

UNIVERSIDADE CESUMAR - UNICESUMAR
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E MÉTODO DE DIAGNÓSTICO
PARA RECAPEAMENTO EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA FLEXÍVEL:
ESTUDO DE CASO**

MARIA EDUARDA SCOLA DA SILVA

MARINGÁ – PR

2024

Maria Eduarda Scola da Silva

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E MÉTODO DE DIAGNÓSTICO
PARA RECAPEAMENTO EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA FLEXÍVEL:
ESTUDO DE CASO**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Cesumar – UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Me. Ronan Yuzo Takeda Violin.

MARINGÁ – PR

2024

FOLHA DE APROVAÇÃO
MARIA EDUARDA SCOLA DA SILVA

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E MÉTODO DE DIAGNÓSTICO
PARA RECAPEAMENTO EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA FLEXÍVEL:
ESTUDO DE CASO

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Cesumar – UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Me. Ronan Yuzo Takeda Violin.

Aprovado em: ____ de _____ de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Ronan Yuzo Takeda Violin

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante ao longo dos meus anos de estudos, e me deu forças para passar por todos as barreiras ao longo da realização deste trabalho.

Aos meus familiares, em especial minha mãe Mary Cristina Scola da Silva e o meu pai Paulo Sergio da Silva, que desde meu primeiro dia de vida sempre foram minha base, e estiveram ao meu lado me apoiando em todas as fases da minha caminhada. A vocês todo meu amor e gratidão.

A minha irmã Luíza Scola da Silva, pelo companheirismo, pela cumplicidade e pelo apoio em todos os momentos delicados da minha vida.

Ao Professor Ronan Yuzo Takeda Violin pela orientação, se dispondo a me ajudar durante esse caminho.

Ao meu namorado, por ser um grande parceiro nessa jornada, me ajudando em etapas do trabalho e sua confiança em mim para que eu pudesse finalizar a minha graduação.

Agradeço aos meus amigos mais próximos, que estiveram ao meu lado em todas as horas, compartilhando alegrias e tristezas e me proporcionando momentos de descontração e lazer.

Em geral, agradeço a todos os que me apoiaram e me incentivaram do primeiro dia de faculdade até a entrega do meu TCC, me ajudando a manter a motivação e a persistência. Seus conselhos e palavras de encorajamento foram fundamentais para minha confiança em mim mesma.

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E MÉTODO DE DIAGNÓSTICO PARA RECAPEAMENTO EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA FLEXÍVEL: ESTUDO DE CASO

Maria Eduarda Scola da Silva

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi analisar as patologias encontradas em pavimentações asfálticas na região norte de Maringá, bem como identificar as manutenções necessárias para a recuperação dessas vias. Os materiais de construção, ao longo de sua vida útil, apresentam processos inevitáveis de danificação e deterioração que implicam alterações em suas propriedades mecânicas. Esse fenômeno também ocorre nos materiais de pavimentação, cuja degradação é motivada por cargas de veículos e ações ambientais. Este estudo baseou-se em uma pesquisa bibliográfica e em um estudo de caso, utilizando como referência as normas DNIT 005/2003-TER, para a identificação de manifestações patológicas, e DNIT 006/2003-PRO, para a avaliação do pavimento. Com base nessas normas, foi realizada uma investigação das principais manifestações patológicas em asfaltos flexíveis, aplicando o Índice de Gravidade Global (IGG) no trecho da Rua Rio Madeira, entre as ruas Guarino Augusto Basseto e Rodrigo Jacques. Também foi proposta a solução tecnicamente adequada para os tipos de patologias identificados. Os resultados destacam a importância de um planejamento adequado para a manutenção e recuperação de pavimentos, o que prolonga a vida útil das vias e garante maior segurança e conforto aos usuários. Ademais, evidenciam a necessidade de políticas públicas e de maiores investimentos em infraestrutura. Concluiu-se que as intervenções mais adequadas para a via estudada são a fresagem e o recapeamento do pavimento.

Palavras-chave: Deterioração. Recapeamento. Planejamento.

ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS AND DIAGNOSTIC METHOD FOR REPAVING IN FLEXIBLE ASPHALT PAVEMENT: CASE STUDY

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the pathologies found in asphalt pavements in the northern region of Maringá and to identify the maintenance required for the recovery of these roads. Throughout their useful life, construction materials undergo inevitable processes of damage and deterioration, which result in changes to their mechanical properties. This phenomenon also occurs in paving materials, whose degradation is caused by vehicle loads and environmental actions. This study was based on bibliographical research and a case study, using the standards DNIT 005/2003-TER, for the identification of pathological manifestations, and DNIT 006/2003-PRO, for the evaluation of the pavement. Based on these standards, an investigation of the main pathological manifestations in flexible asphalts was conducted, applying the Global Gravity Index (IGG) in the section of Rio Madeira Street, between Guarino Augusto Basseto and Rodrigo Jacques Streets. A technically adequate solution for the identified pathologies was also proposed. The results emphasize the importance of proper planning for pavement maintenance and recovery, which extends the useful life of the roads and ensures greater safety and comfort for users. Furthermore, they underline the need for effective public policies and greater investment in infrastructure. It was concluded that the most appropriate interventions for the road studied are milling and resurfacing of the pavement.

Keywords: Deterioration. Resurfacing. Planning

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS	8
2.1 PAVIMENTO ASFÁLTICO	8
2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO	10
2.3 INTERVENÇÕES NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	15
2.3.1 TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO	16
2.4 AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO FLEXÍVEL	17
2.4.1 AVALIAÇÃO SUPERFICIAL OBJETIVA.....	17
3 METODOLOGIA.....	20
3.1 LOCAL DO ESTUDO	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
4.1 DIAGNÓSTICO	22
4.1.1 DESGASTE.....	22
4.1.2 PANELA	23
4.1.3 TRINCAS ISOLADAS	24
4.2 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)	26
4.3 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO	28
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

O homem, a fim de obter melhor acesso às áreas cultiváveis e às fontes de madeira, rochas, minerais e água, além do desejo de expandir sua área ou território de influência, criou o que chamamos de estradas (Balbo, 2007). E desde a época de Roma já se tinha o entendimento de que as rodovias sofriam degradações ao longo dos anos e suas manutenções eram imprescindíveis.

Segundo Alvarez (2018) o pavimento é a estrutura construída sobre um terreno de fundação, e tem como função resistir às ações das cargas dos veículos e melhorar as condições de rolamento, oferecendo conforto e segurança aos usuários, mas tendo em vista que em alguns locais, devido à idade dos seus pavimentos, carga excessiva e drenagem ineficiente irão ocasionar problemas patológicos no pavimento.

De acordo com CNT (2017) alguns fatores podem ser descritos como as possíveis causas para um desgaste prematuro dos pavimentos rodoviários no país: o método antigo de dimensionamento dos pavimentos, a diversidade climática que pode ser encontrada no país, deficiência no controle tecnológico dos materiais e das técnicas empregadas durante a execução das obras, falta de manutenção preventivas adequadas nas vias e sobrepeso no transporte de cargas.

Uma via que apresenta patologias, eleva o custo operacional do transporte, diminui o conforto e a segurança dos passageiros e das cargas, esses fatores acabam gerando vários transtornos para a população que a usufrui, de pequenos danos materiais até a acidentes fatais. (Rocha; Ferreira & Borba, 2019).

Em 2017 no Brasil, foram contabilizados 58.716 acidentes com vítimas ocorridos nas rodovias federais, segundo dados da Polícia Rodoviária Federal –PRF. A frequência dos acidentes com vítimas é maior em trechos que apresentam pavimento “Ruim” ou “Péssimo”, e de acordo com os dados da pesquisa da CNT de Rodovias em 2017, que foi feita em mais de 40.000 km pelo Brasil, constatou-se que 50% da extensão teve avaliação negativa (“Regular”, “Ruim” ou “Péssima”) (CNT, 2018).

Há duas formas de manutenção para um pavimento asfáltico, que é a manutenção preventiva, onde é feita alguma ação para evitar o problema como a selagem de trincas e a manutenção constante da drenagem, ou a manutenção corretiva, que é realizada quando as patologias já apareceram e começam a prejudicar o desenvolvimento efetivo do pavimento, e

como exemplo de manutenção corretiva é citado o remendo, ou o tratamento superficial também chamado de recapeamento (Silva, 2008).

Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi a análise das patologias encontradas em pavimentações asfálticas na parte Norte de Maringá, e a identificação de suas manutenções. Espera-se que com esse artigo seja evidenciado a importância do conhecimento das patologias do pavimento asfáltico para a deliberação da manutenção necessária, abrangendo conforto, segurança e economia no tráfego de veículos. E também a importância do acompanhamento e do diagnóstico, para uma previsão eficiente de intervenções a serem executadas, possibilitando uma melhor utilização do recurso disponível.

2 REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS

Esse capítulo irá abordar os principais conceitos sobre o tema, detalhando os principais assuntos que foram abordados neste estudo por meio de uma análise de autores e normas de relevância para a pesquisa.

2.1 PAVIMENTO ASFÁLTICO

Conforme Balbo (2007) o pavimento é uma estrutura não perene, composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e ao mínimo custo possível, considerados diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação, obrigatórios.

Bernucci *et al*, (2010) sobre o asfalto utilizado em pavimentos flexíveis relata que, é utilizado um ligante betuminoso que provém da destilação do petróleo, e que é impermeável à água e pouco reativo. Os pavimentos asfálticos são formados por seis camadas principais: revestimento asfáltico, camada de ligação, base, sub-base, reforço do subleito e subleito, podendo ou não possuir a camada de sub-base ou reforço.

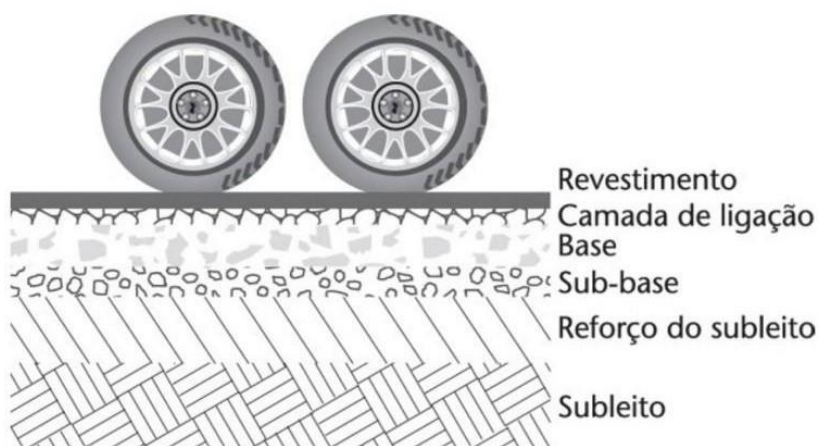
- I. **SUBLEITO:** constituído de material natural do terreno ou transportado no caso de aterros. Possui um corte de cerca de 30 cm, sendo consolidado e compactado (Balbo, 2007).
- II. **REFORÇO DE SUBLEITOS:** é uma camada de solo de melhor qualidade, que serve como reforço sobre a superfície, de maneira que a fundação subjacente a

esse reforço receba pressões de menor magnitude, compatíveis com sua resistência (Balbo, 2007).

- III. *SUB-BASE*: é uma camada complementar à base, com as mesmas funções desta, e executada quando, por circunstâncias técnico-econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização (Brasil, 2017).
- IV. *BASE*: é uma camada estrutural sobre a qual se constrói o revestimento, destinada a resistir e distribuir os esforços devido ao tráfego de veículos, distribuindo-os ao subleito (Brasil, 2017).
- V. *CAMADA DE LIGAÇÃO*: pode ser denominada como “pintura de ligação”, que tem a função de aderir uma camada a outra, ou “imprimação impermeabilizante” que tem a função de impermeabilizar uma camada de solo ou granular antes do lançamento da camada superior. São aplicadas com emulsões asfálticas ou com asfalto diluído (Balbo, 2007).
- VI. *REVESTIMENTO ASFÁLTICO*: camada responsável por receber as cargas de tráfego e do ambiente, de maneira direta, sem receber grandes deformações plásticas e elásticas, sem desagregar ou perder a sua compactação. Sendo assim, deverá ser composto por materiais bem aglutinados ou dispostos de maneira a evitar sua movimentação horizontal (Balbo, 2007).

Na Figura 1 é possível visualizar a seção transversal típica de um pavimento flexível, com as camadas anteriores descritas.

Figura 1 – Camadas genéricas de um pavimento



Fonte: Balbo (2007).

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO

Rocha (2009) *apud* Haiden (2018) define patologias como “doenças” que aparecem nos pavimentos, onde sua origem pode ser atribuída à má execução do projeto de pavimentação, problemas construtivos, falhas de conservação e manutenção, fadiga e até mesmo falha na escolha dos materiais. Assim, as manifestações patológicas podem surgir a médio ou longo período, em consequência de diversos fatores, o que afeta a vida útil do pavimento, gerando insegurança e desconforto aos usuários, tornando importante a sua análise.

Bernucci (2008) aponta os erros de projeto como um dos principais causadores das patologias, e destaca alguns erros como a dificuldade de prever o tráfego real, por falta de dados ou planejamento estratégico, ou até mesmo incompatibilidade estrutural entre as camadas. A fadiga do pavimento, é uma das principais causas de manifestação patológica, é caracterizada pela deterioração de um pavimento devido a ação repetida de cargas ou de vibrações que provoca a redução gradual da resistência de um material (Brasil, 2017).

O diagnóstico dos defeitos do pavimento e o domínio de suas causas é uma etapa de extrema importância na investigação da condição do pavimento, pois cada defeito apresentado em um pavimento está relacionado a possíveis causas para seu aparecimento na superfície, o que permite diagnosticar a situação funcional e assim, definir a solução mais adequada para restaurar o pavimento (Marcato; Oliveira, 2021).

Através da norma DNIT 005/2003 - TER serão definidos respectivamente os termos técnicos empregados em defeitos que ocorrem em pavimentos flexíveis, bem como as possíveis causas que podem ter gerado as manifestações patológicas, apresentados e ilustrados a seguir.

Tabela 1 – Tipos de Patologia

PATOLOGIA	DESCRIÇÃO	CAUSAS	EXEMPLO
-----------	-----------	--------	---------

Afundamento Plástico	Acompanhado de solevamento, se possuir extensão de até 6 m é considerado um afundamento plástico local, com extensão superior a 6 m e se estiver ao longo da trilha de rodagem é denominado de afundamento plástico da trilha de roda (DNIT, 2003a).	De acordo com CNT (2017), ocorre em consequência da fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, falha na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante e falha na dosagem de mistura asfáltica que pode ser denominado como excesso de ligante asfáltico.	
Afundamento de consolidação	Sem o acompanhamento de solevamento, se ocorre em extensão de até 6 m tem-se afundamento de consolidação local, se ocorrer ao longo da trilha de rodagem e com extensão superior a 6 m é designado consolidação da trilha de roda (DNIT, 2003a).	De acordo com CNT (2017), ocorre em fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, falha de compactação na construção, problema de drenagem e ruptura por cisalhamento de camadas subjacentes ao revestimento.	
Corrugação	De acordo com DNIT (2003a), corrugação é uma deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento.	Podendo ocorrer por causa da falta de estabilidade da mistura asfáltica, falta de aeração das misturas líquidas de asfalto, excessiva umidade no solo do subleito e contaminação da mistura asfáltica (CNT, 2017).	

Exsudação de asfalto	De acordo com DNIT (2003a), a exsudação é o excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento criando um brilho vítreo, causado pela migração do ligante através do revestimento.	Ocorrendo pela excessiva quantidade de ligante betuminoso e pelo baixo conteúdo de vazios (CNT, 2017).	
Desgaste	O DNIT (2003a) afirma que o desgaste é um efeito do arranhamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento, gerado por conta dos esforços tangenciais causados pelo tráfego.	As principais causas são as falhas de adesividade ligante-agregado, problemas executivos ou de projeto de misturas, presença de água aprisionada e sobreposição em vazios da camada de revestimento e a deficiência no teor do ligante (CNT, 2017).	
Panela	As painelas são cavidades que se formam no pavimento e apresentam tamanho e profundidade variados, sendo capaz de alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas (DNIT, 2003a).	Para CNT (2017) as painelas são causadas pelas trincas de fadiga, falha da imprimação, desintegração localizada na superfície do pavimento, deficiência na compactação e a umidade excessiva em camadas de solo.	

Escorregamento do revestimento betuminoso	O escorregamento é caracterizado como o deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua (DNIT, 2003a).	Para CNT (2017) as principais causas do escorregamento são as falhas construtivas e de pintura de ligação.	
Fissura	A fissura é descrita como pequenas aberturas no revestimento asfáltico em posições longitudinais, transversais ou oblíquas ao eixo da via, que não causam problemas funcionais, sendo somente identificadas a uma distância inferior a 1,50 m. (DNIT, 2003a).	De acordo com a CNT (2017), as fissuras acontecem pela má dosagem do asfalto, excesso de finos no revestimento e a compactação excessiva em momentos inadequados.	
Trinca isolada transversal	Se apresenta predominantemente em direção ortogonal ao eixo da via, se essa apresentar extensão até 100 cm é denominada curta, e se for superior a 100 cm é denominada longa (DNIT, 2003a).	Podendo ocorrer segundo CNT (2017) quando há propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento e a contração da capa asfáltica causada devido ao endurecimento do asfalto ou a baixas temperaturas.	

Trinca isolada longitudinal	Se apresenta predominantemente em direção paralela ao eixo da via, se essa apresentar extensão até 100 cm é denominada curta, e se for superior a 100 cm é denominada longa (DNIT, 2003a).	Podendo ocorrer segundo CNT (2017) quando há má execução da junta longitudinal de separação entre as faixas de tráfego, recalque diferencial, propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento e contração da capa asfáltica causada devido ao endurecimento do asfalto ou a baixas temperaturas.	
Trinca tipo “Couro de Jacaré”	Segundo o DNIT (2003a), são trincas sem direções preferenciais que se assemelham ao couro de jacaré, e podem ou não apresentar erosão acentuada nas bordas.	As principais causas segundo CNT (2017) é o colapso do revestimento asfáltico devido à repetição das ações do tráfego, baixa capacidade de suporte do solo, envelhecimento do pavimento, asfalto quebradiço ou duro, má qualidade da estrutura ou de uma camada das camadas do pavimento e o subdimensionamento.	
Trinca tipo “Bloco”	É um conjunto de trincas interligadas, formada por lados bem definidos, caracterizando um bloco, podendo ou não apresentar erosão acentuada nas bordas (DNIT, 2003a).	As trincas tipo “bloco” ocorrem por conta da baixa resistência à tração da mistura asfáltica e a contração da capa asfáltica em virtude da alternância entre baixas e altas temperaturas (CNT, 2017).	

Fonte: Autor, 2024.

2.3 INTERVENÇÕES NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

O Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) é uma ferramenta de armazenamento de dados que possibilita ao usuário o diagnóstico dos pavimentos e a elaboração de estudos e planejamentos.

DNIT (2006b) *apud* Teixeira (2022) definem a manutenção do pavimento como um conjunto de atividade ou operações de engenharia realizados com o objetivo de preservar o pavimento nas condições existentes, logo após a construção ou no estado em que foi restaurado e tem como finalidade prolongar a vida útil das pavimentações, reduzir os custos de operação dos veículos e recompor a serventia da rodovia por mais tempo.

No âmbito do DNIT, as atividades de manutenção da pavimentação foi objeto da Norma TER-02/79, a qual conceituando os termos empregados na área de Manutenção asfáltica enfoca as intervenções componentes, como a conservação em três modalidades, a restauração e o melhoramento. Apresentadas a seguir com as suas principais definições:

- a) Conservação rodoviária: subdividida em 3 grupos:
 - Conservação corretiva rotineira: de acordo com o Manual de conservação rodoviária, a conservação corretiva tem como objetivo reparar ou sanar um defeito e restabelecer o funcionamento, trazendo conforto e segurança para os usuários (DNIT, 2005).
 - Conservação preventiva periódica: são operações realizadas periodicamente com o objetivo de evitar o surgimento ou agravamento dos defeitos. (DNIT, 2005).
 - Conservação de emergência: segundo o DNIT (2005), precisa ser executada a conservação de emergência quando acontece algum evento catastrófico ou não que ocasiona a interrupção do tráfego da pista, sendo necessário o reparo ou reconstrução da parte danificada.
- b) Restauração: tem como principal objetivo restabelecer na íntegra as características técnicas originais de um pavimento asfáltico, podendo ter que ser adaptada para as condições de tráfego atual e futuro da via, para prolongar seu período de vida (DNIT, 2005).
- c) Melhoramento: o Manual de restauração de pavimentos asfálticos cita o melhoramento como um conjunto de operações que acrescentam características novas a via, que

objetivam o atendimento às demandas operacionais ou a adequação diante de ocorrências de eventos que acontecem por conta de drenagem e a proteção da infraestrutura (DNIT, 2006).

2.3.1 TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO

Como citado anteriormente, o pavimento asfáltico necessita de manutenções e restaurações para o prolongamento de sua vida útil. A seguir são apresentadas técnicas para a manutenção e restauração de pavimentos flexíveis:

- Remendos: geralmente são realizados por meio do preenchimento ou colocação com misturas betuminosas à quente ou à frio, em buracos produzidos naturalmente pela deterioração ou em escavações preparadas antecipadamente pelos trabalhadores, e é complementado pela compactação apropriada, selagem dos bordos e limpeza (DNIT, 2006);
- Selagem das trincas: consiste no enchimento de trincas e fissuras do revestimento com materiais como cimentos asfálticos, asfaltos diluídos, emulsões ou selantes especiais, para impedir a penetração de água nas camadas inferiores (DNIT, 2006);
- Capa selante: é executada por penetração invertida, envolvendo uma aplicação de ligante asfáltico e uma aplicação de agregado miúdo, e tem como principal finalidade o incremento das condições de impermeabilização da camada a ser tratada (DNIT, 2005);
- Lama asfáltica: é uma recuperação superficial que consiste na aplicação de uma consistência fluida de agregados ou mistura de agregados miúdos, filler (material de enchimento), água e emulsão asfáltica, e tem como principal objetivo a impermeabilização e o rejuvenescimento do pavimento (DNIT, 2006);
- Tratamento superficial simples ou duplo: são aplicados através de alternadas camadas de ligante asfáltico e cobertura de agregados sem uma mistura prévia para a sequente compactação, apresentando funções de alta resistência ao desgaste, impermeabilização, promovendo um revestimento antiderrapante e de alta flexibilidade, porém não aumenta consideravelmente a resistência estrutural e nem corrige irregularidades (longitudinais ou transversais) (Bernucci, *et al.*, 2010);
- Microrrevestimento asfáltico: é uma mistura a frio considerada uma evolução da lama asfáltica, pois usa o mesmo princípio e concepção, porém utiliza emulsões modificadas com polímero para aumentar a vida útil do pavimento, podendo ser utilizado na

recuperação funcional, capa selante, revestimento de pavimento de baixo tráfego, entre outros (Bernucci, *et al.*, 2010);

- Recapeamento: técnica de intervenção que se caracteriza pela sobreposição de uma ou mais camadas de mistura betuminosa, geralmente varia de 2,5 cm a 5,0 cm, e deve prover uma superfície impermeável, resistente ao escorregamento e à abrasão do tráfego. O recapeamento é utilizado para corrigir deficiências superficiais do pavimento e tem prioritariamente o intuito de aumentar o desempenho funcional do pavimento (DNIT, 2005);
- Reciclagem: baseia-se no processo de restauração de agregados e ligantes asfálticos deteriorados oriundos da fresagem para produção de novas misturas com o acréscimo de agentes rejuvenescedores e pode ser aplicada a quente ou a frio (Bernucci, *et al.*, 2010).

2.4 AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006), descreve a avaliação das características funcionais do pavimento, relaciona com as condições da pista de rolamento e abrange os defeitos superficiais e das deformações em perfil, que são divididas em duas técnicas sendo a primeira subjetiva onde o estado de degradação é definido a partir de conceitos qualitativos, e a objetiva onde a degradação é expressada a partir da quantificação numérica e da distribuição de severidade dos defeitos existentes. E nesse artigo será utilizado a avaliação superficial objetiva.

2.4.1 AVALIAÇÃO SUPERFICIAL OBJETIVA

A norma DNIT 006/2003 – PRO (Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento) (DNIT, 2003), estabelece um método para avaliação do pavimento através do Índice de Gravidade Global (IGG) que de acordo com a frequência, a classificação das ocorrências aparentes e das deformações permanentes nas trilhas de roda é possível definir o grau de deterioração do pavimento.

Entende-se o método IGG como uma ferramenta para fornecimento de dados de um sistema de gerência a nível de rede, tendo assim algumas vantagens com a facilidade de execução na hora do levantamento em campo e recomendado para casos em que se demanda menor tempo para a avaliação e grandes extensões. E admite valores de 0 a 160 que atribui a

especificação de péssimo, ruim, regular, bom ou ótimo ao trecho avaliado, onde os valores próximos de zero indicam uma superfície de melhor qualidade e os valores superiores a cento e sessenta apontam para um trecho em péssimo estado.

O processo de realização da avaliação objetiva acontece seguindo algumas etapas, que são devidamente descritas na norma DNIT 006/2003, sendo estas (DNIT, 2003d):

a) Localização da superfície de avaliação:

- em vias de pista simples, deve se localizar a cada 40m nas duas faixas, alternando-se aos 20m;
- em vias de pista dupla, deve-se fixar a cada 20m da faixa mais solicitada.

b) Demarcação das superfícies de avaliação:

- deve-se pintar um número na estação de avaliação de acordo com a estaca ou distância do marco quilométrico;
- é preciso fazer um traço 3m a frente e um traço 3m atrás da estação.

c) Inventário dos defeitos:

- Todos os defeitos encontrados, de acordo com a norma DNIT 005/2003, dentro da área de avaliação devem ser relatados (Figura 13);
- deve-se relatar o tipo de terraplanagem feita em cada estação.

Figura 2 – Formulário de Inventário do estado da superfície do pavimento

[illegible]

Fonte: (DNIT, 2003, p. 07)

Após a fase de avaliação visual das vias, são feitos cálculos com a finalidade de determinar a situação da superfície do pavimento, seguindo a seguinte ordem de acordo com o DNIT, (2003d):

- inicialmente são calculadas as frequências relativas e absolutas dos defeitos encontrados, fazendo algumas alterações para efeito de ponderação, calculado a partir da Fórmula 1:

$$fr = \frac{fa \times 100}{n} \quad (\text{Fórmula 1})$$

Onde:

fr - frequência relativa;

fa - frequência absoluta;

n - número de estações inventariadas.

- Depois são feitos cálculos dos parâmetros de média e variância, que nas pistas simples devem ser calculadas para as duas faixas de tráfego e em pistas duplas para a faixa mais solicitada, usando as seguintes fórmulas:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (\text{Fórmula 2})$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (\text{Fórmula 3})$$

Em que:

x - média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

x_i - valores individuais;

s - desvio padrão dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

s² - variância.

- Seguindo, calcula-se o índice de gravidade individual (IGI), atentando-se para usar os critérios estabelecidos de acordo com a média e variância das flechas, onde quando a média for inferior ou igual a 30, o fator de ponderação será 4/3 e caso seja superior o IGI será 40, e quando a variância for igual ou inferior a 50, a ponderação

será de 1 e quando superior o IGI será igual a 50. O IGI deve ser calculado para todos os defeitos encontrados, de acordo com a fórmula abaixo:

$$IGI = f_r \times f_p \quad (\text{Fórmula 4})$$

Onde:

f_r - frequência relativa;

f_p - fator de ponderação.

- E por fim, é calculado o índice de gravidade global para todos os trechos por meio da fórmula seguinte:

$$IGG = \sum IGI \quad (\text{Fórmula 5})$$

Onde:

$\sum IGI$: somatório dos índices de gravidade individual.

Logo que finalizados os cálculos, é possível fazer a classificação da superfície do pavimento por meio do valor encontrado de IGG para os trechos, utilizando como base a tabela a seguir (Tabela 2):

Tabela 2 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Fonte: (DNIT, 2003, p. 05)

3 METODOLOGIA

Para a construção deste trabalho foram empregados dois métodos, a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso. A primeira etapa foi desenvolvida com base em pesquisas

bibliográficas com o intuito de maior embasamento para pesquisa, utilizando como referências livros da biblioteca institucional, relatórios da CNT, normas, manuais da área e artigos buscados no *Google acadêmico* através de uma pesquisa descritiva e exploratória. A segunda etapa desenvolveu-se a partir da análise do local de estudo, que se trata da rua Rio Madeira entre as ruas Guarino Augusto Basseto e Rodrigo Jacques.

O levantamento bibliográfico referiu-se sobre o tema do trabalho, com definições importantes como o conceito de pavimento flexível, os tipos, suas características e terminologias das manifestações patológicas em pavimentos, bem como as causas, manutenções preventivas e corretivas e também as formas de recuperação do pavimento asfáltico, além da caracterização do método IGG.

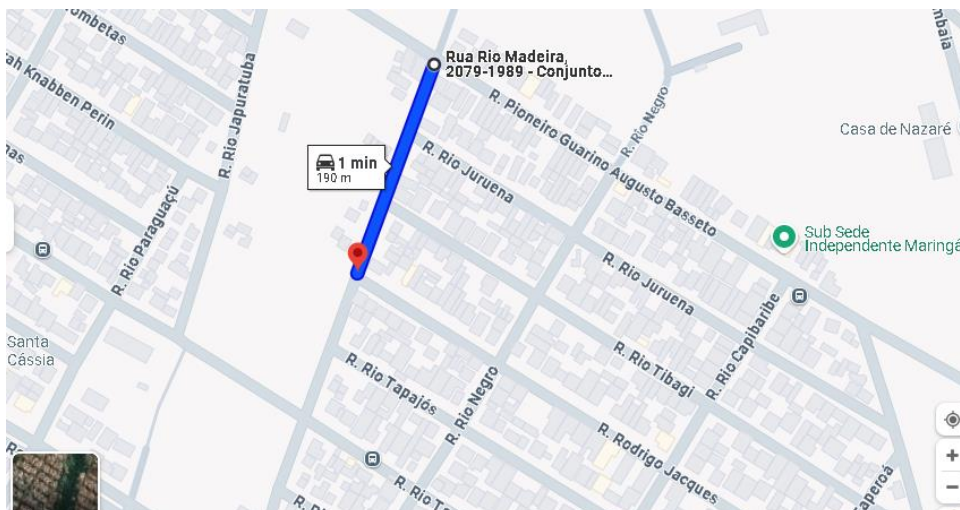
Na execução do estudo de caso foi avaliado as condições do pavimento no trecho citado acima, e se desenvolveu a partir dos seguintes passos:

- 1- Escolha do trecho;
- 2- Vistoria do local para investigação visual e fotográfico *in situ* das patologias visíveis na superfície do pavimento no trecho escolhido;
- 3- Diagnóstico das manifestações patológicas encontradas a partir norma DNIT 005/2003 - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia e da revisão bibliográfica, elencando as patologias encontradas;
- 4- Aplicação do método do Índice de Gravidade Global (IGG) de acordo com a norma DNIT 006/2003 – PRO;
- 5- Recomendação de técnicas de recuperação dos trechos mediante o estudo bibliográfico como o Manual de restauração de pavimentos asfálticos.

3.1 LOCAL DO ESTUDO

Para que ocorresse a escolha do trecho, foi primeiramente escolhido um bairro de periferia que recebe poucas manutenções de recursos públicos em geral, e após uma visita pelo local foi escolhido o trecho da rua Rio Madeira entre as ruas Guarino Augusto Basseto e Rodrigo Jacques com extensão de 190m que contém vários tipos de patologia asfáltica, com o objetivo de mostrar a falta de manutenção corretiva e assertiva da pavimentação em bairros afastados do centro da cidade de Maringá-PR.

Figura 3 – Trecho do estudo de caso



Fonte: Google Maps, 2024.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise visual *in loco* do trecho em estudo ocorreu no dia 16 de novembro de 2024, no período da manhã, com o intuito identificar as manifestações patológicas e suas possíveis causas ao longo de todo o trecho analisado. O trecho possui um pavimento flexível com revestimento de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), com 190 m de comprimento total. O trecho foi escolhido pelo o estado de degradação, a fim de viabilizar e tornar o estudo mais completo.

No decorrer do levantamento, foi constatado a falta de manutenção, e assim acarretando um desconforto para a população que utiliza a via, podendo haver até mesmo acidentes causados pela falta de manutenção.

4.1 DIAGNÓSTICO

Realizada a visita *in loco*, foi possível identificar várias manifestações patológicas através da norma DNIT 005/2003, e são apresentadas a seguir:

4.1.1 DESGASTE

Foi possível identificar em todas as estações a presença de desgaste do pavimento através do revestimento áspero e a presença de agregados soltos, por conta da abrasividade do tráfego, e pela falta de manutenção constante. E como já vimos anteriormente o desgaste de

acordo com a CNT (2017) pode ser causado por problemas executivos ou de projeto de misturas, presença de água aprisionada, entre outros.

Figura 4 – Manifestação patológica: Desgaste



(a) Trecho 1



(b) Trecho 2



(c) Trecho 4



(d) Trecho 6

Fonte: Autor, 2024.

4.1.2 PANELA

A panela é classificada como um defeito estrutural e funcional, e sua principal causa decorre do estágio final do trincamento por fadiga, agravado pela ação do tráfego, ou pela umidade excessiva do solo. Foi possível observar que nos trechos 3, 4, 6, 7 e 9 há panelas que são decorrentes da fadiga do pavimento.

Figura 5 – Manifestação patológica: Panela



(a) Trecho 3



(b) Trecho 4



(c) Trecho 6



(d) Trecho 7



(e) Trecho 9

Fonte: Autor, 2024.

4.1.3 TRINCAS ISOLADAS

A trinca longitudinal foi encontrada em sua maioria no trecho 5, considerando o que é dito pela CNT (2017) e já citado no presente artigo, a sua causa pode estar relacionada ao envelhecimento do asfalto e a dilatação e contração térmica do revestimento, como também

pela má execução da junta longitudinal de separação entre as faixas e a borda, esse defeito é classificado como um defeito funcional e estrutural.

Figura 6 – Manifestação patológica: Trinca isolada



Fonte: Autor, 2024.

4.1.4 Trincas tipo “couro de jacaré”

No trecho 10 é possível identificar que a trinca “couro de jacaré” se propaga em uma extensão da faixa sentido longitudinal, logo, provavelmente a causa se deve ser a constante ação das cargas no tráfego que com a combinação da ausência de dispositivos de drenagem que escoam a água das chuvas e presença de vegetação que retém a água, já que essa rua fica localizada ao lado de um fundo de vale, favorecendo a infiltração na estrutura que leva a degradação do revestimento asfáltico.

Figura 7 – Manifestação patológica: Trinca tipo “couro de jacaré”



Fonte: Autor, 2024.

4.2 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)

Após a análise minuciosa dos trechos e o diagnóstico das patologias observadas, verificou-se que nenhum dos trechos apresenta flechas nas trilhas de roda interna ou externa. Por esse motivo, esse tipo de defeito não foi considerado no cálculo do IGG. Vale destacar que, como não foram identificados afundamentos, a camada mais profunda do pavimento continua em boas condições. Ao examinar cada trecho e estação individualmente, foi possível identificar os tipos de defeitos presentes em cada um, sua frequência, semelhanças e calcular o IGG de cada trecho em análise, seguindo o mesmo método utilizado.

O inventário dos defeitos foi realizado de acordo com a norma do DNIT 006/2003 – PRO, por meio do preenchimento manual do formulário do Anexo A e apresentado na Figura 19.

Figura 8 – Inventário dos defeitos

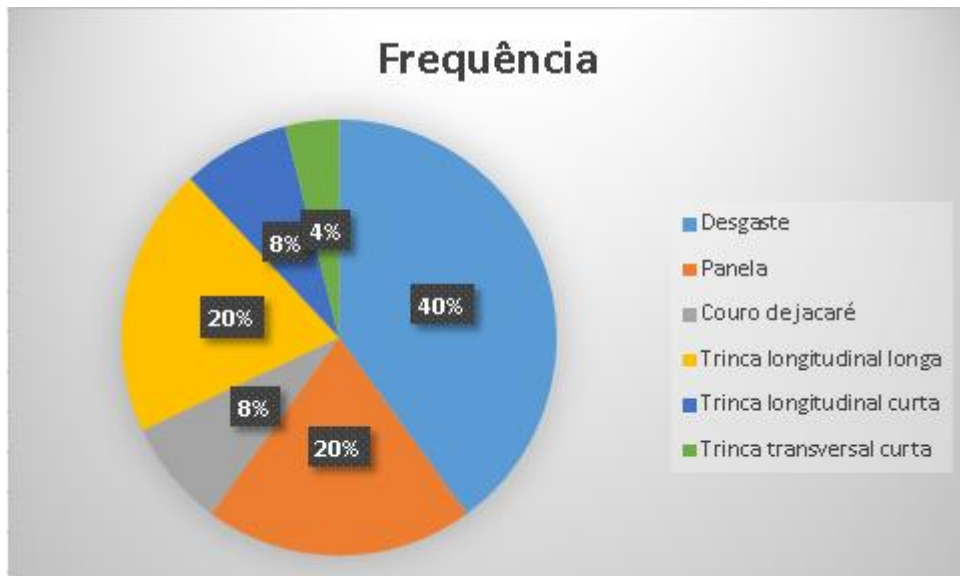
Estaca ou km	Seção Terrap.	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS								TRINCAS RODAS	
		ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONSOLID											
		FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC - 2		FC - 3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4	O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI mm	IRE mm		
								J 2	TB 2	JE 3	TBE 3														
01	C					X														X					
02	C																			X					
03	C					X											X			X					
04	C		X		X												X			X					
05	C					X														X					
06	C																X			X					
07	C				X	X											X			X					
08	C																			X					
09	C							X									X			X					
10	C					X		X												X					

Fonte: Autor, 2024.

Através do inventário conclui-se que existe uma predominância do desgaste do pavimento por todo o trecho, e também se encontram vários trechos com painelas e trincas isoladas longitudinais longas.

O Gráfico 1 a seguir representa as porcentagens de cada manifestação patológica do trecho em geral.

Gráfico 1 – Frequência dos defeitos



Fonte: Autor, 2024.

Após identificar cada manifestação patológica nos trechos e determinar a frequência absoluta, foi necessário calcular tanto a frequência considerada quanto a frequência relativa dos defeitos. A primeira seguiu os critérios estabelecidos pela norma, enquanto a segunda foi obtida por meio da equação (2), conforme o processo metodológico deste estudo.

Com esses dados e o fator de ponderação de cada defeito, foi possível calcular o IGI para cada tipo de manifestação patológica, utilizando a equação (1). A soma dos resultados permitiu a determinação do IGG total do trecho. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos nos cálculos, realizados com o auxílio de uma planilha do *Excel*. Vale destacar que, a frequência absoluta considerada para os cálculos difere da frequência absoluta real, pois, em uma mesma estação, defeitos dos tipos 1, 2 e 3 são contabilizados apenas o de maior gravidade, e defeitos do mesmo tipo que ocorrem várias vezes em uma estação são considerados apenas uma vez, a fim de evitar a contagem duplicada.

Tabela 3 – Planilha de cálculo

Item	Natureza do Defeito	Frequência Absoluta	Frequência relativa	Fator de Ponderação	IGI	Observações
1	Trincas isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR)	8	80	0,2	16	
2	(FC-2) J, TB	2	20	0,5	10	
3	(FE-3) JE, TBE	0	0	0,8	0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	0	0,9	0	
5	O, P, E	5	50	1,0	50	
6	EX	0	0	0,5	0	
7	D	10	100	0,3	30	
8	R	0	0	0,6	0	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		N = 10	$\Sigma IGI = IGG$		106	Ruim 80 < IGG < 160

Fonte: Autor, 2024.

Ao analisar a tabela é possível identificar que o IGG está entre 80 e 160, assim sendo classificado como ruim, não oferecendo o conforto e a segurança necessários para os usuários. Esse resultado se deve ao fato de todo o trecho apresentar sinais de desgaste, bastante panelas e a trinca tipo couro de jacaré, afirmando que o pavimento está com um grau de deterioração elevado.

4.3 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO

Ao ponderar o real estado de conservação que se encontra o trecho por meio das identificações patológicas do asfalto e o diagnóstico da situação funcional, é pertinente a indicação da maneira mais adequada de reparar os problemas da via. Segundo DNIT (2006b) para as fissuras e trincas tanto transversais, como longitudinais a manutenção pode ser realizada através da aplicação de selante, essa selagem é utilizada para controlar a extensão do defeito e garantir a prevenção contra a infiltração de água. Outras técnicas de recuperação que pode ser utilizada é a lama asfáltica, indicada quando existe pequeno grau de trincamento, tratamento simples e microrrevestimento asfáltico.

No caso das trincas tipo “couro de jacaré” uma das formas de manutenção é fazer o remendo na região ou a fresagem no trecho com maior incidência desse tipo de trinca, já as medidas de reabilitação seriam a reciclagem do pavimento ou recapeamento, refazendo base, sub-base e revestimento para um maior reforço da estrutura, não esquecendo de realizar a drenagem adequada da rodovia (Ramos, 2017).

De acordo com Teixeira (2022) as áreas de desgaste recomendam-se como medida de manutenção um tratamento com capa selante ou lama asfáltica e no caso de reabilitação recomenda-se a reciclagem do pavimento ou o recapeamento. Nos casos de panelas uma forma de manutenção bastante conhecida é a operação tapa buraco, que consiste na eliminação das panelas com a execução de remendos, como forma de reabilitação tem-se o recapeamento do asfalto, que concede ao pavimento maior reforço estrutural.

Ao analisar alguns artigos como Silva (2021), é nítido que após a manutenção e recuperação do pavimento seu IGG pode chegar a ser classificado como ótimo e ser comparado com o pavimento asfáltico novo. Para Marcolan, Klamt e Knierim (2020) apud DER (2006) a técnica de recapeamento combinado a fresagem do revestimento original é eficiente para áreas com elevado grau de trincas, uma vez que o serviço de fresagem tem a capacidade de controlar a propagação das trincas de reflexão que possam aparecer devido ao recapeamento.

Sendo assim, após a análise de condição da via e quais os tipos de manutenção para cada patologia, recomenda-se como forma de recuperação a fresagem do revestimento asfáltico e posterior recapeamento do pavimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pavimentação asfáltica é responsável por garantir a qualidade na trafegabilidade, conforto e segurança para os usuários em Maringá – PR, assim é necessário a avaliação das vias pavimentadas para se fazer a manutenção e restauração adequada.

Através da análise realizada *in loco* e das pesquisas bibliográficas foi possível concluir que as manifestações mais recorrentes são os desgastes, panelas e a trinca tipo “couro de jacaré”, de uma vista geral os principais motivos para a causa dessas patologias é a falta de manutenção, fadiga do pavimento, problemas de execução e as infiltrações por intempéries.

Os trechos foram analisados utilizando o método IGG e classificados como estando em "ruim" estado de conservação, ou seja, não cumprem os requisitos de segurança e conforto necessários para uma rodovia, o que indica a necessidade de intervenções de recuperação do

pavimento. Durante a aplicação do método, observou-se que o IGG se caracteriza por ser uma avaliação rápida, abrangente, de fácil execução e baixo custo, ele se mostrou uma ferramenta eficaz para a análise do pavimento, sendo fundamental para identificar o real estado de conservação da via e determinar a necessidade de ações de recuperação.

Como resultado do estudo de caso, a solução recomendada para a recuperação da vida útil do pavimento foi a execução da fresagem e posteriormente a execução do recapeamento, com as informações passadas em projeto atendendo a norma e o acompanhamento de um engenheiro para evitar problemas de execução.

Conclui-se que a deterioração e falta de manutenção dos pavimentos asfálticos é um problema recorrente em Maringá e em todo o Brasil, com uma das justificativas mais frequentes sendo a falta de recursos financeiros. Porém, Maringá vem se tornando cada dia maior, e é preciso fazer um planejamento de manutenção asfáltica para que todos os bairros da cidade sejam contemplados com esse benefício que é um direito da população trafegar em vias com boas condições.

REFERÊNCIAS

ACIDENTES RODOVIÁRIOS E A INFRAESTRUTURA. CNT (Conferência Nacional do Transporte), 2018.

ALVAREZ, P.; RODGHER, S. Patologias e manutenção no pavimento asfáltico no município de Bocaina/SP. [s.l.: s.n.]. Disponível em:

https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/trabalho_de_conclusao_de_curso.pdf.

BALBO, J. T. Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L. B. et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. 3. ed. Rio de Janeiro: Petrobras Abeda, 2010.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Geral. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação do Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Glossário de termos técnicos rodoviários. 2. ed. Rio de Janeiro, 2017. 324 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. DNIT 006 - PRO. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003d.

MARCOLAN, C. de M.; KLAMT, R. A.; KNIERIM, L. da S. Avaliação das condições funcionais de um pavimento para soluções de restauração. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, Ponta Grossa, v. 12, n. 2, p. 149-160, jun. 2020. Quadrimestral. Disponível em: <https://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/view/14880/209209213418>. Acesso em: 23 nov. 2024.

ROCHA, J. P.; FERREIRA, L. G. C. M.; BORBA, F. V. Diagnóstico de patologias encontradas em pavimentos rodoviários flexíveis e semirrígidos. *Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer*, Goiânia, v. 16, n. 30, 2019.

SILVA, F. D. Avaliação superficial de pavimentos através do método IGG (Índice de Gravidade Global): estudo de caso em um trecho na Av. Moxotó em Paulo Afonso – Bahia. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2021.

SILVA, P. F. A. Manual de patologia e manutenção de pavimentos. São Paulo: Pini, 2008.

SILVA, S. O. da. Avaliação funcional de vias urbanas por meio do Índice de Gravidade Global (IGG). Estudo de caso: município de Caucaia-CE. 2021. 74 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro Universitário Christus, Fortaleza-CE, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unichristus.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1211/1/Sandy%20Oliveira%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2024.

TEIXEIRA, D. M. Análise das manifestações patológicas em pavimento asfáltico flexível: aplicação do índice de gravidade global (IGG) em trechos da CE-371 entre Acopiara-CE e Catarina-CE. P. 69, mar. 2022.

VIEIRA, S. A. et al. Análise comparativa de metodologias de avaliação de pavimentos através do IGG e PCI. *Conexões*, v. 10, n. 3, p. 1-11, nov. 2016.

ZILLI, C. M.; VALENTINI, E. L. R.; PAZ, F. J. S. Avaliação funcional da superfície do pavimento das vias de serviço do aeroporto internacional de Curitiba. 2019. Dissertação de Pós-Graduação (Curso de Pós-Graduação em Pavimentação Rodoviária). Faculdade IDD. Curitiba, 2019