

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CAMPUS BACABAL  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

**JOANA KELLY DE OLIVEIRA RODRIGUES**

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL:**  
Estudo de caso em perímetro urbano na cidade de São Mateus - MA.

Bacabal  
2024

**JOANA KELLY DE OLIVEIRA RODRIGUES**

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL:**  
Estudo de caso em perímetro urbano na cidade de São Mateus - MA.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Civil Bacharelado da  
Universidade Estadual do Maranhão - Campus  
Bacabal como requisito parcial para obtenção  
do grau de Bacharel em Engenharia Civil

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Me.Natália Barros Falcão  
Cutrim.

Bacabal  
2024

R685a Rodrigues, Joana Kelly de Oliveira.

Análise de manifestações patológicas em pavimento flexível:  
Estudo de caso em perímetro urbano na cidade de São Mateus-MA/ Joana  
Kelly de Oliveira Rodrigues – Bacabal - MA, 2024.

56 f.il.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil  
Bacharelado - Universidade Estadual do Maranhão - UEMA/ Campus  
Bacabal - MA, 2024.

Orientadora: Profª Mestre Natália Barros Falcão Cutrim

1.Patologias 2.Asfalto 3.Pavimentação

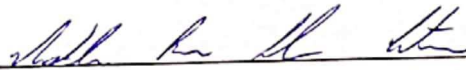
JOANA KELLY DE OLIVEIRA RODRIGUES

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL:**  
Estudo de caso em perímetro urbano na cidade de São Mateus - MA.

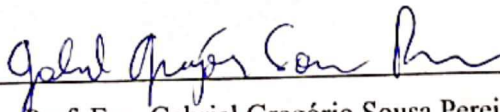
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Civil Bacharelado da  
Universidade Estadual do Maranhão - Campus  
Bacabal como requisito para obtenção do grau  
de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

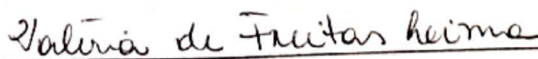
BANCA EXAMINADORA



Prof.<sup>a</sup>. Me. Natália Barros Falcão Cutrim. (Orientadora)  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO



Prof. Esp. Gabriel Gregório Sousa Pereira  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO



Prof.<sup>a</sup>. Esp. Valéria de Freitas Lima  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

A Deus, toda honra, glória e louvor. Deus é  
bom o tempo todo!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar no caminho certo, por me dar força e saúde para continuar.

Agradeço a meu marido, Fernando, por não me deixar desistir, por ser meu porto seguro e sempre está me lembrando de escrever meu tcc.

Agradeço a minha mãe, Elizângela por todo apoio que me deu ao longo dessa caminhada e por nunca ter deixado eu me sentir incapaz de realizá-la, sem você nada disso seria possível.

Agradeço ao meu pai, Jarisdon, por todas as nossas conversas e dúvidas que me sanou, pelo tempo dedicado, e por sair no sol quente para tirar as fotos desse trabalho. Obrigada por nunca colocar nenhuma dificuldade para me ajudar.

Agradeço a minha orientadora, Natália Barros por todo apoio que me deu ao longo desse período, sem sua ajuda nada disso seria possível.

Agradeço aos meus irmãos, João Marcello e Jarisdon Junior, por tudo que fizeram e fazem por mim, eu amo muito vocês.

Agradeço a todos os meus amigos, em especial a Jacyanne e João Emanuel por sempre estarem comigo. A Larissa Grazielly, Karen Michelly e Luana de Fátima, por todas as conversas e disponibilidade que tiveram pra me ajudar, obrigada por tudo meninas.

Agradeço a todos os professores do meu curso, por todo conhecimento repassado. E por fim agradeço a todos que ajudaram direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho.

## RESUMO

O Brasil possui predominantemente pavimentos flexíveis em sua malha rodoviária. Considera-se nesse sentido a infraestrutura de transporte e sua relevância para o progresso socioeconômico do país, assim enfatiza-se a importância, necessidade e obrigatoriedade de manter as estradas em excelentes condições de tráfego e garantir que seus pavimentos apresentem bom desempenho a longo prazo. No entanto, apesar da importância da malha rodoviária, nota-se uma deterioração crescente do revestimento asfáltico, evidenciada pelo aparecimento de manifestações patológicas. Trata-se de um estudo exploratório no formato de estudo de caso que visa fornecer contribuições técnicas a respeito das patologias encontradas no perímetro urbano na cidade de São Mateus do Maranhão. O objetivo principal do estudo é o de analisar visualmente as manifestações ao longo do perímetro urbano na cidade de São Mateus-MA, suas causas e, assim propor possíveis medidas para sanar as problemáticas apresentadas. Dessa forma, a partir de levantamentos das principais patologias presentes neste trecho, buscamos avaliar as possíveis causas desses defeitos e traçar algumas soluções potenciais. Para tanto, foram utilizadas fichas de avaliação em campo e inspeções in loco para coletar dados. Entre as patologias identificadas, destacam-se buracos, trincas, afundamentos e escorregamentos, que afetam significativamente a segurança e o conforto dos usuários. Além disso, a má execução do revestimento asfáltico, especialmente em condições de tempo chuvoso, contribuiu para o reaparecimento das falhas. Portanto, a análise criteriosa das condições atuais do pavimento é essencial para a implementação de medidas corretivas e preventivas. Dessa forma, esse conhecimento técnico é fundamental para melhorar continuamente a infraestrutura viária, garantindo a segurança dos usuários e a durabilidade do pavimento em São Mateus do Maranhão.

**Palavras-chave:** Patologias; Asfalto; Pavimentação.

## ABSTRACT

Brazil predominantly has flexible pavements on its road network. In this sense, transport infrastructure and its relevance to the country's socioeconomic progress are considered, thus emphasizing the importance, necessity and obligation of maintaining roads in excellent traffic conditions and ensuring that their pavements present good performance in the long term. However, despite the importance of the road network, there is an increasing deterioration of the asphalt coating, evidenced by the appearance of pathological manifestations. This is an exploratory study in the format of a case study that aims to provide technical contributions regarding the pathologies found in the urban perimeter in the city of São Mateus do Maranhão. The main objective of the study is to visually analyze the demonstrations along the urban perimeter in the city of São Mateus-MA, their causes and thus propose possible measures to resolve the problems presented. Therefore, based on surveys of the main pathologies present in this section, we sought to evaluate the possible causes of these defects and outline some potential solutions. To this end, field evaluation forms and on-site inspections were used to collect data. Among the pathologies identified, holes, cracks, sinking and slipping stand out, which significantly affect the safety and comfort of users. Furthermore, poor execution of the asphalt coating, especially in rainy weather conditions, contributed to the reappearance of failures. Therefore, a careful analysis of the current pavement conditions is essential for the implementation of corrective and preventive measures. Therefore, this technical knowledge is fundamental to continuously improve the road infrastructure, ensuring the safety of users and the durability of the pavement in São Mateus do Maranhão.

**Keywords:** Pathologies; Asphalt; Paving.



## **LISTA DE SIGLAS ABREVIATURAS**

ALC - Afundamento de Consolidação Local

ATC - Afundamento de Consolidação na Trilha

CBQU - Concreto Betuminoso Usinado a Quente

CNT - Confederação Nacional de Transporte

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

EAP - Emulsão Asfáltica

TBE - Trinca jacaré com erosão (J.E) e trinca em bloco com erosão

TLC - Trinca Longitudinal Curta

TLL - Trinca Longitudinal Longa

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Organograma metodológico .....	15
Figura 2- Mapa de localização cidade de São Mateus – MA .....	16
Figura 3- Pavimento Flexível (corte transversal).....	21
Figura 4- Pavimento Rígido (corte longitudinal).....	22
Figura 5- Afundamento de trilha de roda.....	25
Figura 6- Afundamento local .....	25
Figura 7- Corrugações(O) .....	26
Figura 8- Exsudação .....	28
Figura 9- Desgaste .....	28
Figura 10 - Panela (Buraco).....	29
Figura 11- Escorregamento.....	30
Figura 12- Trinca interligada tipo couro de jacaré.....	31
Figura 13- Trinca interligada tipo Bloco.....	32
Figura 14- Trinca Isolada Longitudinal .....	33
Figura 15- Trinca Transversal isolada .....	33
Figura 16- Deformações causada por maquinários pesados .....	36
Figura 17-Fresadora de Asfalto .....	37
Figura 18- Comparativo entre patologias KM 182,8. ....	38
Figura 19 - Trinca interligada Transversal (Km 179,8).....	47
Figura 20 - Trinca isolada Longitudinal (Km 180).....	48
Figura 21 - Escorregamento do Revestimento Asfáltico (Km 181).....	49
Figura 22- Escorregamento do Revestimento Asfáltico e Afundamento (Km 182).....	50
Figura 23 - Patologia Desgaste (Km 182,5).....	51
Figura 24- Afundamento por consolidação localizado (Km 182,8).....	52
Figura 25- Trinca couro de jacaré com erosão (Km 183,2).....	53
Figura 26- Patologia Remendo (Km 183,9).....	54
Figura 27- Buraco (Km 184).....	55

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	14
<b>2.1</b>	<b>Objetos de estudo</b> .....	16
<b>2.2</b>	<b>Materiais utilizados</b> .....	17
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	18
<b>3,1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	18
<b>3.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	18
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
<b>4.1</b>	<b>Pavimento</b> .....	20
4.1.1	Classificação .....	21
4.1.2	Camadas que compõe um pavimento flexível .....	22
<b>4.2</b>	<b>Patologias</b> .....	23
4.2.1	Deformações de Superfície .....	24
4.2.1.1	Afundamentos .....	24
4.2.1.2	Corrugação.....	26
4.2.2	Defeitos de Superfície (Exsudação de Asfalto e Desgaste) .....	27
4.2.2.1	Exsudação de Asfalto .....	27
4.2.2.2	Desgaste .....	27
4.2.3	Panela.....	28
4.2.4	Escorregamento do Revestimento betuminoso .....	29
4.2.5	Fendas (Trincas e Fissuras).....	30
<b>4.3</b>	<b>Durabilidade do pavimento flexível</b> .....	34
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	36
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	40
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	43
	<b>ANEXOS</b> .....	46

## INTRODUÇÃO

As abordagens iniciais sobre uma análise de manifestações patológicas em pavimento flexível com ênfase a um estudo de caso em perímetro urbano na cidade de São Mateus – MA, incorpora ao tema um conjunto de informações relevantes que remetem a conceitos sobre pavimento, classificação, camadas que compõe um pavimento flexível, patologias em pavimento flexível, deformações de superfície, defeitos de superfície, panela, escorregamento do revestimento betuminoso, fendas (trincas e fissuras), de forma a se revelar em seus conteúdos os aspectos mais relevantes da temática do trabalho.

Primariamente considera-se o atual contexto da malha rodoviária brasileira, sua qualidade e extensão. Assim, leva-se em conta que no Brasil, um país de vasta extensão territorial, em torno de 8.511.965 Km<sup>2</sup> o modal rodoviário é o mais utilizado para transporte de cargas e passageiros.

Em seus referenciais, Silva e Mota (2020) atestam que, o tipo de pavimento predominante é o pavimento flexível, com uso de materiais betuminosos, que vêm sofrendo manifestações patológicas significativas tais como fissuras, buracos, trincas, ondulações, entre outros. As autoras consideram que essas manifestações patológicas se revelam em razão do seu uso intenso, muitas vezes de forma desordenada, com excesso de cargas e escassez de recursos para conservação rotineira e periódica, levando ao desgaste prematuro do pavimento.

O “Manual de restauração de pavimentos asfálticos” do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT, 2006) assinala que, o pavimento flexível é constituído por uma camada superficial asfáltica denominada revestimento, apoiadas sobre as camadas de base, sub-base e reforço do subleito; as camadas podem ser constituídas de materiais granulares, solos ou misturas de solos, e que na presença de carregamento sofre deformação elástica em todas as camadas, isto é, a carga se distribui em parcelas proporcionais e com pressões concentradas.

Nessa dimensão, Ribas (2017) em trabalho sobre “Custo-benefício na execução de pavimentos rígidos” argumenta que, o pavimento flexível apresenta maior disponibilidade de materiais e maior número de empresas que possuem mão de obra, máquinas e equipamentos para execução, com custos de implantação mais baixos. Já o pavimento rígido, apesar da sua utilização está crescendo no Brasil, a falta de empresas especializadas, resulta em erros construtivos ou até deficiências no controle tecnológico.

Nesse contexto, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (BRASIL, 2006) pontua aponta que, qualquer irregularidade ou mudança na característica do

pavimento é considerada como um defeito ou patologia em razão de erros executivos ou de utilização. Dessa forma, cada tipo de pavimento pode manifestar, ao longo de sua vida útil, defeitos que demandam sua capacidade estrutural e funcional. Considera-se, portanto, que a perda da capacidade do pavimento de suportar as cargas provenientes do tráfego reflete defeitos estruturais, enquanto que, os defeitos funcionais, são aqueles que interferem nas boas condições de rolamento.

Dados revelados pela Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2016) sobre “A pavimentação no Brasil no ano de 2016” apresentam que, a densidade da malha rodoviária pavimentada do Brasil é ainda muito pequena, principalmente quando comparada com a de outros países de dimensão territorial semelhante. São aproximadamente 25 km de rodovias pavimentadas para cada 1000 km<sup>2</sup> de área, o que corresponde a apenas 12,3% da extensão rodoviária nacional.

Além disso, grande parte dos trechos que são pavimentados apresentam patologias em diferentes níveis, levando à tona uma problemática ainda vigente, demonstrando desconforto para os usuários que utilizam essas vias.

Segundo Balbo (2016) em publicação sobre “Pavimentação asfáltica”, pavimentar uma via de circulação de veículos é obra civil que enseja, antes de tudo, a melhoria operacional para o tráfego, na medida em que é criada uma superfície mais regular (garantia de melhor conforto no deslocamento do veículo), uma superfície mais aderente (garantia de mais segurança em condições de pista úmida ou molhada), uma superfície menos ruidosa diante da ação dinâmica dos pneumáticos (garantia de melhor conforto ambiental em vias urbanas e rurais), seja qual for a melhoria física oferecida.

Concomitantemente, o conceito de uma rodovia de alta qualidade não envolve apenas o conforto e a segurança, mas também a eficiência econômica, que se torna cada vez mais relevante no Brasil, devido ao predomínio do transporte rodoviário de mercadorias e pessoas. Dessa forma, os defeitos presentes nos pavimentos das rodovias afetam a segurança e o conforto, podendo resultar em grandes prejuízos econômicos. É essencial realizar avaliações constantes que indiquem o impacto desses defeitos na segurança, no conforto e nos custos operacionais, como eles podem ser corrigidos, os custos envolvidos e quais são as prioridades.

O presente trabalho tem como objetivo principal, analisar visualmente as manifestações ao longo do perímetro urbano na cidade de São Mateus-MA, suas causas e, assim propor possíveis medidas para sanar as problemáticas apresentadas, para isso, utilizou-se os procedimentos estabelecidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT, 2005) para identificar as manifestações patológicas em pavimentos

flexíveis. O foco principal é um estudo de caso realizado no perímetro urbano da cidade de São Mateus-MA. Atrelado a isso, com os resultados obtidos no diagnóstico das patologias apresentadas, será possível propor soluções viáveis para a restauração desses pavimentos.

O trabalho encontra-se estruturado em unidades sequenciais.

Assim, descreve-se na Metodologia o objeto de estudo e os materiais utilizados na pesquisa.

A unidade seguinte apresenta os objetivos do estudo numa abordagem geral e em contextos específicos.

O referencial teórico do trabalho contextualiza aspectos relevantes sobre Pavimento e Patologias em seguida se descrevem os resultados e discussões do estudo de caso,

Por fim, as considerações finais do estudo e os referenciais utilizados na construção do marco teórico.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia em um estudo investigativo como parte integrante do Trabalho de Conclusão de Curso é uma ferramenta indispensável para que se possa através da investigação, constatar a situação problema existente e através de mecanismos de ação, buscando implementar melhorias que culminem com a realização dos objetivos propostos.

Nessa dimensão, a sistemática deste trabalho é estabelecida através de um estudo de caso com levantamento visual e criações de laudos para reger as problemáticas presentes.

De acordo com Zanella (2022) o estudo de caso é uma forma de pesquisa que aborda com profundidade uma ou poucas unidades do objeto de pesquisa tendo grande profundidade e pequena amplitude, a qual procura conhecer em profundidade a realidade o objeto estudado. Será tomado como campo do estudo de caso o perímetro urbano da cidade de São Mateus – MA.

Dessa forma, pode ser classificada como pesquisa exploratória, idealizando-se por meio da pesquisa em campo com fundamentos alicerçados através de revisão bibliográfica, gerando conhecimentos úteis para desenvolvimento tecnológico e compreensão de conceitos e métodos.

A escolha pela pesquisa exploratória se deu pelo fato de ser aquela que consiste na realização de um estudo para a familiarização do pesquisador com o objeto que está sendo investigado durante a pesquisa. Ela é aplicada de maneira que o pesquisador tenha uma maior proximidade com o universo do objeto de estudo e que ofereça informações e oriente a formulação das hipóteses da pesquisa. De acordo com Lakatos (2021) a pesquisa exploratória permite ao pesquisador escolher as técnicas mais adequadas para a sua pesquisa e para que ele possa decidir sobre as questões que necessitam maior atenção durante a investigação.

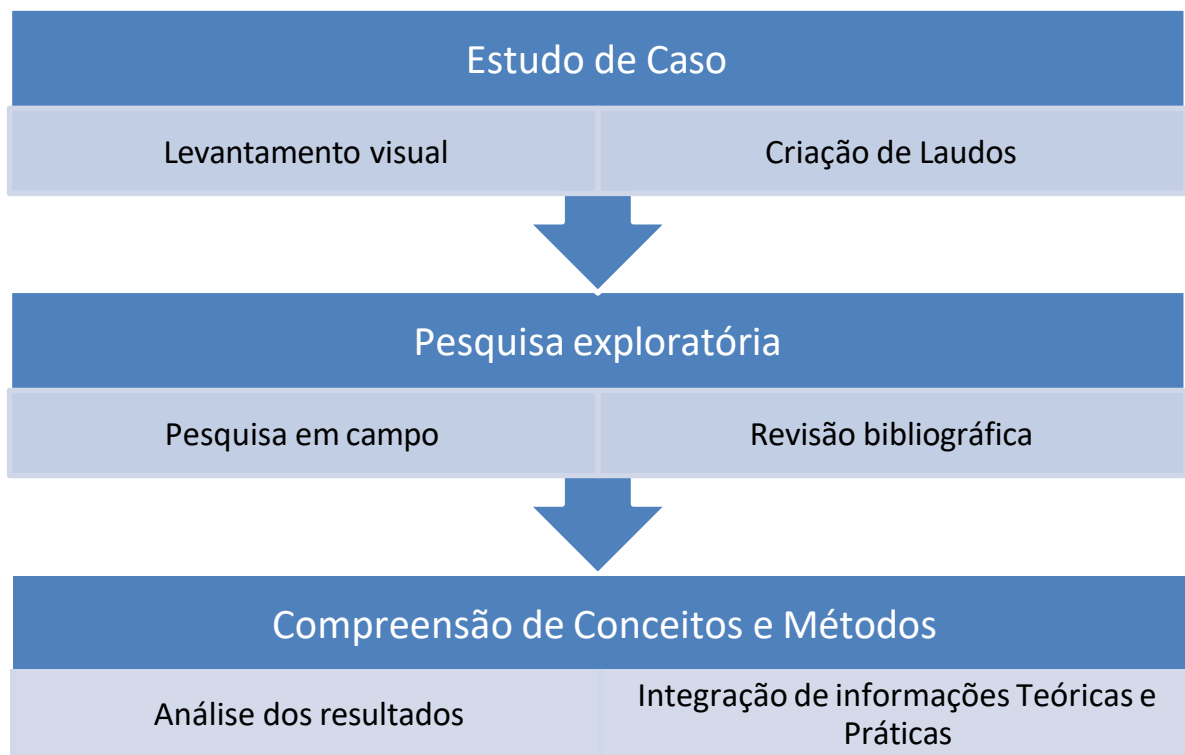
A pesquisa exploratória possibilita a realização de uma pesquisa de campo onde sejam analisadas e avaliadas todas as dimensões da pesquisa. Nessa natureza, a pesquisa de campo envolve as condições do perímetro urbano da cidade de São Mateus – MA. Assim, a opção da configuração pesquisa se deu pelo fato de que a pesquisa de campo caracteriza-se por investigações que somada à pesquisa bibliográfica, possibilita a realização de dados e informações detalhadas e amparadas em documentos e referenciais bibliográficos.

Conforme exposições de Lakatos (2021) a pesquisa de campo é uma metodologia de investigação focada na observação, coleta de dados, análise e interpretação dos resultados. Todas essas informações são obtidas a partir do ambiente natural ou da realidade onde acontece.

A construção do marco teórico do estudo assim como os referenciais que deram suporte às análises e discussões dos resultados da pesquisa tiveram o aporte da pesquisa bibliográfica. Segundo Gil (2021), a pesquisa bibliográfica é o levantamento ou revisão de obras publicadas sobre a teoria que irá direcionar o trabalho científico o que necessita uma dedicação, estudo e análise pelo pesquisador que irá executar o trabalho científico e tem como objetivo reunir e analisar textos publicados, para apoiar o trabalho científico.

A seguir, está uma descrição detalhada da metodologia adotada no trabalho, representada em forma de organograma:

**Figura 1** - Organograma metodológico



Fonte: A autora (2024)

➤ **Estudo de Caso**

- **Levantamento Visual:** Consiste em identificar as patologias presentes no trecho analisado, além de fotografar e catalogar esses problemas.
- **Elaboração de Laudos:** A partir do levantamento visual, realiza-se uma análise detalhada das patologias e a elaboração de relatórios completos.

➤ **Pesquisa Exploratória**

- **Trabalho de Campo:** Envolve a coleta de dados diretamente no local, utilizando ferramentas de medição para obter informações precisas e detalhadas.



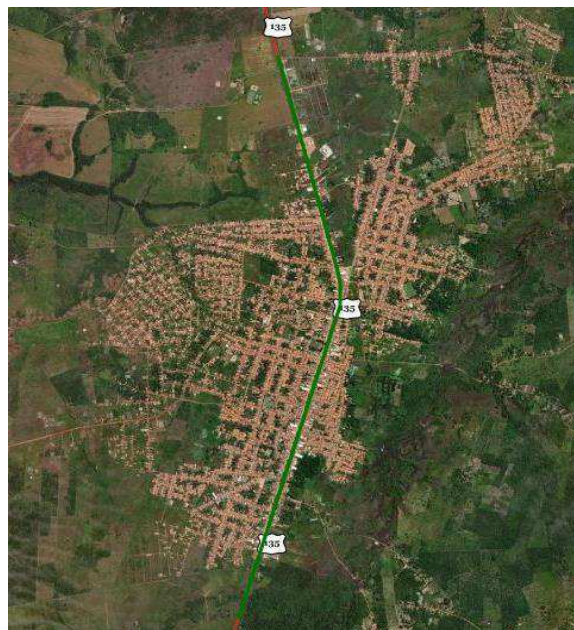
- **Revisão Bibliográfica:** Inclui o estudo aprofundado de conceitos e teorias relevantes, consultando diversas fontes bibliográficas para fundamentar o trabalho.
- Compreensão de Conceitos e Métodos
- **Análise dos Resultados:** Avalia-se os resultados obtidos durante o estudo de caso e a pesquisa exploratória, integrando informações teóricas e práticas para uma compreensão abrangente dos conceitos e métodos utilizados.

## 2.1 Objetos de estudo

O estudo contemplou as etapas de observação e levantamentos realizados em campo a respeito das manifestações patológicas que foram apresentadas no decorrer da elaboração deste trabalho de conclusão de curso. Assim, após realizada a identificação das mesmas, foi possível compor laudos, e se necessário for, soluções para tais problemáticas.

A rodovia na qual foi realizado o estudo em questão é de caráter federal, e corresponde ao Perímetro Urbano da cidade de São Mateus do Maranhão, que apresenta um nível elevado de tráfego cotidianamente, visto que é uma cidade margeada pela BR 135, dando acesso à capital. Dessa forma, será analisado um trecho de aproximadamente 5 Km (Km 179 ao Km 184), assim, poderemos identificar como se apresenta a qualidade desse pavimento.

Figura 2- Mapa de localização cidade de São Mateus – MA



Fonte: VGEO (2024)

## 2.2 Materiais Utilizados

Para conduzir o estudo de caso, foram empregados os parâmetros apresentados na Tabela 01. Esses parâmetros foram utilizados para identificar e avaliar as patologias ao longo do percurso do trecho mencionado.

Tabela 01 - Formulário para avaliação em campo

Data	Trecho (Km)	Patologia Identificada	Extensão (m)	Direção	Profundidade (m)	Condições Climáticas
18/mai	179,8	Trinca interligada transversal	5,0	Transversal		32°
18/mai	180	Trinca isolada Longitudinal	1,50	Longitudinal		32°
18/mai	181	Escorregamento do Revestimento Asfáltico	5,0	Longitudinal		32°
18/mai	182	Escorregamento / Afundamento	1,0	Longitudinal	0,5	32°
18/mai	182,5	Desgaste	1,0	Longitudinal		32°
18/mai	182,8	Afundamento por consolidação localizado (ALC)	1,00	Longitudinal	0,5	32°
18/mai	183,2	Trinca Couro de Jacaré com erosão.	1,5	Longitudinal		32°
18/mai	183,9	Remendo	8,00	Longitudinal		32°
18/mai	184	Panela(buraco)	0,5	Lateral a pista	0,16	32°

Fonte: A autora (2024)

Além da Tabela 01, que serviu como apoio para a análise do trecho quilômetro a quilômetro, foi realizado um levantamento in loco onde foram encontrados diferentes tipos de patologias. Os materiais utilizados para a análise e medições foram:

- Trena (5m)
- Caneta
- Régua de alumínio para pedreiro 1,5m
- Aparelho Celular da marca Xiaomi Redmi Note 9
- Tabela para levantamento de dados

### **3 OBJETIVOS**

De acordo com Marcatto e Oliveira (2021), com o grande avanço tecnológico, muito se tem analisado sobre as patologias nas construções civis, ou seja, as doenças generalizadas na mesma. Tais condições pode-se atribuir a obras de pavimentação. O estudo de suas manifestações engloba as doenças que tem como origem um projeto mal executado, ou um processo construtivo deficiente, que podem surgir dentro da estrutura do pavimento ou simplesmente em sua superfície. Elas podem ser de grande ou pequena percepção.

Nessa concepção, elegeu-se os objetivos deste estudo configurados pelo seu objetivo principal (geral) e por aqueles que auxiliarão na determinação dos nossos propósitos (objetivos específicos).

#### **3.1 Objetivo geral**

Levando em consideração que a principal função do pavimento asfáltico é permitir o tráfego seguro e satisfatório dentro do seu tempo de vida útil, o presente trabalho tem como objetivo principal:

- Analisar visualmente as manifestações ao longo do perímetro urbano na cidade de São Mateus - MA, suas causas e, assim propor possíveis medidas para sanar as problemáticas apresentadas.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Realizar um levantamento visual detalhado ao longo do perímetro urbano de São Mateus-MA para identificar e catalogar as manifestações patológicas do pavimento asfáltico.
- Elaborar relatórios fotográficos e descritivos das patologias identificadas, incluindo sua localização precisa, extensão e profundidade.
- Desenvolver propostas de medidas corretivas e preventivas para as patologias identificadas, com base nas análises realizadas e na revisão bibliográfica.

#### 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Notadamente que ao longo do processo de evolução e desenvolvimento econômico brasileiro, desde o seu descobrimento até a atual realidade revelada por um aglomerado de redes rodoviárias que se constituem por malhas que interligam os quatro pontos extremos do território.

Nessa natureza, visualiza-se o processo histórico para que se possa assinalar que historicamente, as estradas e rodovias sempre tiveram um papel fundamental dentro do sistema viário no Brasil.

Autores como Haiden (2018, p. 29) em trabalho intitulado “Manifestações patológicas de pavimento asfáltico” revelam que, “é por meio delas que grande parte das exportações e importações acontece, assim como o deslocamento de pessoas, estando diretamente relacionadas com o aumento do desenvolvimento socioeconômico brasileiro”.

No entanto, o que se tem percebido é que inúmeros fatores vêm contribuindo para que a qualidade de malha rodoviária decaia em decorrência da falta de investimentos necessários para a conservação das rodovias, levando a um panorama de descontentamento, pois a ausência de infraestrutura acarreta em acidentes, perdas e desperdícios de carga, e muitas vezes o aumento do gasto com manutenções nos veículos.

O quadro revelado pela Confederação Nacional do Transporte – CNT de 2018 é que dos 1.720.700 km de extensão em rodovias, apenas 213.453 km são pavimentadas no Brasil. Dentre as variáveis da pesquisa, a condição da superfície do pavimento mostrou que 52,8% dos pavimentos estão desgastados, e ao total 75,9% apresentam algum tipo de problemas em sua superfície.

Em seus referenciais, Da Costa Oliveira (2019) ao abordar “Identificação de manifestações patológicas em pavimentos asfálticos na cidade de Santa Margarida-MG” disserta que, comodidade e condições ideais de trafegabilidade são características importantes para um pavimento asfáltico adequado.

Outro aspecto de relevância segundo apontamentos de Da Costa Oliveira (2019) é a realização de uma manutenção periódica para evitar o surgimento de patologias no asfalto, geradas por múltiplos fatores, tais como o intemperismo, a degradação da superfície, as falhas de projeto e execução, bem como o excesso de carga sobre as mesmas.

Nessa dimensão, as patologias asfálticas podem ser classificadas de acordo com duas classes: estrutural ou funcional. A classe estrutural se define através da desintegração da estabilidade do pavimento, ou seja, quando o mesmo perde sua resistência de suporte de

cargas. Já a funcional diz respeito as condições de segurança e conforto da pista de rolamento, sendo parte desta os defeitos identificados visualmente, conhecidos como patologias superficiais (DNIT, 2006a).

Por sua vez, Rocha e Costa (2020) atestam que, para a restauração e recuperação do pavimento é indispensável uma análise apropriada das condições existentes, determinando a melhor alternativa para a reabilitação deste. Somente por meio de diagnóstico é possível estabelecer 11 procedimentos adequados para o restauro, reparo e/ou manutenção de acordo com a característica de cada patologia.

#### **4.1 Pavimento**

As considerações iniciais desta unidade remetem às generalidades do pavimento. No trabalho publicado por Bernucci et al.(2008) com abordagens sobre “Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros” os autores consideram que “Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessura finitas, construída sobre a superfície final de terraplanagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança”.

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006a) entende-se por pavimento de uma rodovia, a superestrutura formada por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito, sendo considerado como a infraestrutura ou terreno de fundação, o qual é denominado por subleito. Ainda se resume em materiais de diferentes resistências e deformabilidades, que dão origem a uma camada com elevado grau de complexidade aos cálculos de tensões e deformações.

Ainda referenciando autores como Bernucci et al. (2008) rememora-se que o pavimento é destinado a resistir aos esforços provenientes do tráfego de veículos e ao clima que está exposto, tanto tecnicamente quanto economicamente, de modo que proporcione melhorias nas condições de rolamento, tais como conforto, economia e segurança.

No estudo realizado por Schmidt (2016), pavimento é definido como toda a estrutura a partir do terreno, também denominado subleito, o qual atua como fundação, e é determinado a resistir às cargas impostas sobre a via. Dessa forma, o pavimento é dividido em quatro camadas principais, são elas: reforço do subleito, sub-base, base, revestimento de base asfáltica.

Os revestimentos podem ser classificados de acordo com o tipo de ligante utilizados. São eles: o ligante a quente, quando o ligante e o agregado são misturados e espalhados na pista ainda quentes, são exemplos o uso do concreto asfáltico e o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBQU).

E os ligantes a frio, que acontece quando os tipos de agregados utilizados permitem que o espalhamento seja feito à temperatura ambiente como por exemplo o uso de Emulsão Asfáltica (EAP).

#### 4.1.1 Classificação

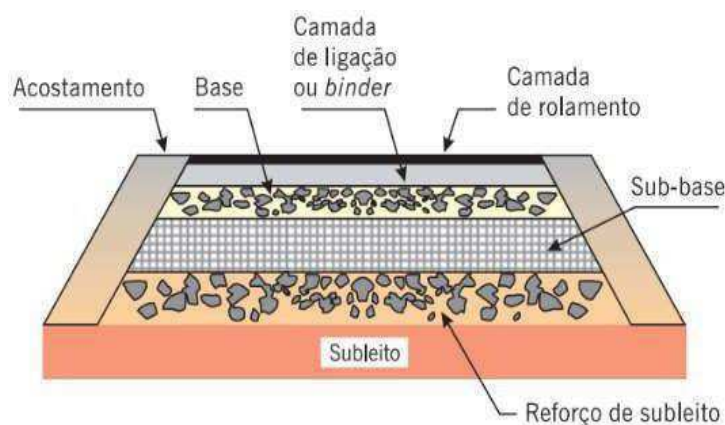
O pavimento rodoviário classifica-se tradicionalmente em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis. Mais recentemente há uma tendência de usar-se a nomenclatura pavimentos de concreto de cimento Portland (BERNUCCI, 2006).

De acordo com o DNIT (2003), de uma forma geral, os pavimentos são classificados em flexíveis, Semi-Rígidos e Rígidos.

**Flexível:** todas as suas camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado, sendo assim a carga se distribui em parcelas equivalentes entre suas camadas.

**Semi-Rígido:** caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias a exemplo se tem uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

Figura 3 - Pavimento Flexível (corte transversal)

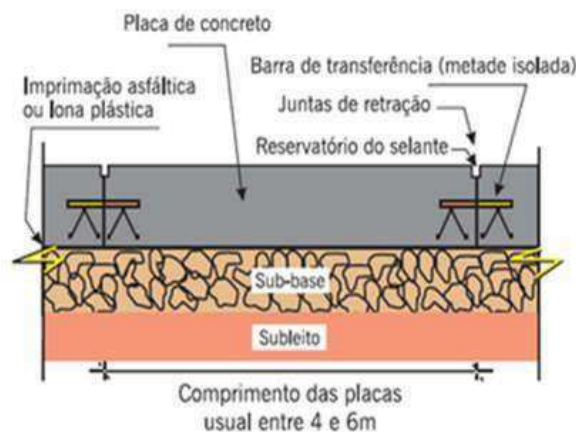


Fonte: Bernucci et al. (2006)

**Rígido:** apresenta revestimento com uma elevada rigidez em relação as camadas inferiores absorvendo praticamente todas as tensões provenientes do seu carregamento aplicado, como por exemplo pavimento construído por lajes de concreto.

Nessa assertiva, Bernucci, et al. (2008) pontuam que, os pavimentos de concreto-cimento são aqueles em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland. Nesses pavimentos a espessura é fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes. As placas de concreto podem ser armadas com barras de aço, ou não. São mais rígidos e absorvem mais os esforços. Eles distribuem as cargas em uma área maior, ao invés concentrá-las em um único ponto e nas camadas inferiores.

Figura 4 - Pavimento Rígido (corte longitudinal)



Fonte: Bernucci et al. (2006)

#### 4.1.2 Camadas que compõe um pavimento flexível

O pavimento flexível é composto por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. Tais camadas recebem e distribuem os esforços aplicados na superfície, e podem sofrer deformações elásticas significativas, também chamadas de deflexão.

O revestimento é feito por uma mistura basicamente de agregados e ligantes asfálticos. Já as camadas de base, sub-base e reforço do subleito são feitas de material granular ou estabilizadas (com aditivos).

Dependendo das características de suporte do subleito, um pavimento flexível pode ser constituído por uma das seguintes formas:

- Revestimento + base;
- Revestimento + base + sub-base;
- Revestimento + base + sub-base + reforço do subleito.

A grande maioria das estradas brasileiras são de pavimentos do tipo flexível, portanto, este artigo trata-se em relação a esse tipo de pavimento.

Para Balbo (2016), respeitando uma terminologia coerente, de uma forma mais completa possível, o pavimento possui as seguintes camadas:

**Revestimento:** O revestimento deverá receber as cargas, estáticas ou dinâmicas, sem sofrer grandes deformações elásticas ou plásticas, desagregação de componentes ou, ainda, perda de compactação; necessita, portanto, ser composto de materiais bem aglutinados ou dispostos de maneira a evitar sua movimentação horizontal. Além disso, transmite de uma forma atenuada as ações do tráfego para as camadas inferiores.

**Base:** Distribui os esforços do tráfego para o subleito. Podem ser construídas por solo estabilizado naturalmente, mistura de solos e agregados(solo-brita), brita graduada tratada com cimento, solo estabilizado quimicamente com ligante hidráulico ou asfáltico, concretos etc.

**Sub-base:** É uma camada complementar a base. Podem ser utilizados os mesmos materiais dela. No caso de solos estabilizados quimicamente, de maneira geral, os consumos de agentes aglomerantes são pequenos.

**Reforço do subleito:** É considerado uma camada de espessura constante, situada acima da camada de regularização. Tem como função melhorar a qualidade do subleito agindo como reforço podendo suportar maiores pressões oriundas de cargas aplicadas sobre o pavimento.

**Subleito:**Fundação e parte integrante da estrutura (pavimento). Os esforços impostos sobre sua superfície serão aliviados em sua profundidade. Deve-se, portanto, ter maior preocupação com seus extratos superiores em que os esforços solicitantes atuam com maior magnitude. O subleito é constituído de material natural consolidado e compactado.

## **4.2 Patologias**

Segundo Alves *et al* (2008), as patologias que se manifestam no pavimento flexível podem ser classificadas como: defeitos de superfícies, quando há exposição de ligante, exposição de agregados ou desprendimento dos mesmas; degradações superficiais, ocorrendo geralmente durante a construção do pavimento e como consequência, tende a



afetar a composição granulométrica dos agregados, fazendo com que as misturas asfálticas produzidas em campo, sejam diferentes daquelas projetadas em laboratórios; ou deformações, devido a compactação complementar de camadas mal compactadas ou ainda devido à ruptura por cisalhamento.

Nesse aspecto, as patologias em pavimentos podem ser caracterizadas como estruturais e funcionais.

Segundo Silva (2008), as Patologias Estruturais são aquelas que afetam a capacidade do pavimento em suportar as cargas do tráfego, as trincas transversais e interseção de trincas são exemplos destas patologias, as quais se estendem por toda a espessura da placa. Já as Patologias funcionais afetam a segurança e as condições de dirigibilidade do pavimento.

A rugosidade, o Polimento da Superfície, Ruído e os Defeitos de Superfície são exemplos destas. Diferem da patologia estrutural por não se estender em toda superfície da placa, situando-se no máximo no terço médio superior da espessura da mesma.

As terminologias dos defeitos são catalogadas pela norma DNIT (005/2003). Silva (2008), classifica as patologias em pavimentos como:

- Deformações de Superfície (Corrugações e Afundamentos);
- Defeitos de Superfície (Exsudação de Asfalto e Desgaste);
- Panela;
- Escorregamento de Revestimento Betuminoso;
- Trincas e Fissuras (Fendas).

Dessa forma, seguindo as conceituações de Silva (2008), definiremos as patologias supracitadas.

#### 4.2.1 Deformações de Superfície

As deformações de superfície podem ser os afundamentos e as corrugações.

##### 4.2.1.1 Afundamentos

Os Afundamentos são deformações plásticas (ou permanentes), caracterizados por depressão longitudinal da superfície do pavimento e podem ser plásticos ou de consolidação. A ação repetida da passagem das cargas de roda dos pneus e o fluxo canalizado dos veículos comerciais é o que causam as deformações. Já os afundamentos plásticos são devidos à

deformação plástica de uma ou mais camadas do pavimento e/ou subleito e apresentam elevações ao longo dos lados do afundamento. Dependendo de sua extensão é caracterizada em Afundamento Plástico Local (até 6m), ou Afundamento Plástico da Trilha (> 6m).

Existem ainda os Afundamentos de Consolidação que ocorrem devido à consolidação diferencial que acontecem em camadas do pavimento e/ou subleito. Quando sua extensão for de até 6m, é denominado de Afundamento de Consolidação Local (A.L.C), em quando for maior que 6m, é denominado de Afundamento de Consolidação na Trilha (A.T.C).

Figura 5 - Afundamento de trilha de roda



Fonte: DNIT (2003)

Figura 6 - Afundamento local



Fonte:DNIT (2003)

#### 4.2.1.2 Corrugação

As corrugações (conhecidas como costela de vaca) são ondulações transversais ao eixo da via (várias ondulações em intervalos de menos de 3m), devido à má execução (base instável), excesso de asfalto (baixa resistência da massa asfáltica) ou finos. As corrugações estão associadas às tensões cisalhantes horizontais geradas pelos veículos em áreas submetidas à aceleração ou frenagem. É comum em subidas, rampas, curvas e interseções.

As ondulações na superfície da camada de revestimento são chamadas de massa e são devido à baixa estabilidade da mistura asfáltica, quando sujeita ao tráfego e ao intemperismo. A massa asfáltica é expulsa pelo tráfego por fora da trilha de roda. A baixa estabilidade pode ser devido ao excesso de asfalto, excesso de agregado fino, graduação inadequada, agregado de textura lisa e arredondado. A unidade de medida da Corrugação e do escorregamento de massa é o metro quadrado de área afetada.

Figura 7- Corrugações (O)



**Fonte:** DNIT (2003)

## 4.2.2 Defeitos de Superfície (Exsudação de Asfalto e Desgaste)

### 4.2.2.1 Exsudação de Asfalto

No calor o asfalto se dilata e não havendo espaço para ele ocupar, devido a um baixo volume de vazios ou excesso de ligante (problema na massa asfáltica), o mesmo exsudará através do revestimento e ter-se-á uma superfície (normalmente na trilha de roda) que brilha devido o excesso de ligante betuminoso. Também, com calor, o asfalto diminui sua viscosidade e o agregado penetra dentro dele. Às vezes, pode-se observar esse fenômeno nos tratamentos superficiais, lama asfáltica e etc.

Deve-se atentar ainda para não se confundir o fenômeno de exsudação com o espelhamento devido à queda de óleo diesel, principalmente em rampas ascendentes. A unidade de medida da exsudação é o metro quadrado de área afetada.

### 4.2.2.2 Desgaste

O desgaste superficial é uma associação do tráfego com o intemperismo. No limite podemos ter uma superfície polida, comprometendo a segurança a derrapagem. O arrancamento progressivo dos agregados é um estágio avançado do desgaste superficial.

O desgaste, conforme o DNER-TER 01-78 é caracterizado pela aspereza superficial. A causa é a volatilização e a oxidação do asfalto, sob a ação abrasiva do tráfego e do intemperismo, o arrancamento ocorre em idades avançadas.

Caso venha a ocorrer a perda progressiva de agregado pouco tempo após a abertura ao tráfego, a causa do superaquecimento do asfalto na usina ou falta desse ligante (problema na mistura asfáltica). A unidade de medida do desgaste é o metro quadrado por área afetada.

Figura 8 - Exsudação



Fonte: DNIT (2003)

Figura 9 - Desgaste



Fonte: DNIT (2003)

#### 4.2.3 Panela

A panela é uma cavidade ou buraco que se forma no revestimento e pode atingir a base. Os buracos são evoluções das trincas, afundamentos ou desgastes.

A água é comprimida e, como ela é incompressível, tende a desagregar ou amolecer as camadas do pavimento, e dessa forma aumentará os afundamentos em trilha de roda. O acúmulo de água de chuva nas trincas superficiais, existentes na camada asfáltica, leva a uma

degradação mais rápida do revestimento, a qual é conhecida como “STRIPPING”. Por isso, durante os meses de dezembro a março, estação chuvosa, há uma tendência de se formarem mais buracos nas ruas e rodovias.

Para corrigir essa ocorrência é executado Remendo de superfície ou remendo profundo. A unidade de medida do buraco é o metro quadrado.

Figura 10 - Panela (Buraco)



Fonte: DNIT (2003)

#### 4.2.4 Escorregamento do Revestimento betuminoso

O escorregamento do revestimento betuminoso consiste no deslocamento do revestimento em forma de meia lua.

A trinca em forma de meia lua é devido à falta de aderência (ausência de limpeza) entre a camada de revestimento e a camada subjacente, ou a massa asfáltica tem baixa resistência.

Ocorre principalmente em áreas de frenagem e de interseções, quando o veículo causa o deslizamento da massa asfáltica (baixa aderência) ou sua deformação (baixa resistência).

Figura 11 - Escorregamento.



Fonte: DNIT (2003)

#### 4.2.5 Fendas (Trincas e Fissuras)

As trincas são descontinuidades com largura superior às fissuras, as quais só são visíveis à distância inferior a 1,5m. As trincas no revestimento podem ser devido à fadiga ou não. O fenômeno de fadiga está relacionado com a repetição de passagem de carga de veículo comercial. Os automóveis não causam problemas estruturais, mas somente a redução do atrito, o que podem causar acidentes.

As trincas que têm como causa a fadiga podem ser isoladas (Trincas Transversais e Longitudinais), ou interligadas (couro de jacaré).

As trincas couro de jacaré representam estágio atual avançado da fadiga. Caracteriza-se por ter ângulos agudos e a maior aresta tem comprimento inferior a 30cm. Inicialmente, tem-se uma série de trincas isoladas.

Figura 12 - Trinca interligada tipo couro de jacaré



Fonte: DNIT (2003)

As trincas que não são causadas pela fadiga podem ser isoladas ou em bloco. As trincas isoladas de retração ou pela retração por secagem da base de B.G.T.C. ou solo cimento, ou do revestimento. Já as trincas em bloco são causadas pela retração do revestimento asfáltico e por variações diárias de temperatura, que resultam em ciclos diários de tensões e deformações.

As trincas em blocos indicam que o asfalto sofreu endurecimento significativo, devido a sua oxidação ou volatilização dos maltenos, tornando-o menos flexível. Esta patologia também se caracteriza por ter uma configuração aproximada de um retângulo, com áreas variáveis de  $0,1\text{m}^2$  a  $10\text{m}^2$ , e sua unidade de medida é o metro quadrado.



Figura 13 - Trinca interligada tipo Bloco



Fonte: DNIT (2003)

Ambas as classificações (couro de jacaré e trincas de bloco), quando não são tratadas poderão ter erosão acentuada em suas bordas e passarão a se chamar trinca jacaré com erosão (J.E) e trinca em bloco com erosão (T.B.E).

As trincas longitudinais são trincas isoladas e aproximadamente paralelas ao eixo do pavimento, sendo causadas pela má execução da junta de construção, reflexão de trincas, assentamento da fundação, retração do revestimento de asfalto, ou estágio inicial da fadiga.

Quando o comprimento da trinca longitudinal for maior que 1m, ela será chamada de Trinca Longitudinal Longa (T.L.L), e quando for menor ou igual a 1m, será chamada de Trinca Longitudinal Curta (T.L.C). É importante lembrar que trinca longitudinal descontínua na trilha de roda corresponde ao estágio inicial de fadiga. A unidade de medida das trincas longitudinais é o metro.

Figura 14 - Trinca Isolada Longitudinal



**Fonte:** DNIT (2003)

As trincas transversais são trincas isoladas e aproximadamente perpendiculares ao eixo do pavimento, sendo causadas pela reflexão de juntas ou trincas subjacentes (devido a movimentação térmica e/ou cargas do tráfego) ou retração da própria camada asfáltica (revestimento asfáltico). Quando o comprimento da trinca transversal for maior que 1m, ela será chamada de trinca transversal longa, e quando for menor ou igual 1m, será chamada de trinca transversal curta.

Figura 15 - Trinca Transversal isolada



**Fonte:** DNIT (2003)

### 4.3 Durabilidade do pavimento flexível

Quando se incorpora ao estudo, questões relacionadas à durabilidade do pavimento flexível se busca compreender as eventuais causas que resultam na deterioração da estrutura do pavimento, o que contribui para o diagnóstico adequado de acordo com as necessidades patológicas.

A Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2017) em cartilha publicada sobre “Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?” aponta que ao pavimento atribui-se a função de suportar as cargas geradas pelo tráfego, ocasionando em tensões verticais, de modo a evidenciar que sejam empregados à estrutura, materiais de alta qualidade para resistir aos esforços sem danos mais onerosos para a construção.

Na perspectiva da pavimentação asfáltica e os materiais e revestimentos utilizados para a durabilidade do pavimento flexível, Pinto & Pinto (2022) consideram que a pavimentação flexível é de ampla empregabilidade nacional, caracterizada pela distribuição proporcional dos esforços solicitantes para as subseqüentes camadas que compõem a estrutura em razão da máxima redução das patologias frequentes em pavimentos asfálticos. Dentre essas patologias se destacam as fissuras, trincas, buracos, desníveis da superfície de rolamento e entre outros, fatores que podem agravar-se com o passar do tempo em circunstâncias da ausência de manutenção e reparos.

Na dimensão da durabilidade do pavimento flexível, os autores expõem ainda que, a ela é reflexo dos materiais utilizados na construção em associação às manutenções exigidas pela demanda do fluxo de veículos, embora tais patologias sejam inevitáveis, podem ser minimizadas, bem como prevenidas quanto ao grau de danos provocados quando não recuperados de forma adequada para garantir o fluxo contínuo da região. (PINTO & PINTO, 2022)

Notadamente que os efeitos das deteriorações nos pavimentos flexíveis interferem de forma negativa no setor social e econômico, pois conforme o grau de severidade das manifestações patológicas, os custos podem tornar-se elevados e promover o surgimento de outras anomalias, principalmente, comprometer a segurança dos passageiros em consequência à deficiência da estrutura viária.

Nessa natureza, o “Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível” produzido por Ribeiro (2021) ressalta a relevância do modal para o desenvolvimento nacional, à medida que desempenha a atribuição socioeconômica para as demais regiões, na qual necessita-se de um projeto viário bem estruturado, abrangendo

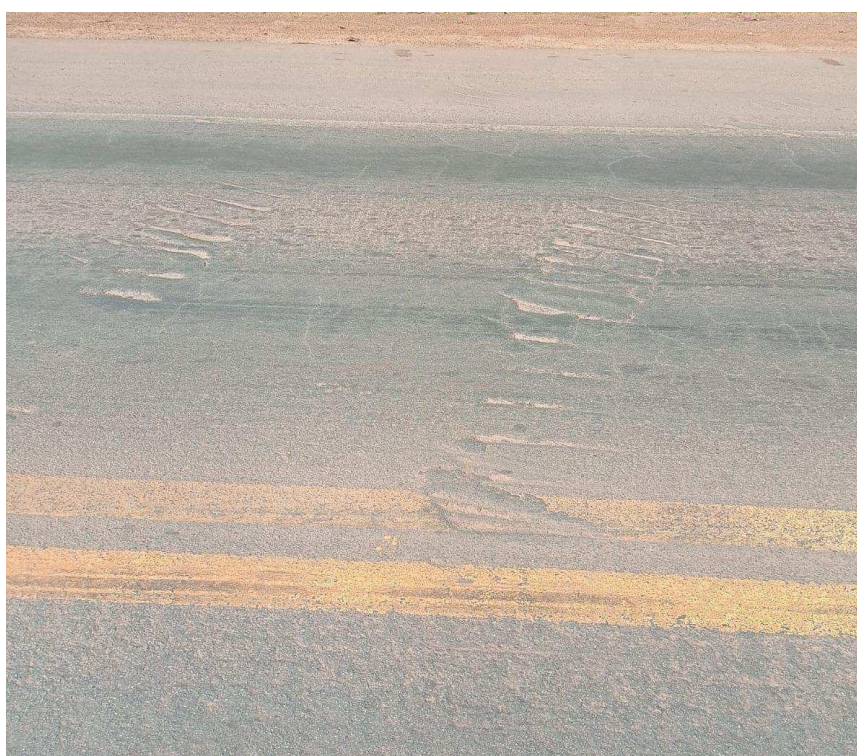
execução e procedimentos de manutenção das vias, para atender as necessidades locais, oferecendo segurança e conforto aos respectivos usuários.

Com aporte a esse referencial e tendo em vista o grande volume de tráfego, além da má execução e falhas de projetos, as patologias resultantes no pavimento flexível podem comprometer o desempenho funcional e estrutural da via.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A cidade de São Mateus do Maranhão enfrenta diversos desafios em seu sistema viário, resultando em patologias que comprometem a infraestrutura das suas estradas. Entre as principais causas dessas patologias, destacam-se três fatores primordiais: a utilização intensa das vias pela população local, a circulação excessiva de caminhões com cargas extremamente pesadas, e o fluxo de maquinário agrícola, em especial devido à produção de arroz na região.

Figura 16 - Deformações causada por maquinários pesados



**Fonte:** A autora (2024)

Outrossim, o aumento constante da população tem levado a um uso intensivo das vias urbanas. Essa utilização intensa resulta em uma sobrecarga nas estradas, causando danos ao pavimento, que comprometem a segurança e a mobilidade dos usuários.

Além disso, a localização estratégica de São Mateus do Maranhão, como rota de acesso à capital do estado, São Luís, faz com que a cidade seja um corredor para o transporte de mercadorias pesadas. Esses veículos pesados exercem uma pressão significativa sobre a infraestrutura rodoviária, resultando em deformações permanentes e fissuras no pavimento.

Segundo dados da Confederação Nacional do Transporte (CNT), em entrevista concedida pelo professor de Engenharia de Produção e Transportes da Universidade Federal

do Rio Grande do Sul (UFRGS), João Albano, um dos principais problemas causados pelo excesso de carga é a deterioração prematura dos pavimentos. Ele afirma que a manutenção nem sempre acompanha a velocidade dos danos, resultando em um processo de deterioração que se agrava progressivamente.

“O primeiro problema que aparece é a ondulação longitudinal; o asfalto afunda onde passam os pneus e há um escorregamento para o lado”, explica o professor. Em seguida, surgem os buracos e as trincas, que levam à infiltração de água e, conseqüentemente, danificam a estrutura da rodovia.

Após a delimitação do tema, foram feitas as primeiras imagens da via analisada em novembro de 2023. Durante esse período, a via passou por um processo de fresagem e recapeamento. No entanto, como as patologias não foram tratadas corretamente, os problemas retornaram de forma ainda mais evidente.

Figura 17 - Fresadora de Asfalto



**Fonte:** A Autora (2023)

Nos anexos deste trabalho, todas as patologias encontradas são do trecho que foi restaurado. Em apenas seis meses, a condição da via já retorna às situações encontradas anteriormente. Além disso, a obra foi realizada durante o período chuvoso na região, o que agravou ainda mais a situação do pavimento. A Figura 18 ilustra um comparativo entre patologias na mesma região, a primeira foi patologia foi identificada em novembro de 2023, a segunda foi tirada no mesmo local, em maio de 2024. Isso ilustra as conseqüências de um tratamento inadequado na aplicação do novo revestimento asfáltico.

Figura 18 - Comparativo entre patologias KM 182,8



**Fonte:** A autora (2024)

Além disso, pode-se visualizar a ocorrência de diversos tipos de patologias, algumas destas podem ser identificadas nos anexos desta monografia. A Figura 20, por exemplo, mostra uma patologia denominada Trinca Isolada Longitudinal encontrada no trecho do Km 180, sentido São Luís, possivelmente relacionada ao tráfego atuante que pelo ciclo do carregamento e alívio promovem tensões de tração no interior do revestimento, ou devido a mudança diária de temperatura que acusam contrações de revestimento existente.

Mais à frente, é analisada uma patologia tipo escorregamento com a presença de afundamento local (Figura 21). Segundo o DNIT (2006), o escorregamento é um movimento horizontal do revestimento ocasionado pelos esforços tangenciais transmitidos pelos eixos dos veículos (frenagem e aceleração), e que produzem uma ondulação curta e abrupta na superfície do pavimento em forma de meia lua. Esse conceito se encaixa perfeitamente na patologia analisada, visto que, na área em que se encontra há um medidor de velocidade (radar), o que ocasiona a frenagem dos veículos que conseqüentemente gera a patologia.

No Km 182,5 nos deparamos com a patologia tipo desgaste (Figura 22), que pode ter sido ocasionada devido a redução da ligação existente entre o agregado e o ligante por conta da sua oxidação e pela ação combinada do tráfego e dos agentes intempéricos. Na área analisada, a ação de agente intempéricos associada à má drenagem se fez relevante nessa manifestação patológica, visto que a área se encontrava alagada, e o revestimento asfáltico se

encontrava com uma superfície anormal, com perda do envolvimento betuminoso e arrancamento progressivo dos agregados.

Dando sequência ao estudo realizado, existe outra patologia bem comum no trecho analisado: o remendo. O remendo é uma parte do revestimento em que o material original foi removido e substituído por outro material, seja ele similar ou diferente. Ele é considerado um defeito quando provoca desconforto devido à solicitação intensa do tráfego, ao emprego de material de má qualidade, à agressividade das condições ambientais e a problemas construtivos. Seguindo esses conceitos, nas patologias analisadas (Figura 25), o remendo é classificado como patologia por, na maioria dos casos, apresentar desconforto ao condutor, gerando principalmente diferenças de níveis e más condições de rolamento.

Segundo o DNIT (2006), a patologia tipo Buraco (panela) é muito grave pois afeta estruturalmente o pavimento, permitindo o acesso das águas superficiais ao interior da estrutura. Também é grave do ponto de vista funcional, já que afeta a irregularidade longitudinal e, como consequência, a segurança do tráfego, e o custo do transporte. Dessa forma, podemos observar na essa patologia, que ganhou destaque na análise deste trabalho por causar imprevistos aos condutores, visto que ela se encontra em uma área com inclinação, passando as vezes por despercebido.

Concluindo a análise das diversas patologias presentes no trecho estudado, foi revelado a complexidade e a diversidade dos problemas enfrentados pela infraestrutura rodoviária. Dessa maneira, Patologias como a Trinca Isolada Longitudinal, o Escorregamento, o Desgaste, o Remendo e o Buraco destacaram-se, não apenas pela sua frequência, mas também pelo impacto significativo que têm sobre a segurança e o conforto dos condutores, além de afetarem a durabilidade do pavimento.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se conclui este trabalho que incorporou em suas abordagens uma análise de manifestações patológicas em pavimento flexível com ênfase à realização de um estudo de caso em perímetro urbano na cidade de São Mateus – MA, fez-se um desenho das categorias que possibilitaram o desenvolvimento do estudo, a realização da pesquisa e a construção de um referencial teórico que possibilitou a construção do conhecimento necessário para apropriação de saberes que com certeza irão contribuir com a nossa formação acadêmica e o nosso fazer profissional.

As categorias eleitas para o estudo revelaram conceitos e características sobre pavimento e sua classificação e sobre as camadas que compõe um pavimento flexível.

Na abordagem principal do estudo descreveram-se as patologias e suas manifestações em pavimento flexível, incorporando referenciais bibliográficos sobre deformações de Superfície e configuração como afundamentos, corrugação, defeitos de Superfície (Exsudação de Asfalto e Desgaste), exsudação de Asfalto, desgaste, panela, escorregamento do revestimento betuminoso e fendas (Trincas e Fissuras).

Essas revelações e o aprofundamento do estudo a partir da pesquisa bibliográfica e, notadamente da pesquisa de campo que resultou no estudo de caso, nos fez compreender que a proposta principal a partir da análise das manifestações patológicas em pavimento flexível é que a vida útil da estrutura do pavimento deve ser designada a manter a superfície de rolamento em condições adequadas de trafegabilidade, garantindo a segurança e conforto de deslocamento aos usuários.

No entanto, ainda que as propostas de um serviço de qualidade e de controle sobre o fazer no processo de pavimentação, vislumbre a maximizar a durabilidade do pavimento, o desenvolvimento de patologias é inevitável, uma vez que submete-se à condições meteorológicas que podem interferir na qualidade dos materiais empregados, além do intenso fluxo de veículos.

Nessa dimensão, a primeira consideração que se faz sobre o estudo realizado é que se estima a necessidade de obter um diagnóstico em referência às causas e origens das deteriorações identificadas na via, para que possam ser empregados mecanismos de reabilitação do pavimento, atendendo as necessidades patológicas.

A partir de tal solução adequada à restauração, evidencia-se que assim como toda e qualquer obra de engenharia, é necessário procedimento de manutenção para que a estrutura seja atribuída à maior durabilidade.

A partir da proposição de objetivos como, analisar visualmente as manifestações ao longo do perímetro urbano na cidade de São Mateus - MA, suas causas e, assim propor possíveis medidas para sanar as problemáticas apresentadas, além de, realizar um levantamento visual detalhado ao longo do perímetro urbano de São Mateus-MA para identificar e catalogar as manifestações patológicas do pavimento asfáltico, elaborar relatórios fotográficos e descritivos das patologias identificadas, incluindo sua localização precisa, extensão e profundidade e de, desenvolver propostas de medidas corretivas e preventivas para as patologias identificadas, com base nas análises realizadas e na revisão bibliográfica, possibilitaram realizar o levantamento patológico em um determinado trecho de vida, identificando as anomalias que desencadeiam diversas outras consideradas mais severas, com metodologia mais complexa de reparo além dos custos mais elevados ao longo do perímetro urbano na cidade de São Mateus – MA.

Em contrapartida às funções destinadas ao pavimento, constatou-se que o trecho localizado no perímetro urbano na cidade de São Mateus – MA, apresenta deficiência na segurança e conforto, em razão das deteriorações constatadas na estrutura, fatores estes que refletem de forma negativa aos parâmetros de controle e qualidade que o sistema viário deve proporcionar aos usuários.

Assim, conclui-se que para a utilização segura do modal rodoviário como meio de transporte de passageiros e de cargas, é imprescindível uma infraestrutura adequada. Após a análise deste trabalho, tornou-se evidente que a execução inadequada do revestimento asfáltico levou ao reaparecimento das falhas de maneira ainda mais evidente. Além disso, ficou claro que o recapeamento realizado não foi feito nas condições ideais, especialmente por causa do tempo chuvoso, o que acabou contribuindo para o retorno das falhas no pavimento que já estavam presentes anteriormente.

Relacionando ao trecho analisado como objeto de estudo, foi exposto patologias encontradas em ambas as faixas do perímetro urbano da cidade de São Mateus do Maranhão, classificadas diante de um diagnóstico e levantamento fotográfico realizado in loco, alicerçado aos meios bibliográficos. Contudo, infere-se que o trecho não se encontra em perfeitas condições, exibindo um número alto de manifestações patológicas facilmente identificadas, mesmo após pouco tempo de restauração. Notou-se no trecho, a predominância de painelas, trincas longitudinais, transversais, afundamentos e escorregamento do revestimento asfáltico.

Diante do exposto, é evidente que os reparos apenas no revestimento asfáltico não serão suficientes para resolver as problemáticas existentes, pois as manifestações patológicas

são decorrentes de problemas relacionados diretamente à base das camadas estruturais. Portanto, recomenda-se realizar todo o tratamento necessário para corrigir as patologias presentes, conforme mostrado nos anexos desse trabalho. Também é importante realizar ensaios do solo em toda a área, seguindo e respeitando todas as normas executivas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Portanto, a identificação e o estudo detalhado dessas patologias são fundamentais para a implementação de medidas corretivas e preventivas que garantam a longevidade e a segurança das rodovias. A análise criteriosa das condições atuais do pavimento permite a tomada de decisões mais informadas e eficazes, visando a melhoria contínua da infraestrutura viária e, conseqüentemente, a segurança dos usuários.

Dessa forma, com o conhecimento técnico para reconhecer os defeitos e propor a correção adequada é possível que o cenário nas rodovias brasileiras se transforme.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Micael Terra de Oliveira; FERNANDES, Ricardo Eguchi Correa; BERTEQUINI, Aline Botini Tavares. **Patologias em Pavimento Flexível**. 2008. 15 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Toledo, Araçatuba/Sp, 2008.

BALBO, T. JOSÉ. **Pavimentação Asfáltica**. 3ª ed. Oficina de Textos, 2016.

BATISTA.S.M. Priscila. **Análise de manifestações patológicas de pavimentos asfálticos em trechos de bairros no município de Paulo Afonso-BA**. Monografia – Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Goulveia – AL, 2021.

BERNUCCI, Leidi Bariani, MOTTA, Laura Maria Goretti, CERATTI, Jorge Augusto Pereira, SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras; ABEDA, 2008.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **Especialistas discutem impactos do sobrepeso de caminhões nas rodovias**. Agência CNT. Brasília, 08 abr. 2014. Disponível em: [www.cnt.org.br/agencia-cnt/sobrepeso-caminhoes-ntc-neuto-goncalves-joao-albano-dnit-08042014](http://www.cnt.org.br/agencia-cnt/sobrepeso-caminhoes-ntc-neuto-goncalves-joao-albano-dnit-08042014). Acesso em: 10 junho de 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **Conheça os 13 principais defeitos dos pavimentos das rodovias**. Agência CNT. Transporte atual, 08 fev. 2018. Disponível em: [www.cnt.org.br/agencia-cnt/conheca-principais-defeitos-pavimento](http://www.cnt.org.br/agencia-cnt/conheca-principais-defeitos-pavimento). Acesso em: 08 de julho de 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. CNT. 2016. **Dados referentes a pavimentação no Brasil no ano de 2016**. Disponível em: [www.cnt.org.br/](http://www.cnt.org.br/) Acesso em: 12 de abril de 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** Brasília: CNT, 2017.

DA COSTA OLIVEIRA, Dione et al. Identificação de manifestações patológicas em pavimentos asfálticos na cidade de Santa Margarida-MG. **Revista Pensar Acadêmico**, v. 17, n. 1, p. 33-42, 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006a. Disponível em: <https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/2751/1/Eduarda%20Garcia%20Comassetto.pdf>. Acesso em: 9 de abril de 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. DNIT. Publicação IPR- 719. **Manual de Pavimentação**, 1996. 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](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: 01 de maio de 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. DNIT. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

DNIT 005/2003 – TERMINOLOGIA, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos**. Rio de Janeiro, 2003.

FRANÇA, Frederico Lemos; FERNANDES, Társis Maday Jorge. **Patologias em Pavimento Asfáltico**. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis,GO,2017.

HADEN, Amanda Maria Hermann. **Manifestações patológicas de pavimento asfáltico – estudo de caso: rodovia PR-323–km 175 a km 179**. 2018. Disponível em: <https://www.finom.edu.br/assets/uploads/cursos/tcc/202102051502004.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2024.

LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2021.

MACHADO, Denise Maria Camargo. **Avaliação de normas de identificação e defeitos para fins de gerência de pavimentos flexíveis**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

MARCATO, Vânia Daniele; OLIVEIRA, Ricardo Fonseca de. **Manifestações patológicas em estruturas asfálticas: estudo de caso na Rodovia MG-190**. GETEC, v.10, n.30, p.54-70/2021 <file:///C:/Users/rorai/Downloads/2458-Texto%20do%20Artigo-8900-1-1020210525.pdf> <https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/2751/1/Eduarda%20Garcia%20Comassetto.Pdf>.

PINTO, S; PINTO, I. E. **Pavimentação Asfáltica: Conceitos Fundamentais sobre Materiais e Revestimentos Asfálticos**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2022.

RIBAS, Leandro Carlos. **Custo-benefício na execução de pavimentos rígidos**. 2017. Disponível em: <https://www.finom.edu.br/assets/uploads/cursos/tcc/202102051502004.pdf>. Acesso em: 21 de abr. 2024.

RIBEIRO, T. P. Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento**, ano 2. v. 1, p. 733-754. set. 2021.

ROCHA, R. S. da; COSTA, E. A. L. **Patologias de pavimentos asfálticos e suas recuperações – estudo de caso da Avenida Pinto de Aguiar**. 2010, Salvador. Disponível em: <https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/2751/1/Eduarda%20Garcia%20Comassetto.pdf>. Acesso em: 2 de abril de 2024.

SILVA, PAULO FERNANDES A. **Manual de Patologias e Manutenção de Pavimentos**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2008.

SILVA, Jaice Gabriela Correia Lemos; SILVA, Joice Rafaella Correa Lemos; MOTA, Hélio Silva. **Análise de patologias e condições de tráfego no Loteamento Bouganville na Cidade de João Pinheiro/MG**. Anais do 3º Simpósio de TCC, das faculdades FINOM e Tecsona. 2020; 805-818.

ZANELLA, Liane Carly Hermes **Metodologia de pesquisa** / Liane Carly Hermes Zanella. – 2.

**ANEXOS**

Figura 19 - Trinca interligada Transversal (Km 179,8)



**Fonte:** A autora (2024).

**Trecho:** KM 179 + 800m, São Mateus sentido Bacabal.

**Tipo de Patologia:** Trinca interligada transversal

**Possíveis causas:** Podem ocorrer devido as movimentações térmicas (contração x dilatação) que causam reflexão nas juntas ou trincas subjacentes; ocorrem também devido a ação desgastante do tráfego ou em função de retração da camada asfáltica. (FRANÇA, 2017)

**Tratamento:** para o tratamento destas, terão como atividade de manutenção a limpeza das fissuras, aplicação de selante e, em seguida, lançamento de areia sobre o selante nas trincas que possuírem uma abertura entre 3 e 20 mm com o intuito de preenche-las. (ROCHA, 2010).

Figura 20 - Trinca isolada Longitudinal (Km 180).



**Fonte:** A autora (2024)

**Trecho:** Br 135- Km 180 (São Mateus – Sentido São Luís).

**Tipo de Patologia:** Trinca Isolada Longitudinal

**Possíveis causas:** Tráfego atuante que pelo ciclo do carregamento e alívio promovem tensões de tração na fibra interior do revestimento; Alternância da mudança diária de temperatura que acusam contrações de revestimento existente; Reflexão no revestimento de trincas existentes em bases cimentadas (base de solo cimento). (DNIT, 2006)

**Tratamento:** Para realizar as recuperações de trincas podemos utilizar as técnicas de capa selante para as trincas entre 3 e 20mm, quando as trincas tiverem dimensão acima de 20mm já é o caso de se efetuar o remendo, recapeamento ou reconstrução do pavimento. (MACHADO, 2013).



Figura 21 - Escorregamento do Revestimento Asfáltico (Km 181).



**Fonte:** A autora (2024)

**Trecho:** Km 181 São Mateus sentido Bacabal

**Tipo de Patologia:** Escorregamento do Revestimento Asfáltico

**Possíveis causas:** O problema do escorregamento pode ser causado pela falta de limpeza entre a camada asfáltica e a camada do revestimento gerando uma ligação inadequada entre essas; em casos em que a espessura da camada asfáltica esteja muito reduzida, pode ocasionar uma inércia limitada do revestimento; em temperaturas elevadas podem ocorrer deformações plásticas permanentes; outra causa é a baixa aderência que resulta em deslizamento e a baixa resistência da massa que resulta em deformação. (FRANÇA, 2017)

**Tratamento:** Para o tratamento de escorregamento/afundamentos são sugeridas duas técnicas, a saber: o recapeamento e a fresagem. (BERNUCCI, 2008).

Figura 21- Escorregamento do Revestimento Asfáltico e Afundamento (Km 182).



**Fonte:** A autora (2024)

**Trecho:** KM 182, São Mateus - Sentido São Luís

**Tipo de Patologia:** Escorregamento / Afundamento.

**Possíveis causas:** Causada por fluência por excesso de ligante asfáltico, juntamente com depressões locais nas trilhas de rodagem ou nas bordas da rodovia. E o afundamento pode ter vindo de uma deficiência causada em sua construção, como falhas de compactação, solo borrachudo, problemas com a drenagem, rupturas por cisalhamento assim podendo desenvolver trincas em suas depressões. (BERNUCCI,2008).

**Tratamento:** Para o tratamento de escorregamentos/afundamentos são sugeridas duas técnicas, a saber: o recapeamento e a fresagem. (BERNUCCI,2008).

Figura 22 - Patologia Desgaste (Km 182,5).



**Fonte:** A autora (2024)

**Trecho:** KM 182 + 500m, São Mateus – Sentido Bacabal

**Tipo de Patologia:** Desgaste.

**Possíveis causas:** Redução da ligação entre o agregado e o ligante devido à oxidação do ligante, e pela ação combinada do tráfego e dos agentes intempéricos; perda de coesão entre agregado e ligante devido à presença de poeira ou sujeira no momento da construção; execução de obra em condições meteorológicas desfavoráveis e pode também ocorrer devido a presença de água no interior do revestimento que originam sobrepressões hidrostáticas capazes de provocar o deslocamento da película betuminosa. (DNIT, 2003).

**Tratamento:** Um dos meios para tratamento é a aplicação da lama asfáltica, podendo ser aplicada nos revestimentos com desgaste superficial e pavimentos com pequeno grau de trincamento, agindo como um elemento de impermeabilização e rejuvenescimento da condição funcional do pavimento.

(ROCHA,2010)

Figura 23- Afundamento por consolidação localizado (Km 182,8).



**Fonte:** A autora (2024).

**Trecho:** KM 182 +800m São Mateus sentido São Luís

**Tipo de Patologia:** Afundamento por consolidação localizado (ALC)

**Possíveis causas:** problemas ou deficiências construtivas, falhas de compactação, presença de solo “borrachudo”; problemas de drenagem; rupturas por cisalhamento localizadas; em geral desenvolvem-se trincas nas depressões. (BERNUCCI, 2008).

**Tratamento:** Para o tratamento de afundamentos são sugeridas duas técnicas, a saber: o recapeamento e a fresagem. (BERNUCCI, 2008)

Figura 24 - Trinca couro de jacaré com erosão (Km 183,2).



**Fonte:** A autora (2024)

**Trecho:** KM 183 + 200m São Mateus - Sentido São Luís

**Tipo de Patologia:** Trinca Couro de Jacaré com erosão.

**Possíveis causas:** Colapso do revestimento asfáltico devido à repetição das ações do tráfego; subdimensionamento ou má qualidade da estrutura ou de uma das camadas do pavimento; baixa capacidade de suporte do solo; envelhecimento do pavimento (fim da vida); asfalto duro ou quebradiço. (CNT,2018)

**Tratamento:** Para realizar as recuperações de trincas couro de jacaré podemos utilizar as técnicas de capa selante, tratamento superficial, lama asfáltica e micro revestimento asfáltico (ROCHA, 2010).

Figura 25- Patologia Remendo (Km 183,9)



**Fonte:** A autora (2024).

**Trecho:** BR 135 – km 183 + 900m, São Mateus sentido São Luís.

**Tipo de Patologia:** Remendo

**Possíveis causas:** Preenchimento de depressões ou panelas com massa asfáltica; apesar de ser uma atividade de conservação é considerado um defeito por apontar um local de fragilidade do revestimento e por provocar danos ao conforto ao rolamento (apresentando diferenças de níveis). (BERNUCCI,2008).

**Tratamento:** Para o remendo, é necessário que haja a recuperação das camadas de sustentação do pavimento (base, sub-base ou subleito). Isso devido o buraco estar numa condição de grande degradação atingindo dessa forma outras camadas. (BERNUCCI,2008).

Figura 26- Buraco (Km 184).



**Fonte:** A autora (2024)

**Trecho:** KM 184 -São Mateus sentido São Luís

**Tipo de Patologia:** Panela (Buraco)

**Possíveis causas:** Uma das possíveis causas pode ser um local onde havia trincas interligadas e com a ação do tempo e a ação do tráfego obteve remoção do revestimento ou parte de sua base. Outro motivo pode ser uma falha construtiva dentre elas deficiência na compactação, umidade excessiva em camadas de solo, falha na imprimação, segregação, etc. (BERNUCCI,2008)

**Tratamento:** A recuperação das painelas ou buracos pode ser feita por meio de remendos, desde que bem executados. Ele será superficial se o defeito é encontrado em pequena proporção, ou em outras palavras, se ainda não atingiu a base, sub-base ou subleito, e será profundo em caso contrário. (BERNUCCI,2008)