



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA BAHIA
CAMPUS VITÓRIA DA CONQUISTA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FLÁVIA BOTELHO DE JESUS

**COMPARATIVO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E TÉCNICAS DE
RESTAURAÇÃO EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS ATRAVÉS DE DOIS ESTUDOS
DE CASO**

VITÓRIA DA CONQUISTA
2024

J58 c Jesus, Flávia Botelho de

Comparativo de manifestações patológicas e técnicas de restauração em pavimentos flexíveis através de dois estudos de caso. / Flavia Botelho de Jesus. --Vitória da Conquista : IFBA, 2024.

71 f.: il.: color.

Orientador: Joaz de Souza Batista

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Civil - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus de Vitória da Conquista, 2024.

1. Técnicas de restauração . 2. Pavimentação asfáltica 3. Pavimentação flexíveis. I. Batista, Joa de Souza. II. Título.

CDD: 625.85

Catálogo na fonte: Sônia Iraína Roque Andrade – CRB 5/1203
IFBA – Campus Vitória da Conquista – BA

FLÁVIA BOTELHO DE JESUS

**COMPARATIVO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E TÉCNICAS DE
RESTAURAÇÃO EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS ATRAVÉS DE DOIS ESTUDOS
DE CASO**

Proposta de trabalho de Conclusão de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus de Vitória da Conquista como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Joaz de Souza Batista

VITÓRIA DA CONQUISTA - BA
2024

FOLHA DE APROVAÇÃO

FLÁVIA BOTELHO DE JESUS

COMPARATIVO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS ATRAVÉS DE DOIS ESTUDOS DE CASO

A presente monografia, apresentada em sessão pública realizada 27 de março de 2024, foi avaliada como adequada para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, julgada e aprovada em sua forma final pela Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista.

Data da Aprovação: 27/03/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Joaz de Souza Batista

Orientador – IFBA, Campus Vitória da Conquista - BA

Prof^a. Dr^a. Silvana Garcia Viana

IFBA, Campus Vitória da Conquista - BA

Prof^a. Me. Thaís Mota Freitas

IFBA, campus Campus de Eunápolis - BA

08/05/2024, 10:22

SEI/IFBA - 3524774 - Parecer



Documento assinado eletronicamente por **JOAZ DE SOUZA BATISTA**, **Membro da Unidade**, em 03/05/2024, às 10:59, conforme decreto nº 8.539/2015.



Documento assinado eletronicamente por **SILVANA GARCIA VIANA**, **Professor (a) do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico - EBTT**, em 06/05/2024, às 20:16, conforme decreto nº 8.539/2015.



Documento assinado eletronicamente por **Thais Mota Freitas**, **Professor(a) do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico - EBTT**, em 07/05/2024, às 16:05, conforme decreto nº 8.539/2015.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site http://sei.ifba.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&acao_origem=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 informando o código verificador **3524774** e o código CRC **499F5E64**.

“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada. Caminhando e semeando, no fim terás o que colher”.

(Cora Coralina).

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo a Deus pelo cuidado até aqui comigo, me sustentando e amparando por todo o caminho que não foi fácil. Todo agradecimento a minha família por segurarem minha mão durante esses anos da graduação, pelo amor e compreensão dedicados: meu pai Mário, minha mãe Suzana e minha irmã Gabriela.

Agradecer ao meu noivo Luan, que sempre esteve ao meu lado por todo carinho, paciência e parceria. Aos meus colegas que deixaram este percurso mais leve, encorajador e único, obrigado a todos que já passaram por mim, em especial: Gabriel, Suelen, Renata, Roberto, Nelson, Mariana, Vinícius e Patrícia.

Expressar gratidão aos professores, agradeço imensamente pelo papel crucial no meu desenvolvimento acadêmico, tornando a jornada de aprendizado mais significativa, com um agradecimento especial ao meu orientador, o Prof. Me. Joaz de Souza Batista, pelo constante apoio.

RESUMO

As rodovias são imprescindíveis para o desenvolvimento do país, através delas tem-se o transporte de cargas e pessoas diariamente movimentando a economia do país. Ainda assim, muitas se encontram com o pavimento em deterioração, sem manutenção e conservação adequada pelos órgãos responsáveis. Inicialmente, a revisão bibliográfica destaca as principais patologias conhecidas em pavimentos flexíveis, fornecendo uma base para a análise comparativa citada nos resultados analisados. Considerando aspectos como a qualidade dos materiais, métodos construtivos específicos e práticas de manutenção, são estes fatores que contribuem para compreensão dos desafios enfrentados por essas estruturas. Este estudo não só amplia o conhecimento sobre as patologias em pavimentos asfálticos flexíveis, mas também indica caminhos para futuras práticas de construção e manutenção, buscando otimizar o desempenho e a durabilidade dessas infraestruturas fundamentais.

Palavras-chave: Patologias; Pavimentação asfáltica; Pavimentos flexíveis; Técnicas de restauração.

ABSTRACT

Highways are indispensable for the country's development; through them, the transportation of goods and people daily drives the country's economy. Nevertheless, many of them have deteriorating pavement, lacking proper maintenance and conservation by the responsible authorities. Initially, the literature review highlights the main known pathologies in flexible pavements, providing a basis for the comparative analysis cited in the examined results. Considering aspects such as material quality, specific construction methods, and maintenance practices, these factors contribute to understanding the challenges faced by these structures. This study not only expands knowledge about pathologies in flexible asphalt pavements but also indicates pathways for future construction and maintenance practices, seeking to optimize the performance and durability of these fundamental infrastructures.

Keywords: Pathologies; Asphalt pavement; Flexible pavements; Restoration techniques.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVO GERAL	15
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2 REFERENCIAL TEÓRIO	17
2.1 EVOLUÇÃO DOS PAVIMENTOS	17
2.2 DESENVOLVIMENTO DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA	19
2.2.1 Evolução Histórica da Pavimentação Asfáltica no Brasil	20
2.3 ESTRUTURA DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA	21
2.3.1 Asfalto	22
2.3.2 Base e Sub-base	23
2.3.3 Subleito	24
2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS.....	24
2.4.1 Pavimento Rígido	24
2.4.2 Pavimento Flexível	25
2.4.2 Pavimento Semi-rígido	26
2.5 PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	27
2.5.1 Fenda	27
2.5.2 Afundamento	31
2.5.3 Ondulação ou Corrugação	32
2.5.4 Escorregamento	33
2.5.5 Exsudação	33
2.5.6 Desgaste	34
2.5.7 Panela ou buraco	35
2.5.8 Remendo	36
2.6 MÉTODOS DIAGNÓSTICOS PARA OS PAVIMENTOS	36
2.6.1 Conservação Preventiva Periódica	37
2.6.2 Conservação Corretiva Rotineira	38
2.6.3 Recuperação do Pavimento através de sua Restauração	38
2.6.4 Recuperação do Pavimento através de sua Reabilitação	38
2.6.5 Recapeamento do Pavimento	39

2.6.6	Reconstrução Parcial do Pavimento	39
2.6.7	Reconstrução Total do Pavimento.....	39
2.6.8	Reforço do Pavimento	40
2.6.9	Remendo	40
2.7	TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO PARA AS PATOLOGIAS	40
3	METODOLOGIA.....	45
4	ESTUDO DE CASO	47
4.1	CASO 1	47
4.2	CASO 2	49
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
5.1	RESULTADOS CASO 1	51
5.1.1	Panela.....	51
5.1.2	Remendo	52
5.1.3	Trinca Longitudinal.....	53
5.1.4	Trinca tipo “Couro de Jacaré”	54
5.1.5	Trinca tipo Bloco.....	54
5.1.6	Afundamento Plástico.....	56
5.2	RESULTADOS CASO 2	57
5.2.1	Trincas tipo “couro de jacaré”	57
5.2.2	Panelas	57
5.2.3	Ondulações	58
5.2.4	Desgaste.....	59
5.3	AVALIANDO OS RESULTADOS.....	60
5.3.1	Comparativo e análises patológicas.....	62
5.4	SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	63
6	CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Via Appia	17
Figura 2 - Camadas dos Pavimentos pelos Romanos	18
Figura 3 - Pavimentação de acordo Trésaguet	19
Figura 4 - Pavimentação de acordo MacAdam	19
Figura 5 - Rodovia Rio-Petrópolis.....	21
Figura 6 - Camadas do pavimento e seus esforços	22
Figura 7 - Representação do pavimento rígido	25
Figura 8 - Representação do pavimento flexível.....	26
Figura 9 - Fissura em pavimentação asfáltica	28
Figura 10 – Trinca isolada transversal	29
Figura 11 – Trinca isolada longitudinal	29
Figura 12 – Trinca interligada do tipo “Couro de Jacaré”	30
Figura 13 – Trinca interligada do tipo “Bloco”	30
Figura 14 – Afundamento local	31
Figura 15 – Afundamento de trilha de roda.....	32
Figura 16 – Ondulação ou Corrugação	32
Figura 17 – Escorregamento.....	33
Figura 18 – Exsudação.....	34
Figura 19 – Desgaste	35
Figura 20 – Panela ou buraco	35
Figura 21 – Remendo.....	36
Figura 22 – Aplicação da capa selante.....	42
Figura 23 – Execução do Recapeamento	43
Figura 24 – Fresagem e coleta do material.....	44
Figura 25 – Av. João Bosco M. de Souza	47
Figura 26 – Av. João Bosco M. de Souza	48
Figura 27 – Avenida João Netto de Campos	49
Figura 28 – Manifestação Patológica tipo Panela	51
Figura 29 – Manifestação Patológica tipo Remendo	52
Figura 30 – Manifestação Patológica tipo Remendo.....	52

Figura 31 – Manifestação Patológica tipo Trinca Longitudinal	53
Figura 32 – Manifestação Patológica tipo Trinca “Couro de Jacaré”	54
Figura 33 – Manifestação Patológica tipo Trinca Bloco.....	55
Figura 34 – Manifestação tipo Afundamento Plástico.....	56
Figura 35 – Manifestação tipo “Couro de Jacaré” na Avenida João Netto de Campos.....	57
Figura 36 – Manifestação do tipo Panela na Avenida João Netto de Campos	58
Figura 37 – Manifestação do tipo Ondulações	58
Figura 38 – Manifestação do tipo Desgaste	59

LISTA DE ABREVIATURAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
FC-1	Trincas cujas aberturas são menores que 1,0mm
FC-2	Trincas cujas aberturas são superiores a 1,0mm, sem erosão nas bordas
FC-3	Trincas cujas aberturas são superiores a 1,0mm, com erosão nas bordas
SMA	Stone Mastic Asphalt

1 INTRODUÇÃO

Recentemente, tanto no Brasil quanto globalmente, a administração nos diversos setores da indústria, serviços e comércio tem direcionado seus esforços para a elaboração de estratégias visando a excelência em qualidade, uma gestão mais eficiente de seus recursos e, por conseguinte, a minimização de despesas ou maximização dos benefícios.

O setor da pavimentação está integrado. Como um domínio sob a gestão da administração pública, seus administradores têm o compromisso de preservar um ativo de valor para esses fins, levando em consideração não apenas o valor financeiro dos pavimentos, mas também sua significância para a sociedade (DANIELESKI, 2004).

Atualmente, o transporte rodoviário figura como um dos principais modos de deslocamento de mercadorias e passageiros no contexto logístico nacional. Dentro desse sistema, o modelo rodoviário se destaca como o mais expressivo, sendo responsável pela maioria das operações de transporte de carga no Brasil (BALBO, 2007).

O revestimento asfáltico representa a camada superior projetada para enfrentar diretamente as pressões do tráfego e dissipá-las de maneira suavizada para as camadas inferiores, ao mesmo tempo em que desempenha um papel de impermeabilização do pavimento e aprimora as condições de rolamento, promovendo conforto e segurança (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Desde a concepção das rodovias urbanas, inicia-se o processo de desgaste decorrente das exigências do tráfego e das influências climáticas. Para otimizar o desempenho dessas vias, é importante um planejamento estratégico de Manutenção e Reabilitação, visando preservar a qualidade dos pavimentos em níveis aceitáveis e prevenindo a demanda por despesas excessivas em reparos ou reconstruções.

O Manual de Pavimentação do DNIT (2006) representa um avanço nos estudos e critérios para pavimentação rodoviária, oferecendo normas e orientações. Conforme citado no manual, as especificações de projeto são influenciadas por diversos fatores, como o clima local, propriedades do solo, topografia, entre outros critérios.

Os pavimentos são categorizados em flexíveis, semirrígidos e rígidos. Devido a custos iniciais mais baixos, os pavimentos flexíveis são mais comuns, apesar de os rígidos serem raramente utilizados, devido aos custos iniciais mais elevados e à susceptibilidade a tráfego intenso (SILVA, 2019).

A falta de investimento na manutenção e reabilitação de pavimentos reflete-se nas condições precárias das vias: estradas cheias de buracos, ruas deformadas com valas

deterioradas e pavimentos desgastados. A degradação prematura dos pavimentos é agravada pelo tráfego que excede os limites projetados durante o dimensionamento das estruturas e pela fragilidade do sistema regulatório e fiscal, permitindo excesso de peso nos eixos dos veículos.

Dada a influência direta dos defeitos nas faixas de rolamento sobre as atividades cotidianas da população, torna-se crucial aplicar métodos que analisem a condição dos pavimentos, identificando o momento ideal para a manutenção e reabilitação. Isso não apenas melhora a segurança, mas também resulta em uma gestão mais eficiente dos recursos.

Este estudo visa analisar as principais patologias em pavimentos flexíveis, compreendendo suas características, causas e os procedimentos de reparo. E então, a partir disso, discorre sobre propostas relevantes para a preservação e recuperação desses pavimentos, promovendo assim a durabilidade e a eficácia das vias urbanas.

1.1 JUSTIFICATIVA

A pavimentação asfáltica desempenha um papel crucial na infraestrutura rodoviária, proporcionando mobilidade e conectividade. No entanto, as patologias que afetam esse tipo de pavimento são desafios persistentes que demandam atenção e soluções eficientes.

Dessa forma, um estudo sobre patologias em pavimentos asfálticos reside na necessidade premente de compreender, diagnosticar e solucionar essas patologias, visto que sua presença compromete não apenas a durabilidade das vias, mas também a segurança dos usuários. Além disso, a carência de estudos abrangentes sobre o assunto e a falta de um conhecimento consolidado em relação a abordagens de reparo e prevenção impulsionam a relevância desta pesquisa.

1.2 OBJETIVO GERAL

Analisar as manifestações patológicas que ocorrem em pavimentos flexíveis e abordar técnicas de restauração que melhorem esta estrutura.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as patologias predominantes em pavimentos flexíveis, que prejudicam o desempenho e a durabilidade dessas estruturas;
- Propor medidas de restauração para a recuperação dos pavimentos;

- Analisar principais manifestações patológicas que ocorrem em pavimentos flexíveis através de dois estudos de caso;
- Propor recomendações de manutenções para as patologias encontradas e comparar os resultados entre os dois estudos analisados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EVOLUÇÃO DOS PAVIMENTOS

Explorar a história da pavimentação é fazer um apanhado da própria história da humanidade, indo desde o povoamento dos continentes, conquistas territoriais, trânsito comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento.

Com a finalidade de se obter um acesso mais diversificado a áreas de cultivo e a diferentes fontes de trabalho e consumo, além de aumentar sua área de atuação, houve a criação das estradas, sendo primordialmente criada pela China (BALBO, 2007). Os romanos foram um dos primeiros povos que aperfeiçoaram as estradas criando a pavimentação, com a finalidade de criar uma estrutura duradoura. Posteriormente os romanos desenvolveram técnicas de melhorias como a união dos pavimentos e redes de drenagem, trazendo mais longevidade.

Entre as primeiras estradas pavimentadas pelos Romanos, destaca-se a Via Appia Antica, construída em 312 a.C. e seu nome é em homenagem ao idealizador, o político romano Áppius Claudius Caecus, com a finalidade de exibir a magnificência de Roma. Essa via ligava a cidade até Taranto, criando uma ligação importante entre a capital romana e as províncias orientais.

Figura 01 - Via Appia



Fonte: Formentin (2020).

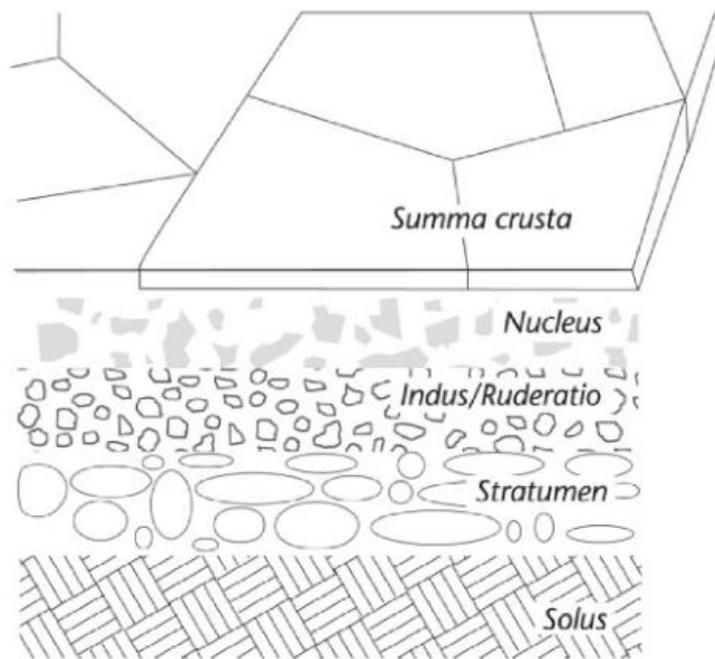
As técnicas de pavimentação em Roma evoluíram conforme a necessidade de expandir o território. As estradas romanas conectavam cidades e portos, facilitando operações agrícolas. De acordo com Balbo (2007), durante o período republicano de Roma, várias estradas foram

estabelecidas com as técnicas construtivas dominadas pelos romanos, incluindo a Via Aurélia, Via Flaminia e Via Clodia.

Sendo que os Romanos utilizavam as seguintes técnicas de pavimentação:

- Terreno Natural: Escavação até um material consistente;
- Stratumen: Camada de pedras para melhoria da condição de apoio com 30 a 60 centímetros;
- Indus ou Rudus: Fragmentos de pedra, agrupados com ferro, cal, areia, argila e pozolana (cinza vulcânica), com dimensões de 25 a 30 centímetros;
- Nucleus: Pequenas pedras com uma mistura semelhante ao indus para tornar o pavimento impermeável, com dimensões de 30 a 50 centímetros;
- Summa crusta: Rochas basálticas associadas.

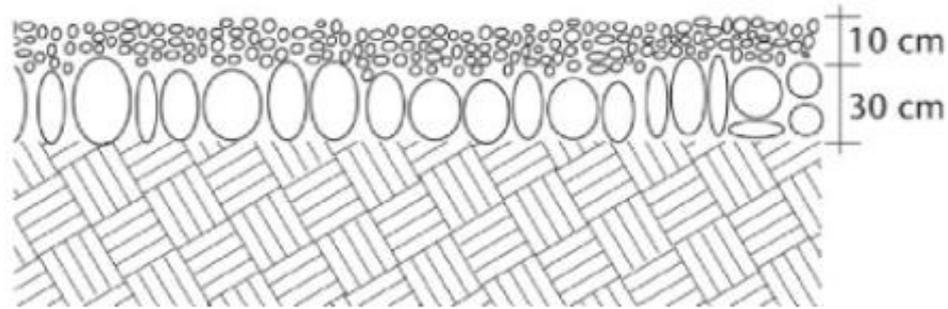
Figura 02 - Camadas dos Pavimentos pelos Romanos



Fonte: Balbo (2007).

O uso dessa técnica de se consolidou até o século XVIII, quando, em 1770, o engenheiro Pier-Maria Jerolame Trésaguet introduziu novos princípios de pavimentação na França. Trésaguet empregava:

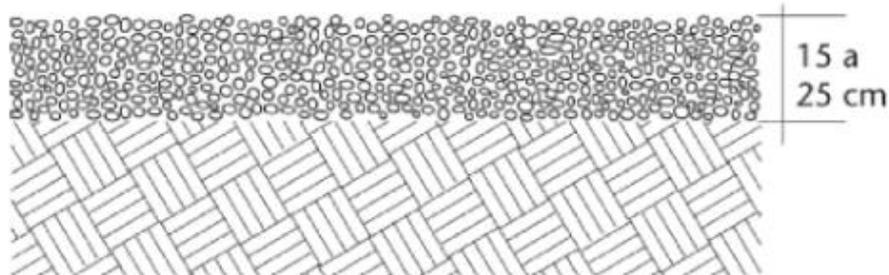
- Fundação: 30 centímetros de pedras fixadas para igualar o apoio;
- Camada Superior: 8 a 10 centímetros de pedras fragmentadas colocadas manualmente, seguidas de compactação, visando minimizar os espaços vazios.

Figura 03 - Pavimentação de acordo Trésaguet

Fonte: Balbo (2007).

Em 1820, o engenheiro escocês John Loudon MacAdam, baseando em sua experiência prática, divulgou suas observações, as quais eram contrárias das ideias de Trésaguet:

- Deixar plano o terreno com pedras cravadas não é necessário;
- A camada granular não requer confinamento para possibilitar o escoamento da água;
- Pedras com dimensões máximas de 40mm de formato cúbico e 50mm de formato esférico, com um controle tecnológico rigoroso;
- As pedras são distribuídas em camadas sobrepostas, com espessura crescente, sem a necessidade de aglomerantes, já que a água desempenha esse papel.

Figura 04 - Pavimentação de acordo MacAdam

Fonte: Balbo (2007).

2.2 DESENVOLVIMENTO DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Entre 1870 e 1910, realizaram-se vários experimentos nos Estados Unidos, Inglaterra e França com o intuito de determinar a melhor combinação entre asfalto e agregados. Sendo que, no ano de 1901, o Dr. Guglielmetti liderou uma campanha na Europa contra o excesso de poeira nas estradas, a qual representava riscos para o tráfego e para a saúde dos viajantes.

Com isso, no século XX o uso de misturas betuminosas era amplamente utilizado, sendo aplicadas manualmente com regadores. Logo depois, essa prática foi substituída por espalhadores, inicialmente puxados por animais ou pessoas. Já por volta de 1910, foram introduzidos espalhadores pressurizados, ainda puxados por animais, que garantiam uma distribuição mais homogênea do produto aquecido. Para proporcionar maior resistência e aderência aos veículos, incorporavam-se pedras britadas ao material betuminoso. Esse processo de espalhamento, que inicialmente era realizado manualmente, passou a ser executado também por equipamentos rebocados.

As primeiras instalações de asfalto foram realizadas em 1870 e depois, unidades portáteis montadas sobre trilhos (pesadas e volumosas) estavam disponíveis globalmente. No entanto, a primeira instalação moderna foi produzida em 1901 e, aproximadamente em 1910, tambores misturadores e secadores foram adaptados de centrais de concretos para que em 1930, as peneiras vibratórias e os sistemas de injeção pressurizados fossem introduzidas (VELOSO, 2016).

2.2.1 Evolução Histórica da Pavimentação Asfáltica no Brasil

O contexto histórico da pavimentação asfáltica no Brasil se deu início no século XX. De acordo com Dr. Asfalto (2022), os primeiros registros no país datam na década de 1910, quando as primeiras tentativas com o uso de asfalto foram conduzidas em algumas vias das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro.

Ainda segundo o autor, a utilização do asfalto como componente para pavimentação ganhou considerável avanço nas décadas posteriores, notadamente a partir da década de 1930. O crescimento da indústria petrolífera no Brasil favoreceu a disponibilidade do asfalto como uma alternativa viável para pavimentação.

Durante o governo de Getúlio Vargas (1930-1945), ocorreu uma expressiva elevação nos investimentos para infraestrutura, abrangendo a ampliação de rodovias e a execução de projetos de pavimentação em diversas partes do país. O plano de industrialização e modernização do Brasil intensificou a demanda por uma malha viária mais eficaz, alavancando a incorporação de técnicas pavimentares mais avançadas.

Sendo assim, foi a Estrada União e Indústria, que liga Petrópolis (RJ) a Juiz de Fora (MG), considerada a primeira rodovia pavimentada do Brasil. Atualmente conhecida como Rio-Petrópolis e parte da BR-040, que se estende até Brasília, a rodovia foi inaugurada em 1928 no governo Washington Luís (O GLOBO, 2017).

Figura 05 - Rodovia Rio-Petrópolis



Fonte: O GLOBO (2017).

A década de 1950 marcou um período de intensificação dos projetos de pavimentação asfáltica, com a criação de rodovias importantes e a modernização das estradas existentes. Esse desenvolvimento continuou ao longo das décadas seguintes, com investimentos contínuos em infraestrutura viária, especialmente durante os chamados "anos de milagre econômico" na década de 1970.

2.3 ESTRUTURA DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

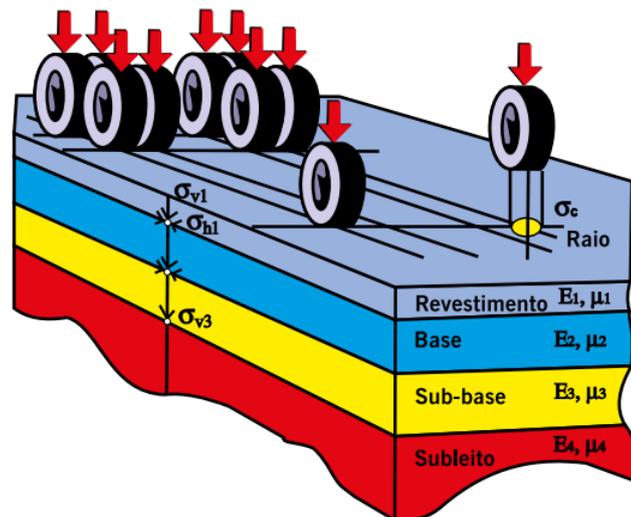
A pavimentação asfáltica exerce um papel fundamental na infraestrutura contemporânea, oferecendo uma superfície segura e duradoura para o tráfego de veículos. A importante escolha dos materiais empregados desempenha uma função essencial na eficácia e durabilidade dessas estruturas.

O asfalto, ou betume, representa um elemento central, sendo um subproduto do petróleo que, quando combinado com agregados minerais, origina uma mistura resistente e resiliente. Ao longo do tempo, progressos tecnológicos refinaram as técnicas de pavimentação, resultando em diferentes composições asfálticas e métodos de implementação.

As camadas do pavimento apresentam mais de uma função específica, que podem proporcionar aos veículos as condições corretas de suporte e rolamento para qualquer contexto meteorológico (BALBO, 2007). Considerando ainda as condições de conforto e segurança dos veículos e usuários, além de selar a superfície, prevenindo a infiltração de água nas camadas inferiores, geralmente mais suscetíveis às variações de umidade.

De acordo com Leite *et al.* (2020) o revestimento asfáltico representa a camada superior que entra em contato direto com as rodas dos veículos. Conforme a intensidade do tráfego, essa cobertura pode ser constituída por uma camada fina preparada no local, conhecida como tratamento superficial, uma camada de rolamento, ou até mesmo duas ou mais camadas de misturas com variadas composições granulométricas e ligantes asfálticos distintos, dependendo das necessidades específicas.

Figura 06 - Camadas do pavimento e seus esforços



Fonte: Albernaz (1997) *apud* Leite (2020).

Em linhas gerais, um revestimento asfáltico é constituído, comumente, por aproximadamente 95% em massa de agregados e 5% de ligante asfáltico, além de eventuais aditivos. Dessa forma, o planejamento adequado de pavimentos considerando as condições climáticas e o tráfego, a escolha criteriosa dos agregados e do ligante, a dosagem precisa da mistura asfáltica, bem como o controle efetivo da usinagem e da aplicação na obra compõem o conjunto de atividades essenciais que, em grande medida, assegura o êxito na pavimentação de uma via.

2.3.1 Asfalto

Segundo Bernucci *et al.* (2008) existem diversas razões para a extensa utilização do asfalto em pavimentação, sendo as principais o que diz que estabelece uma sólida ligação entre os agregados, atuando como um aglutinante que proporciona flexibilidade controlada; possui propriedades impermeabilizantes, sendo durável e resistente à maioria dos ácidos, álcalis e sais;

pode ser empregado aquecido ou emulsionado, em diversas combinações de estrutura mineral, com ou sem aditivos.

Sendo assim, os revestimentos quando são feitos do asfalto podem ser divididos em duas ou mais camadas por consequência de justificativas técnicas, financeiras e construtivas. Por isso, é comum encontrar as seguintes expressões: camada de rolamento e camada de ligação, para exemplificar as subdivisões dessas camadas (BALBO, 2007).

A evolução das tecnologias de pavimentação asfáltica ao longo dos anos tem permitido o desenvolvimento de misturas asfálticas mais sofisticadas, adaptadas a diferentes condições climáticas e níveis de tráfego. A incorporação de aditivos e técnicas avançadas de projeto e construção contribui para melhorar a resistência, durabilidade e sustentabilidade do asfalto em pavimentação.

2.3.2 Base e Sub-base

A base constitui a camada imediatamente abaixo do revestimento asfáltico e desempenha um papel crucial na distribuição das cargas transmitidas pela superfície da estrada. Composta geralmente por uma mistura de agregados granulares e ligantes asfálticos, a base proporciona resistência estrutural e contribui para a durabilidade da pavimentação.

As escolhas dos materiais para a base são criteriosas podendo ser constituídas por solo natural, misturas de solos e agregados (solo-brita), brita graduada, brita graduada tratada com cimento, solo estabilizado com ligante hidráulico ou asfáltico, concretos e entre outros exemplos (BALBO, 2007).

Segundo Moura (2017) sub-base é a camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se constrói o revestimento. Localizada abaixo da base, ela atua como uma camada intermediária de suporte, frequentemente composta por agregados minerais.

Sua principal função é distribuir de maneira homogênea as sobrecargas provenientes do tráfego, reduzindo ao mínimo a chance de deformações e assegurando uma base sólida para a camada superior. A seleção criteriosa dos materiais para a sub-base é essencial, e métodos como a estabilização química ou mecânica podem ser utilizados para aprimorar suas características.

2.3.3 Subleito

Desempenha um papel crucial na infraestrutura de pavimentação asfáltica, constituindo a camada mais profunda responsável pelo suporte estrutural da via. Segundo Anastácio Neto (2019), é a camada mais fraca da estrutura, conforme sua capacidade, pode ser necessário a execução de um reforço. A qualidade tem muita importância, já que deve assegurar a estabilidade, durabilidade e desempenho da pavimentação ao longo do tempo.

Antes da construção da pavimentação, vale ressaltar a necessidade de uma análise geotécnica abrangente para avaliar as propriedades do estrato inferior, como resistência, compactação e drenagem, visando prevenir possíveis complicações futuras.

A efetividade do subleito é evidenciada pelo seu papel na distribuição das cargas do tráfego, prevenindo afundamentos diferenciais que poderiam comprometer a integridade da pavimentação, e sua adequada preparação e manutenção são determinantes para assegurar estradas seguras e duradouras.

2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

Os pavimentos, elementos cruciais na infraestrutura viária, desempenham um papel vital na conectividade e mobilidade urbana. De acordo com o DNIT (2006) existem três tipos de pavimentos, classificam-se estes como: pavimento rígido, pavimento semirrígido e pavimento flexível.

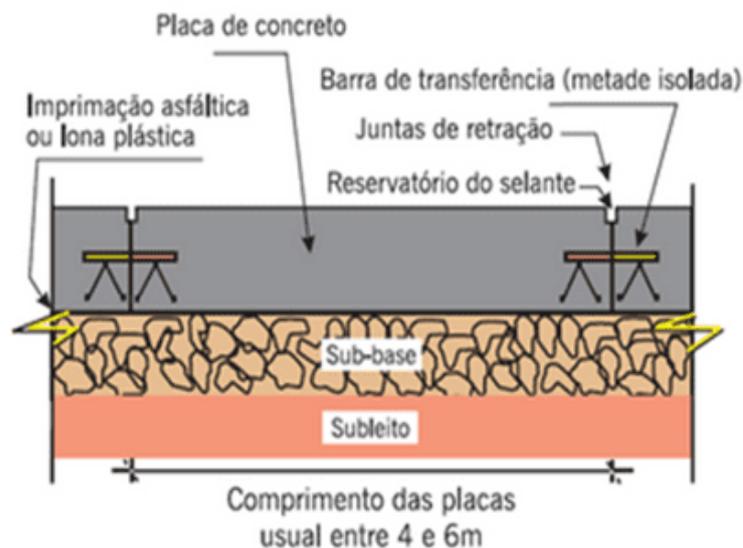
Cada tipo de pavimento apresenta vantagens específicas, e a escolha entre eles depende das características do tráfego, do clima local e dos objetivos de sustentabilidade. Este panorama introdutório destaca a diversidade dessas estruturas fundamentais que moldam a rede viária moderna.

2.4.1 Pavimento Rígido

O pavimento rígido é caracterizado como aquele que exibe uma camada de revestimento com rigidez substancialmente superior às demais, sendo capaz de absorver todas as tensões e deformações provenientes das cargas (ARAÚJO, 2016). Tendo uma maior durabilidade, ele resiste melhor às ações do tempo, não havendo necessidade de manutenção e conseqüentemente adquirindo com o tempo mais resistência.

Nesse contexto, o pavimento rígido se evidencia como uma alternativa resistente e de longa vida para a pavimentação. Sua firmeza excepcional, muitas vezes proveniente do concreto, garante uma durabilidade notável, tornando-o particularmente apropriado para rodovias e regiões sujeitas a cargas intensas. Além disso, a capacidade de distribuir eficientemente as cargas e resistir ao desgaste confere ao pavimento rígido uma opção confiável para uma variedade de aplicações.

Figura 07 - Representação do pavimento rígido



Fonte: Bernucci *et al.* (2008).

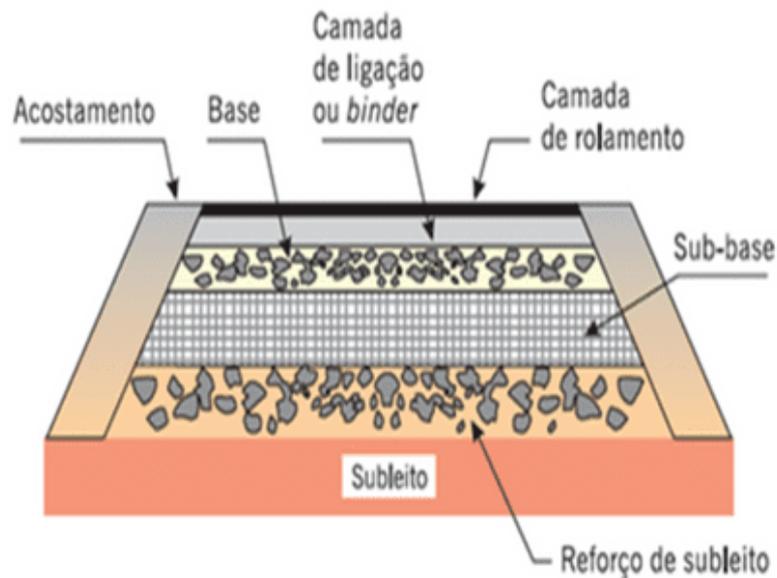
2.4.2 Pavimento Flexível

De acordo com Venescau (2021) o pavimento flexível é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e com isso absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado, sendo então reconhecido por sua capacidade única de se adaptar a deformações sob cargas repetitivas, oferecendo uma superfície resiliente e mais delicada.

Conforme observado por Balbo (2007) uma carga que atua sobre esse tipo de pavimento, impõe na estrutura um campo de tensões concentrado próximo ao local de aplicação. Essa adaptabilidade a pequenas deformações torna o pavimento flexível uma escolha preferencial em regiões com solos instáveis e variações térmicas significativas, contribuindo para a criação de estradas mais confortáveis e duráveis.

As técnicas de construção desse tipo de pavimento são geralmente mais rápidas e envolvem menos recursos em comparação com pavimentos rígidos, permitindo ciclos de vida mais eficientes e econômicos. Sua capacidade de se ajustar a pequenos assentamentos do solo e resistir a trincas resulta em menor necessidade de reparos, tornando o pavimento flexível uma escolha versátil e eficaz para atender às demandas variadas.

Figura 08 - Representação do pavimento flexível



Fonte: Bernucci *et al.* (2008).

2.4.3 Pavimento Semi-rígido

Como observado pelo DNIT (2006) 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.

A partir disso, sua resistência estrutural, durabilidade e capacidade de distribuir cargas são elementos fundamentais para o desempenho satisfatório em áreas com tráfego moderado a intenso.

2.5 PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Ao longo da existência operacional das pavimentações, várias formas de manifestações patológicas podem surgir, sendo influenciadas pelos materiais empregados, pelo desempenho mecânico, pelo volume de tráfego, pelas condições climáticas e pela qualidade da execução do pavimento. Tais características são específicas para cada estrutura, contribuindo para a diversidade de problemas que podem se manifestar ao longo do tempo.

De acordo com SILVA (2020) as irregularidades patológicas podem se manifestar a médio ou longo prazo, como resultado do desgaste causado pelo tráfego e pelas condições climáticas. Contudo, também é possível que surjam prematuramente, impactando negativamente na expectativa de vida projetada para o pavimento, frequentemente decorrentes de falhas ou inadequações na concepção.

Notáveis equívocos ou inadequações podem ocorrer na fase de projeto, na formulação ou na fabricação dos materiais, durante a execução, assim como nos aspectos construtivos, de conservação e manutenção.

De acordo com isso, as manifestações patológicas em pavimentação destacam a importância da gestão cuidadosa ao longo de toda a vida útil do revestimento asfáltico. A atenção a detalhes desde a fase de projeto até as práticas de manutenção contínua desempenha um papel crucial na minimização dos impactos adversos, assegurando que as estradas mantenham padrões elevados de desempenho ao longo do tempo.

2.5.1 Fenda

Segundo a norma DNIT (005/2003) fenda está de acordo com o aparecimento de alguma irregularidade na superfície do pavimento, que resulte em aberturas de dimensões variadas, manifestando-se de diversas maneiras, conforme detalhado a seguir.

Conforme Camargo e Gomes (2017) existe uma diversidade de elementos que contribuem para o surgimento de fendas, sendo um deles os excessos de cargas que atuam sobre o pavimento, bem como seu alívio, fatores que induzem tensões à fibra interna do revestimento. Os pesquisadores também apontam o clima como um agente influente, uma vez que as variações diárias de temperatura resultam na contração e dilatação do revestimento.

Pode-se observar no manual do DNIT (2006) a afirmação que de acordo a abertura das fendas elas podem ser classificadas em FC-1 (trincas menores que 1,0mm), FC-2 (trincas superiores a 1,0mm) e FC-3 (trincas superiores a 1,0mm, com erosão nas bordas).

- Fissura

De acordo com a norma DNIT (005/2003) fissura é proveniente da fenda, sendo uma largura capilar existente no revestimento, localizada longitudinalmente, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente vista a uma distância inferior a 1,50 m.

Figura 09 - Fissura em pavimentação asfáltica



Fonte: Brava Equipamentos (2023).

- Trincas

A norma DNIT (005/2003) diz que é uma fenda existente no revestimento, facilmente visível com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

DNIT (2006), aborda que trincas resultam de falhas e da fragilização da superfície do pavimento, gerando a formação dessas aberturas que propiciam a infiltração de água nas camadas inferiores, ocasionando um comprometimento estrutural. Sendo assim, uma vez iniciado esse processo, o resultado é aumentar, permitindo o surgimento de outras irregularidades patológicas, como a desintegração do pavimento.

A trinca isolada é categorizada em: fissura transversal e fissura longitudinal. Conforme as diretrizes estabelecidas pela norma DNIT (005/2003), a trinca transversal é aquela que apresenta uma direção predominantemente perpendicular ao eixo da via. Caso sua extensão seja de até 1,0 metro, é denominada trinca transversal curta. Já se sua extensão for superior a 1,0 metro, é identificada como trinca transversal longa, como pode ser observado nas seguintes imagens.

Figura 10 - Trinca isolada transversal



Fonte: DNIT (005/2003).

Segundo a norma DNIT (005/2003), a trinca longitudinal é aquela que apresenta direção principalmente paralela ao eixo da via. Caso sua extensão seja de até 1,0 metro, é referida como trinca longitudinal curta. Se a extensão ultrapassar 1,0 metro, é caracterizada como trinca longitudinal longa, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 - Trinca isolada longitudinal



Fonte: DNIT (005/2003).

À medida que, a trinca interligada é classificada em: Trinca tipo “Couro de Jacaré” e Trinca tipo “Bloco”.

A trinca tipo “Couro de Jacaré”, de acordo a norma DNIT (005/2003) é o conjunto de trincas vinculadas sem direções específicas, exibindo uma malha de contornos irregulares que remete a textura do couro de jacaré, podendo ou não apresentar desgaste pronunciado nas

extremidades. Essa configuração é muitas vezes associada à fadiga do pavimento devido a cargas repetidas, podendo indicar a necessidade de avaliação e reforço estrutural.

Figura 12 - Trinca interligada do tipo “Couro de Jacaré”



Fonte: DNIT (005/2003).

A trinca tipo “Bloco” é o agrupamento de trincas interligadas caracterizadas pelo formato de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas.

Essa ocorrência frequentemente está associada a questões na camada de base, ao processo de envelhecimento do asfalto ou à infiltração de água. A compreensão dessas diversas formas de trincas é fundamental para uma avaliação apurada do estado do pavimento, possibilitando a adoção de ações apropriadas de manutenção e reabilitação, assegurando a durabilidade e a eficácia das vias.

Figura 13 - Trinca interligada do tipo “Bloco”



Fonte: DNIT (005/2003).

2.5.2 Afundamento

De acordo com a norma DNIT (005/2003) afundamento é a deformação permanente definida por uma depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, subdividindo-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

Para Gaspar e Pinheiro (2021) os afundamentos podem acontecer quando uma ou mais camadas perdem sua habilidade de suportar as cargas devido à exposição prolongada ao calor intenso sobre o revestimento ou à saturação das camadas. Essa condição também se manifesta em casos de dosagem inadequada dos materiais que compõem a mistura asfáltica e em problemas de drenagem.

- Afundamento plástico

Conforme na norma DNIT (005/2003) é o afundamento gerado pela deformação plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, seguido por um levantamento. Se a extensão for até 6 metros, é categorizado como afundamento plástico local; quando ultrapassa 6 metros e está posicionado ao longo da trilha de roda, é designado como afundamento plástico na trilha de roda.

- Afundamento de consolidação

A norma DNIT (005/2003) também diz que o afundamento por consolidação é originado pela consolidação desigual de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, sem apresentar elevação. Se sua extensão for até 6 metros, é classificado como afundamento de consolidação local; caso ultrapasse 6 metros e esteja ao longo da trilha de roda, é rotulado como afundamento de consolidação na trilha de roda.

Figura 14 - Afundamento local



Fonte: DNIT (005/2003).

Figura 15 - Afundamento de trilha de roda



Fonte: DNIT (005/2003).

2.5.3 Ondulação ou Corrugação

Para Danieleski (2004) a ondulação se caracteriza por ser irregularidade caracterizada por formação de ondas perpendiculares ao eixo da via, resultando em vibrações excessivas para veículos em movimentos.

As origens dessa patologia podem estar na instabilidade da mistura betuminosa da camada de revestimento ou também da base do pavimento, no excesso de umidade das camadas inferiores, na contaminação da mistura asfáltica ou na retenção de água na mistura asfáltica (CAMARGO; GOMES, 2017).

Figura 16 - Ondulação ou Corrugação



Fonte: DNIT (005/2003).

Sendo assim, é uma ocorrência desencadeado pela quebra por cisalhamento no revestimento ou na interface entre o revestimento e o material de base, originado pelas cargas do tráfego. Geralmente manifestam-se nas áreas de aceleração ou frenagem dos veículos, com maior intensidade nas proximidades das trilhas de rodas (DNIT, 2006).

2.5.4 Escorregamento

O Departamento Nacional de Trânsito - DNIT (005/2003) diz que o escorregamento é o deslocamento do revestimento em relação à camada inferior do pavimento, com o surgimento de fissuras em formato semelhante a meia-lua. Isso pode ocorrer devido a diminuição de resistência da massa asfáltica ou a falta de aderência entre a camada de revestimento e a camada subjacente.

As principais causas para o acontecimento do escorregamento segundo DNIT (2006) é a conexão inadequada entre o revestimento e a camada subjacente (falhas na imprimação ou pintura de ligação); baixa inércia do revestimento asfáltico devido à sua espessura reduzida; compactação inadequada das misturas asfálticas ou da porção superior da camada de base; deformação plástica do revestimento em temperaturas elevadas.

Figura 17 - Escorregamento



Fonte: DNIT (005/2003).

2.5.5 Exsudação

De acordo com Bernucci *et al.* (2008) a exsudação é identificada pelo aparecimento abundante de ligante na superfície, manifestando-se muitas vezes como manchas escurecidas, geralmente resultantes do excesso de ligante na massa asfáltica.

Existem algumas razões para que ocorra a exsudação incluindo erros no dimensionamento da massa asfáltica, resultando no excesso de ligante em certas áreas ou até mesmo em toda a extensão, segregação da massa, distribuição inadequada da concentração do ligante, ou ainda, o cravamento dos materiais pétreos na base, levando à ascensão do betume à superfície.

Assim, com a influência do tráfego e das elevadas temperaturas, o cimento asfáltico na mistura expandirá, preenchendo os vazios não ocupados, resultando na migração e concentração do ligante na superfície do revestimento. Com isso, o trânsito pode levar a uma diminuição do volume de vazios e intensificar a exsudação, se manifestando em qualquer parte da superfície do pavimento, sendo mais recorrente nas trilhas de roda (DNIT 2006).

Figura 18 - Exsudação



Fonte: DNIT (005/2003).

2.5.6 Desgaste

De acordo com a norma DNIT (005/2003) se trata de um efeito do desprendimento gradual do agregado do pavimento, identificado pela rugosidade superficial do revestimento e gerado por esforços tangenciais provenientes do tráfego.

O desgaste tem início quando a viscosidade do ligante diminui severamente por conta da evaporação dos óleos mais leves do cimento asfáltico. Isto ocorre por conta do superaquecimento na usinagem ou a oxidação durante longa exposição às temperaturas ambientais.

Figura 19 - Desgaste

Fonte: DNIT (005/2003).

2.5.7 Panela ou buraco

Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas (DNIT, 2006, p. 3).

As principais razões para o aparecimento de panelas são os trincamentos por fadiga e a desintegração localizada no revestimento. É importante destacar que essa falha está diretamente associada à influência do tráfego e aos elementos climáticos, podendo surgir em diversas regiões do revestimento, sendo mais comuns nas trilhas de rodas.

Figura 20 - Panela ou buraco

Fonte: DNIT (005/2003).

2.5.8 Remendo

Segundo a norma do Departamento Nacional de Trânsito - DNIT (005/2003) se trata de uma panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação chamada de “tapaburaco”. Podendo ser dividida em dois tipos, remendo profundo e remendo superficial.

- Remendo profundo, é aquele em que ocorre uma mudança do revestimento e, possivelmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Geralmente, apresenta forma retangular.
- Remendo superficial, uma correção, em determinada área da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa.

Geralmente são causados pelo tráfego intenso, uso de material de má qualidade, condições ambientais severas e problemas construtivos.

Figura 21 - Remendo



Fonte: DNIT (005/2003).

2.6 MÉTODOS DIAGNÓSTICOS PARA OS PAVIMENTOS

Para que os setores responsáveis pelo processo de tomada de decisões relativas ao tipo de manutenção a se realizar no pavimento sejam feitos de maneira confiável, se faz necessário um diagnóstico correto da patologia. Bem como, o tempo e quando deverão ser realizadas intervenções em um determinado pavimento para então compreender o desempenho oferecido e, então, adotar ações que efetivamente permitam o controle dos mecanismos que estão contribuindo para a redução da eficácia do pavimento.

É através desse diagnóstico que se pode selecionar as medidas de manutenção capazes de não apenas solucionar as deficiências funcionais, mas também de representarem um investimento economicamente eficaz, o que será função do desempenho que o pavimento restaurado irá apresentar (GONÇALVES, 1997, p.50).

O autor ainda diz que a avaliação de um pavimento envolve um conjunto de práticas voltadas para a aquisição de dados, informações e parâmetros que possibilitem diagnosticar problemas e interpretar o desempenho do pavimento. Isso permite detectar suas necessidades presentes e futuras de manutenção (GONÇALVES, 1997). O que visa atender às três características gerais de desempenho: segurança, conforto e economia.

Os reparos são efetuados através de intervenções técnicas economicamente sustentáveis, bem como com base em análises do pavimento existente, visando identificar alternativas adequadas para cada tipo de manifestação patológica presente no trecho. Uma das principais ações de manutenção em pavimentos asfálticos é a realização de remendos, os quais podem ser classificados como profundos ou superficiais (ROCHA; COSTA, 2010).

De acordo com o Manual de Conservação Rodoviária (DNIT, 2006), a conservação rodoviária é identificada como o conjunto de operações rotineiras, periódicas e de emergência realizadas para preservar as características técnicas e funcionais do pavimento.

2.6.1 Conservação Preventiva Periódica

Refere-se ao conjunto de ações de preservação realizadas regularmente, visando prevenir o aparecimento ou a intensificação de falhas. Essas atividades são essenciais ao longo do ano, entretanto, sua frequência de implementação varia conforme as condições de tráfego, topografia e influências climáticas.

Segundo Silva (2008) consiste na restauração da superfície à sua condição original, empregando métodos voltados para preservar a integridade estrutural do pavimento e a qualidade de rodagem.

Dessa forma a conservação periódica pode ser dividida em intervenções de conservação preventiva ou intervenções de reforço. Respectivamente a primeira beneficia mais o usuário e a administração rodoviária, já que consiste na execução de camadas finas de desgaste ou reperfilamento para prolongar a vida do pavimento e reduzir danos. Já a conservação por intervenções de reforço é feita na fase final do pavimento, quando não há mais funcionalidade e é crucial reforçar estruturalmente (ALMEIDA, 2013).

2.6.2 Conservação Corretiva Rotineira

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006) se trata de operações de manutenção visando corrigir falhas e restabelecer a funcionalidade dos elementos da via, assegurando conforto e segurança aos usuários da rodovia.

Por isso, para preservar as rodovias, é necessário realizar programações ao longo de toda a vida útil do pavimento, evitando assim a necessidade de uma manutenção mais profunda (GOMES, 2018).

Sendo assim, Almeida (2013) diz que na conservação rotineira, as atividades abrangem não apenas o pavimento, mas também incluem cuidados com acostamentos, sistemas de drenagem e sinalização. Considerando a degradação do pavimento, priorizando a aplicação de camadas impermeabilizantes, o preenchimento de fissuras e a correção de irregularidades, incluindo saneamentos em áreas específicas.

2.6.3 Recuperação do Pavimento através de sua Restauração

Geralmente este método é aplicado quando o pavimento está próximo do fim do ciclo de vida, podendo ser identificado por meio de indicadores temporais e/ou índices de desempenho (DNIT, 2006).

2.6.4 Recuperação do Pavimento através de sua Reabilitação

Esse processo deverá ser adotado para um pavimento que, conforme aferido por parâmetros temporais ou índices de desempenho já ultrapassou, de forma significativa, o estágio final do ciclo de vida correspondente e apresenta anomalias com tendências irreversíveis, em termos de desempenho funcional e estrutural não desfrutando mais, portanto, da devida habilitação (DNIT, 2006, p.36).

Ainda segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006) sua implementação baseia-se em um Projeto de Engenharia específico, conforme as diretrizes para elaboração de estudos e projetos rodoviários. A solução é determinada a partir do valor residual do pavimento existente e considera os parâmetros de tráfego para o novo ciclo. Geralmente, envolve recapeamento do pavimento existente, com a opção de reconstrução em casos de extensões significativas, sendo esta última mais predominante à medida que a defasagem entre o fim do ciclo de vida e a execução das obras aumenta.

2.6.5 Recapeamento do Pavimento

O recapeamento é uma medida que visa a restauração da superfície do pavimento, renovação de sua resistência e capacidade estrutural. Com isso ele não apenas corrige defeitos visíveis, como fissuras e desgaste, mas também melhora a segurança e o conforto para os usuários da via. A execução demanda avaliações precisas do pavimento existente, considerando o tráfego atual e projeções futuras, contribuindo para uma rede viária mais eficiente e duradoura.

Essa forma de intervenção, assim como as outras, é estabelecida por meio do projeto de engenharia específico associado a ela. Envolvendo a sobreposição apropriada ao pavimento existente de uma ou mais camadas, compostas por mistura betuminosa ou concreto de cimento Portland.

2.6.6 Reconstrução Parcial do Pavimento

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006) é a forma de reconstrução na qual a remoção e substituição abrangem apenas uma profundidade específica, sem atingir a espessura total do pavimento.

O revestimento recém-aplicado sobre as camadas inferiores reconstruídas, com o suporte adequado, resultará em um pavimento capaz de iniciar um novo ciclo de vida, seguindo premissas técnicas e econômicas (LITAIFF, 2022).

2.6.7 Reconstrução Total do Pavimento

A reconstrução total do pavimento é a forma de reconstrução em que a remoção e substituição atinge a total espessura do pavimento, podendo, em alguns casos, chegar até o subleito (DNIT, 2006).

De acordo com Litaiff (2022) a conformidade com as normas possibilita ao profissional escolher métodos e materiais para aprimorar a consistência e resistência do pavimento, atendendo a todos os requisitos legais.

2.6.8 Reforço do Pavimento

De acordo o DNIT (2006) é a técnica empregada para restaurar as propriedades estruturais do pavimento, envolvendo a sobreposição de uma ou mais camadas sobre o pavimento existente. Como também, incrementar a capacidade estrutural, permitindo que o pavimento desempenhe um novo ciclo de vida.

Este tipo, é uma forma de reconstrução que envolve a aplicação de uma ou mais camadas betuminosas sobre um pavimento existente, após correções superficiais necessárias. Isso visa preparar o pavimento para uma longa duração, podendo incluir camadas granulares, se necessário.

2.6.9 Remendo

Remendo é o procedimento recomendado para corrigir sinais de deterioração específica, originados no nível do revestimento betuminoso e, em situações extremas, pode afetar porções da camada de base (DNIT, 2006).

Também conhecido popularmente como "tapa-buracos", ou profundo, o remendo superficial, segundo o DNIT (2006), restringe-se a corrigir degradações localizadas no revestimento, como a manifestação tipo "panela", evitando danos mais extensos ao pavimento. Já o remendo profundo, aborda degradações localizadas de maior magnitude, podendo envolver a remoção de frações de camadas granulares adjacentes em casos extremos (DNIT, 2006).

Dessa forma é necessário estabelecer o parâmetro técnico que será empregado na estratégia logística de recuperação. Para vias urbanas com uma alta densidade de crateras, onde a integridade da área de influência foi comprometida e a distância entre os buracos é reduzida, é recomendada a fresagem do pavimento por meio de uma fresadora a frio (COELHO; RAUEN, 2016).

2.7 TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO PARA AS PATOLOGIAS

A avaliação dos dados por meio de métodos específicos oferece as resoluções de restauração adequadas em cada situação, as quais podem ser tanto de natureza funcional quanto estrutural (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Dessa maneira, segundo Silva (2018), a situação funcional de um pavimento está vinculada à condição da superfície da camada de revestimento. Os defeitos ou imperfeições

nessa superfície são percebidos pelos usuários da via, uma vez que impactam seu conforto durante o deslocamento e a segurança.

Por outro lado, quando há o comprometimento estrutural do pavimento ou o aumento de tráfego, as opções de restauração ou reforço incluem aquelas que restituem ou ampliam sua capacidade estrutural por meio da adição de novas camadas ao pavimento ou do tratamento das camadas existentes (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Para efetuar as correções de trincas, é possível empregar técnicas como capa selante, tratamento superficial, lama asfáltica e microrrevestimento asfáltico. A selagem de fissuras é uma intervenção projetada com o propósito de corrigir defeitos superficiais (fissuração, desagregação, perda de agregados, polimento das asperezas, exsudação, etc.) manifestados pelo revestimento já existente.

Dessa forma, como procedimento final para o revestimento asfáltico, emprega-se a capa selante, que consiste em uma aplicação de ligante asfáltico, em seguida com a cobertura de agregados finos como areia ou pó de pedra, os quais devem ser distribuídos e espalhados uniformemente com auxílio de um rodo.

De acordo com o DNIT (2006), seu principal objetivo é melhorar as condições de impermeabilização da camada já que afeta a macrotextura dos revestimentos, aumentando a segurança. Sendo aplicada em cima de tratamentos superficiais, misturas pré-misturadas com textura aberta e misturas densas desgastadas devido ao tráfego e às condições climáticas.

Quando se detectam trincas isoladas no revestimento, sua abordagem por meio de selagem se mostra eficaz ao retardar sua progressão e também, a necessidade de uma intervenção de restauração maior (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Figura 22 - Aplicação da capa selante



Fonte: Amorim (2019).

A lama asfáltica é frequentemente utilizada na manutenção de pavimentos, especialmente em revestimentos com desgaste superficial e trincamento leve. Nesse contexto, ela atua como um agente de impermeabilização e revitalização funcional do pavimento. Este método é particularmente adequado para ruas e vias de menor movimentação, representando uma alternativa eficaz para a selagem de trincas e o rejuvenescimento do asfalto (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Para patologias do tipo como painelas ou remendos, o procedimento de reparo é o remendo. Este envolve a remoção completa de sujeira ou água presentes no defeito, seguida pela realização de um corte retangular na área a ser corrigida, com 20 ou 30 cm além das extremidades do defeito e profundidade suficiente para alcançar um material consistente (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Depois, o local será completamente imprimado, incluindo as bordas do corte (geralmente, 1 metro a partir delas é suficiente) para selar as trincas, seguido pela aplicação de um novo pavimento asfáltico, seja para recuperação superficial ou, em casos mais profundos, para todas as camadas de pavimento (SILVA, 2018).

Nesse sentido, Silva (2008) no livro *Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos* diz que em meses frios ou úmidos, é necessária precaução ao realizar remendos e aplicar camadas de selamento, pois, do contrário, a qualidade do reparo pode ser comprometida. Em períodos quentes, a aderência melhora, colaborando com a evaporação da água presente na emulsão.

As manifestações patológicas do tipo ondulação e afundamento, medidas de restauração como o recalçamento e fresagem são opções eficazes. Segundo manual de restauração do DNIT (2006) o recalçamento consiste na realização de uma sobreposição de uma ou mais camadas constituídas de uma mistura betuminosa, que dará ao pavimento um apoio estrutural mantendo apto a exercer um novo ciclo de vida.

Os tipos de revestimento geralmente utilizados como recalçamento são o concreto asfáltico, o SMA (Stone Mastic Asphalt) como camada de rolamento para resistir a deformações permanentes em vias de tráfego pesado e as misturas descontínuas. A sua execução com misturas betuminosas é uma manutenção regular para corrigir pequenas deformações, impermeabilizar a superfície do pavimento e aprimorar a textura. Defeitos que exigem recalçamento podem ser superficiais, como fissuras e trincas, ou mais profundos, como pequenas deformações (CAMARGO, 2023).

Figura 23 - Execução do Recalçamento



Fonte: Jornalismo PMCI (2023).

A fresagem se trata de uma operação de corte através do emprego de máquinas especializadas, é possível remover parcial ou integralmente o revestimento asfáltico existente em uma seção da via, podendo abranger até mesmo outras camadas do pavimento. Essa abordagem visa restaurar a qualidade da superfície para melhorar a capacidade de rolamento ou aprimorar a capacidade de suporte do pavimento (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Dessa forma, atualmente há uma considerável atenção voltada para a preservação ambiental, e a fresagem se destaca por uma de suas principais vantagens: a reciclagem. Isso ocorre porque o material removido do pavimento é reutilizado, desempenhando um papel fundamental na preservação de recursos minerais.

Figura 24 - Fresagem e coleta do material



Fonte: Bernucci *et al.* (2008).

3 METODOLOGIA

Inicialmente, Dias (2016) diz que a revisão bibliográfica envolve a busca e análise crítica do que está sendo debatido na literatura acerca de um tema específico. Com isso, esta pesquisa será conduzida através de uma abordagem abrangente por meio de revisões bibliográficas, no qual foram incluídos livros, artigos acadêmicos, normas nacionais, teses e dissertações que abordem esse tema.

A complexidade presente nas patologias em pavimentação asfáltica demanda uma ampla compreensão, envolvendo investigações mais aprofundadas para uma análise completa. A pesquisa será conduzida conforme os princípios éticos, assegurando clareza e entendimento nas informações coletadas a partir dos artigos analisados.

Conforme Severino (2013), a pesquisa bibliográfica consiste em utilizar referências já disponíveis a partir de estudos prévios sobre o tema, recorrendo a fontes já existentes e utilizadas por outros autores, simplificando o trabalho do pesquisador que incorpora textos alheios para enriquecer seus estudos. Em contrapartida, a pesquisa documental engloba diversos tipos de documentos, como fotos, registros legais e jornais.

Revisões de documentos técnicos, normas e especificações relacionadas a anomalias em pavimentação asfáltica serão realizadas para embasar teoricamente a pesquisa. Isso incluirá estudos de caso anteriores, relatórios de monitoramento de estradas, livros que abrangem o tema e publicações acadêmicas relevantes.

A pesquisa assegurou uma abordagem sobre os tipos de patologias que mais aparecem em pavimentos flexíveis e em mecanismos de restauração e melhoramento do local. A obra “Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração” do autor José Tadeu Balbo (2007); outro exemplar utilizado foi: “Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros (BERNUCCI *et. al.*, 2008) e “Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos” (SILVA, 2008) colaboraram ainda mais para o aprofundamento da pesquisa com conceitos importantes sobre a pavimentação asfáltica e suas patologias.

Quanto ao método utilizado, trata-se de uma pesquisa mista, na qual a parte qualitativa dispensa métodos e procedimentos estatísticos, sendo que o ambiente natural é o local de coleta de dados, e o pesquisador atua como instrumento central. Por outro lado, a parte quantitativa envolve o uso de dados, visando transmitir e analisar informações.

Para análise, foram identificados e escolhidos dois artigos científicos através do google acadêmico para serem objetos de pesquisas e avaliação sobre manifestações patológicas em pavimentos flexíveis:

- Estudo de Manifestações Patológicas em Pavimento Flexível na Avenida João Bôsko M. de Souza no município de Sousa-PB de Silva (2008).
- Estudo de Caso das Principais Patologias em Pavimentos Flexíveis na Avenida João Netto de Campos em Catalão-GO de Ferreira *et al.* (2021)

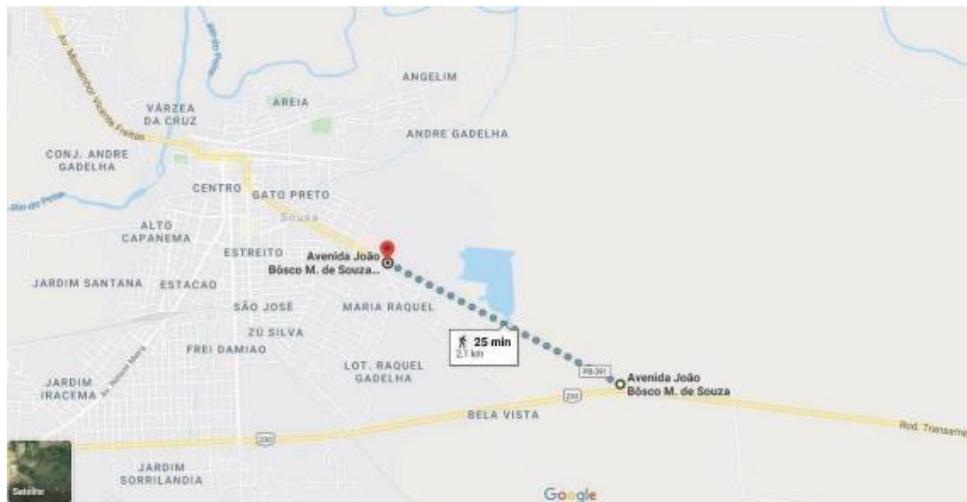
As palavras-chave selecionadas para esta pesquisa foram “Patologias”, “Pavimentação asfáltica”, “Pavimentos flexíveis” e “Técnicas de restauração”.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 CASO 1

A avenida João Bôsko M. situada no município de Souza estado da Paraíba, que segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) possui uma área territorial de 728,492 km² e uma população de 67.259 habitantes foi objeto de estudo sobre a ocorrência de manifestações patológicas, realizado por Silva (2020). Como constatado em pesquisa a avenida possui um fluxo maior de veículos, tornando relevante seu estudo para realizar um levantamento das patologias e suas possíveis causas.

Figura 25 - Av. João Bosco M. de Souza



Fonte: Silva (2020)

A área de estudo de acordo Silva (2020) possui uma extensão de 2,1 km, esta avenida representa uma das principais rotas de entrada e saída para o Hospital Regional da cidade, sendo uma via crucial para o fluxo diário de veículos leves e pesados. A avenida desempenha um papel significativo como uma das vias mais frequentemente utilizadas para conexões comerciais e turísticas entre Sousa-PB e cidades vizinhas, como Aparecida-PB.

Sendo assim, os danos a pavimentação tornam-se recorrentes, e por isso a circulação constante de veículos, especialmente caminhões de carga pesada, intensifica a degradação do solo, resultando em danos progressivos.

Ao realizar as pesquisas no local de estudo, foram identificados por Silva (2020) negligências com os reparos na pavimentação asfáltica da avenida. Um dos pontos notados com erros é a drenagem urbana da área com a presença de sarjetas danificadas, o que impulsiona a

danos mais rápidos na pavimentação, como por exemplo deslocamento de terra ou erosão do acostamento com chuvas de grande volume, como a que ocorreu em janeiro de 2019.

Para o estudo e características mais complexas sobre o local de estudo foram solicitados aos setores de os departamentos de planejamento e infraestrutura da Prefeitura Municipal de Sousa, juntamente com os documentos como projeto, orçamento e a frequência da manutenção na avenida em análise.

Figura 26 - Av. João Bosco M. de Souza



Fonte: Silva (2020).

Com isso, notou-se uma certa dificuldade para obtenção destes dados, já que houve uma ausência de informações por parte do órgão público responsável pela gestão da referida avenida. Logo, a vistoria realizada no local foi importante para obtenção de dados a partir da observação visual da condição de deterioração do pavimento, identificando anomalias presentes e as características da avenida.

Assim, a investigação centrada na localidade aborda ocorrências mais frequentes de manifestações patológicas ao longo da avenida, identificando as causas prováveis, e, através da revisão bibliográfica, realizou-se um estudo conceitual detalhado sobre a deterioração do local, incluindo métodos de restauração para o pavimento em análise (SILVA, 2022).

4.2 CASO 2

Na avenida João Netto de Campos localizada em Catalão no estado de Goiás, com uma população de 114.427 pessoas (IBGE, 2022) foram realizadas pesquisas referentes as principais patologias em pavimentos flexíveis, de acordo com Ferreira et al. (2021).

Figura 27 - Avenida João Netto de Campos



Fonte: Ferreira *et al* (2021).

Assim, conforme Ferreira *et al.* (2021), foram efetuadas visitas ao local e registros fotográficos, visando identificar potenciais patologias no pavimento. Devido à considerável movimentação na área, as inspeções eram conduzidas em momentos de menor intensidade de tráfego.

Considerando que a avenida João Netto de Campos é uma das rotas de acesso à faculdade e às mineradoras da cidade de Catalão, provocando um elevado movimento de motocicletas, automóveis de passeio, utilitários, caminhões, ônibus e veículos de grande porte em geral, isso contribui para o surgimento de várias categorias de problemas na pavimentação.

Depois da condução de análises no local, verificou-se a existência de irregularidades, tornando a avenida a opção definitiva para ser investigada, incluindo características como elevações, depressões, trincas tipo “couro de jacaré” e desgaste. Dessa forma, a baixa qualidade

dos materiais, a instabilidade da mistura betuminosa, erros na execução do projeto e sobrecarga por eixo de veículo são algumas das possíveis razões dessas imperfeições identificadas na região FERREIRA *et al.* (2021).

Assim, as inspeções, aliadas a estudos no local, permitiram que se reconhecessem e identificassem as patologias presentes, incluindo causas prováveis, como alto fluxo de veículos, sobrecarga por eixo, materiais de procedência incerta e falhas na execução. Além disso, por meio do conhecimento técnico adquirido em estudos bibliográficos, os autores puderam sugerir possíveis técnicas de reparo, tais como micro revestimento asfáltico, remendos e recapeamento estrutural, conforme aprofundado na pesquisa FERREIRA *et al.* (2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 RESULTADOS CASO 1

De acordo com Silva (2020) as seguintes manifestações patológicas foram encontradas na Avenida João Bôsko M. de Souza:

5.1.1 Panela

A patologia mais recorrente na área de estudo foi a do tipo panela, por consequência das trincas de fadiga (tipo “Couro de jacaré”), já que a ação da água por conta de fortes chuvas e o alto tráfego intensificavam as panelas existentes no pavimento. O clima influencia no aumento da deterioração da pavimentação, uma vez que a água da chuva pode resultar na redução da capacidade de suporte. Com isso, a estrutura, quando submetida ao tráfego, ocasiona danos maiores na estrutura (MELO, 2018).

Dessa forma, segundo Silva (2020) constatou-se prejuízos ao conforto dos usuários e, também, na estrutura do pavimento, permitindo a penetração de água em todas as camadas, conforme evidenciado nas imagens capturadas pela autora a seguir:

Figura 28 - Manifestação Patológica tipo Panela



Fonte: Silva (2020).

5.1.2 Remendo

A autora evidencia que foram localizados remendos em determinados trechos da Avenida João Bôsko M. de Souza, sendo que sob análise foi constatado estarem desnivelados em relação ao resto do pavimento, proporcionando novamente desconforto aos usuários, afetando a dirigibilidade dos veículos (SILVA, 2020).

Os reparos, que representam uma técnica empregada para abordar a questão dos buracos, podem sofrer deterioração devido à utilização de materiais de baixa qualidade, execução inadequada, sendo categorizados como defeitos funcionais e estruturais.

Figura 29 - Manifestação patológica tipo remendo



Fonte: Silva (2020).

Figura 30 - Manifestação Patológica tipo Remendo



Fonte: Silva (2020).

5.1.3 Trinca Longitudinal

Após inspeções no local de pesquisa, Silva (2020) identificou a presença de diversos tipos de fissuras, incluindo a fissura longitudinal que se manifesta de forma paralela ao eixo da avenida. As origens desse tipo de patologia, estão relacionadas à propagação de fissuras nas camadas abaixo do revestimento asfáltico, à expansão da camada asfáltica devido às variações de temperatura e ao recalque diferencial.

Figura 31 - Manifestação Patológica tipo Trinca Longitudinal



Fonte: Silva (2020).

Trincas longitudinais e transversais também possibilitam a entrada de água na estrutura do pavimento, dependendo de sua profundidade; por isso, é necessário realizar a vedação dessas fissuras. Esses problemas estão intimamente ligados à execução inadequada, à influência do tráfego e à drenagem de água na superfície do pavimento que são situações recorrentes da via (NETO, 2019).

Silva (2020) ainda analisou que as trincas não são associadas às cargas, mas que essas cargas, juntamente com a precipitação pluviométrica, aceleram a intensidade e deterioração, classificando-as como defeitos funcionais e estruturais. À medida que evoluem para fissuras mais extensas, elas resultam em instabilidade para os usuários e comprometem a integridade estrutural do pavimento.

5.1.4 Trinca tipo “Couro de Jacaré”

Após análises no local, Silva (2020) notou a existência de manifestações patológicas, como trincas do tipo "couro de jacaré", que se manifestavam predominantemente nas trilhas de roda, especialmente em áreas onde ocorria frenagem acentuada dos veículos, especificamente próximo ao posto de combustível e próximo à lombada em frente ao hotel situado na avenida.

Várias são as causas que podem gerar o trincamento, entre elas: ação da repetição de cargas do tráfego, ação climática – gradientes térmicos, envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade seja pelo tempo de exposição seja pelo excesso de temperatura na usinagem, compactação deficiente do revestimento, deficiência no teor de ligante asfáltico, subdimensionamento, rigidez excessiva do revestimento em estrutura com elevada deflexão, reflexão de trincas de mesma natureza, recalques diferenciais, entre outros (MELO, 2018, p. 46).

Assim, as trincas tipo "couro de jacaré" surgiram no revestimento asfáltico da Avenida João Bôsco M. de Souza devido ao desgaste causado pela fadiga do asfalto, decorrente de carregamentos repetidos, e a infiltração da precipitação pluviométrica nas camadas do pavimento, resultando no enfraquecimento estrutural.

Figura 32 - Manifestação Patológica tipo Trinca “Couro de Jacaré”



Fonte: Silva (2020).

5.1.5 Trinca tipo Bloco

Após vistorias in loco, Silva (2020) observou que as trincas tipo bloco, identificadas na via em questão, são o resultado da progressão das trincas longitudinais associadas às trincas transversais, formando blocos. Esse fenômeno é causado pela contração da capa asfáltica

devido às variações diárias de temperatura, resultando no endurecimento significativo do asfalto.

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2006), a existência desse defeito indica que o ligante asfáltico não conseguiu manter sua característica elástica. Consequentemente, ao longo do tempo, os blocos apresentam uma redução mais acentuada em suas dimensões, resultando em um aumento significativo na quantidade de blocos.

Dada a clara demonstração da sensação de insegurança e desconforto experimentada por aqueles que trafegam nessas áreas com essas anomalias, caracterizando-as como defeitos funcionais e estruturais, pois a intensidade das fissuras pode progredir para uma manifestação patológica do tipo "panela", afetando as camadas abaixo do revestimento e, por conseguinte, alterando sua estrutura, conforme ilustrado na figura a seguir apresentada pela autora.

Figura 33 - Manifestação Patológica tipo Trinca Bloco



Fonte: Silva (2020).

5.1.6 Afundamento Plástico

Conforme a investigação realizada pela pesquisadora Silva (2020), entre os diversos afundamentos plásticos identificados na avenida, especialmente em áreas estratégicas onde os veículos realizam frenagem intensa, como na lombada em frente ao hotel e próximo ao posto de combustível, notou-se que tais afundamentos ocorrem precisamente no trilho de roda e resultam no levantamento do bordo lateral, destacando características significativas dessa patologia.

Por isso, os afundamentos plásticos, quando as depressões são causadas principalmente pela deformação gradual do revestimento asfáltico, podem manifestar-se como afundamento localizado ou longitudinal nas trilhas de roda. Geralmente, neste último tipo de afundamento, há uma compensação volumétrica observada, com elevação da massa asfáltica ao longo das bordas da depressão (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Consequentemente, a patologia em questão pode ter sido causada por deformações plásticas nas camadas do pavimento, resultantes da repetida ação das cargas do tráfego, que é intensa no local, sendo categorizado como defeito funcional e estrutural.

Figura 34 - Manifestação tipo Afundamento Plástico



Fonte: Silva (2020).

5.2 RESULTADOS CASO 2

Segundo levantamentos e vistorias realizados na Avenida João Netto de Campos em Catalão Goiás Ferreira et al. (2021) encontrou determinadas manifestações patológicas que serão abordadas a seguir:

5.2.1 Trincas tipo “couro de jacaré”

Após investigações realizadas na primeira parte do trecho, os autores Ferreira *et al.* (2021), ao analisarem, constataram o surgimento de fissuras do tipo "couro de jacaré". Essas trincas, ainda de acordo os autores, surgiram na avenida devido ao colapso do revestimento asfáltico, ocasionado pela repetição das ações do tráfego, subdimensionamento ou baixa qualidade da estrutura de uma das camadas do pavimento, capacidade de suporte do solo inadequada, envelhecimento do pavimento (fim de vida) e asfalto rígido ou quebradiço, que são cenários mais recorrentes.

Figura 35 - Manifestação tipo “Couro de Jacaré” na Avenida João Netto de Campos



Fonte: Ferreira *et al.* (2021).

5.2.2 Panelas

Conforme verificado na pesquisa conduzida por Ferreira et al. (2021) na segunda parte do trecho da Avenida João Netto de Campos, foram identificadas as patologias conhecidas como panelas ou buracos. Segundo o DNIT (2006), as possíveis razões para a ocorrência desse tipo de patologias incluem sobrecarga por eixo de veículos, deficiências no projeto, falhas construtivas e influência da água devido à infiltração que são recorrentes na área.

Figura 36 - Manifestação do tipo Panela na Avenida João Netto de Campos



Fonte: Ferreira *et al.* (2021).

5.2.3 Ondulações

A pesquisa conduzida por Ferreira *et al.* (2021) ainda conseguiu destacar a existência de ondulações na terceira parte do trecho. Conforme apontado pelo autor, as possíveis razões para essas ocorrências são a instabilidade da mistura betuminosa na camada de revestimento ou na base do pavimento, excesso de umidade, presença de contaminantes na mistura asfáltica e retenção de água na composição asfáltica.

No Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos, Silva (2008) indica que as elevações estão ligadas a regiões sujeitas a aceleração ou frenagem, frequentes em subidas, rampas, curvas e interseções. Essas irregularidades resultam em desconforto, sensação de insegurança e despesas para a população, associadas a manutenções precoces de seus veículos e aumento dos custos nos serviços de transporte (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Figura 37 - Manifestação do tipo Ondulações



Fonte: Ferreira *et al.* (2021).

5.2.4 Desgaste

Ferreira *et al.* (2021) revela que por meio de sua pesquisa no local, também foram identificadas patologias do tipo desgaste na quarta e última parte do trecho analisado. O desgaste superficial representa uma interação entre o tráfego e o intemperismo. Em situações extremas, podemos observar uma superfície polida, afetando a segurança em relação à derrapagem (SILVA, 2008).

Dessa maneira, outros motivos para o surgimento dessa anomalia estão associados à inadequação da ligação entre os componentes das misturas betuminosas ou à sua formulação inadequada com o uso de materiais inadequados, além de falhas na construção, como má compactação e problemas na execução da base.

Figura 38 - Manifestação do tipo Desgaste



Fonte: Ferreira *et al.* (2021).

5.3 AVALIANDO OS RESULTADOS

É evidente que, em diversas vias, têm-se manifestações patológicas presentes, algumas em estágio inicial e outras em estágio avançado, demandando intervenção para evitar a penetração dessas patologias nas camadas subjacentes. Para cada defeito identificado, existem soluções potenciais, as quais serão abordadas nesse item.

Conforme o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), é imprescindível que o pavimento apresente características operacionais funcionais para garantir um desempenho adequado. Sendo elas: flexibilidade, capacidade de absorção de deformações, resistência a água, durabilidade e aderência ao pneu, por exemplo. Esses fatores são cruciais para a análise abrangente da superfície do pavimento, a sua condição reflete no grau de degradação resultante dos processos relacionados ao ambiente e ao uso contínuo pelo tráfego.

Conforme mencionado anteriormente, as manifestações patológicas, como as "panelas" e as trincas do tipo "couro de jacaré", são identificadas em ambos os estudos de caso por conta do intenso tráfego de veículos encontrado nos dois trechos. Silva (2020) ressalta que, no caso das trincas, consideradas problemas estruturais, a abordagem mais eficaz seria a recuperação do trecho. Ao reconstituir a camada de base, destaca-se a importância de uma execução cuidadosa na compactação, combinada com uma drenagem eficiente, a fim de prevenir o surgimento de novas patologias.

Nesse contexto, de acordo com as diretrizes do DNIT (2006), a selagem de trincas requer um processo manual de preenchimento de fissuras no revestimento betuminoso ou pavimento de concreto de cimento. Utiliza-se material asfáltico para bloquear a penetração de água nas camadas inferiores do pavimento, visando preservar sua integridade estrutural.

Ainda de acordo o DNIT (2006) as correções das trincas em revestimentos de concreto asfáltico através da selagem devem seguir o seguinte procedimento:

1. Instalação da sinalização: Dispor os equipamentos de sinalização e controle de tráfego nos locais apropriados;
2. Limpeza das trincas: Para garantir a aderência do selante, é essencial que a patologia esteja completamente limpa e livre de pó ou pequenas partículas de agregado. Esta observação é especialmente relevante quando se utiliza emulsão asfáltica como selante, já que a sua aderência ao agregado ocorre por contato;

3. Reparo das fissuras: Após a limpeza, é necessário reparar as trincas com uma largura entre 4mm e 20mm, cujas paredes laterais não estejam em boas condições para uma selagem eficaz. O reservatório para o selante deve ser projetado para acomodar os movimentos de contração do revestimento asfáltico. Assim, a abertura da fissura deve ter no mínimo 7mm para permitir a acomodação do selante, e as paredes devem ser relativamente verticais;
4. Preenchimento das fissuras com selante: Uma vez reparadas, as fissuras devem ser preenchidas com selante. Os selantes mais utilizados no Brasil são os cimentos asfálticos, asfaltos diluídos e emulsões, embora não sejam os mais eficazes;
5. Limpeza do local: Após a aplicação do selante, segue-se a limpeza da área, que envolve a remoção de todos os detritos e sobras, os quais devem ser recolhidos e descartados em locais apropriados.

Quanto à acumulação de água, fator que contribui para impactos na superfície do pavimento e agrava o surgimento de trincas, recomenda-se a recomposição de obras de drenagem superficial em trechos danificados, mantendo a inclinação original. Adicionalmente, para a restauração de obras de drenagem profundas, destaca-se a importância do aprimoramento dos drenos longitudinais profundos, frequentemente obstruídos e responsáveis por degradações que se refletem no pavimento ou na plataforma (DNIT, 2006).

Para a correção de defeitos como o tipo "panela", Ferreira *et al.* (2021) recomenda a aplicação de remendos o mais prontamente possível. Nesse contexto, conforme orientações do DNIT (2006), é importante que a execução dos remendos siga a técnica mais refinada.

Estas são compostas obrigatoriamente pelas seguintes etapas: regularização da degradação, impermeabilização das camadas granulares afetadas, espalhamento, conformação e compactação do material de enchimento, além da selagem superficial quando o referido material apresentar um índice de vazios elevado, ou seja, superior a 6%. As manifestações patológicas deste estudo, não necessitam de recuperação profunda, pois as mesmas estão apenas na superfície do pavimento.

Dessa forma, a identificação comum de patologias, notadamente as "panelas" e "trincas", nos dois estudos de caso sob condições de tráfego similares, destaca a presença persistente desses problemas em pavimentos asfálticos flexíveis. No entanto, a coexistência dessas patologias em ambos os estudos ressalta a necessidade de uma melhor abordagem para a compreensão e tratamento dessas anomalias, reconhecendo que, embora certos padrões sejam

comuns, as características locais podem influenciar a manifestação e a progressão dessas patologias.

5.3.1 Comparativo e análises patológicas

Após observações nos dois estudos de caso citados neste trabalho, ambos situados em ambientes de tráfego comparáveis, ainda assim possuem características acerca das patologias encontradas que divergem. Inicialmente, as semelhanças entre os dois casos são evidentes, destacando-se a presença comum de trincas e panelas ao longo dos trechos analisados.

Com isso, pode-se destacar que ambos os casos possuem características de tráfego, execução inadequada e materiais de má qualidade que teoricamente, poderiam resultar em padrões patológicos semelhantes. Entretanto, ao examinar mais detalhadamente, surgem divergências notáveis nas patologias identificadas em cada estudo.

A área do estudo de caso 1, a Avenida João Bôsko M. de Souza, ainda apresenta casos de afundamento plástico do pavimento, que ocorreu por conta do intenso tráfego e consequentemente frenagem acentuada em locais específicos, como o hotel presente na área e posto de gasolina. Para tratamento dessa patologia, Silva (2020) cita as técnicas de recapeamento ou fresagem, que se trata de uma na construção de uma ou mais camadas asfálticas sobre o revestimento existente.

Entretanto, é preciso realizar estudos específicos para determinar a gravidade do problema. Corrigir afundamentos localizados pode ser mais simples ao restabelecer a seção transversal com massa betuminosa. Contudo, em casos mais graves, como afundamentos de trilha de roda e afundamentos plásticos que causam danos significativos ao pavimento, é essencial empregar uma abordagem mais complexa, como o recapeamento.

A partir de análises feitas no local Ferreira *et al.* (2021) ainda constatou a presença de ondulações e desgaste, que ocorreram devido também ao fluxo intenso de veículos, tanto leves como pesados, por conta da proximidade a uma mineradora e faculdade. Para o seu tratamento ele cita respectivamente a fresagem ou recapeamento, e para casos de desgaste a aplicação de uma camada de micro revestimento asfáltico, camada fina de recape, aumentando assim a vida útil.

Pode-se citar as diferenças encontradas nos dois casos como características locais predominantes. Enquanto no Caso 1, além da alta movimentação de veículos, houve a questão da umidade e do ambiente. É importante salientar o aparecimento de muitas trincas devido ao descuido com a drenagem do local, em decorrência da presença de fortes chuvas no período de

janeiro de 2019. A falta de fiscalização dos órgãos públicos, má execução e a correção imediata resultaram no surgimento e aceleração dos diferentes tipos de trincas encontrados.

Em contrapartida, no Caso 2, por conta da presença da mineradora no trecho da via e passagem de veículos pesados diariamente, há a predominância de patologias que ocorrem devido a esse alto fluxo e desgaste. Essa ocorrência, embora semelhante no início, ressalta a complexidade e singularidade dos desafios que os pavimentos asfálticos flexíveis enfrentam, mesmo sob condições de tráfego aparentemente iguais.

As divergências encontradas nos estudos, mostra a importância de análises mais profundas de determinadas áreas que apresentem patologias, além da necessidade de considerar fatores específicos do local que podem influenciar no final do estudo. Ao entender essas diferenças, surge a possibilidade de ajustes nas práticas de construção, manutenção e gestão de pavimentos, buscando lidar de forma mais eficiente com os desafios específicos de diversos contextos.

Com isso, a análise comparativa realizada nesse item entre os estudos mostra detalhes interessantes nas patologias dos pavimentos asfálticos flexíveis, incentivando uma observação sobre como variáveis locais específicas influenciam, e oferecendo ideias úteis para melhorar futuras práticas na engenharia de pavimentos.

5.4 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Este estudo proporcionou uma análise mais complexa sobre manifestações patológicas em pavimentos flexíveis. Mesmo diante do exposto, o campo da engenharia de pavimentos é dinâmico e em constante evolução, e há diversas áreas promissoras que merecem atenção em pesquisas futuras.

- Investigar como a aplicação de novas tecnologias, como sensores inteligentes e materiais inovadores, podem afetar a resistência e o funcionamento de pavimentos asfálticos flexíveis.
- Explorar o uso de sistemas avançados para identificar problemas patológicos inicialmente, possibilitando ações preventivas.
- Explorar o uso de materiais alternativos e ecológicos na construção de pavimentos flexíveis, analisando como afetam, seus problemas e a durabilidade.

- Analisar o desempenho das estratégias de manutenção já existentes com base em dados e análises avançadas.
- Uso de informações em tempo real para melhorar previsões e aprimorar estratégias de manutenção, antecipando problemas com base em variáveis como tráfego, clima e características do solo.
- Examinar a capacidade de resistência dos pavimentos flexíveis a eventos climáticos extremos, como inundações e temperaturas altas, e criar abordagens de projeto que considerem essas condições excepcionais.

6 CONCLUSÃO

Por fim, com base na análise detalhada dos dois estudos de caso e na extensa revisão bibliográfica realizada ao longo deste trabalho, torna-se claro a complexidade e singularidade dos desafios enfrentados na gestão e manutenção das patologias em pavimentos asfálticos flexíveis.

A comparação entre os casos revelou tanto a presença de patologias semelhantes como também de manifestações diferentes, mesmo em condições aparentemente similares de tráfego intenso. Foi observado um significativo número de manifestações patológicas que afetam a segurança e o conforto dos usuários. Quando desconsideradas, essas questões impactam na durabilidade da pavimentação, resultando em aumento de acidentes e maiores custos de manutenção.

Identificar as patologias na pavimentação destaca a importância de levar em conta uma diversidade de fatores, além das condições ambientais e de tráfego, na análise e na gestão de pavimentos asfálticos. Compreender a influência de elementos locais específicos, como qualidade dos materiais, métodos de construção e práticas de manutenção, é fundamental para o desenvolvimento de estratégias eficazes de prevenção e reparo dessas patologias.

Este estudo também ressalta a importância contínua de investigações seguras para que as medidas de restauração sejam eficazes com as patologias encontradas na infraestrutura rodoviária, contribuindo para a construção de um sistema viário mais seguro, duradouro e eficiente para as comunidades.

As conclusões destacam a relevância de práticas na construção e manutenção que melhorem a qualidade dos pavimentos, enfatizando a necessidade de utilizar materiais de alta relevância, empregar métodos de construção precisos e adotar estratégias de manutenção. A consideração desses elementos não apenas aprimora a durabilidade do pavimento, mas também contribui para uma pavimentação confortável, reduzindo a demanda por intervenções frequentes e o consumo excessivo de recursos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACERVO O GLOBO. **Washington Luís inaugura a primeira rodovia asfaltada do país, a Rio-Petrópolis.** 2017. Disponível em: <https://acervo.oglobo.globo.com/rio-de-historias/washington-luis-inaugura-primeira-rodovia-asfaltada-do-pais-rio-petropolis-8849272>. Acesso em: 17 de jan. 2024.

ASFALTO, Dr. **Primeiro asfalto do Brasil: quando surgiu?**. 2022. Disponível em: <https://drasfalto.com.br/blog/asfalto/primeiro-asfalto-do-brasil-quando-surgiu#:~:text=As%20ruas%20da%20atual%20Fazenda,ocorreu%20na%20d%C3%A9cada%20de%2030>. Acesso em: 17 de jan. 2024.

ALMEIDA, Luís Carlos. **Técnicas de Conservação e de Reabilitação para Pequenas Reparações de Pavimentos Rodoviários.** 2013. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Geotecnia e Ambiente) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2013. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/3491/1/Lu%20c3%ads%20Almeida.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2024.

AMORIM, Gilson. **Execução de Pavimentação em Tratamento Superficial Duplo com capa selante em Tarauacá.** Prefeitura Municipal de Tarauacá. 2019. Disponível em: <https://www.tarauaca.ac.gov.br/single-post/execu%C3%A7%C3%A3o-de-pavimenta%C3%A7%C3%A3o-em-tratamento-superficial-duplo-com-capa-selante-em-tarauac%C3%A1>. Acesso em: 18 jan. 2024.

ANASTÁCIO NETO, Paulo Vitor. **Avaliação funcional de um trecho da rua Francisco Vicente Ferreira pelos métodos do IGG e do PCI.** 2019. 93 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26345/1/Avalia%C3%A7%C3%A3oFuncionalTrecho.pdf>. Acesso em: 18 de jan. 2024.

ARAUJO, Marcelo Almeida. Análise comparativa de métodos de pavimentação – pavimento rígido (concreto) x flexível (asfalto). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento.** 2016. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/metodos-de-pavimentacao>. Acesso em: 20 jan. 2024.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: Materiais, Projetos e Restauração.** São Paulo: Oficina de Texto, 2007. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=py6zCgAAQBAJ&pg=PT28&dq=primeiros++pavimento+asfalti#v=onepage&q&f=true>. Acesso em: 21 jan. 2024.

BERNUCCI, Liedi Bariani. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros** – Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2ª edição, 2022. 750 p.: il. Disponível em: <https://triumfotransbrasiliana.com.br/wp-content/uploads/2022/07/PA-Completo-2022.pdf>. Acesso em: 18 de jan. 2024.

BRANDÃO, Anna Beatriz Bencke. et al. Patologias em pavimentos flexíveis. **Revista Mangaio Acadêmico**, v. 5, n. 1, p. 58-80, 2020.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Catalão**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/catalao/panorama>. Acesso em: 24 jan. 2024.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sousa**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sousa/panorama>. Acesso em: 22 jan. 2024.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentação**. 3.ed. – Rio de Janeiro, 2006. 274p. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/ipr_719_manual_de_pavimentacao_versao_corrigda_errata_1.pdf. Acesso em: 20. jan. 2024.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **NORMA DNIT 005/2003 – TER**. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia. 2003. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/terminologia-ter/dnit_005_2003_ter-1.pdf. Acesso em: 23 jan. 2024.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. 2. ed. - Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/720_manual_restauracao_pavimentos_afalticos.pdf. Acesso em: 26 jan. 2024.

BRASIL. Prefeitura de Cachoeiro. **Programa de recapeamento asfáltico já alcançou 18 vias de Cachoeiro**. 2023. Disponível em: <https://www.cachoeiro.es.gov.br/noticias/programa-de-recapamento-asfaltico-ja-alcancou-18-vias-de-cachoeiro/>. Acesso em: 21 jan. 2024.

BRAVA. **Fissuras Asfálticas: Causas, Impactos e Soluções para um Pavimento Durável**. 2023. Disponível em: <https://bravaequipamentos.com.br/fissuras-asfalticas-causas-impactos-e-solucoes-para-um-pavimento-duravel/>. Acesso em: 23 jan. 2024.

CAMARGO, Anderson Wanie. **Recuperação dos pavimentos asfálticos. Um estudo de caso da avenida New York no setor Jardim Novo Mundo em Goiânia-GO**. 2023. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2023. Disponível em: https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/1596/3/tcc_Anderson%20Camargo.pdf. Acesso em: 16 jan. 2024.

CAMARGO, Danilo Ferreira; GOMES, Lucas Alves. **Análise de adequação em projeto rodoviário com serviços de pavimentação e drenagem. Estudo de caso: passagem de Edilândia**. 2017. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - UniEvangélica, Anápolis, 2017. Disponível em:

http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/34/1/2017_TCC_DaniloCamargo_E_LucasAlves.pdf. Acesso em: 22 jan. 2024.

CAVA, Felipe. **Da Rocha ao Asfalto: A História da Pavimentação**. 2019. Disponível em: <https://alemdainercia.com/2019/03/13/da-rocha-ao-asfalto-a-historia-da-pavimentacao/>. Acesso em: 17 de jan. 2024.

DANIELESKI, Maria Luiza. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre**. 2004. 187f. Dissertação (Mestrado em Engenharia, ênfase em Transportes) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DIAS, Ana Carolina Esteves. **Guia: como elaborar uma revisão bibliográfica**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 2016. 22p. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/08.25.14.13/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2024.

EXATI. **Pavimentação asfáltica e o impacto nas cidades**. 2022. Disponível em: <https://blog.exati.com.br/pavimentacao-asfaltica/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

FERREIRA, Anne Vieira. et al. **Estudo de Caso das Principais Patologias em Pavimentos Flexíveis na Avenida João Netto de Campos em Catalão – GO**. Universidade UNA de Catalão. 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/33972e94-02c4-4043-bd90-9b4bb716aab8>. Acesso em: 13 jan. 2024.

FERREIRA, Lídia Priscila Carvalho; SANTOS NETA, Fernanda Ana Maria dos. Patologia de pavimentos asfálticos e suas recuperações – estudo da Avinda Ranufo Paes de Barros. **Revista Ibero- Americana de Humanidades, Ciências e Educação- REASE**, v. 8, n. 5, p. 1-11, 2022.

FORMENTIN, Silvano. **Um caminho que te leva a Roma**. 2020. Disponível em: <https://www.blogdosilvano.com.br/post/via-appia>. Acesso em: 17 de jan. 2024.

GASPAR, Magna Alves Viana; PINHEIRO, José Guilherme Leitão. Estudo descritivo das principais patologias encontradas em pavimentações asfálticas de estrada de rodagem. **Rev. Episteme Transversalis, Volta Redonda**, v. 12, n. 3, p. 245-271, 2021. Disponível em: <http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/episteme/article/view/2441/1562>. Acesso em: 24 jan. 2024.

GOMES, Beatriz Nathalia Rodrigues. **A importância da conservação do pavimento rodoviário para aumentar o tempo da vida útil da rodovia**. 2018. 28f. Artigo (Graduação em Engenharia Civil) - UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2018. Disponível em: <https://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/826/1/Trabalho%20de%20conclus%C3%A3o%20de%20curso%20-%20TCC..pdf>. Acesso em: 18 jan. 2024.

GONÇALVES, Fernando José Pugliero. **Utilização de Expert Systems na manutenção de pavimentos**. 1997. 207f. Tese (Mestrado em Ciência na área de Infraestrutura de Transportes) - Divisão de Pós-Graduação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Campos Montenegro, 1997. Disponível em: <http://pavesys.com.br/download/14%20->

%20Utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20Expert%20Systems%20na%20Manuten%C3%A7%C3%A3o%20de%20Pavimentos.pdf. Acesso em: 16 jan. 2024.

GONÇALVES, Fernando Pugliero. **O Diagnóstico e a Manutenção dos Pavimentos (Notas de aula)**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5377273-O-diagnostico-e-a-manutencao-dos-pavimentos-notas-de-aula-prof-fernando-pugliero-goncalves.html>. Acesso em: 26 jan. 2024.

LEITE, Leni Mathias Figueiredo. et al. **A importância das características dos agregados no desempenho das misturas asfálticas [recurso eletrônico]** – Rio de Janeiro: IBP, 2021. 191 p.: il. color. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2021/05/2021-ebook-ibp-informacoes-basicas-sobre-materiais-asfalticos.pdf>. Acesso em: 18 de jan. 2024.

LITAIFF, Rider Maia. et al. Recuperação de pavimento flexível - estudo de caso: recuperação de pavimento da cabeceira da ponte jornalista phelippe daou. **Brazilian Journal of Development, Curitiba**, v.8, n.5, p. 38792-38808, 2022.

MELO, Wellington da Silva. **Levantamento das patologias de pavimentos flexíveis da avenida adjair da silva casé na cidade de Caruaru-PE**. 2018. 78f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Acadêmico do Agreste – CAA, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/44486/1/MELO%2C%20Wellington%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2024.

MOTA, Gabriel Luan Paixão. **Técnicas de recuperação de patologias em pavimentos de asfalto**. 2017. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/t%C3%A9cnicas-de-recupera%C3%A7%C3%A3o-patologias-em-pavimentos-paix%C3%A3o-mota/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 14 jan. 2024.

MOURA, Edson de. Transportes e obras de terra. Movimento de Terra e Pavimentação. **Apostila de projeto de pavimento**. 2017. Disponível em: https://www.professoredmoura.com.br/download/Apost_Dimens_Pav_2_2017.pdf. Acesso em: 18 de jan. 2024.

OLIVEIRA, Dione da Costa. et al. Identificação de manifestações patologias em pavimentos asfálticos na cidade de Santa Margarida – MG. **Pensar Acadêmico**, v. 7, n. 1, p. 33-42, 2019. Disponível em: <https://www.pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/pensaracademico/article/view/703/642>. Acesso em: 27 jan. 2024.

ROCHA, Robson Soares; COSTA, Eduardo Antônio Lima. **Patologias de pavimentos asfálticos e suas recuperações – estudo de caso da Avenida Pinto de Aguiar**. 2013. Disponível em: https://www.yumpu.com/pt/document/view/12996623/patologias-de-pavimentos-asfalticos-e-suas-recuperacoes-ucsal#google_vignette. Acesso em: 17 jan. 2024.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. 1 ed. – São Paulo: Cortez, 2013. Disponível em: https://www.ufpb.edu.br/ccab/images/AEPE/Divulga%C3%A7%C3%A3o/LIVROS/Metodologia_do_Trabalho_Cient%C3%ADfico_-_1%C2%AA_Edi%C3%A7%C3%A3o_-_Antonio_Joaquim_Severino_-_2014.pdf. Acesso em: 08 jan. 2024.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. 2 ed. – São Paulo: Pini, 2008.

SILVA, Samara Milene. **Estudo das manifestações patológicas em pavimento flexível na avenida João Bosco M. de Souza no município de Sousa-PB**. 2020. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstream/177683/1442/1/TCC%20-%20Samara%20Milene%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2024.

SILVA, Sandy Oliveira da. **Avaliação funcional de vias urbanas por meio do índice de gravidade global (IGG). Estudo de caso: município de Caucaia-CE**. 2021. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário Christus, Fortaleza, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unichristus.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1211/1/Sandy%20Oliveira%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2024.

SOUTO, Emanuel Vilela; MORESCO, Bruno Henrique; GOLTZ, Claudir José. Patologias em pavimentos asfálticos: estudo de caso na rua Dr. Renato Figueiro Varella em Nova Xavantina – MT. **Revista Interação Interdisciplinar**, v. 3, n. 2, p.117-130, 2019.

VELOSO, Norwil. **A evolução do asfalto**. Revista M&T, Ed.206, 2016. Disponível em: <https://revistamt.com.br/Materias/Exibir/a-evolucao-do-asfalto>. Acesso em: 17 de jan. 2024.

VENESCAU, Ricardo. **Estrutura e Tipos de Pavimentos**. 2023. Disponível em: <http://engenhariarodoviaria.com.br/estrutura-e-tipos-de-pavimentos/>. Acesso em: 18 jan. 2024.