1 mostra de maneira gráfica um resumo das características obtidas na pesquisa anual da CNT.

Figura 1: Resumo das características – Extensão total.



Fonte: CNT, 2024.

Segundo o relatório de competitividade global do Fórum Econômico Mundial (2019), o qual apresenta indicadores relacionados à infraestrutura de transporte, o país encontra-se em 116º lugar no ranking (de 141 no total) em relação ao tópico de qualidade das rodovias. Além disso, no subpilar estrutura de transporte, ocupa-se a 85ª colocação. No quesito conectividade de rodovias está em 69º lugar e, em relação à densidade de rodovias, 78ª colocação (World Economic Forum, 2019).

Deste modo, o país depende bastante desse modal de transporte, mas tem investimentos e fiscalização insuficientes no sentido de manter a boa conservação da pavimentação, por isso apresenta índices aquém da demanda. Ou seja, existe um aumento dos custos com manutenção de

veículo, maior consumo de combustível por quilômetro rodado e aumento do tempo de viagem. Além disso, a baixa velocidade pode afetar a segurança, como facilitar roubos de cargas e assaltos a passageiros (CNT, 2017).

Apesar de as autarquias rodoviárias (como DNIT e DNER) divulgarem dados sobre as rodovias rurais, como por exemplo, a Confederação Nacional de Transporte divulga anualmente um relatório sobre a situação da qualidade das rodovias rurais, existe uma dificuldade de se obter dados de vias urbanas ou falta de transparência por parte das prefeituras sobre a infraestrutura de transporte. Isso pode se dar por conta da dificuldade de se formar um corpo técnico qualificado nessas regiões, logo se destaca a importância deste referido estudo.

O Tribunal de Contas da União (TCU), no Acórdão 328/2013, aferiu obras rodoviárias recém entregues, avaliou-se que estas apresentaram defeitos de ordem estrutural em menos de sete meses depois de serem concluídas, em contra ponto são projetadas para uma vida útil entre 8 a 10 anos. E, ainda, conclui-se que os defeitos estruturais influenciam nos aspectos funcionais do pavimento e também que ocorreram vícios funcionais de maneira precoce.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar as condições funcionais do pavimento asfáltico da Rua Hugo Corrêa Paes, em Maceió-AL, uma via urbana de hierarquia coletora, com foco na identificação de problemas, análise de causas e proposição de melhorias.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar e catalogar as manifestações patológicas no pavimento asfáltico, por meio de uma inspeção visual e registros fotográfico;
- Analisar as possíveis causas das patologias identificadas;
- Propor alternativas de intervenção para a recuperação e manutenção do pavimento.

1.3 Justificativa

Segundo Bertollo (1997), nas cidades brasileiras de médios e pequeno porte não se dá importância ao planejamento, dimensionamento e execução de estruturas de pavimento urbano, o que faz com que essa infraestrutura apresente um relevante grau de deterioração de maneira precoce, diminuindo sua vida útil e aumentando o custo da sua manutenção.

As ações em relação à manutenção da pavimentação urbana são tomadas a partir de experiência profissional e decisões políticas, em contra ponto ao avanço tecnológico e ao crescimento das cidades e redes viárias. Os conjuntos de serviços públicos, como sistema de abastecimento de água, redes coletoras de esgoto, infraestrutura elétrica e de internet afetam o pavimento e fazem com que o planejamento de manutenção seja complexo (Fernandes Jr., 2015).

Neste sentido, é relevante a investigação da condição da via para a sua melhor gerencia, de maneira a associar ações corretivas de outros tipos de infraestruturas para haver menos gasto com reparos.

A má funcionalidade do pavimento afeta a vida tanto dos passageiros como das cargas, tendo consequências econômicas para a distribuição logística e as viagens. Ademais, podem causar acidentes e estrangulamento de via, por exemplo quando um buraco tem dimensões excedentes e os motoristas precisam usar o fluxo oposto. Assim, observa-se que os defeitos afetam negativamente a segurança viária, o conforto e a economia, indo de encontro com o propósito do pavimento. Deste modo, fica claro que é importante a manutenção da boa qualidade da infraestrutura do pavimento.

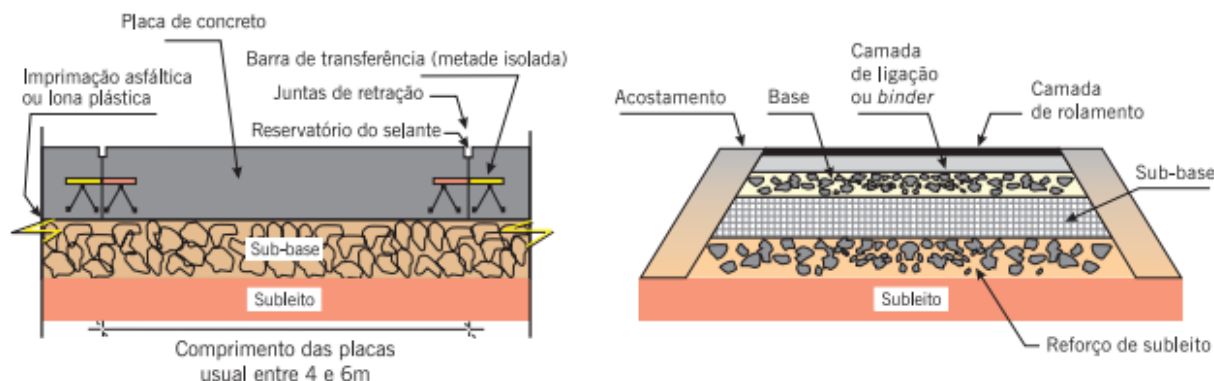
1.4 Delimitação do trabalho

Este trabalho limita-se ao estudo das manifestações patológicas da pavimentação asfáltica da Rua Hugo Corrêa Paes localizada no bairro da Gruta de Lourdes no município de Maceió no estado de Alagoas para fins de identificar os problemas e propor ações de manutenção para solucioná-los. Devido à ausência de equipamentos especializados, não serão realizadas avaliações estruturais mais aprofundadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Bernucci *et al.* (2008), pavimento pode ser definido como uma estrutura de múltiplas camadas com espessura finita que tem a finalidade de resistir aos esforços dinâmicos gerados pelo tráfego e proporcionar uma viagem com conforto e segurança aos usuários do sistema rodoviário. E ainda cumprir esses objetivos de maneira econômica. Os pavimentos podem ser classificados em flexível, semi-rígido e rígido. E são compostos por camadas de revestimento, base, sub-base, reforço de subleito e subleito. A Figura 2 ilustra as camadas de pavimentos rígidos e flexíveis.

Figura 2: Camadas para pavimentos rígidos e flexíveis.



Fonte: Bernucci *et al*, 2008.

A camada de revestimento, quando asfáltica (flexível e semi-rígido), pode ser dividida em capa e binder. A capa é a camada mais superior do pavimento e tem a função de trazer conforto no rolamento dos eixos dos veículos, resistir aos seus esforços e transmiti-los para as camadas mais abaixo. O binder serve para unir a capa e a base, a qual fica logo abaixo da camada de revestimento. Para essa camada normalmente é empregado o CA (Concreto Asfáltico) e entre as duas camadas de revestimento é utilizada emulsão asfáltica, no caso de pavimentos classificados como flexíveis. Para os pavimentos rígidos é empregada uma placa de concreto como camada de revestimento. (Bernucci *et al*, 2008)

A camada de base é comumente constituída por BGS (brita graduada simples) em pavimentos flexíveis e solo-cimento em pavimentos semi-rígidos e tem a função de resistir e transmitir os esforços vindos das camadas superiores (revestimento) para as camadas inferiores

(sub-base). Para esta camada também pode-se utilizar solo ou solo estabilizado, desde que o CBR seja acima de 80%, no caso de tráfego pesado, ou 60% para tráfego leve, segundo especificações do Manual de Pavimentação do DNIT. (DNIT, 2006a)

O ensaio CBR tem como objetivo a obtenção da expansão do solo e do principal parâmetro de resistência utilizado para obras de estradas, o Índice de Suporte California (ISC). Este relaciona em porcentagem a pressão padrão necessária para penetração na amostra de brita (a qual representa 100% do ISC) com a resistência à penetração da amostra de solo. O ensaio deve seguir os procedimentos preconizados na NBR 9895/2016 com no mínimo 5 corpos de prova, amostras não reutilizadas, deformadas e de material que passa na peneira de 19mm.

A camada de sub base fica logo abaixo da camada de base e funciona como transmissor de cargas dinâmicas vindas da base e dirigidas para o subleito ou para o reforço do pavimento. Para esta camada emprega-se solo de boa qualidade com CBR acima de 20%. (DNIT, 2006a)

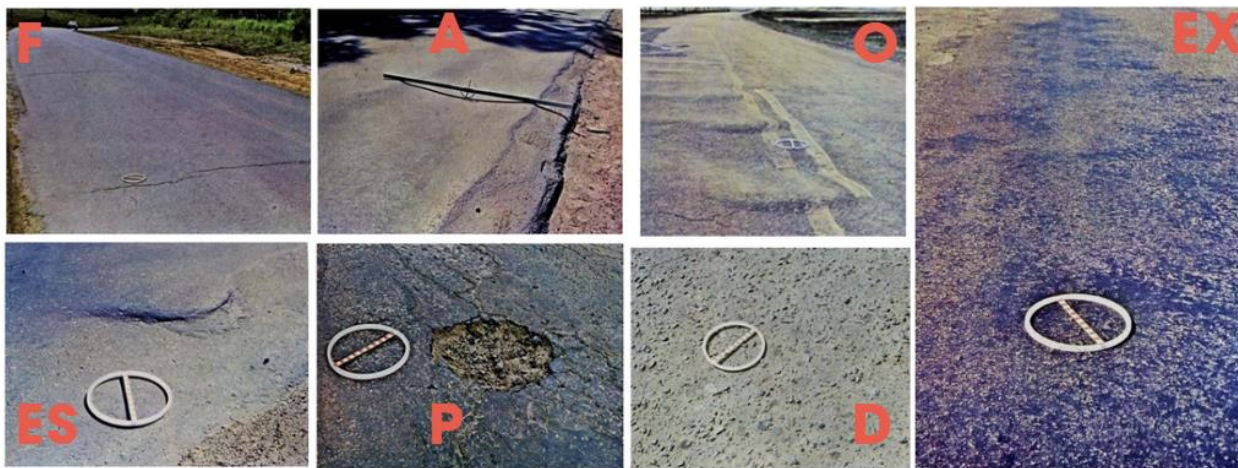
O subleito é a fundação da rodovia, todo o esforço dinâmico do tráfego é transmitido para o solo. Se este solo tiver um CBR menor 2, faz-se necessário adicionar um reforço ao subleito. (Senço, 1997)

Desta forma, pavimentos classificados como flexíveis são compostos pelas quatro camadas básicas: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço (se necessário). Os pavimentos semi-rígidos são compostos pelas camadas supracitadas, apenas com a diferença de terem em sua base ou sub-base um solo estabilizado quimicamente, com cal ou cimento Portland, por exemplo. Os pavimentos rígidos são compostos por uma camada de revestimento de concreto, sub-base e reforço quando necessário.

2.1 Defeitos nos Pavimentos

Segundo a norma DNIT 005/2003 – TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos - Terminologia, a qual define as terminologias utilizadas para referir-se a defeitos no pavimento asfáltico, estes podem se dividir em 7 tipos: fenda (F), afundamento (A), ondulação (O) ou corrugação, escorregamento (ES), exsudação (EX), desgaste (D) e panela/buraco (P). A Figura 3 mostra os defeitos possíveis nos pavimentos asfálticos.

Figura 3: Defeitos do pavimento asfáltico (F, A, O, ES, P, D, EX).



Fonte: Adaptado de DNIT, 2003a.

Fendas (F) são qualquer descontinuidade na superfície do pavimento e podem ser manifestadas como fissuras (na qual ainda não há problemas funcionais), trincas isoladas (transversal, longitudinal ou de retração) ou trincas interligadas (tipo “couro de jacaré” ou bloco). De acordo com o tamanho da abertura e se há ou não erosão nas bordas, as trincas podem ser classificadas em classes: FC-1, FC-2 e FC-3 (DNIT, 2003a). Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (2006), usualmente as fendas são geradas por ações conjuntas, como o tráfego com sua carga dinâmica de carregamento e alívio geram tensões de tração no interior do revestimento, variação da temperatura que promovem contração no revestimento e reflexão de trincas existentes em base solo-cimento.

- Afundamento (A) é a deformação permanente que pode se apresentar de maneira plástica ou consolidada. Ambos os tipos dividem-se dependendo da sua extensão, pode-se tê-los localizados (quando menor que 6 metros) ou ao longo das trilhas de roda (caso maior que 6 metros). Afundamento por consolidação é causado por densificação diferencial e o afundamento plástico ocorre devido à fluência plástica do revestimento asfáltico.
- Corrugação ou ondulação (O) é o movimento permanente e plástico do revestimento caracterizado por ondulações transversais e é causado principalmente por demasia da umidade no subleito, falta de estabilidade, contaminação e falta de aeração da mistura asfáltica.

- Escorregamento (ES) caracteriza-se pela movimentação do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, ocasionando fendas em formato de meia-lua e ocorre por falhas na pintura de ligação e construtivas.
- Exsudação (EX) geralmente decorre do excesso de ligante na massa asfáltica, o qual causa o surgimento deste ligante na superfície do pavimento, em forma de manchas escurecidas.
- Desgaste (D) ou desagregação é o efeito gradual de arrancamento do agregado, assim gera-se uma textura áspera no revestimento, a qual é causada pelos esforços de fricção gerados pelo tráfego. (DNIT, 2003a)
- Panela ou buraco (P) são cavidades no revestimento e são causados principalmente por trincas de fadiga, umidade demasiada do solo, desintegração pontual na superfície e deficiência na imprimação e na compactação
- Remendo (R), também usualmente chamado de “tapa buraco”, o qual pode ser superficial ou profundo (quando a panela é preenchida em uma ou mais camadas inferiores). (DNIT, 2003a)

A Figura 4 mostra a diferença da gravidade dos tipos de fenda (FC-1, FC-2 e FC3).

Figura 4: Tipos de fenda



Fonte: Adaptado de Bernucci *et al*, 2008; Autor, 2024.

2.2 Avaliação dos pavimentos flexíveis

A avaliação dos pavimentos flexíveis é essencial para monitorar seu desempenho e identificar a necessidade de intervenções antes que os danos se agravem, comprometendo a segurança e o conforto dos usuários. Para isso, técnicas de inspeção visual e ferramentas tecnológicas são comumente empregadas para diagnosticar o estado do pavimento e propor soluções de manutenção adequadas.

2.2.1 Avaliação Objetiva de Superfície – IGG

De acordo com Bernucci *et al.* (2008), para se obter um parâmetro de avaliação da superfície de pavimento flexível ou semi-rígido segue-se a norma DNIT 006/2003 – PRO (DNIT, 2003b), a qual estabelece um método para o cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG) e para um levantamento de ocorrências e defeitos de maneira sistemática. Calcula-se o IGG de maneira ponderada de acordo com a frequência de defeitos nos trechos amostrais e ainda levando em conta um fator de ponderação para cada tipo de defeito, estas duas considerações resultam em um Índice de Gravidade Individual (IGI). Com o somatório dos IGI, obtêm-se o IGG que tem o seu conceito definido pela Tabela 1.

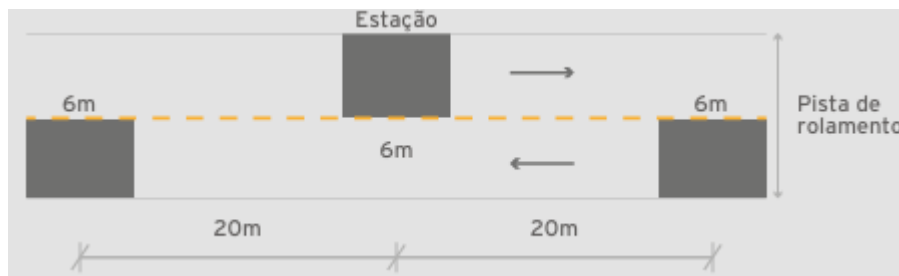
Tabela 1: Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.

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, 2003b.

Para a execução deste tipo de avaliação, localiza-se a superfície a ser avaliada em pista simples a cada 20 metros alternando entre o eixo da pista de rolamento e em pista dupla a cada 20 metros da faixa mais solicitada de cada pista, deve-se demarcar estes pontos e cada estação recebe um número referente a estaca ou distância. Devem ser pintados mais dois traços um 3 metros a montante e outro 3 metros a jusante da estaca e estes 6 metros de faixa serão a superfície avaliada. Dentro dessa faixa é preciso anotar em uma tabela a ocorrência de qualquer defeito, seguindo as definições da norma DNIT 005/2003 – TER, assim tem-se um inventário de ocorrências. Também dentro de cada faixa de avaliação devem ser medidas, utilizando a trelça de alumínio padronizada, em milímetro as flechas nas trilhas de roda interna e externa, anota-se o maior valor em cada trilha (DNIT, 2003b). A Figura 5 esquematiza a demarcação das áreas para avaliação.

Figura 5: Exemplo de demarcação de áreas para avaliação do IGG.



Fonte: CNT, 2017.

Ademais, para sistema de gestão de manutenção utiliza-se usualmente a norma DNIT 007/2003-PRO (DNIT, 2003c), acompanhada do cálculo o IGG e em seguida um levantamento estrutural para obter mais informação sobre o pavimento e optar por soluções melhor embasadas (Bernucci *et al.*, 2008).

2.2.2 Levantamento Visual Contínuo (LVC)

O levantamento visual contínuo é normatizado pelo DNIT 008/2003 (DNIT, 2003d) e consiste na avaliação funcional do pavimento em um automóvel a uma velocidade de 40 km/h com trechos a partir de 1 km até no máximo 6km. Conta com o cálculo do Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis (ICPF), do Índice de Gravidade Global Expedito e do Índice do Estado de Superfície do Pavimento (IES). O IGGE tem o método de cálculo parecido com o IGG, leva-se em conta a frequência e um coeficiente de ponderação de cada defeito. O ICPF é uma média dada por cada avaliador no momento do levantamento visual no trecho, podendo ser de 0 a 5 de acordo com a Tabela 2. O IES relaciona o IGGE e o ICPF, seu valor varia de 0 a 10 e é definido pela Tabela 3.

Tabela 2: Conceito ICPF.

CONCEITO	DESCRIÇÃO	ICPF
Ótimo	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	5 - 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas	4 - 3
Regular	CORREÇÃO DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO - pavimento trincado, com "panelas" e remendos pouco freqüentes e com irregularidade longitudinal ou transversal.	3 - 2
Ruim	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS - defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas - remendos superficiais ou profundos.	2 - 1
Péssimo	RECONSTRUÇÃO - defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas - infiltração de água e descompactação da base	1 - 0

Fonte: DNIT, 2003d.

Tabela 3: Conceito IES.

DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	ÓTIMO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	BOM
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	REGULAR
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	PÉSSIMO
$IGGE > 90$	10		

Fonte: DNIT, 2003d.

Este levantamento é efetuado in loco com o preenchimento de uma tabela preestabelecida pelos anexos da norma supracitada e deve conter informações como data, volume de tráfego diário, data do levantamento, extensão, frequência dos defeitos, quilometragem indicada no odômetro do veículo no início e no fim do trecho. Os resultados apresentam-se em uma tabela resumo ao final do levantamento.

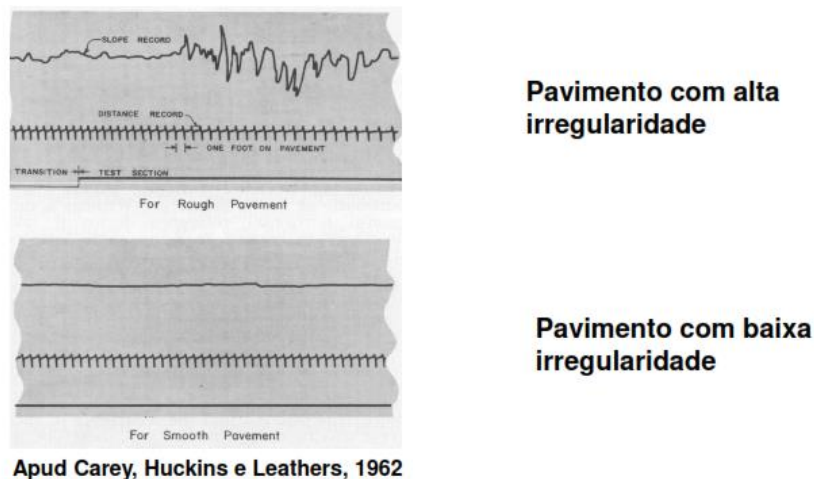
Apesar do IGGE e do ICPF serem consolidados pelo IES, os dois índices podem ser usados de maneira individual, servindo como indicadores do estado funcional do pavimento. Tem-se como exemplo desse tipo de uso individual por parte do DNIT do ICPF em substituição ao VSA como indicador de serventia do pavimento (CNT, 2017).

2.2.3 Irregularidade longitudinal

A irregularidade longitudinal define-se como os desvios da superfície do pavimento em relação a superfície de projeto ou de referência, a qual afeta a qualidade de rolamento, a dinâmica dos veículos, as cargas dinâmicas provocadas pelos veículos e a drenagem da via (ASTM E867, 1997).

Existe um índice para medir esta característica viária, o IRI – *Internacional Roughness Index* ou Índice de Irregularidade Internacional, o qual é estabelecido como referência internacionalmente, relaciona-se ou é transferível para diversos sistemas de medição e cuja medida é dada em m/km. É o índice mais frequentemente utilizado pelo DNIT e o mais relevante para o desempenho funcional, isso se deve à sua relação com a dinâmica dos veículos em movimento prejudicada, causa-se desgaste e, conseqüentemente, os custos operacionais aumentam (DNIT, 2006). A Figura 6 apresenta exemplos da diferença entre IRI de pavimentos medidos com um perfilômetro da AASHO.

Figura 6: Exemplo de registro do perfil longitudinal com alta e baixa irregularidade.



Fonte: Carey Huckings e Leathers, 1962.

Consoante ao Manual de Restauração do DNIT (2006), a medição da irregularidade longitudinal pode ser dividida em quatro tipos de sistemas: sistemas de medidas diretas do perfil, sistemas de medidas indiretas do perfil, sistemas baseados na reação do veículo (Sistemas medidores tipo resposta) e sistemas de medida com sonda sem contato. O sistema mais utilizado no Brasil e internacionalmente é o sistema tipo resposta, o qual se baseiam na do veículo de passeio ou reboques reação às condições da superfície ao transitar na faixa de rolamento da via a uma determinada velocidade. Logo, o funcionamento do sistema depende de características da suspensão e dos pneumáticos do veículo em uso e é necessário fazer um procedimento de calibração para que os resultados obtidos sejam válidos e possam ser reproduzidos e comparados.

A Tabela 4 mostra um exemplo de adequação dos parâmetros de irregularidade, compara as escalas de IRI do HDM-4 e DNIT. *Highway Development and Management model* (HDM-4) ou Modelo de desenvolvimento e gestão de estradas é uma escala utilizada pelo Banco Mundial e a escala utilizada no Brasil é a do DNIT.

Tabela 4: Comparativo HDM-4 e DNIT (2011)

Condições de Trafegabilidade	HDM-4 (m/km)	(DNIT, 2011) (m/km)
Boa	$IRI \leq 2$	$IRI \leq 2,7$
Regular	$2 < IRI \leq 4$	$2,7 < IRI \leq 3,5$
Ruim	$4 \leq IRI \leq 6$	$3,5 < IRI \leq 5,5$
Péssimo	$6 < IRI$	$5,5 < IRI$

Fonte: Almeida, 2018.

2.2.4 Outras avaliações

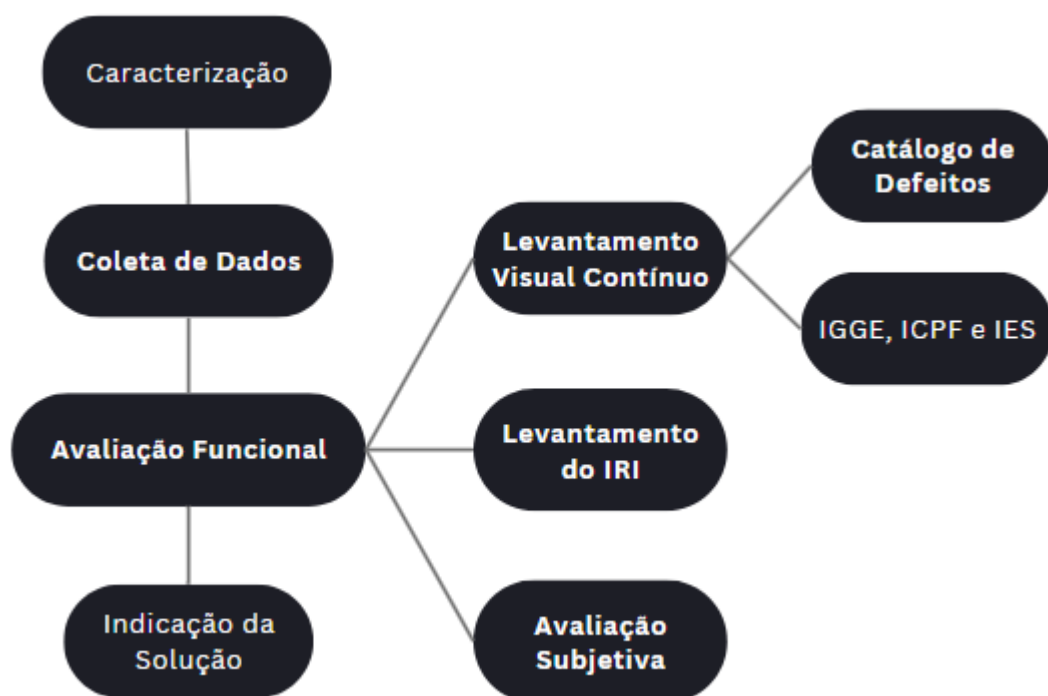
Para a avaliação em relação ao conforto e à suavidade do pavimento, utiliza-se o DNIT 009/2003-PRO (DNIT, 2003e), deve ser feita por pelo menos cinco avaliadores e consiste na média aritmética das cinco notas, cujos valores variam entre 0 (para péssimo) e 5 (ótimo). Este levantamento é uma maneira mais subjetiva de avaliar a funcionalidade do pavimento e depende da percepção individual do usuário do pavimento.

Além disso, para avaliar o pavimento estruturalmente há dois tipos de abordagem, uma destrutiva, na qual coleta-se amostras de cada camada do pavimento e estas são encaminhadas para laboratório para obtenção de parâmetros como o CBR, e outra não destrutiva, na qual basicamente são medidas as deflexões do pavimento. Através de relações elásticas dos materiais e de retroanálise dos dados com auxílio computacional e de aparelhagem devida para medição são encontrados parâmetros mecânicos do pavimento (CNT, 2017).

3 MÉTODO

O método deste trabalho dar-se-á pela caracterização da via, levantamento de dados de tráfego existentes, avaliação funcional da via e apontamento de solução adequada. A Figura 7 esquematiza as etapas deste trabalho em um fluxograma.

Figura 7: Fluxograma das etapas.



Fonte: Autor, 2024.

3.1 Caracterização

A caracterização da via urbana a ser analisada, contará com mapa de localização, extensão, característica físicas das camadas do pavimento (se possível identificar), características funcionais e pontos de referência relevantes.

3.2 Coleta de dados

Levantamento de dados existentes da via, como volume médio diário. E estudos de tráfegos para a cidade de Maceió. Se não houver, utilizar parâmetros de número N do DER-SP para vias locais ou coletoras de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5: Classificação das vias e parâmetros 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

N = valor obtido com uma taxa de crescimento de 5% ao ano, durante o período de projeto.

Fonte: Prefeitura de São Paulo - IP – 02, 2004.

3.3 Avaliação Funcional

A avaliação seguiu a norma DNIT 008/2003 – PRO, fazendo um levantamento visual contínuo (LVC), o qual ocorre em um veículo a 40km/h e a via de pista simples tem suas duas faixas de rolamento analisadas em uma só passagem. Obtêm-se o parâmetro ICPF com base na opinião do avaliador em relação à qual medida deve ser aplicada da Tabela 2. O IGGE é obtido através do Anexo B e Anexo C da norma (Anexos A e B deste trabalho), nos quais são levantadas a frequência (alta, média ou baixa, em conformidade com a Tabela 6 e 7) com que os defeitos ocorrem no trecho da via e assim o índice é calculado considerando um peso para cada tipo de defeito através da seguinte fórmula:

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

Onde:

- (Ft x Pt) = Frequência e Peso do conjunto de trincas t;

- $(Poap \times Foap)$ = Freqüência e Peso do conjunto de deformações;
- $(Ppr \times Fpr)$ = Freqüência (quantidade por km) e Peso do conjunto de panelas e remendos.

Tabela 6: Determinação do Índice de Gravidade.

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

Fonte: DNIT, 2003d.

Tabela 7: Pesos para cálculo.

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

Fonte: DNIT, 2003d.

Encontra-se o IES com a relação entre o IGGE e o ICPF conforme a Tabela 3. Os resultados da norma são apresentados em uma tabela resumo, Anexo D da norma (Anexo C deste trabalho).

Ademais, existiu um complemento dos índices citados acima com indicadores subjetivos de conforto e suavidade da via seguindo a norma DNIT 009/2003 – PRO, na qual os avaliadores percorrem o trecho e atribuem uma nota de 0 a 5, respectivamente de péssimo a ótimo, conforme

as suas experiências individuais de forma subjetiva. O resultado é a média aritmética do valor atribuído por cada avaliador, chamado de Valor de Serventia Atual (VSA).

Além disso, foi medido o IRI por meio de um aplicativo de smartphone chamado *SmartIRI*. O app foi desenvolvido como um estudo de dissertação de mestrado por Almeida (2018) na Universidade Federal do Ceará e posteriormente melhor calibrado por Magalhães (2019). O aplicativo usa o acelerômetro e GPS do aparelho para conseguir medir o parâmetro de irregularidade. O procedimento consiste em apoiar o smartphone no para-brisa do carro e percorrer o trajeto a ser estudado com o aplicativo fazendo a leitura da aceleração vertical, com isso gera-se um mapa georreferenciado e o IRI do APP. O aplicativo foi calibrado para trabalhar com uma velocidade entre 60km/h a 100km/h em um veículo modelo HB20 ou similar. A Tabela 8 mostra a classificação utilizada pelo APP e a Figura 8 mostra a disposição do aplicativo no smartphone no momento do levantamento.

Tabela 8: Classificação proposta pelo SmartIRI.

Condições de Trafegabilidade	HDM-4 (m/km)	Condições de Trafegabilidade	SmartIRI (m/km)	Legenda de Cores
Boa	$IRI \leq 2$	Excelente	$0 < IRI < 2$	
Regular	$2 < IRI \leq 4$	Boa	$2 \leq IRI < 4$	
Ruim	$4 \leq IRI \leq 6$	Regular	$4 \leq IRI < 6$	
Péssimo	$6 < IRI$	Ruim	$6 \leq IRI$	

Fonte: Almeida, 2018.

Figura 8: Tela inicial de medição do APP SmartIRI.



Fonte: Autor, 2024.

3.4 Indicação de Intervenção

Com base nos dados levantados e diagnóstico determinado, foi sugerida uma solução de intervenção na pavimentação com base no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT, em projetos base CREMA (Contrato de Restauração e Manutenção) e na literatura.

4 CARACTERIZAÇÃO DA VIA

A Rua Hugo Corrêa Paes está localizada no município de Maceió no bairro da Gruta de Lourdes, CEP 57052-827. Tem extensão de 1,037km no qual 782m é pavimentado com revestimento asfáltico e 255m é composto por pavimento intertravado (Figura 10 e 13 apresentam a faixa de transição entre os dois tipos). É composta por duas faixas de rolamento de aproximadamente 4m cada, mas sem sinalização horizontal para definir separação entre as faixas.

A rua apresenta características de uma via coletora secundária no trecho de pavimento asfáltico e como local no trecho de intertravado, está ligada ortogonalmente com a principal via arterial da cidade de Maceió (Avenida Fernandes Lima), conta com alguns pontos relevantes como um hospital, dois supermercados, duas escolas, um banco, quatro clínicas médicas e futuramente um centro médico de grande porte. As Figuras 9, 10, 11 e 12 representam essas características da via no ano de 2024.

Figura 9: Mapa de localização da Rua dentro do Bairro da Gruta.



Fonte: Google Earth, 2024.

Figura 10: Perfil de elevação da via estudada.



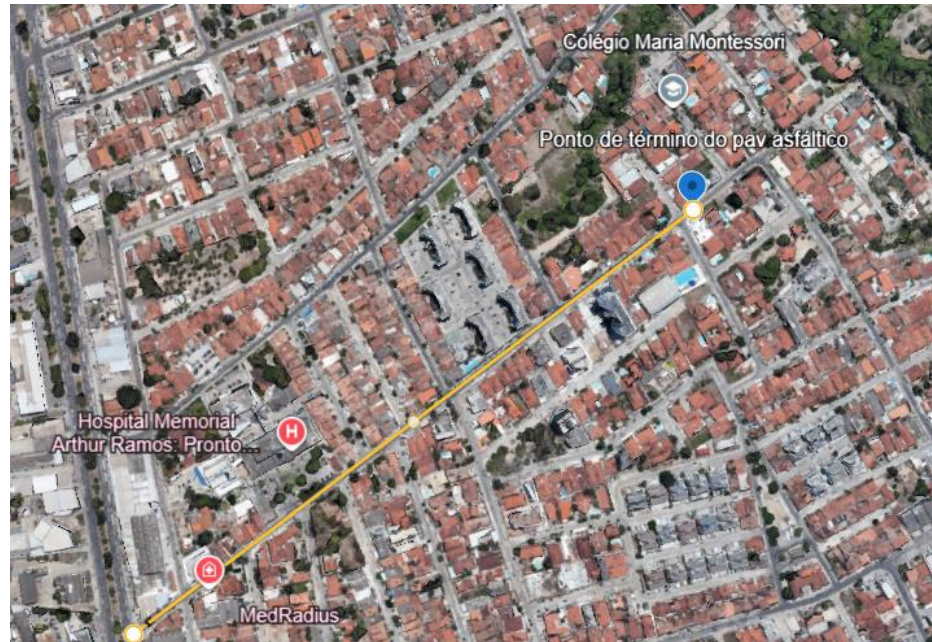
Fonte: Google Earth, 2024.

Figura 11: Execução de pavimento asfáltico no trecho de transição entre pavimentação asfáltica e intertravado da via estudada.



Fonte: Google Street View, 2022.

Figura 12: Destaque no mapa do local no qual termina o revestimento asfáltico e começa o revestimento intertravado.



Fonte: Google Earth, 2024.

Figura 13: Início da via (ponto de ligação com a Av. Fernandes Lima) (05/03/2024).



Fonte: Autor, 2024.

Com as figuras de 14 a 17, observa-se a diversidade de patologias encontradas na via. Na Figura 15 é possível observar um remendo longitudinal contínuo, segue durante toda a via, ocorre devido à infraestrutura da rede coletora de esgoto instalada no bairro. Isso acarreta ondulações, afundamento e irregularidade por todo o percurso, como por exemplo a figura 10 na qual vê-se o afundamento ou a deficiência de abaulamento influenciando no acúmulo de água na linha de trilho de roda e prejudicando a drenagem.

Figura 14: Transição de pavimento asfáltico para intertravado.



Fonte: Autor, 2024.

Figura 15: Trincas interligadas tipo couro de jacaré e remendo.



Fonte: Autor, 2024.

Figura 16: Panela, afundamento e desgaste.



Fonte: Autor, 2024.

Figura 17: Trincas interligadas tipo couro de jacaré com erosão.



Fonte: Autor, 2024.

É complexa a pavimentação e manutenção de vias urbanas e na via estudada em questão isso pode ser facilmente relatado pela presença no mesmo espaço de infraestrutura de eletricidade, de drenagem urbana, de distribuição de água, de gás canalizado e rede de coleta de esgoto. Com qualquer vazamento em alguma das tubulações enterradas que estão sob a via, existe uma consequência na estrutura de suporte do pavimento. Isto fica evidenciado na Figura 18, a qual mostra a composição de uma parte da via, constituída por revestimento de CA na camada mais superficial, pavimento intertravado em blocos de concreto, uma camada de areia para o assentamento do intertravado e o solo natural visualmente argiloso como uma camada de suporte de base.

Para Bertollo (1997), a abertura e fechamento de valas, principalmente de água e esgoto, por concessionária de serviços públicos acarreta em diversos problemas à pavimentação, pode-se citar de exemplo a diferença de nível entre a camada do pavimento reconstituído e o original ou mesmo o possível recalque da área reconstituída, por conta do adensamento da camada de solo de reaterro. Ambos problemas são percebidos ao longo da via, principalmente em relação à vala aberta e fechada para a instalação da rede coletora de esgoto e seus coletores prediais, isto reflete-se no

pouco conforto de rolamento que existe ao se trafegar no local devido à amalgama de intervenções no pavimento.

O vazamento da rede coletora de esgoto sanitário é um problema recorrente na via e causa a aparição dessas aberturas no pavimento (Figura 17), estas desgastam e lixiviam a base do pavimento. É possível observar que a Figura 10 e a Figura 17 apresentam o mesmo trecho da via em anos diferentes, ou seja, apenas 2 anos após o remendo fez-se necessário outra intervenção por parte da empresa que opera a coleta de esgoto no intuito de fazer cessar o vazamento e recuperar a toda a estrutura de suporte e revestimento do trecho.

Figura 18: Vazamento da rede coletora de esgoto em outubro de 2024.



Fonte: Autor, 2024.

Figura 19: Camadas do pavimento.



Fonte: Autor, 2024.

A Figura 20 mostra a velocidade limite estabelecida na via, portanto, pelo artigo 61 inciso primeiro do Código de Trânsito Brasileiro (Lei 9503, 1997), o qual define as velocidades máximas permitidas de acordo com os tipos de via, suas características e técnicas e condições de trânsito, as vias locais tem como limite de velocidade 30 km/h. No entanto, a velocidade limite pode ter sido diminuída devido à presença do Hospital Arthur Ramos. Ademais, pela Tabela 5 pode-se inferir que uma via local e coletora estudada possui um tráfego médio previsto e tem seu número N característico 5×10^5 e um tempo de projeto de 10 anos.

Figura 20: Velocidade limite da via.



Fonte: Google Street View, 2024.

Apesar de se tratar de uma via coletora e local, a rua em questão desempenha um papel fundamental por ser conectada com a principal via arterial da cidade e apresenta grande movimento com os centros médicos e escolas. Além disso, é cortada pelas vias coletoras que foram pensadas como alternativa paralela à Av. Fernandes Lima conhecido como Eixo quartel (Rua Ranildo Cavalcante e Rua Dr. Sebastião da Hora).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do experimento de LVC apresentar-se-ão em tabelas segundo os anexos B, C e D da norma DNIT 005/2003(Anexos A, B e C deste trabalho), as quais contém um formulário para o LCV, o cálculo do IGGE e um quadro resumo. Além disso, o VSA é apresentado associado à tabela resumo.

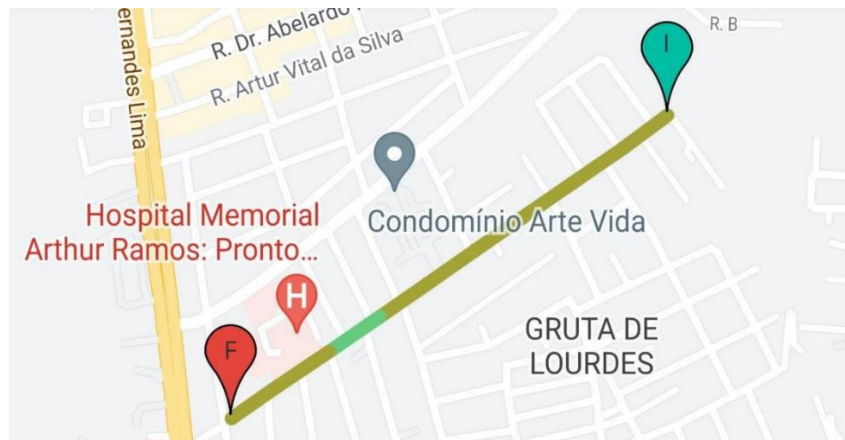
Os resultados do levantamento do IRI são dados pelo app SmartIRI por meio de um mapa (Figuras 21 e 22) e tabelas (Tabelas 9 e 10) para cada trecho de 100 metros que contém velocidade, classificação georreferenciamento e IRI médio. Após isso, é possível fazer um resumo com as médias dos valores.

Figura 21: Mapa levantamento IRI iniciando na Av. Fernandes Lima.



Fonte: SmartIRI, 2024.

Figura 22: Mapa levantamento IRI finalizando na Av. Fernandes Lima.



Fonte: SmartIRI, 2024.

Tabela 9: Levantamento IRI iniciando na Av. Fernandes Lima.

Trecho 1		Trecho 4		Trecho 7	
Velocidade	16,33 km/h	Velocidade	29,16 km/h	Velocidade	39,22 km/h
Classificação	Regular	Classificação	Regular	Classificação	Regular
Latitude Inicial	-9,6222593	Latitude Inicial	-9,6206284	Latitude Inicial	-9,6189713
Longitude Inicial	-35,7384846	Longitude Inicial	-35,7360784	Longitude Inicial	-35,7337464
Latitude Final	-9,6216881	Latitude Final	-9,6201088	Latitude Final	-9,6184828
Longitude Final	-35,7377072	Longitude Final	-35,735326	Longitude Final	-35,7329806
Distância	107m	Distância	100m	Distância	100m
IRI médio	4,287	IRI médio	4,077	IRI médio	4,117
Trecho 2		Trecho 5		Trecho 8	
Velocidade	32,27 km/h	Velocidade	27,46 km/h	Velocidade	39,2 km/h
Classificação	Regular	Classificação	Regular	Classificação	Regular
Latitude Inicial	-9,6216881	Latitude Inicial	-9,6201088	Latitude Inicial	-9,6184828
Longitude Inicial	-35,7377072	Longitude Inicial	-35,735326	Longitude Inicial	-35,7329806
Latitude Final	-9,6211653	Latitude Final	-9,6195506	Latitude Final	-9,6179051
Longitude Final	-35,7369212	Longitude Final	-35,7345488	Longitude Final	-35,7321523
Distância	103m	Distância	105m	Distância	111m
IRI médio	4,375	IRI médio	4,227	IRI médio	4,402
Trecho 3		Trecho 6		Trecho 9	
Velocidade	38,0 km/h	Velocidade	36,2 km/h	Velocidade	39,55 km/h
Classificação	Regular	Classificação	Regular	Classificação	Regular
Latitude Inicial	-9,6211653	Latitude Inicial	-9,6195506	Latitude Inicial	-9,6179051
Longitude Inicial	-35,7369212	Longitude Inicial	-35,7345488	Longitude Inicial	-35,7321523
Latitude Final	-9,6206284	Latitude Final	-9,6189713	Latitude Final	-9,6173989
Longitude Final	-35,7360784	Longitude Final	-35,7337464	Longitude Final	-35,7313926
Distância	109m	Distância	108m	Distância	100m
IRI médio	4,230	IRI médio	4,409	IRI médio	4,438

Tabela 10: Levantamento IRI finalizando na Av. Fernandes Lima.

Trecho 1		Trecho 4		Trecho 7	
Velocidade	19,75 km/h	Velocidade	29,83 km/h	Velocidade	38,7 km/h
Classificação	Regular	Classificação	Regular	Classificação	Bom
Latitude Inicial	-9,6170458	Latitude Inicial	-9,61868	Latitude Inicial	-9,6202539
Longitude Inicial	-35,7309443	Longitude Inicial	-35,7332964	Longitude Inicial	-35,7355938
Latitude Final	-9,6175746	Latitude Final	-9,6192019	Latitude Final	-9,6208102
Longitude Final	-35,7316684	Longitude Final	-35,7340619	Longitude Final	-35,7364117
Distância	100m	Distância	101m	Distância	108m
IRI médio	4,574	IRI médio	4,696	IRI médio	3,947
Trecho 2		Trecho 5		Trecho 8	
Velocidade	38,6 km/h	Velocidade	30,33 km/h	Velocidade	48,5 km/h
Classificação	Regular	Classificação	Regular	Classificação	Regular
Latitude Inicial	-9,6175746	Latitude Inicial	-9,6192019	Latitude Inicial	-9,6208102
Longitude Inicial	-35,7316684	Longitude Inicial	-35,7340619	Longitude Inicial	-35,7364117
Latitude Final	-9,6181298	Latitude Final	-9,6197332	Latitude Final	-9,6213555
Longitude Final	-35,732489	Longitude Final	-35,7348316	Longitude Final	-35,7372389
Distância	109m	Distância	102m	Distância	109m
IRI médio	4,487	IRI médio	4,287	IRI médio	4,22
Trecho 3		Trecho 6		Trecho 9	
Velocidade	29,38 km/h	Velocidade	20,82 km/h	Velocidade	36 km/h
Classificação	Regular	Classificação	Regular	Classificação	Regular
Latitude Inicial	-9,6181298	Latitude Inicial	-9,6197332	Latitude Inicial	-9,6213555
Longitude Inicial	-35,732489	Longitude Inicial	-35,7348316	Longitude Inicial	-35,7372389
Latitude Final	-9,61868	Latitude Final	-9,6202539	Latitude Final	-9,6218763
Longitude Final	-35,7332964	Longitude Final	-35,7355938	Longitude Final	-35,7379937
Distância	107m	Distância	101m	Distância	100m
IRI médio	4,466	IRI médio	4,205	IRI médio	4,825

Com isso, o trecho do levantamento considerando a faixa de rolamento iniciado na Av. Fernandes Lima tem a média do IRI de 4,287 e pode ser classificado como regular segundo o critério do aplicativo *SmartIRI*, o qual segue a escala apresentada na Tabela 8. O trecho finalizado na avenida arterial de Maceió tem a média do IRI de 4,412 também pode ser classificado como regular segundo o aplicativo. Considerando os dois trechos o IRI médio total é de 4,35. Todavia, a velocidade média do levantamento foi de 31,24km/h, uma velocidade muito baixa para o levantamento. Isso ocorreu devido ao fato de a via ser local e coletora e ter dois cruzamentos nos quais faz-se necessário parar ou reduzir a velocidade do veículo. O APP é calibrado para ter seu IRI calculado em velocidade próximas a 60km/h, ou seja, os resultados obtidos não foram representativos e seriam ainda maiores se fossem obtidos a uma velocidade adequada.

Segundo os critérios do Manual de Recuperação de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006a) apresentados na Tabela 11, as duas faixas do pavimento encontram-se em estado ruim. Além disso, pelo IRI obtido é possível relacioná-lo a outro índice relevante através da equação $QI=13 \text{ IRI}$, onde QI é o Quociente de Irregularidade (DNIT, 2006a). Logo, o QI do pavimento estudado é de 56,54, considerado como ruim segundo a Tabela 11.

Tabela 11: Conceito de índices de avaliação do pavimento.

Conceito	Irregularidade		ICPF	IGG	TR
	QI (cont./km)	IRI (m/km)			
Excelente	13-25	1-1,9	5-4	0 – 20	0 - 2
Bom	25-35	1,9 - 2,7	4-3	20 – 40	2 - 5
Regular	35-45	2,7 - 3,5	3-2	40 – 80	5 - 10
Ruim	45-60	3,5 - 4,6	2-1	80 – 160	10 - 25
Péssimo	> 60	> 4,6	1-0	> 160	> 25

Fonte: DNIT, (2006a).

Tabela 12: Resultado do levantamento visual contínuo.

MT																			Folha 1	
DNIT																			de 3	
Código PNV Trecho do PNV	Ext. PNV _____ Ext. EXEC _____ UNIT _____ Nº PISTA/LADO _____ MÊS/ANO _____																			
	Largura da Pista: 4 m																			
	Largura do Acostamento: 0																			
	Início _____ MR Nº _____ Fim _____ VMD _____ MR Nº _____																			
SEGMENTO				FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)										I C P F			INF.COMPLEMENTARES			OBSERVAÇÕES
Nº DO SEG	ODÔMETRO/KM		Ext	P	TRINCAS			R	DEFOR- MAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			REV	ESP	IDADE				
	INÍCIO	FIM			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E			ORIG	REST			
1	0	1	1	A	A	M		A	A	A	M			2	CA					
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 de Jacaré E – Escorregamento do revestimento betuminoso R – Remendo ESP – Espessura do Revestimento TB – Trinca em Bloco ICPF – Índice de Condições MR – Marco Rodoviário ORIG – Idade do Pav. Original																				

Fonte: Adaptado de DNIT, (2003d).

Tabela 13: Cálculo do IGGE.

MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS IGGE - ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO (CÁLCULO)											Folha 2 de 3	
Código PNV _____ Ext. PNV _____ UNIT _____ Nº PISTA/LADO _____ MÊS/ANO _____ Largura da Pista: 4m Largura do Acostamento: 0m Trecho do PNV Início _____ MR Nº _____ Fim _____ VMD _____ MR Nº _____													
SEGMENTO				TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			(F _t x P _t) +
Nº do Seg	Km Início	Km Fim	Extensão	F _t %	P _t	F _t x P _t	F _{oap} %	P _{oap}	F _{oap} x P _{oap}	F _{pr} nº	P _{pr}	F _{pr} x P _{pr}	(F _{oap} x P _{oap}) + (F _{pr} x P _{pr}) = IGGE
1	0	1	1km	30	0,45	12	75	1,00	75	27	1,00	27	114

Fonte: Adaptado de DNIT, (2003d).

Pela Tabela 3, é possível caracterizar o IES como sendo código E conceito 10. Isso ocorre principalmente pelo peso das panelas e do remendo que implicam que o pavimento chegou ao seu limite e teve que ser substituído por um trecho novo de CA. Ademais, existe a definição do ICPF com base na percepção do autor no momento do LVC e na Tabela 2, o qual classificou-se como 2 ou seja, conceito ruim, por causa dos defeitos generalizados e correções prévias. Seguindo a mesma premissa do índice definido acima, o VSA também foi classificado como 2, este é subjetivo e está intrínseco com a experiência do avaliador (no caso o próprio autor) e sua percepção do conforto ao trafegar pela rua. A Tabela 15 apresenta um resumo de todos os índices obtidos nos levantamentos desse trabalho.

Tabela 14: Quadro resumo LVC.

MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS								Folha 3
	RESULTADOS DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO								de 3
Código PNV _____ Ext. PNV _____ UNIT _____ Nº PISTA/LADO _____ MÊS/ANO _____ Início _____ MR Nº _____ Trecho do PNV _____ Fim _____ VMD _____ MR Nº _____									
Nº do Seg	SEGMENTO			RESULTADOS					
	Km Início	Km Fim	Extensão	ICPF	IGGE	IES			OBSERVAÇÕES
						Valor	Cód.	Conceito	
1	0	1	1	2	114	10	E	PÉSSIMO	

Fonte: Adaptado de DNIT, (2003d).

Tabela 15: Resumo dos índices obtidos.

Índice	Valor Obtido	Conceito
IRI	4,34	Ruim
IGGE	114	Péssimo
ICPF	2	Ruim
IES	10	Péssimo
VSA	2	Ruim

Fonte: Autor, 2024.

Portanto, faz-se necessário uma intervenção para o revestimento da via estudada. De acordo com Bernucci *et al.* (2008, p.467), para ruas com a irregularidade longitudinal elevada como principal defeito, deve-se recorrer ao Concreto Asfáltico (CA), padronizado pela norma DNIT 031/2024 - ES. Se o defeito fosse apenas de trincas isoladas, seria recomendado o emprego de tratamento superficial simples ou duplo para a selagem das trincas e a restauração da aderência superficial.

Não obstante, o trecho da via destacado na Figura 13 não tem uma estrutura padrão de pavimento flexível, a via tinha um revestimento intertravado e foi implantado uma camada de CA. Se o tráfego for considerado como médio, a realização dessa solução não é recomendada. O ideal seria ter removido os blocos, a camada de areia e realizado as camadas de sub-base, base e revestimento asfáltico, qualquer intervenção apenas no revestimento terá pouca vida útil, pois as camadas inferiores não foram projetadas para o tráfego existente no local.

Para os projetos CREMA (Contrato de Restauração e Manutenção) do DNIT, nos procedimentos de elaboração desses projetos devem-se considerar como soluções a serem aplicadas para o caso de alta irregularidade os procedimentos evidenciados na Tabela 16, a qual mostra as patologias e suas respectivas soluções de acordo com o procedimento para elaboração de projetos CREMA.

Tabela 16: Soluções de acordo com projetos CREMA

Patologia	Solução a ser aplicada
Trincamento da camada existente é acentuado, podendo causar reflexão de trincas na nova camada a ser aplicada	Selagem de trincas, ou capa selante a ser aplicada
Revestimento em boas condições	Lama asfáltica para rejuvenescimento
Revestimento em condições regulares	Micro revestimento para rejuvenescimento
Trilhas de roda de consolidação da estrutura ou irregularidade elevada	Reperfilagem (CA massa fina $e=1,5$ cm) a ser executada com motoniveladora
Trincamento tipos FC-2, FC- 3, instabilidade de massa, irregularidade elevada ou trilha de roda ocasionada por instabilidade de massa	Fresagem e reposição de CA
Trechos com tráfego com VMD até 2000	TSD preferencialmente com polímero
Eliminação de irregularidade elevada ou reforço	CA, sem polímero, para reposição de revestimento fresado
Casos excepcionais de tráfego extremamente elevado e a critério do DNIT	CA, com polímero
Deformações acentuadas, IGG elevado, IRI muito elevado ou desestruturação da base sem contaminação	· Reciclagem de base (em princípio o revestimento a ser utilizado na primeira etapa será TSD para tráfego médio a baixo e TSD com polímero para tráfego elevado, devendo o CBUQ ser aplicado, numa segunda etapa com uma defasagem em torno de 6 meses após a execução do TSD)
Pavimento destruído, base remanescente insuficiente ou baixa capacidade de suporte da estrutura	Reconstrução (em princípio o revestimento a ser utilizado na primeira etapa será TSD para tráfego médio a baixo e TSD com polímero para tráfego elevado, devendo o CBUQ ser aplicado numa segunda etapa com uma defasagem em torno de 6 meses após a execução do TSD)
Regra geral	Revestimento dos acostamentos será com Tratamento Superficial Duplo, sem polímero

Fonte: Adaptado de Projeto Básico Programa CREMA (Rodovia BR-230-PI, Lote 2), 2014.

Deste modo, recomenda-se a execução de fresagem do pavimento seguido de aplicação de CA para recuperação e regularização de todo pavimento, devido a irregularidade elevada e a mescla de pavimentação existente na via. A fresagem faz-se necessária devido a impossibilidade de a camada de revestimento ser superior a guia de meio fio no caso de locais urbanos, o CA deve ser executado seguindo a Especificação de Serviço do DNIT 031/2024.

No trecho em que existe a mistura de intertravado e CA, é ideal a reestruturação das camadas para a adequação ao tráfego com características coletoras. No caso, seria adequado executar uma camada de sub-base, base e de revestimento, utilizando CA. Além disso, é interessante refazer a sinalização horizontal da via, trazendo mais segurança para seus usuários, principalmente de no que se diz respeito aos cruzamentos com as Ruas Doutor Sebastião da Hora e Ranildo Cavalcante.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destarte, a condição do pavimento afeta a segurança, o conforto e a qualidade de vida de quem o utiliza, deve-se, assim, ser primordial a manutenção da boa condição da camada de rolamento dos pavimentos. No entanto, no Brasil observa-se uma infraestrutura de transporte rodoviário é precária e mal gerida em relação à manutenção de qualidade. No ambiente urbano, essa tarefa torna-se mais complexa devido à grande quantidade de condicionantes para um projeto de pavimentação.

A via local no estudo em questão apresentou um número diverso de patologias em seu revestimento, como trincas isolada, trincas interligadas do tipo couro de jacaré com e sem erosão, afundamentos, placas e principalmente remendos. Este último encontra-se presente em toda a via de maneira longitudinal devido a abertura de vala por parte da empresa concessionária de esgoto e também de maneira transversal com as ligações prediais das residências à rede coletora de esgoto, com isso, afeta-se bastante a qualidade de rolamento do pavimento causando desconforto.

O desconforto pode ser traduzido pela obtenção de um elevado IRI médio de 4,35 no levantamento do estudo, bem como, pôde ser observado e sentido no processo do LVC e registrado com o valor calculado do IGGE altíssimo de 114, conceito péssimo em consequência principalmente a na via haver um número elevado de remendos. Com isso, conceitua-se o péssimo o estado do pavimento superficial e estes valores também estão relacionados com o VSA que é obtido de forma subjetiva que no caso classificou como sendo 2, significando um pavimento com a superfície em estado ruim, ou seja, desconfortável para trafegar.

Deste modo, recomenda-se uma manutenção corretiva na pavimentação Rua Hugo Corrêa Paes de modo a sanar os problemas de conforto e segurança da via através da fresagem do pavimento existente seguida da execução de uma nova camada de revestimento de Concreto Asfáltico regularizando os desníveis, o abaulamento e eliminando as patologias. Ademais, a revitalização da sinalização horizontal da via é essencial para melhorar a segurança viária. Seria ideal, nos trechos de mescla de pavimentos intertravado com revestimento em CA, a execução de toda uma nova sub-base, base e revestimento para a via, seguindo parâmetros de tráfego certos e características mecânicas adequadas para novas camadas. No entanto, devido às limitações do trabalho não foi

possível realizar os levantamentos estruturais necessários para realizar um projeto bem definido para as novas camadas e reestruturação do pavimento da rua.

Pela experiência do autor ao utilizar a via corriqueiramente, é possível afirmar que a falta de qualidade do pavimento via afeta o conforto e a segurança de quem a utiliza. O autor tenta evitar transitar pela própria, procurando soluções alternativas no bairro que tenham um pavimento em melhores condições, mesmo percorrendo um trajeto maior. Já que devido às irregularidades, faz-se necessário reduzir a velocidade ao se transitar pela via para não causar desconforto demasiado durante o trajeto. Logo, a realização deste trabalho é de extrema importância para o esclarecimento do autor e pode servir como parâmetro para uma possível tomada de decisão de órgãos competentes para a manutenção da via referida ou de vias adjacentes do bairro no qual o trabalho foi realizado.

Como sugestão para trabalhos futuros, tem-se a ideia de analisar a via de uma maneira estrutural extraíndo corpos de prova *in loco* e levá-los ao laboratório para saber de fato a composição das camadas inferiores ao revestimento e suas características mecânicas (como módulo de resiliência) e físicas, assim seria possível analisar se está correta a capacidade de resistir ao tráfego e se não estiver planejar um reforço ou uma completa nova pavimentação de maneira precisa.

7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.C. **Aplicativo para smartphone destinado à medição da irregularidade longitudinal em rodovias**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: 2018.

ASTM – American Society for Testing Materials. **ASTM E 867 – 97 – Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems**. In: Annual Book of ASTM Standards, 1997.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás; Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto, 2008.

BERTOLLO, S. A. M. **Considerações sobre a gerência de pavimentos urbanos em nível de rede**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos: 1997.

BRASIL. Tribunal de Contas da União - TCU. **Acórdão nº. 328/2013**, Plenário, Rel. Min. José Múcio Monteiro. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 27.02.2013.

BRASIL. Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1997.

CNT, Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa de Rodovias: Relatório Gerencial**, 2022. Disponível em:< <https://cnt.org.br/pesquisas>> Acesso em: 08 set. 2023.

CNT, Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa de Rodovias: Relatório Gerencial**, 2023. Disponível em:< <https://cnt.org.br/pesquisas>> Acesso em: 27 fev. 2024.

CNT, Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa de Rodovias: Relatório Gerencial**, 2024. Disponível em:< <https://cnt.org.br/pesquisas>> Acesso em: 26 nov. 2024.

CNT, Confederação Nacional do Transporte. **Transporte Rodoviário: Por que os pavimentos no Brasil não duram?** – Brasília: CNT, 2017.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Rio de Janeiro, 2006a.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 3. ed., 2006b.

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

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

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 007/2003 – PRO: Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semirígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003c.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 008/2003 – PRO: Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003d.

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

FERNANDES JR., J. L. **Gerência de pavimentos urbanos com uso de modelagem dinâmica de sistemas diretamente conectada com um SIG**. Revista Pavimentação ABPv Nº15. Rio de Janeiro, 2009. P27-34.

MAGALHÃES, F. H. M. **Procedimentos para estimar a irregularidade longitudinal do pavimento por meio de veículos calibrados, utilizando-se dados de aceleração vertical obtidos de smartphones**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: 2019.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: PINI, 1997.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Global Competitiveness report 2019**. Geneva, 2019. Disponível em: <www.weforum.org>. Acesso em: 12 set. 2023

8 ANEXOS

ANEXO A - Formulário para o levantamento visual contínuo da norma DNIT 008/2003

[illegible]

Fonte: DNIT, 2003d.

ANEXO B - Cálculo do IGGE da norma DNIT 008/2003

[illegible]

Fonte: DNIT, 2003d.

ANEXO C - Quadro resumo da norma DNIT 008/2003

MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS								Folha
	RESULTADOS DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO								de
Código PNV _____		Ext. PNV _____		UNIT _____		Nº PISTA/LADO _____		MÊS/ANO _____	
		Início _____						MR Nº _____	
Trecho do PNV		Fim _____		VMD _____				MR Nº _____	
Nº do Seg	SEGMENTO			RESULTADOS					
	Km Início	Km Fim	Extensão	ICPF	IGGE	IES			OBSERVAÇÕES
						Valor	Cód.	Conceito	

ICPF - Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis

IGGE - Índice de Gravidade Global Exedito

IES - Índice do Estado da Superfície

Fonte: DNIT, 2003d.