

## **PATOLOGIAS NOS PAVIMENTOS: a degradação asfáltica do Bairro Camargo em Ituiutaba/MG<sup>1</sup>**

### **PATHOLOGIES IN PAVEMENTS: asphalt degradation in Bairro Camargo in Ituiutaba/MG**

Cícero Carlos de Medeiros Júnior<sup>2</sup>

Fábio Gomes de Lima Filho<sup>3</sup>

Filipe Augusto Silva de Almeida<sup>4</sup>

#### **RESUMO**

A degradação dos pavimentos nas ruas Ceará, Santa Catarina e Maria Conceição Goulart Furtado, no bairro Camargo, Ituiutaba/MG, tem aumentado ao longo dos anos. Isso resulta em várias patologias no pavimento asfáltico, levando a operações de reparo conhecidas como “tapa-buracos”. No entanto, a presença persistente de trincas, remendos excessivos e afundamentos por consolidação compromete a qualidade do deslocamento nesta região. Este estudo visa compreender, analisar e propor tratamentos eficazes para as patologias identificadas. A pesquisa de campo revelou que as principais deformações nos pavimentos do bairro Camargo são remendos (69,1%), trincas (26,5%) e afundamentos (4,4%). Esses problemas são causados por fatores como o intenso tráfego de veículos e a consolidação do solo. A alta densidade demográfica e a diversidade no fluxo de veículos na área também contribuem para a degradação do pavimento. Com base nessas análises, foram propostas algumas soluções para as patologias observadas, incluindo a reabilitação estrutural do pavimento e o reforço do solo. A execução dessas medidas exige a participação ativa e o investimento dos órgãos responsáveis pela manutenção da infraestrutura viária na cidade. Assim, os resultados e propostas deste estudo contribuem para a tomada de decisões em futuros projetos de pavimentação urbana, buscando uma melhoria significativa na qualidade de vida da população e uma infraestrutura viária mais eficiente e duradoura.

**Palavras-chave:** Patologias. Pavimento flexível. Asfalto.

#### **ABSTRACT**

The degradation of pavements on Ceará, Santa Catarina and Maria Conceição Goulart Furtado streets, in the Camargo neighborhood, Ituiutaba/MG, has increased over the years. This results in various pathologies in the asphalt pavement, leading to

<sup>1</sup>Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade FacMais de Ituiutaba-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, no segundo semestre de 2023.<sup>2</sup> Acadêmico do 10º Período do curso de Engenharia Civil pela Faculdade FacMais de Ituiutaba-MG. E-mail: cicero.junior@aluno.facmais.edu.br

<sup>3</sup> Acadêmico do 10º Período do curso de Engenharia Civil pela Faculdade FacMais de Ituiutaba-MG. E-mail: fabio.filho@aluno.facmais.edu.br

<sup>4</sup> Professor Orientador. Mestre em Engenharia Civil pela UFU. Docente da Faculdade FacMais de Ituiutaba-MG. E-mail: filipe@facmais.edu.br

repair operations known as “pothole filling”. However, the persistent presence of cracks, excessive patches and subsidence due to consolidation compromises the quality of movement in this region. This study aims to understand, analyze, and propose effective treatments for the identified pathologies. The field research revealed that the main deformations in the pavements of the Camargo neighborhood are patches (69.1%), cracks (26.5%), and sinking (4.4%). These problems are caused by factors such as intense vehicle traffic and soil consolidation. The high demographic density and the diversity of vehicle flow in the area also contribute to the degradation of the pavement. Based on these analyses, some solutions were proposed for the observed pathologies, including structural rehabilitation of the pavement and soil reinforcement. Furthermore, it is suggested to implement drainage techniques to avoid the accumulation of water and the consequent deterioration of the pavement. The implementation of these measures requires the active participation and investment of the boards responsible for maintaining the city road infrastructure. Thus, the results and proposals of this study contribute to decision-making in future urban paving projects, seeking a significant improvement in the population’s quality of life and a more efficient and lasting road infrastructure.

**Keywords:** Pathologies. Flexible pavement. Asphalt.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Bernucci *et al.* (2010), a infraestrutura viária é essencial para a locomoção em segurança. A patologia no asfalto é um fenômeno que ocorre com frequência nas vias urbanas e rodovias, causando danos ao pavimento e comprometendo a segurança dos usuários. Essas patologias podem se manifestar de diferentes formas, como buracos, trincas, afundamentos e desgastes prematuros, decorrentes de problemas na construção, manutenção ou uso inadequado da via. Neste contexto, é fundamental entender as causas e as principais soluções para combater essas patologias, visando garantir a durabilidade e a eficiência do pavimento asfáltico, assim como a segurança de quem circula pelas vias.

O pavimento flexível é uma das opções mais comuns e eficientes para a construção de estradas e vias de tráfego. Também conhecido como pavimento asfáltico, é composto por várias camadas de materiais flexíveis, como asfalto e agregados minerais, que são aplicados sobre uma base sólida (Bernucci *et al.*, 2010). Esse tipo de pavimento é capaz de suportar grandes cargas e tráfego intenso, ao mesmo tempo em que proporciona uma superfície confortável para se dirigir ou caminhar. Sua flexibilidade permite ajustes e acomodação de pequenos deslocamentos, o que o torna mais resistente a deformações.

Conforme Araújo (2016), além da sua capacidade de resistência, o pavimento flexível também possui outras vantagens. Sua construção é relativamente rápida e econômica, se comparada a outros tipos de pavimentos. Além disso, o asfalto utilizado nesse tipo de pavimentação é reciclável, o que contribui para a sustentabilidade e a preservação ambiental.

No entanto, o pavimento flexível também possui algumas desvantagens. A necessidade de manutenção constante é uma delas, já que o asfalto pode sofrer desgastes e deformações com o tempo e o tráfego. Além disso, ele é mais sensível a variações climáticas, o que pode causar fissuras e deteriorações na superfície. Apesar das desvantagens, o pavimento flexível continua sendo a escolha preferida em muitas situações, devido ao seu desempenho satisfatório e custo-benefício. Sua versatilidade e capacidade de adaptação também o tornam uma opção adequada para diferentes tipos de terreno e condições de tráfego (Araújo, 2016).

Nesse sentido, os autores deste artigo identificaram que algumas ruas da cidade de Ituiutaba/MG estão em estado significativo de deterioração, especialmente no bairro Camargo, onde as deformações são frequentes e a manutenção conhecida como “tapa-buracos” não apresenta uma efetividade duradoura. Em pouco tempo, é possível observar o retorno das mesmas falhas.

Este estudo utilizou a metodologia de pesquisa de campo, no bairro Camargo, em Ituiutaba/MG, para analisar o pavimento. A seleção da região foi feita por meio de mapas e imagens de satélite. Os pesquisadores visitaram a região para coletar fotos das patologias nas quadras escolhidas, além de observarem o tráfego e a degradação asfáltica para a população e motoristas. As patologias foram identificadas, comparadas com trabalhos anteriores e quantificadas por porcentagem.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A fundamentação teórica deste trabalho tem o objetivo de apresentar os conceitos que norteiam o estudo das patologias em pavimentos asfálticos. Por meio da revisão de trabalhos acadêmicos de diversos autores, a fundamentação teórica deste projeto se divide em cinco subseções: o pavimento, pavimento flexível, métodos construtivos de pavimentos flexíveis, patologias nos pavimentos e

## **2.1 O pavimento**

Conforme Pinto e Pinto (2017), o pavimento é a camada de superfície construída sobre uma base ou sub-base para permitir a circulação de pessoas, veículos ou cargas em uma área específica. Em geral, é composto por várias camadas de materiais, cada uma com uma função específica. As camadas comuns de um pavimento incluem: camada superficial, camada de ligação, camada base e camada sub-base.

De acordo com Pinto e Pinto (2017), a camada superficial é a camada de desgaste ou superfície, responsável por fornecer aderência e resistência ao desgaste e à abrasão. Normalmente é feita de asfalto, concreto, pedra britada ou piso intertravado. A camada de ligação é uma camada intermediária, responsável por unir a camada superficial à camada inferior e distribuir as cargas. Pode ser feita de asfalto modificado, emulsão asfáltica ou material cimentício. Já a camada base é a camada de suporte, responsável por distribuir as cargas da superfície do pavimento para a camada inferior. Ela pode ser feita de brita graduada simples (BGS), macadame hidráulico ou solo-cimento. A camada sub-base, por sua vez, é a camada inferior, responsável por receber as cargas provenientes da camada base e distribuí-las para o solo de fundação. Pode ser feita de brita graduada simples (BGS), brita graduada tratada com cimento (BGTC) ou solo melhorado (Pinto; Pinto, 2017).

As camadas podem variar de acordo com o tipo de pavimento, o tráfego esperado e as condições do solo local. Além dos materiais mencionados, outros materiais, como geossintéticos e drenos, podem ser adicionados para melhorar o desempenho do pavimento em relação à estabilidade, durabilidade e drenagem (Pinto; Pinto, 2017).

## **2.2 Pavimento flexível**

Os pavimentos são classificados em rígidos, semirrígidos e flexíveis, sendo o

estima-se que cerca de 95% das vias brasileiras são classificadas como pavimentos flexíveis.

Os pavimentos flexíveis, em geral associados aos pavimentos asfálticos, são compostos por camada superficial asfáltica (revestimento), apoiada sobre camadas de base, de sub-base e de reforço do subleito, constituídas por materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes. Dependendo do volume de tráfego, da capacidade de suporte do subleito, da rigidez e espessura das camadas, e condições ambientais, uma ou mais camadas podem ser suprimidas (Bernucci *et al.*, 2008, p. 337).

Segundo os referidos autores, os revestimentos das estruturas de um pavimento, em geral, são submetidos a esforços de compressão, tração, cisalhamento e flexão, decorrentes principalmente do tráfego de veículos que passam pela via. Esses esforços podem ser causados por diversos fatores, tais como o peso.

Podem ser aplicados materiais estabilizados quimicamente como camada subjacente ao revestimento de pavimentos, como solos tratados com cal, cimento ou outros estabilizadores químicos, que são adicionados à camada para melhorar suas propriedades geotécnicas, como resistência, durabilidade e estabilidade (Bernucci *et al.*, 2008).

A camada subjacente ao revestimento, também conhecida como camada de base, é uma das camadas que compõem a estrutura do pavimento e tem como função principal distribuir as cargas do tráfego para a camada inferior, promover o escoamento das águas pluviais e reduzir os efeitos das variações climáticas. A utilização de materiais estabilizados quimicamente pode ser uma alternativa para melhorar as propriedades da camada de base, reduzir a espessura total da estrutura do pavimento e aumentar a sua vida útil (Bernucci *et al.*, 2008).

### **2.3 Métodos construtivos de pavimentos flexíveis**

Conforme o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2006a), pode-se citar cinco métodos construtivos para pavimentação flexível. O

primeiro deles é a pavimentação com mistura asfáltica a quente, método em que a mistura asfáltica é preparada a temperaturas elevadas (entre 150°C e 180°C) e aplicada sobre a base com o uso de equipamentos específicos, como

6

vibroacabadoras. A segunda técnica é a pavimentação com mistura asfáltica usinada a quente, na qual a mistura asfáltica é preparada em uma usina e transportada até o local de aplicação, onde é depositada sobre a base com o uso de equipamentos especializados.

Em terceiro, o DNIT (2006a) apresenta a pavimentação com mistura asfáltica a frio, que consiste na aplicação de uma mistura asfáltica preparada a temperaturas abaixo de 100°C, sem a necessidade de aquecimento prévio. Esse tipo de pavimentação é utilizado em situações em que o tráfego é menos intenso e não há risco de deformações ou trincas. O quarto método é o revestimento de microaglomerado a frio, empregado em rodovias de baixo volume de tráfego, que consiste na aplicação de um revestimento fino a base de agregados minerais aglutinados por emulsões asfálticas a frio.

O quinto e último método construtivo é o tratamento superficial simples ou duplo, realizado após a compactação da base. Consiste na aplicação de uma camada de ligação para a fixação dos agregados minerais. O tratamento superficial pode ser simples, com uma única camada de agregados, ou duplo, sendo a segunda camada de agregados adicionada após a cura da primeira (DNIT, 2006a).

## **2.4 Patologia no pavimento**

De acordo com Weimer, Thomas e Dresch (2018), a patologia no pavimento refere-se a qualquer tipo de defeito ou dano que ocorra em uma superfície pavimentada, como uma estrada, uma rua ou uma calçada. Esses defeitos podem incluir trincas, buracos, afundamentos, ondulações, desgaste excessivo e outros problemas que afetam a integridade da superfície.

A patologia asfáltica é um conjunto de defeitos e danos que ocorrem no pavimento asfáltico, resultando em sua deterioração e reduzindo sua vida útil (DNIT, 2006b).

Os defeitos podem ser categorizados em duas classes principais: estruturais e

funcionais. Os defeitos estruturais estão ligados à redução da capacidade do pavimento de suportar cargas, resultando na perda de sua integridade estrutural. Por outro lado, os defeitos funcionais estão associados às condições de segurança e trafegabilidade do pavimento, afetando a qualidade do rolamento. (DNIT, 2006b).

7

A patologia no pavimento pode ser causada por vários fatores, como condições climáticas extremas, tráfego pesado, má qualidade do material utilizado na pavimentação, projeto inadequado ou falta de manutenção adequada. De acordo com Weimer, Thomas e Dresch (2018), esses problemas podem levar a um risco aumentado de acidentes, danos a veículos e pedestres, e à necessidade de reparos frequentes e custosos.

Também pode-se ressaltar que a manutenção do pavimento, como a remoção de buracos e a reutilização de materiais, pode afetar a qualidade do ar, do solo e das águas. Os danos causados pela patologia asfáltica podem afetar negativamente a economia das cidades, impedindo o desenvolvimento de negócios e indústrias (Weimer; Thomas; Dresch, 2018). A degradação asfáltica também afeta diretamente a população, pois a presença de buracos e cristas de pavimento pode causar desconforto para os usuários da via, devido às vibrações e ruídos (Weimer; Thomas; Dresch, 2018).

Portanto, a patologia asfáltica é um problema que afeta diretamente a qualidade da infraestrutura viária e o bem-estar dos usuários da via. A prevenção e o tratamento adequado são essenciais para minimizar seus impactos negativos.

Segundo Weimer, Thomas e Dresch (2018), para evitar a patologia no pavimento, é importante investir em projetos de pavimentação de qualidade, utilizando materiais resistentes e duráveis, realizar manutenção regular e adequada e monitorar regularmente a superfície pavimentada para identificar possíveis defeitos e repará-los o mais rápido possível.

Ribeiro (2017) pontua que as principais patologias recorrentes no Brasil são: exsudação, desgaste, fissuras e trincas, corrugações ou ondulações, afundamentos, defeitos estruturais e rodeiras ou trilhas de rodas. Tais degradações são descritas nas subseções a seguir.

#### **2.4.1 Exsudação**

Ribeiro (2017) afirma que a exsudação de asfalto se produz quando o asfalto usado na meia-lua do pavimento<sup>5</sup> derrete e se torna líquido devido ao aumento da

<sup>5</sup> Meia-lua do pavimento é o termo utilizado para se referir à região central do pavimento em uma estrada com duas pistas, aquela que fica entre as faixas de rolamento dos veículos que seguem em sentidos opostos.

temperatura, escoando para a superfície do pavimento, tornando-se muito brando devido às altas temperaturas ou a uma quantidade excessiva de ligante. Quando o asfalto é muito plano, pode fluir para a superfície do pavimento e formar uma capa de material viscoso. Esta capa é conhecida como exsudado do asfalto e pode ser perigosa para os condutores, pois reduz o atrito entre os pneus do veículo e a superfície da estrada, aumentando o risco de acidentes de trânsito.

#### **2.4.2 Desgaste**

O desgaste é o intemperismo nos pavimentos asfálticos, é uma patologia comum que se produz quando a superfície do pavimento se desgasta devido ao tráfego veicular, à exposição aos raios solares e às condições climáticas adversas (Ribeiro, 2017).

#### **2.4.3 Fissuras e trincas**

Segundo Ribeiro (2017), fissuras e trincas no asfalto são problemas comuns em estradas e pavimentos de estacionamento que podem ser causados por diversos fatores, como o desgaste natural do asfalto, ação do clima, variações de temperatura, peso excessivo de veículos e falta de manutenção adequada. As fissuras são rachaduras, que podem ser pequenas ou grandes, e geralmente são causadas por fatores como a expansão e contração do asfalto devido às variações de temperatura, ou ainda pelo excesso de peso de veículos que passam pela superfície. Já as trincas são fissuras mais profundas que podem se estender por todo o comprimento da pista e podem ser causadas por diversos fatores.

#### **2.4.4 Corrugações ou ondulação**

Também conhecidas como “ondulações transversais” ou “rugosidade” do pavimento, são deformações que ocorrem na superfície do asfalto e podem ser percebidas por usuários de uma via devido à sensação de “trepidar” do veículo durante a condução (Ribeiro, 2017). Essas deformações podem ser causadas por diversos fatores, como a ação do clima, tráfego intenso e pesado, compactação causada durante a construção do pavimento, falta de manutenção, entre outros.

9

Conforme Ribeiro (2017), as corrugações ou ondulações podem ser classificadas em três tipos principais: transversais, longitudinais e diagonais, dependendo da direção em que ocorrem em relação à pista. Elas podem causar desconforto aos usuários da via, além de aumentar o desgaste dos pneus e reduzir a vida útil do pavimento.

#### **2.4.5 Afundamentos**

Os afundamentos asfálticos são deformações que ocorrem na superfície de pavimentos asfálticos devido a uma combinação de fatores, como tráfego intenso, excesso de peso dos veículos, variações de temperatura e características do solo. Esses afundamentos podem comprometer a segurança dos veículos e das pessoas que circulam na via (Ribeiro, 2017). Eles podem ser classificados como afundamentos de consolidação e plásticos.

O afundamento de consolidação ocorre devido à consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, sem que haja um levantamento correspondente. Quando afeta uma área de até 6 metros, é chamado de afundamento de consolidação local. Já quando a área afetada ultrapassa 6 metros e se concentra ao longo da trilha de rodas, é denominado afundamento de consolidação na trilha de rodas (DNIT, 2003).

Já o afundamento plástico é resultado da fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, frequentemente acompanhado por um levantamento da superfície. Quando se manifesta em uma área de até 6 metros, é chamado de afundamento plástico local. Já quando a extensão afetada ultrapassa 6 metros e se concentra ao longo da trilha de rodas, é denominado afundamento

plástico na trilha de rodas (DNIT, 2003).

#### **2.4.5 Rodeiras ou trilhas de rodas**

Ribeiro (2017) define que rodeiras são sulcos que se formam no asfalto devido à passagem frequente de veículos, especialmente pneus de caminhões e ônibus. Essa degradação pode ser profunda o suficiente para causar desconforto ao dirigir e, em alguns casos, podem até danificar os pneus. Elas também podem aumentar o risco de aquaplanagem em dias chuvosos. As trilhas de rodas são,

10

portanto, caminhos formados por veículos que trafegam em um mesmo sentido, deixando uma marca permanente no asfalto. Esse tipo de trilha é comum em estradas rurais ou em rodovias pouco movimentadas.

### **2.5 Tratamento de patologias no pavimento**

Após identificar as patologias de um pavimento flexível, passamos agora a definir o tipo de tratamento para solucionar os diversos tipos de degradação asfáltica.

#### **2.5.1 Tratamento da exsudação**

Para o tratamento da exsudação, primeiramente deve-se limpar a superfície e mantê-la seca. O excesso de asfalto deve ser removido da superfície usando raspadores específicos, como um raspador de lâmina plana. Em seguida, é necessário aplicar um solvente específico na área afetada, para ajudar a remover o asfalto exsudado. O solvente usado deve ser compatível com o tipo de asfalto utilizado na pavimentação. Depois que a superfície estiver seca e limpa, um revestimento asfáltico deve ser aplicado, nas proporções indicadas pelo DNIT. Após concluído o tratamento, é importante que a área seja protegida para evitar danos provocados pelo tráfego antes que o material do selante esteja completamente seco (DNIT, 2006b).

Após a aplicação do revestimento e a validação da pavimentação, devemos realizar testes de avaliação, para garantir que o material foi aplicado corretamente e que não há novos potenciais problemas no pavimento.

### **2.5.2 Tratamento para o desgaste asfáltico**

O tratamento para desgaste e intemperismo nos pavimentos, conforme listado em DNIT (2006b), depende do grau de comprometimento da superfície. Para casos leves, pode ser suficiente uma simples limpeza e a aplicação de uma nova camada de selante. Em casos mais graves, pode ser necessário realizar um recapeamento

11

ou reconstrução do pavimento. Em ambos os casos, é importante avaliar a origem do desgaste e intemperismo e tomar medidas preventivas para evitar o problema no futuro.

### **2.5.3 Tratamento de trincas e fissuras**

De acordo com o DNIT (2006b), para tratar trincas e fissuras é necessário remover todo o material solto, poeira, detritos e materiais estranhos das fissuras e trincas. Após a limpeza, deve-se abrir as fissuras com uma serra de corte para o mínimo de largura de 6 mm e uma profundidade de 2/3 a 3/4 da espessura da camada. É necessário secar a área da fissura com ar quente para remover a umidade e facilitar a aderência do material.

Em sequência à secagem, deve ser realizada a aplicação do selante em quantidade suficiente para preencher completamente a cavidade, evitando bolhas de ar. O selante deve ser aplicado de forma contínua, sem interrupções, com uma largura mínima de 12 mm. Ressalta-se que o selante deve ser compactado com uma ferramenta adequada para garantir a aderência total à superfície. Para finalizar, a superfície é limpa para remover qualquer excesso de selante (DNIT, 2006b). Conforme Bernucci *et al.* (2008):

O tratamento superficial consiste em aplicação de ligantes asfálticos e agregados sem mistura prévia, na pista, com posterior compactação que promove o recobrimento parcial e a adesão entre agregados e ligantes. O tratamento conforme a seguinte sequência:

ligante é colocado primeiro e agregado depois (Bernucci *et al.*, 2008, p.191).

Caso as trincas no asfalto sejam muito largas, é necessário fazer uma reparação completa do pavimento, removendo a camada de asfalto danificada e substituindo-a por uma nova camada (DNIT, 2006b).

#### **2.5.4 Tratamento de ondulações**

DNIT (2006b) estabelece em sua norma que as ondulações ou corrugações devem ser tratadas de acordo com sua gravidade. Para ondulações transversais com amplitude de até 3 mm, não é necessário nenhum tratamento específico, mas o

12

pavimento deve ser mantido limpo e sem obstruções. Para ondulações transversais com amplitude entre 3 mm e 6 mm, é recomendado realizar uma raspagem superficial do pavimento para nivelar as irregularidades e, em seguida, aplicar uma camada de selante para melhorar a aderência dos pneus.

Já para ondulações transversais com amplitude acima de 6 mm, o DNIT (2006b) afirma que é necessário realizar um recapeamento da superfície do pavimento para corrigir as irregularidades. O recapeamento pode ser feito com a aplicação de uma nova camada de asfalto ou com a utilização de outras técnicas de recuperação de pavimentos, como a fresagem e a aplicação de uma nova camada de concreto asfáltico.

#### **2.5.5 Tratamento de afundamentos**

De acordo com o DNIT (2006b), o tratamento para o afundamento asfáltico pode incluir a remoção e reparo da área danificada, a reconstrução do pavimento com camadas adicionais de base e sub-base ou a realocação da carga excessiva em outra área através do redirecionamento do fluxo de tráfego. É importante tomar medidas imediatas para corrigir o problema, a fim de evitar danos adicionais ao pavimento e garantir a segurança dos usuários da estrada.

#### **2.5.6 Tratamento de rodeiras ou trilhas de rodas**

Em conformidade com o DNIT (2006b), o tratamento para rodeiras ou trilhas de rodas consiste em uma operação de fresagem seguida da aplicação de uma camada de reperfilagem asfáltica. Em casos mais graves, pode ser necessário realizar um recapeamento completo da via. Também recomenda-se identificar e solucionar as causas das rodeiras, como tráfego excessivo de caminhões ou problemas de drenagem, para evitar que o problema volte a ocorrer.

### **3 METODOLOGIA**

A principal metodologia deste trabalho se baseia na pesquisa de campo no bairro Camargo, em Ituiutaba/MG. A região foi definida por meio de mapas e imagens de satélite. Com base nessa seleção, os integrantes deste trabalho

13

científico visitaram a região para coletar fotos das patologias encontradas nas quadras escolhidas. A visita *in loco* também foi necessária, para descrever as características do tráfego no bairro Camargo, além da identificação visual dos impactos da degradação asfáltica para a população e motoristas.

As patologias encontradas foram identificadas a partir da comparação com outros trabalhos já realizados e conforme as definições apresentadas na seção “Fundamentação Teórica”. Para análise quantitativa das patologias encontradas, foi feita a quantificação por porcentagem de cada tipo de patologia identificada.

Os resultados desse estudo foram apresentados por meio de fotos, mapas e resultados gráficos, que permitirão uma visualização mais clara das patologias encontradas e da sua localização nas quadras selecionadas. Por meio da aplicação dessa metodologia, o artigo científico elaborado no Trabalho de Conclusão de Curso II buscou contribuir para o aprimoramento do conhecimento sobre as patologias das pavimentações urbanas e fornecer informações relevantes para a tomada de decisões em futuros projetos de infraestrutura urbana.

#### **3.1 O Bairro Camargo**

O Bairro Camargo (Figura 1, na próxima página), situado na cidade de Ituiutaba, no estado de Minas Gerais, possui uma densidade demográfica de 39,34



Foram selecionadas três ruas que se encontram com a movimentada Avenida Minas Gerais: a Rua Ceará, a Rua Santa Catarina e Rua Maria Conceição Goulart Furtado.

Com base nessa seleção, os integrantes deste trabalho científico visitaram a região para coletar fotos e vídeos das patologias encontradas nas quadras escolhidas. A visita *in loco* também foi necessária para descrever as características do tráfego no bairro Camargo, além da identificação visual dos impactos da degradação asfáltica para a população e motoristas.

15

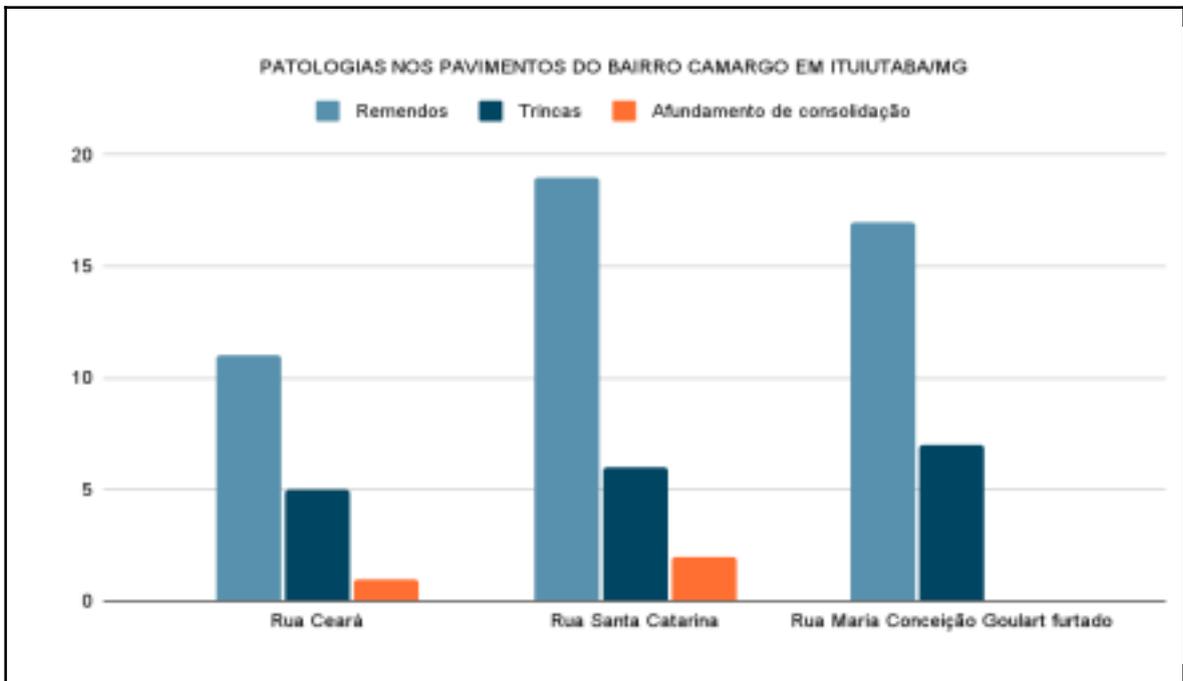
As patologias encontradas foram identificadas a partir da comparação com outros trabalhos já realizados e conforme as definições apresentadas na seção “Fundamentação Teórica”. Para análise quantitativa das patologias encontradas, foi feita a quantificação por porcentagem de cada tipo de patologia identificada. Também foi elaborado um gráfico para melhor visualização dos resultados.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

No dia 26 de setembro de 2023 e no dia 26 de outubro de 2023 foram feitas visitas de campo para a coleta de fotos para análise das patologias encontradas no pavimento das vias urbanas. Devido à grande quantidade de problemas observados, foi decidido focar apenas em três ruas para uma quantificação mais precisa. As ruas selecionadas para essa análise foram: Rua Ceará, Rua Santa Catarina e Rua Maria Conceição Goulart Furtado. Essa abordagem permitiu uma análise mais detalhada e eficiente das patologias presentes nessas vias, proporcionando informações valiosas para a elaboração de um planejamento de revitalização e manutenção adequada.

Após o levantamento dos dados, as patologias encontradas em cada rua foram classificadas e quantificadas. Com isso, foi gerado o Gráfico 1 por meio do desenvolvimento de uma planilha eletrônica.

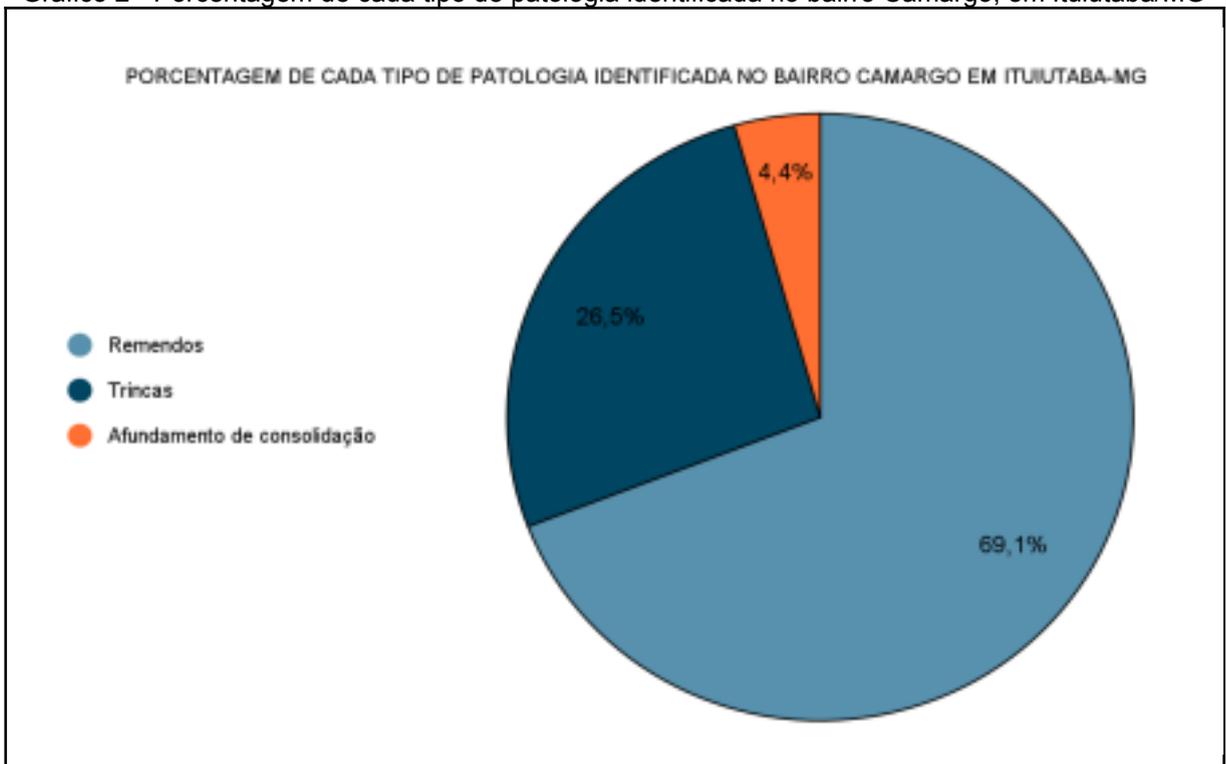
Gráfico 1 - Patologias nos pavimentos do bairro Camargo em Ituiutaba/MG



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Por sua vez, o Gráfico 2 apresenta a proporção, em porcentagem, de cada tipo de patologia identificada em relação à quantidade total de desgastes.

Gráfico 2 - Porcentagem de cada tipo de patologia identificada no bairro Camargo, em Ituiutaba/MG



#### 4.1 Trincas tipo “Couro de Jacaré”

No bairro Camargo, foi observada a presença de cinco trincas tipo couro de jacaré (Figura 2), localizadas nas três vias mencionadas no Gráfico 1: Rua Ceará, Rua Santa Catarina e Rua Maria Conceição Goulart Furtado. Dentre o total de patologias encontradas, as trincas tipo couro de jacaré representam 26,5% das degradações das ruas em estudo.

17

**Figura 2** - Trinca tipo “Couro de Jacaré” (Rua Maria Conceição Goulart Furtado)



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Conforme a definição do DNIT (2003), as trincas tipo couro de jacaré referem-se a uma série de trincas conectadas entre si, sem uma direção preferencial, assemelhando-se à aparência do couro de jacaré. É possível que essas trincas também apresentam erosão significativa em suas bordas, embora isso não seja obrigatório. A patologia apresentada na Figura 2 corrobora com a definição do DNIT (2003), portanto a sua caracterização foi feita corretamente.

Os procedimentos recomendados pelo DNIT (2006b) para o tratamento de trincas e fissuras em pavimentos. O processo inclui a remoção de materiais soltos, poeira e detritos, seguida pela abertura das fissuras com uma serra de corte. Após a

limpeza, é essencial secar a área com ar quente para remover a umidade. A aplicação do selante deve ser realizada de forma contínua, preenchendo completamente a cavidade, e compactada com uma ferramenta apropriada para garantir aderência total à superfície. Finalmente, a superfície é limpa para remover excessos de selante. No caso de trincas muito largas, o DNIT sugere uma reparação completa do pavimento, envolvendo a remoção da camada danificada e sua substituição por uma nova.

18

## **4.2 Remendos**

Conforme a definição do DNIT (2003), um remendo é uma intervenção que envolve o preenchimento de cavidades de diferentes tamanhos no pavimento, geralmente realizado na operação conhecida como “tapa-buraco”. Essas cavidades são causadas principalmente por fatores como o tráfego intenso, o uso de materiais de baixa qualidade, influências ambientais e problemas na construção das vias. Os remendos são necessários devido à fragilidade estrutural do pavimento que, com o tempo, pode resultar na desintegração progressiva da superfície e da base, criando depressões perigosas para o tráfego.

Nesse contexto, foram identificados 47 remendos (Figura 3) nas vias Rua Ceará, Rua Santa Catarina e Rua Maria Conceição Goulart Furtado. Os remendos constituem 69,1% das patologias identificadas no estudo. Esses remendos, tanto os já degradados quanto os recém-aplicados, afetam negativamente a mobilidade, causando desvios não planejados. Além disso, representam uma ameaça para a integridade dos veículos que trafegam por essas vias, já que a rua apresenta irregularidades que podem danificar certas peças do veículo e reduzir a sua vida útil.

**Figura 3** - Remendos na Rua Maria Conceição Goulart Furtado



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

19

Essas condições também têm implicações sérias no escoamento de águas pluviais e águas residenciais provenientes de lavagens. A presença desses remendos compromete o adequado fluxo, levando ao acúmulo de água e, conseqüentemente, agravando os problemas de degradação das ruas. Segundo Fonseca e Garcia (2021), é importante ressaltar que essas imperfeições nas vias podem funcionar como potenciais criadouros para larvas do mosquito transmissor da febre amarela e do vírus da Zika. Além disso, o uso excessivo de remendos pode comprometer a qualidade e durabilidade do revestimento asfáltico. Com o passar do tempo, esses remendos podem se soltar ou deteriorar, resultando em buracos e deformações na via. Isso pode causar desconforto e até mesmo acidentes para os motoristas que transitam por essas vias.

Outro impacto negativo do uso excessivo de remendos é o aumento dos custos de manutenção. Quando as vias apresentam inúmeros remendos, é necessário realizar reparos constantemente, o que demanda recursos financeiros e de mão de obra. Além disso, o uso de equipamentos especiais ou grandes maquinários para retirar esses remendos também implica em maiores gastos.

Portanto, é fundamental que os gestores públicos e responsáveis pela manutenção viária adotem medidas preventivas e corretivas adequadas, buscando soluções mais duradouras e eficientes para garantir a qualidade e segurança das

vias, evitando assim o uso excessivo de remendos.

Um das formas de tratar remendos nos pavimentos é aplicar uma solução de recapeamento a frio. Esse método oferece um bom custo-benefício, pois é mais econômico em comparação com reparos a quente e tem uma vida útil mais longa. Além disso, a aplicação a frio é mais rápida, exigindo menos tempo para execução, o que também reduz os custos. Conforme Jesus (2021), os asfaltos pré-misturados a frio (PMF) possuem características distintas em relação às misturas a quente. Uma das principais diferenças está no ligante utilizado, que é uma emulsão asfáltica contendo água, conferindo ao asfalto uma consistência fluida à temperatura ambiente.

Ainda segundo Jesus (2021), existem várias vantagens no uso de PMF, incluindo a ausência de impactos ambientais significativos, devido ao baixo consumo de energia. Isso ocorre porque não há necessidade de aquecer o asfalto, podendo ser utilizado em temperatura ambiente. Além disso, a alta trabalhabilidade do material é facilitada pelo estado fluido do ligante. Outro benefício é a ausência de

20

endurecimento prematuro por oxidação, que é problemático nas usinas de misturas a quente

Segundo o DNIT (2018), o microrrevestimento asfáltico é um método de pavimentação que envolve a aplicação de uma mistura de agregados, *filler*, emulsão asfáltica modificada com polímero, água e aditivos sobre uma superfície preparada. Essa mistura tem uma consistência fluida e é espalhada de forma uniforme.

A aplicação do microrrevestimento asfáltico com emulsão modificada por polímero elastomérico deve ser realizada à velocidade uniforme, a mais reduzida possível. Em condições normais, a operação se processa com bastante simplicidade. A maior preocupação requerida consiste em observar a consistência da massa, abrindo ou fechando a alimentação d'água, de modo a obter uma consistência uniforme e manter a caixa distribuidora uniformemente carregada de massa (DNIT, 2018, p. 2).

É possível utilizar aditivos para acelerar ou retardar a ruptura da emulsão durante a execução do microrrevestimento asfáltico. A escolha do tipo de aditivo e as quantidades a serem utilizadas devem ser definidas antes do projeto da mistura (DNIT, 2018).

Apesar de ser uma atividade de conservação, os remendos são considerados

patologia por apontarem um local de fragilidade e por impactarem o conforto no rolamento. Para evitar a necessidade de remendos, é crucial ter um projeto adequado de pavimentação. Isso inclui uma dosagem correta do CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo) em conformidade de um projeto de pavimentação bem planejado e executado.

### 4.3 Afundamento por consolidação

Foram observados três casos de afundamento por consolidação nas ruas Ceará e Santa Catarina (4,4% do total de degradações asfálticas identificadas), conforme apresentado na Figura 4. De acordo com o DNIT (2003), o afundamento por consolidação acontece quando uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito se comprimem de forma desigual, sem que haja uma elevação correspondente.

21

**Figura 4** - Afundamento de consolidação local



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Para resolver os problemas de afundamento, o DNIT (2006b) recomenda a técnica de recapeamento, enquanto Bernucci *et al.* (2008) indicam a fresagem.

Recapeamento estrutural é a construção de uma ou mais camadas asfálticas sobre o pavimento existente, incluindo, geralmente, uma camada para corrigir o nivelamento do pavimento antigo, seguida de uma camada com espessura uniforme. (YOSHIZANE, 2005, p. 9).

Segundo Bernucci *et al.* (2008), a fresagem é o processo de corte realizado com máquinas específicas, que visa remover o revestimento asfáltico existente em uma determinada seção de uma via ou até mesmo em outras camadas do pavimento. Isso é feito para restaurar a qualidade da superfície de rolamento, melhorar a capacidade de suporte ou realizar melhorias no pavimento.

Segundo o DNIT (2006b), para resolver o problema do afundamento asfáltico, é possível adotar diferentes abordagens, como a remoção e reparação da área afetada, a reconstrução do pavimento com a adição de camadas extras de base e sub-base, ou até mesmo a redistribuição da carga excessiva em outra região, por meio da alteração do fluxo de tráfego.

22

A escolha do maquinário ideal para a compactação do solo depende das características do terreno. Logo, conforme Caputo e Caputo (2022), para solos arenosos, recomenda-se o uso de rolos lisos, como o tipo tandem ou de três rodas. Já para solos argilosos, é mais apropriado empregar rolos pé de carneiro ou rolos pneumáticos, embora estes últimos sejam versáteis e se adaptem a quase todos os tipos de terreno.

Quanto ao número de passadas do equipamento, a quantidade de água a ser adicionada ao solo é calculada com base na descarga da barra de distribuição e na velocidade do carro-pipa. A espessura das camadas de solo, geralmente variando de 15 a 30 cm, e o número de passadas do equipamento de compactação podem ser determinados através do controle dos resultados obtidos em um trecho experimental previamente selecionado. Observou-se que há um número crítico de passadas, aproximadamente 10, além do qual prosseguir na compactação torna-se praticamente inútil. Vale destacar que a eficiência econômica do processo é maior quando as camadas são mais espessas e o número de passadas é reduzido (Caputo; Caputo 2022).

Quanto aos ensaios de campo para verificar a adequada compactação, é essencial realizar medições sistemáticas da umidade e do peso específico aparente

do material. Para esse propósito, podem ser utilizados métodos específicos, como o teste de umidade com o aparelho Speedy, e o processo do “frasco de areia” para a determinação do peso específico. Essas análises garantem uma avaliação precisa do estado de compactação do solo durante o processo de construção (Caputo; Caputo 2022).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento de dados para esse estudo apresentou certas dificuldades devido ao grande número de patologias encontradas no pavimento do bairro Camargo, localizado no município de Ituiutaba/MG. Para superar essa dificuldade, decidiu-se focar apenas em três ruas. Optou-se por isso devido ao tempo limitado que se teve para desenvolver o estudo. No entanto, apesar dessas dificuldades, foi possível alcançar o objetivo proposto, que era fornecer opções para solucionar as patologias identificadas nas ruas mencionadas.

23

Durante o desenvolvimento do trabalho, foi possível assimilar o conteúdo relacionado à deterioração de pavimentação asfáltica e suas possíveis causas. Foram realizadas pesquisas em livros, artigos científicos e *sites* confiáveis para aprofundar o conhecimento sobre o assunto e garantir que a redação fosse feita de forma precisa e embasada. Também foi utilizada a estratégia de fazer revisões constantes do trabalho, buscando identificar e corrigir possíveis erros ou lacunas no conteúdo.

Para aprimorar futuros trabalhos nessa linha de pesquisa, sugere-se o estudo de técnicas mais avançadas de restauração de danos, bem como a investigação mais aprofundada das causas específicas da deterioração no bairro Camargo. Conforme o DNIT (2006b), a investigação pode apresentar uma etapa que consiste em realizar análises laboratoriais, como ensaios de granulometria, resistência do material do pavimento, teor de umidade, entre outros. Esses ensaios podem ajudar a identificar a qualidade do solo e dos materiais utilizados na pavimentação. Outra técnica é a análise de falhas, que busca entender as causas por trás dos defeitos identificados. Isso pode envolver a análise de amostras coletadas, estudo dos registros históricos do pavimento e investigação de problemas estruturais, de drenagem e de tráfego.

Além disso, recomenda-se a realização de testes não destrutivos, como o ensaio de deflexão em viga Benkelman, que permite avaliar a capacidade de suporte do pavimento, e o método de ultrassom para detectar problemas ocultos no pavimento (DNIT, 2006b).

Portanto, os trabalhos futuros podem se beneficiar de um levantamento prévio mais detalhado das condições do pavimento, a fim de evitar dificuldades no levantamento de dados. Assim, seguindo um método mais abrangente e aperfeiçoado, será possível obter resultados mais precisos e facilitar a execução das etapas do estudo.

Assim sendo, este trabalho contribuiu para o entendimento das questões relacionadas à deterioração da pavimentação asfáltica no bairro Camargo, demonstrando a importância de buscar soluções eficazes e duradouras para garantir o acesso seguro e confortável à comunidade. Os resultados obtidos podem servir como base para futuros estudos que busquem avançar nas técnicas de restauração

24

de pavimentos e na prevenção de danos, visando sempre melhorar a qualidade das vias urbanas.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. A. Análise comparativa de métodos de pavimentação: pavimento rígido (concreto) x flexível (asfalto). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v.1, n.11, p.187-196, 2016.

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.*, **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás - ABEDA, 2008.

BERNUCCI, Liedi Bariani. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS - ABEDA, 2010.

CAPUTO, Armando; CAPUTO, Homero. **Mecânica dos solos: teoria e aplicações**. Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9788521638032. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521638032/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

DNIT. **Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos: terminologia**, Rio de Janeiro – RJ, 2003.

DNIT. **Manual de Pavimentação**. IPR/DNIT/ABNT, Publicação 719, Rio de Janeiro, Brasil, 2006a.

DNIT. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**, IPR/DNIT/ABNT, Publicação 720, Rio de Janeiro, Brasil, 2006b.

DNIT, **Pavimentação Asfáltica – Microrrevestimento Asfáltico – Especificação**. DNIT 035/2018. Ministério dos Transportes. Departamento nacional de infraestrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias, 2018.

FONSECA, D. de S. R.; GARCIA, R. A. A INFLUÊNCIA DA ELEVAÇÃO RELATIVA DO TERRENO SOBRE A INFESTAÇÃO LARVÁRIA PELO MOSQUITO AEGYPTI. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 82, p. 13–27, 2021. DOI: 10.14393/RCG228255167. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/55167>. Acesso em: 23 nov. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). [Site institucional]. Panorama da cidade de Ituiutaba. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ituiutaba/panorama>. Acesso em: 01 de nov. 2023.

JESUS, Felipe. F. S. **Análise comparativa de uma mistura asfáltica ensacada comercial com um pré-misturado a frio e um concreto asfáltico**. Dissertação(mestrado) - Engenharia Civil Ambiental, Universidade Federal de

25

Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2021. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/21943/FELIPE%20FELIPE%20SANTOS%20DE%20JESUS%20-%20DISSERTA%20c3%87%20c3%83O%20%28PPGECA%29%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 set. 2023.

PINTO, Isaac Eduardo; PINTO, Salomão. **Pavimentação asfáltica: conceitos fundamentais sobre materiais e revestimentos asfálticos**. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

RIBEIRO, Thiago Pinheiro. Estudo descritivo das principais patologias em pavimento flexível. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. e.4, a. 2 v. 01. p 733-754, Julho de 2017. ISSN:2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimento-flexivel>. Acesso em: 22 nov. 2023.

WEIMER, B. F.; THOMAS, M.; DRESCH, F. **Patologia das estruturas** [recurso eletrônico] Porto Alegre: SAGAH, 2018.

YOSHIZANE, Hiroshi Paulo. **Defeitos, manutenção e reabilitação de pavimento asfáltico**. Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica CESET, Limeira, 2005.