ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Manifestação Patológica em Pavimentos Flexíveis - Estudo de Caso

Pathological Manifestation in Flexible Pavements - Case Study

Camila Andrade de Abreu
Instituto Federal de Rondônia | Porto Velho - RO | Brasil | camila.abreu@estudante.ifro.edu.br
João Cleisson de Souza
Instituto Federal de Rondônia | Porto Velho - RO | Brasil | joao.c@estudante.ifro.edu.br
Lucas Melo Camargo
Instituto Federal de Rondônia | Porto Velho - RO | Brasil | lucascamargo_278@hotmail.com

Resumo

Este estudo analisa a importância das vias pavimentadas, focando na segurança, qualidade dos materiais e manutenção. O trecho da Avenida Santos Dumont em Porto Velho apresentou problemas devido ao peso dos veículos, qualidade dos materiais e falta de manutenção. Utilizando o método do Índice de Gravidade Global (IGG) adaptado conforme a norma DNIT 006/2003-PRO, foram classificadas as manifestações patológicas, com a obtenção da frequência relativa observou – se predominância de remendos, afundamento, ondulação e desgaste. A alta frequência de remendos (188%) e desgaste (63%) sugere problemas graves de degradação, evidenciando a necessidade de melhorias nos materiais e na manutenção preventiva. A análise destaca a importância de investimentos contínuos em práticas construtivas adequadas e manutenção regular para garantir a eficácia e segurança das vias pavimentadas.

Palavras-chave: Pavimentos. Frequência relativa. Manutenção. Segurança. Durabilidade.

Abstract

This study analyzes the importance of paved roads, focusing on safety, material quality, and maintenance. The section of Avenida Santos Dumont in Porto Velho presented issues due to vehicle weight, material quality, and lack of maintenance. Using the adapted Global Severity Index (IGG) method according to DNIT 006/2003-PRO standards, pathological manifestations were classified, and relative frequency was obtained. There was a predominance of patches, subsidence, undulation, and wear. The high frequency of patches (188%) and wear (63%) suggests severe degradation issues, highlighting the need for improvements in materials and preventive maintenance. The analysis emphasizes the importance of continuous investment in proper construction practices and regular maintenance to ensure the effectiveness and safety of paved roads.

***Keywords**: Pavements. Relative frequency. Maintenance. Safety. Durability.*

INTRODUÇÃO

De acordo com Jane Jacobs (2000), as vias pavimentadas desempenham um papel crucial na infraestrutura de uma região, afetando diretamente a vida cotidiana das pessoas e o funcionamento da economia. A importância dessas estradas bem conservadas e livres de problemas não pode ser subestimada, [1].

Em primeiro lugar, a segurança é uma preocupação primordial. Estradas pavimentadas em boas condições oferecem um ambiente mais seguro para o tráfego, minimizando os riscos de acidentes causados por buracos, desníveis ou outros problemas no pavimento. Isso não apenas protege a vida dos usuários da estrada, mas também reduz os custos associados aos acidentes.

Este estudo destaca a importância de entender por que os pavimentos deterioram, especialmente quando se trata de pavimentação flexível.

É importante enfatizar a necessidade de usar materiais de alta qualidade na construção para suportar o tráfego e realizar manutenção adequada para evitar danos. São exploradas várias razões para a deterioração, como o peso dos veículos, a qualidade dos materiais, a falta de manutenção, o desgaste natural e problemas na construção, [2].

O estudo se concentra na análise de problemas específicos ao longo da Avenida Santos Dumont, localizada no município de Porto Velho/RO, que teve sua abertura iniciada em agosto de 2023 já apresenta problemas no pavimento, sendo que a vida útil mínima para pavimentos flexíveis é de 10 anos.

FUNDAMENTAÇÃO

ANOMALIA, PATOLOGIA, PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES E MANISFESTAÇÃO PATOLÓGICA

Antes de tudo, para fins de uma melhor compreensão deste estudo, a seguir fundamenta-se os conceitos de “anomalia”, “patologia”, “patologia das construções” e “manifestação patológica”.

Anomalia é uma “irregularidade, anormalidade e exceção à regra que ocasionam a perda de desempenho da edificação ou suas partes, oriundas da fase de projeto, execução ou final de vida útil, além de fatores externos.” (Associação Brasileira de Normas Técnicas, [3].

A Patologia é o estudo das doenças de modo geral, enquanto o termo “Patologia das Construções” denota a área da Engenharia responsável por investigar as manifestações patológicas, [4].

As manifestações patológicas no âmbito da engenharia são consideradas como como sinais ou sintomas decorrentes da existência de mecanismos ou processos de degradação de materiais, componentes ou sistemas, os quais contribuem ou atuam no sentido de reduzir seu desempenho, [3].

PAVIMENTAÇÃO

Segundo o glossário de termos técnicos rodoviários do antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (IPR-700, 1997), o Pavimento é uma estrutura construída após a terraplenagem, a qual é destinada a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais oriundos dos veículos, a melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança, bem como a resistir aos esforços horizontais, de modo a tornar mais durável a superfície de rolamento, [5].

Consoante ao Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (IPR-719, 2006), o Pavimento de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semiespaço considerado teoricamente como infinito - a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito. Ademais, o subleito (limitado superiormente pelo pavimento), deve ser estudado e considerado até a profundidade onde atuam, de forma significativa, as cargas impostas pelo tráfego, [6].

Em termos práticos, tal profundidade deve situar-se numa faixa de 0,60 m² 1,50 m. Tal qual, este manual considera o Pavimento como uma estrutura de camadas em que materiais de diferentes resistências e deformabilidades são colocadas em contato resultando daí um elevado grau de complexidade no que respeita ao cálculo de tensões e deformações e atuantes nas mesmas resultantes das cargas impostas pelo tráfego [6].

Para mais, de acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (IPR-719, 2006), de uma forma geral, os pavimentos são classificados em flexíveis, semirrígidos e rígidos, [6]. O glossário de termos técnicos (IPR-700, 1997) [5], define esses pavimentos da seguinte maneira:

- Pavimento Flexível: Pavimento que consiste em uma camada de rolamento asfáltica e de base, constituída de uma ou mais camadas, que se apoia sobre o leito da estrada.
- Pavimento Semi-Rígido: Pavimento que tem deformabilidade maior que o rígido e menor que o flexível constituído de uma base semiflexível e de camada superficial flexível.
- Pavimento Rígido: Pavimento cujo revestimento é constituído de concreto de cimento.

Por outro lado, o Pavimento Asfáltico (classificado como flexível), o tipo de pavimento objeto de estudo deste trabalho, é um pavimento cuja camada superior é um revestimento betuminoso. E o termo Pavimentação, de maneira bem objetiva, é a construção de pavimento (IPR-700, 1997), [5].

CLASSIFICAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

No Brasil, para a classificação das manifestações patológicas em pavimentos flexíveis, utiliza-se a norma DNIT 005/2003-TER, Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia, [7].

Os tipos de manifestações catalogadas pela norma brasileira e que são consideradas para o cálculo de indicador de qualidade da superfície do pavimento (IGG/Índice de

Gravidade Global) são: fendas; afundamentos; corrugação e ondulações transversais; exsudação; desgaste ou desagregação; panela ou buraco; e remendos.

Essas manifestações podem ser definidas da seguinte maneira, [2]:

- Fendas: aberturas na superfície asfáltica as quais podem ser classificadas como fissuras, quando a abertura é perceptível a olho nu apenas à distância inferior a 1,5 m, ou como trincas, quando a abertura é superior à da fissura. São subdivididas dependendo da tipologia e da gravidade, tal gravidade é caracterizada por classes: classe 1 (fendas com abertura não superior a 1 mm), classe 2 (fendas com abertura superior a 1 mm), e classe 3 (fendas com abertura superior a 1 mm e desagregação ou erosão junto às bordas); quanto à tipologia, as trincas isoladas podem ser: transversais curtas ou transversais longas, longitudinais curtas ou longitudinais longas, ou ainda de retração. As trincas interligadas são subdivididas em: trincas de bloco; ou trincas tipo couro de jacaré.
- Afundamentos: derivados de deformações permanentes seja do revestimento asfáltico ou das camadas subjacentes, incluindo o subleito. São classificados como: afundamento por consolidação, podendo ser localizado quando a extensão não supera 6 m, ou longitudinal nas trilhas de roda no caso que exceda 6 m de extensão; ou afundamentos plásticos, podendo ser localizado ou longitudinal nas trilhas de roda.
- Corrugação e Ondulações Transversais: as corrugações são deformações transversais ao eixo da pista, com comprimento de onda entre duas cristas de alguns centímetros ou dezenas de centímetros. As ondulações são também deformações transversais ao eixo da pista, diferenciadas da corrugação pelo comprimento de onda entre duas cristas da ordem de metros.
- Exsudação: caracterizada pelo surgimento de ligante em abundância na superfície, como manchas escurecidas, decorrente em geral do excesso dele na massa asfáltica.
- Desgaste ou desagregação: decorre do desprendimento de agregados da superfície ou ainda da perda de mastigue junto aos agregados.
- Panela ou buraco: é uma cavidade no revestimento asfáltico, podendo ou não atingir camadas subjacentes.
- Remendos: é considerado como um tipo de defeito apesar de estar relacionado a uma conservação da superfície e caracteriza-se pelo preenchimento de panelas ou de qualquer outro orifício ou depressão com massa asfáltica.

Importante ressaltar que o diagnóstico da situação geral, envolvendo a compreensão das causas das manifestações patológicas em pavimentos asfálticos é a etapa mais importante do levantamento da condição funcional para fins de projeto de restauração ou de gerência de manutenção, [2].

CLASSIFICAÇÃO DA FREQUÊNCIA DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Conforme a norma DNIT 006/2003-PRO, Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimento, a degradação do pavimento flexível pode ser conceituada em função do Índice de Gravidade Global (IGG), [8].

Esse método tem como finalidade chegar a um valor numérico para a condição em que se apresenta o pavimento aonde, varia de 0 (ótimo) a 160 (péssimo), o qual avalia a ocorrência dos defeitos nas seções analisadas. Sendo considerado como um índice combinado de falhas o qual permite classificar um trecho homogêneo de pavimento, em razão da ocorrência dos defeitos de superfície, atribuindo um conceito de condição do pavimento em função do valor encontrado. No mais, o processo de cálculo atribui fatores de ponderação a cada defeito mensurado, considerando a frequência relativa de estações com cada tipo de manifestação patológica, [9].

O IGG não é determinado para toda a área da pista, mas de forma amostral para algumas estações com área e distanciamento entre elas prefixados pela especificação do DNIT. Tais estações são inventariadas nas rodovias de pista simples a cada 20m, alternados entre faixas, sendo, em cada faixa a cada 40m; nas rodovias de pista dupla, a cada 20m, na faixa mais solicitada pelo tráfego, em cada uma das pistas. Ademais, a superfície de avaliação corresponde a 3m antes e 3m após cada uma das estacas demarcadas, totalizando em cada estação uma área correspondente a 6m de extensão e largura igual à da faixa a ser avaliada, [2].

A metodologia de cálculo inicia-se pela multiplicação da frequência relativa de cada evento pelo seu respectivo fator de ponderação, a fim de ser determinado o valor do Índice de Gravidade Individual (IGI). Por fim, o somatório destes índices (IGI), fornece o IGG, [9].

RESTAURAÇÃO DOS PAVIMENTOS ÁSFALTICOS

No território brasileiro, o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (IPR-720, 2006), é o principal documento que rege as obras de restauração de pavimentos asfálticos rodoviários. Este manual, tem como objetivo principal auxiliar no diagnóstico das patologias dos pavimentos, na compreensão dos enfoques do projeto de restauração e na adoção de procedimentos adequados ao controle da qualidade das ações de manutenção de pavimentos flexíveis, [10].

Por último, de acordo com o referido manual, para o termo “Recuperação do Pavimento” prevalece o entendimento de que tal processo de Recuperação se materializa através da execução de intervenções físicas na Rodovia – intituladas de Restauração do Pavimento e/ou Reabilitação do Pavimento. Ademais, este manual também ressalta que o termo “Restauração do Pavimento”, quando referido a um trecho, deve ser entendido como a Recuperação de um Pavimento que se apresenta deteriorado, mas cujo grau de deterioração não compromete a sua habilitação (a sua recuperação ocorrendo tempestivamente, dentro ou próximo do final do seu ciclo de vida), que é o caso da avenida objeto de estudo deste trabalho, de necessitar apenas de uma restauração em si, [10].

MÉTODO

Para classificar a frequência das anomalias construtivas detectadas ao longo da extensão da via, foi adotado o método IGG (Índice de Gravidade Global) adaptado, regido pela norma DNIT 006/PRO, [8].

O Índice de Gravidade Global (IGG) é uma métrica utilizada para avaliar a condição de pavimentos rodoviários, especificamente aqueles de tipos flexíveis e semi-rígidos. Conforme descrito no documento DNIT 006/2003-PRO, o IGG é calculado através do somatório dos Índices de Gravidade Individuais (IGI), que são derivados da frequência relativa e do fator de ponderação de diversas ocorrências de defeitos no pavimento, [8].

O IGG é obtido pela fórmula:

$$IGG = \Sigma IGI$$

Onde: Σ IGI é o somatório dos Índices de Gravidade Individuais, que são calculados com base na fórmula:

$$IGI = fr \times fp$$

fr é a frequência relativa das ocorrências.

fp é o fator de ponderação atribuído a cada tipo de ocorrência, conforme a Tabela 1 do documento.

Tabela 1: Valor do Fator de Ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências	Fator de Ponderação
1	Fissuras e Trincas Isoladas	0,2
2	Fenda tipo 2	0,5
3	Fenda tipo 3	0,8
4	Afundamento Lateral	0,9
5	Ondulação, Panela	1,0
6	Exsudação	0,5
7	Desgaste	0,3
8	Remendo	0,6

Fonte: Adaptado pelo autor com base em DNIT 006/2003-PRO, [10].

A tabela 1 é usada para ponderar diferentes tipos de defeitos ou ocorrências em pavimentos asfálticos. O fator de ponderação é um valor atribuído a cada tipo de ocorrência para avaliar a sua gravidade e impacto no estado da infraestrutura. Dessa forma valores mais altos indicam ocorrências mais graves e de maior impacto, enquanto valores mais baixos indicam ocorrências menos significativas.

Tabela 2: Classificação do IGG

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

Fonte: DNIT 006/2003-PRO, [10].

O IGG é usado para categorizar a condição do pavimento em diferentes faixas de qualidade, de acordo com a tabela 2. Essas classificações ajudam a identificar trechos que necessitam de manutenção.

Seguindo o método de cálculo do IGG, foi possível adaptá-lo para que conseguíssemos obter a frequência relativa, e com os resultados obtidos foi possível classificar a quantidade de defeitos por trecho na via analisada.

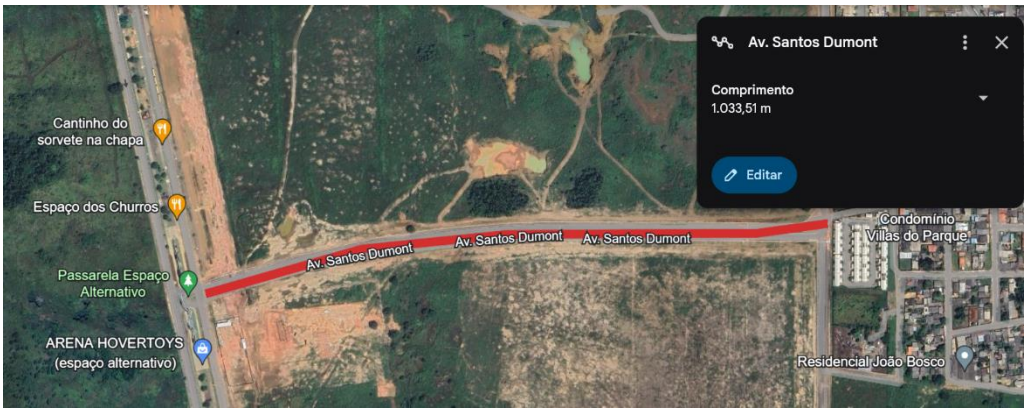
O processo de cálculo é simples e intuitivo. Dessa forma, temos que, para cada tipo de defeito, a frequência relativa é calculada dividindo o número de ocorrências desse defeito (Frequência absoluta) pelo somatório total de defeitos e multiplicando por 100 para obter o valor em porcentagem. Assim sendo:

*Frequência Relativa = (Total de ocorrências/Total de defeitos) * 100*

Nesta análise, foram identificados oito tipos de patologias comumente associadas ao pavimento (Tabela 3). Com isso, torna-se evidente a magnitude da gravidade de uma via recém-inaugurada.

Com relação à rodovia estudada, ela possui um comprimento total de aproximadamente 1 km (Figura 1). Um pavimento flexível típico que inclui camadas como base, sub-base e um revestimento asfáltico CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente). Dependendo das necessidades de projeto e das condições locais da rodovia as camadas específicas podem sofrer variação.

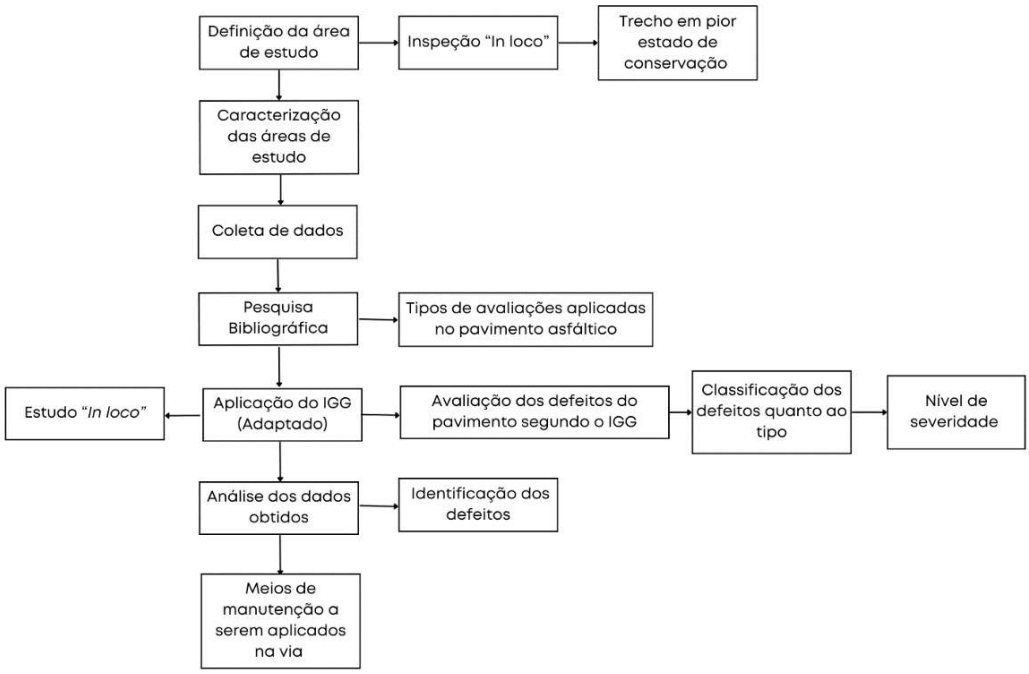
Figura 1: Extensão da Av. Santos Dumont



Fonte: Google Earth, 2024.

O processo metodológico desse levantamento segue de acordo com a Figura 2. Dessa forma é possível observar como o trabalho foi desenvolvido.

Figura 2: Fluxograma da sequência das fases do projeto



Fonte: os autores.

O Índice de Gravidade global (IGG), que foi escolhido como método para a avaliação do pavimento da Av. Santos Dumont, tem como finalidade de conferir ao pavimento inventariado um conceito que retrate o grau de degradação atingido. Nesse estudo foram feitas adaptações no método IGG, com intuito de se obter a frequência em que os defeitos apareciam no decorrer da extensão longitudinal da via.

A avenida avaliada foi dividida em 5 (cinco) trechos de aproximadamente 200,00 metros, dessa forma foi avaliado a predominância de defeitos no pavimento em cada trecho da via recém-inaugurada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 3 apresenta a classificação das manifestações patológicas presentes na Avenida Santos Dumont segundo o IGG **adaptado**.

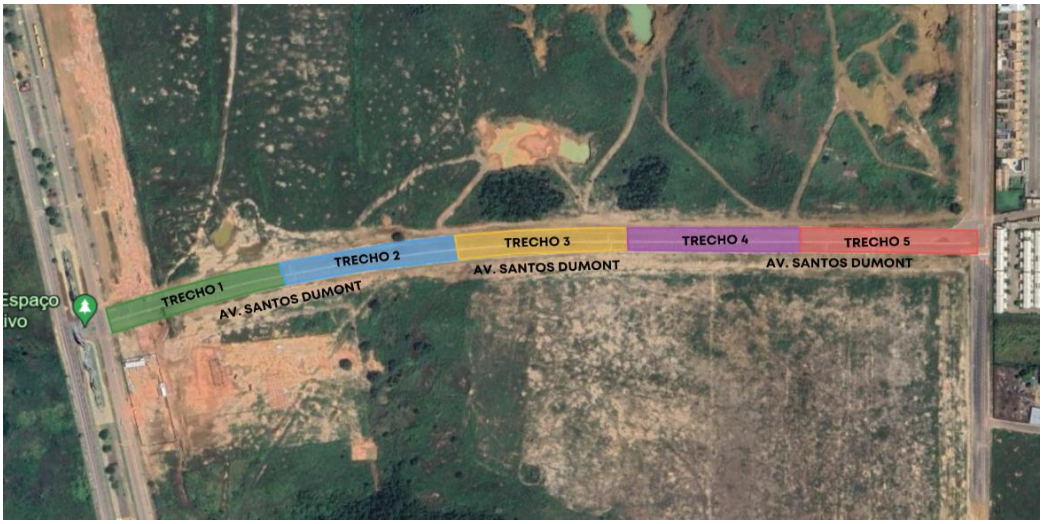
Tabela 3: Frequência das manifestações patológicas

Tipo	Natureza	Frequência Absoluta	Frequência Relativa
1	Fenda classe 1	3	38%
2	Fenda classe 2	0	0%
3	Fenda classe 3	0	0%
4	Afundamento plástico	1	13%
5	Ondulação; Panela	2	25%
6	Exsudação	0	0%
7	Desgaste	5	63%
8	Remendo	15	188%

Fonte: os autores.

A figura 3 representa a Avenida estudada dividida em áreas de predominância de manifestações patológicas.

Figura 3: Áreas de Predominância de manifestações patológicas



Fonte: os autores.

O trecho de estudo foi dividido em trechos apresentando as maiores predominâncias de anomalias patológicas do pavimento asfáltico. As cores apresentadas na figura 3, são meramente ilustrativas, não tem relação com a gravidade dos defeitos.

Trecho 1: Com preponderância em remendos, afundamento lateral e fenda classe 1.

Trecho 2: Com maior dominância em remendo e fenda classe 2.

Trecho 3: Com maior domínio em desgaste, remendo e fenda classe 3.

Trecho 4: Com maior predominância em remendo e desgaste.

Trecho 5: Com maior predomínio em desgaste e ondulação.

Em seguida, mostra-se um quadro com as principais manifestações patológicas encontradas nas áreas de estudo em questão.

Quadro 1: Manifestações patológicas encontradas nas áreas de estudo

Natureza	Manifestação Patológica
Fenda classe 1	
Afundamento local	
Ondulação	
Desgaste	
Remendo	
Remendo	

Fonte: os autores.

CONCLUSÃO

O estudo da Avenida Santos Dumont em Porto Velho, utilizando a metodologia do Índice Global de Gravidade (IGG) para obter a frequência relativa, revelou a presença de diversas patologias no pavimento, tais como fissuras, trincas isoladas, buracos e deformações.

A tabela 3 apresentada no artigo nos mostra a elevada frequência de remendos (188%) sugerindo que há muitas intervenções corretivas na via, indicando possíveis problemas recorrentes ou uma manutenção frequente. Com 63% de frequência, o desgaste é uma ocorrência comum, possivelmente devido ao tráfego intenso ou à qualidade do material. A presença significativa de fendas classe 1 (38%) aponta para problemas estruturais iniciais, que ainda não evoluíram para danos mais graves como fendas classe 2 ou 3, que não foram observadas. As ocorrências de "Afundamento plástico" (13%) e "Ondulação; Panela" (25%) também são relevantes, indicando deformações no pavimento. A ausência de "Fenda classe 2", "Fenda classe 3", e "Exsudação" pode indicar que os problemas não evoluíram para estágios mais graves ou que esses tipos de danos não são comuns nessa via específica.

Esta verificação destaca a importância de um monitoramento contínuo do pavimento e da realização de manutenções regulares. A qualidade dos materiais utilizados e a execução adequada das obras são fatores cruciais para minimizar a ocorrência de patologias e prolongar a vida útil do pavimento. A aplicação do IGG adaptado como ferramenta de diagnóstico mostrou-se eficaz e eficiente, proporcionando uma visão clara das necessidades de manutenção da Avenida Santos Dumont. Este método pode ser amplamente utilizado em outras vias, contribuindo para uma gestão mais eficaz das infraestruturas rodoviárias e para a melhoria da qualidade das rodovias no Brasil.

REFERÊNCIAS

[1] JACOBS, Jane. **Morte e vida de grandes cidades**. 3 ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2011.

[2] BERNUCCI, L.; MOTTA, L.; CERATTI, J.; SOARES, J. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: Petrobras & Abeda, 2011.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16747**: Inspeção predial - Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro, 2020.

[4] SENA, G.; NASCIMENTO, M.; NETO, A. **Patologia das Construções**. Salvador: 2B, 2020.

[5] BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Rio de Janeiro: 1997. 296p. (IPR. Publ., 700).

[6] BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentação**. 3.ed. Rio de Janeiro: 2006. 274p. (IPR. Publ., 719).

[7] BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 005/2003 - TER**: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

[8] BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 006/2003 - PRO**: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

[9] SILVA, L. **Avaliação Superficial de Pavimentos, usando o método IGG, (Índice de Gravidade Global): Um estudo de caso, em um trecho na Av. Anhanguera, em Goiânia, Goiás.** Goiânia: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, 2019.

[10] BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. 2 ed. Rio de Janeiro: 2006. 310p. (IPR. Publ., 720).