JNT FACIT BUSINESS AND TECHNOLOGY JOURNAL
ISSN: 2526-4281 - ANO 2026 - MÊS DE OUTUBRO
Ed. 78. Vol. 2 - Págs. 187-236
DOI: 10.5281/zenodo.23668720



CAPES

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

QUALIS A2



ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM PAVIMENTO ASFÁLTICO URBANO: ESTUDO DE CASO NA TO-222, NO TRECHO ENTRE O DETRAN E O JARDINS SIENA, EM ARAGUAÍNA–TO, E PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO CONFORME DIRETRIZES DO DNIT[1]

ANALYSIS OF PATHOLOGIES IN URBAN ASPHALT PAVEMENT: CASE STUDY ON TO-222, SECTION BETWEEN DETRAN AND JARDINS SIENA, ARAGUAÍNA–TO, AND RECOVERY PROPOSAL ACCORDING TO DNIT GUIDELINES

Emilly Oliveira GOMES[2]
Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)
E-mail: 56emillyoliveira@gmail.com
ORCID: http://orcid.org/0009-0005-9169-6529

Lorena Leite Vital FERREIRA[3]
Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)
E-mail: lorenaxam43@gmail.com
ORCID: http://orcid.org/0009-0006-0097-611X

Maria Eduarda Dias TONACO[4]
Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)
E-mail: eduardatonaco@icloud.com.br
ORCID: http://orcid.org/0009-0004-0959-3460

Mateus Vileda MARCELINO[5]
Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)
E-mail: mateus.marcelino@afya.com.br
ORCID: http://orcid.org/0009-0004-7591-3047

RESUMO

O pavimento é uma estrutura constituída por camadas dimensionadas para receber e distribuir as solicitações do tráfego, proporcionando condições de segurança, conforto e regularidade à circulação. No Brasil, embora a malha rodoviária ultrapasse 1,7 milhão de quilômetros, apenas cerca de 12,4% encontra-se pavimentada, o que

[1] COMO CITAR: (ABNT): GOMES, E. O.; FERREIRA, L. L. V.; TONACO, M. E. D.; MARCELINO, M. V. Análise das Patologias em Pavimento Asfáltico Urbano: Estudo de Caso na TO-222, no Trecho entre o Detran e o Jardins Siena, em Araguaína–TO, e Proposta de Recuperação Conforme Diretrizes do DNIT. **JNT Facit Business and Technology Journal.** Qualis A2. ISSN: 2526-4281, Mês de Outubro de 2026 - Ed. 78. VOL. 02. Págs. 187-236. Disponível: http://revistas.faculdadefacit.edu.br. Acesso em: ___/___/___.
[2] Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, Araguaína/TO, Brasil. E-mail: 56emillyoliveira@gmail.com.
[3] Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, Araguaína/TO, Brasil. E-mail: lorenaxam43@gmail.com.
[4] Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, Araguaína/TO, Brasil. E-mail: eduardatonaco@icloud.com
[5] Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC, Araguaína/TO, Brasil. E-mail: mateus.marcelino@afya.com.br

reforça a importância da conservação da infraestrutura existente. A Pesquisa CNT de Rodovias 2024 classificou 40,4% da extensão avaliada como regular, 20,8% como ruim e 5,8% como péssima. No âmbito federal, o DNIT registrou, em 2025, 48,70% da malha pavimentada monitorada em condição boa, 23,18% regular e 28,11% ruim. Nesse contexto, este estudo analisou visualmente o pavimento do corredor urbano da TO-222 entre o Detran e o Jardins Siena, em Araguaína–TO, em um trecho com aproximadamente 3 km de extensão. A pesquisa é aplicada, descritiva, de campo, visual e baseada em levantamento, com inspeções realizadas em 16 de junho e 6 de outubro de 2026, registro fotográfico e classificação orientada pelas normas DNIT 005/2003-TER e DNIT 008/2003-PRO. A contagem de campo indicou aproximadamente 450 remendos, de diferentes dimensões. Também foram contabilizados 10 focos de trincamento tipo couro de jacaré em frente à área onde está sendo construído o Parque Baixa Funda, além de poucas ocorrências de panelas, com um registro fotográfico selecionado, e uma faixa contínua de aproximadamente 42 m com desgaste e desagregação acentuados. Os achados indicam necessidade de manutenção planejada e intervenções compatíveis com a causa e a severidade de cada defeito.

Palavras-chave: Conservação viária. Levantamento visual. Manifestações patológicas. Pavimento asfáltico. TO-222.

ABSTRACT

Pavement is a multilayer structure designed to receive and distribute traffic loads while providing safety, comfort and adequate riding conditions. In Brazil, although the road network exceeds 1.7 million kilometers, only about 12.4% is paved, which highlights the importance of preserving the existing infrastructure. The 2024 CNT Highway Survey classified 40.4% of the evaluated network as fair, 20.8% as poor and 5.8% as very poor. For the federal paved network monitored by DNIT in 2025, 48.70% was rated good, 23.18% fair and 28.11% poor. This study visually assessed the urban TO-222 corridor between Detran and Jardins Siena, in Araguaína, Tocantins, over an approximately 3 km section. The research is applied, descriptive, field-based and visual, with survey activities conducted on June 16 and October 6, 2026, photographic records and defect classification guided by DNIT 005/2003-TER and DNIT 008/2003-PRO. Approximately 450 patches of different sizes were counted. Ten alligator-cracking spots were also recorded in front of the area where Parque Baixa Funda is under construction, together with only a few pothole

occurrences, represented by one selected photographic record, and a continuous section of approximately 42 m with marked surface wear and raveling. The findings indicate the need for planned maintenance and recovery measures selected according to the cause, extent and severity of each defect.

Keywords: Asphalt pavement. Continuous visual survey. Pavement distress. Road maintenance. TO-222.

OBJETIVO

Objetivo Geral

Analisar as manifestações patológicas do pavimento asfáltico no trecho urbano da TO-222 entre o Detran e o Jardins Siena, com aproximadamente 3 km de extensão, em Araguaína–TO, identificando causas prováveis e propondo soluções de recuperação fundamentadas nas diretrizes do DNIT.

Objetivos Específicos

- Realizar levantamento visual e fotográfico das condições do pavimento no trecho delimitado;
- Identificar e classificar os defeitos observados com base na terminologia e nos procedimentos do DNIT;
- Relacionar as manifestações encontradas às suas causas prováveis e aos efeitos sobre o desempenho da via;
- Quantificar as ocorrências mensuráveis e sua distribuição ao longo dos 3 km analisados;
- Propor técnicas de manutenção e recuperação compatíveis com o tipo, a extensão e a gravidade dos defeitos.

INTRODUÇÃO

O pavimento é uma estrutura de engenharia executada sobre o terreno de fundação e composta por uma ou mais camadas destinadas a receber as solicitações provenientes do tráfego, distribuí-las em níveis compatíveis com a capacidade resistente do subleito e oferecer uma superfície adequada à circulação. Além de sua função estrutural, o pavimento exerce função diretamente relacionada à mobilidade, pois a qualidade da superfície de rolamento influencia o conforto, a segurança, os custos operacionais dos veículos e a eficiência dos deslocamentos. Bernucci *et al*.

(2010) destacam que o desempenho de um pavimento deve ser analisado de forma conjunta, considerando tanto sua capacidade de resistir às cargas quanto sua condição funcional durante a vida de serviço.

A relevância da pavimentação assume proporções ainda maiores no Brasil em razão da forte dependência do transporte rodoviário. Segundo a Pesquisa CNT de Rodovias 2024, a malha rodoviária brasileira ultrapassa 1,7 milhão de quilômetros, porém somente cerca de 12,4% é pavimentada. Na mesma pesquisa, dentre os 111.853 km avaliados, 7,5% foram classificados como ótimos, 25,5% como bons, 40,4% como regulares, 20,8% como ruins e 5,8% como péssimos. Assim, aproximadamente dois terços da extensão pesquisada apresentaram condição geral entre regular e péssima, evidenciando a relevância da conservação e da recuperação da infraestrutura existente (CNT, 2024).

No âmbito da malha rodoviária federal pavimentada acompanhada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, o Relatório de Gestão 2025 registrou 48,70% da extensão monitorada em condição boa, 23,18% em condição regular e 28,11% em condição ruim, segundo o Índice de Condição da Superfície. Esses dados demonstram que a avaliação periódica do pavimento constitui instrumento essencial para direcionar recursos de manutenção, priorizar segmentos críticos e evitar que defeitos inicialmente localizados evoluam para falhas de maior abrangência e custo (DNIT, 2026).

Em áreas urbanas, a conservação do pavimento apresenta desafios específicos. A frequência de acelerações e frenagens, acessos laterais, interseções, tráfego de ônibus e caminhões, interferências de drenagem e sucessivas intervenções de manutenção submetem o revestimento a solicitações distintas das observadas em trechos rodoviários de fluxo contínuo. Quando essas condições se associam ao envelhecimento dos materiais e à ausência de manutenção preventiva, a superfície pode apresentar perda de regularidade e manifestações que comprometem progressivamente o nível de serviço da via.

Em Araguaína–TO, a TO-222 assume características de corredor urbano ao atravessar a cidade como Avenida Filadélfia. A via conecta áreas residenciais, comerciais e de serviços e recebe fluxo relevante de veículos leves e pesados. Em 2024, a Prefeitura de Araguaína informou que o segmento compreendido entre o Detran e o Jardins Siena era o único trecho da Avenida Filadélfia que ainda operava de forma diferenciada em relação aos segmentos duplicados, tendo a Rua da Arruda, paralela à avenida, passado a atuar como pista complementar no sentido de saída da

cidade. Essa configuração reforça a importância funcional do corredor e amplia a necessidade de acompanhamento das condições de seu pavimento (Araguaína, 2024).

O presente estudo delimitou aproximadamente 3 km desse corredor, entre o Detran e o acesso ao Jardins Siena. A extensão foi considerada de forma global, sem adoção de marcos quilométricos internos, e os registros de campo foram organizados a partir da localização aproximada, do setor, da data e das referências visuais presentes nas fotografias.

A escolha do segmento decorreu da importância do trecho para a mobilidade local e da presença recorrente de intervenções e defeitos visíveis no revestimento. Durante as inspeções de campo, observou-se elevada quantidade de reparos, alterações de textura, fissuração, perda de material e irregularidades superficiais. A existência de aproximadamente 450 remendos ao longo do trecho analisado constitui um indicativo relevante do histórico de manutenção corretiva e justifica uma avaliação mais organizada das condições funcionais do pavimento.

Diante desse cenário, o problema que orienta a pesquisa consiste em compreender quais manifestações predominam no trecho Detran–Jardins Siena, como estão distribuídas ao longo da extensão estudada e quais soluções podem ser tecnicamente relacionadas aos defeitos identificados. O trabalho não pretende, por meio da inspeção visual isolada, substituir uma avaliação estrutural com ensaios específicos; busca, entretanto, estabelecer um diagnóstico funcional de campo capaz de subsidiar decisões de manutenção e indicar pontos que demandam investigação mais aprofundada.

Para isso, a pesquisa combina revisão bibliográfica e normativa com levantamento visual e registro fotográfico do pavimento, utilizando como principais referências a terminologia da DNIT 005/2003-TER e os princípios do Levantamento Visual Contínuo previstos na DNIT 008/2003-PRO. A partir dos registros são analisados o tipo de manifestação, a extensão aparente, a recorrência, a associação entre defeitos e as alternativas de manutenção ou recuperação compatíveis com cada situação.

Assim, o objetivo central deste trabalho é analisar as condições do pavimento asfáltico no trecho urbano da TO-222 compreendido entre o Detran e o Jardins Siena, com aproximadamente 3 km de extensão, relacionando os defeitos observados às possíveis causas de deterioração e propondo medidas de recuperação fundamentadas em referências técnicas e diretrizes do DNIT. O estudo busca contribuir para a compreensão do estado funcional desse importante corredor viário de Araguaína e para o planejamento de intervenções mais consistentes e duráveis.

REFERENCIAL TEÓRICO

Infraestrutura de Transportes e Mobilidade Urbana

A infraestrutura de transportes é reconhecida como um dos principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento econômico e social das nações. A disponibilidade de sistemas de transporte eficientes influencia diretamente a competitividade econômica, a integração territorial, o acesso aos serviços públicos e a qualidade de vida da população. Nesse contexto, a infraestrutura viária assume papel de destaque, especialmente em países como o Brasil, cuja matriz de transporte apresenta forte dependência do modal rodoviário.

Segundo dados da Confederação Nacional do Transporte (CNT), a maior parte das cargas e passageiros movimentados no território nacional utiliza o sistema rodoviário como principal meio de deslocamento. Essa característica torna as rodovias e vias urbanas elementos fundamentais para o funcionamento das atividades econômicas, industriais, comerciais e sociais. Dessa forma, a qualidade da infraestrutura viária influencia diretamente a eficiência logística, os custos de transporte e a segurança dos usuários.

A infraestrutura viária pode ser compreendida como o conjunto de elementos físicos responsáveis por possibilitar a circulação de veículos, pessoas e mercadorias. Esses elementos incluem pavimentos, sistemas de drenagem, sinalização horizontal e vertical, dispositivos de segurança, obras de arte especiais, calçadas, ciclovias e demais componentes necessários ao adequado funcionamento do sistema de transportes. Entre esses componentes, o pavimento destaca-se por representar a estrutura que recebe diretamente as solicitações provenientes do tráfego, sendo responsável pela distribuição dos esforços para as camadas inferiores e para o solo de fundação.

Historicamente, o desenvolvimento das cidades esteve associado à evolução dos sistemas de transporte. Desde os primeiros centros urbanos, a existência de vias de circulação adequadas foi fundamental para promover o crescimento econômico e facilitar as relações comerciais. Com o avanço da urbanização e da industrialização, a necessidade de sistemas viários mais eficientes tornou-se ainda mais evidente, impulsionando investimentos em infraestrutura rodoviária e urbana.

Nas últimas décadas, o crescimento populacional e a expansão territorial dos centros urbanos brasileiros provocaram aumento significativo da demanda por mobilidade. Esse fenômeno resultou em maior utilização das vias existentes e em

elevação constante da frota de veículos. De acordo com informações do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), o Brasil apresenta crescimento contínuo do número de veículos registrados, fato que contribui diretamente para o aumento das cargas aplicadas sobre os pavimentos urbanos.

A mobilidade urbana é atualmente um dos principais desafios enfrentados pelas administrações públicas. O deslocamento eficiente da população influencia diretamente aspectos relacionados ao desenvolvimento econômico, à inclusão social e à qualidade de vida. Nesse cenário, a infraestrutura viária desempenha papel estratégico ao garantir acessibilidade, conectividade e integração entre diferentes regiões da cidade.

Segundo o Ministério das Cidades, a mobilidade urbana deve ser entendida como um conjunto de condições que possibilitam o deslocamento de pessoas e cargas dentro do espaço urbano. Para que esse deslocamento ocorra de forma eficiente, é indispensável que as vias apresentem condições adequadas de operação, segurança e conforto. A deterioração da infraestrutura viária compromete diretamente esses fatores, provocando aumento do tempo de deslocamento, elevação dos custos operacionais e redução dos níveis de serviço oferecidos aos usuários.

Além dos impactos relacionados à mobilidade, a qualidade das vias urbanas possui forte influência sobre a economia local. Vias deterioradas resultam em aumento do consumo de combustível, desgaste prematuro dos veículos e elevação dos custos logísticos. Segundo estudos da CNT, problemas relacionados às condições do pavimento podem gerar prejuízos significativos tanto para usuários individuais quanto para empresas que dependem do transporte rodoviário para suas atividades.

Outro aspecto relevante refere-se à segurança viária. Pavimentos deteriorados apresentam maior probabilidade de contribuir para a ocorrência de acidentes de trânsito, especialmente em situações envolvendo frenagens de emergência, perda de aderência dos pneus ou desvios bruscos para evitar defeitos na pista. A presença de panelas, afundamentos, remendos mal executados e deformações superficiais pode comprometer significativamente a dirigibilidade dos veículos, aumentando os riscos de acidentes.

De acordo com Bernucci *et al.* (2010), a qualidade funcional de uma via está diretamente associada às condições da superfície de rolamento. Quanto maior a incidência de defeitos superficiais, menor tende a ser o conforto proporcionado aos usuários e maior será o desgaste dos veículos. Por essa razão, a conservação da infraestrutura viária constitui atividade essencial para garantir a adequada prestação dos serviços de transporte.

No Brasil, um dos principais desafios relacionados à infraestrutura viária urbana está associado à limitação de recursos destinados à manutenção dos pavimentos. Em muitos municípios, os investimentos concentram-se na construção de novas vias, enquanto as atividades de conservação e manutenção recebem menor prioridade. Como consequência, observa-se deterioração progressiva da malha viária existente e aumento dos custos necessários para recuperação das estruturas.

Segundo Balbo (2007), a ausência de programas de manutenção preventiva representa um dos principais fatores responsáveis pelo agravamento dos defeitos observados nos pavimentos urbanos. Pequenas manifestações patológicas que poderiam ser corrigidas por meio de intervenções simples acabam evoluindo para problemas estruturais mais complexos, exigindo investimentos significativamente maiores para sua recuperação.

Nesse contexto, a gestão da infraestrutura viária torna-se fundamental para assegurar a utilização eficiente dos recursos públicos. A adoção de sistemas de gerenciamento de pavimentos permite monitorar continuamente as condições das vias, identificar prioridades de intervenção e planejar ações de manutenção de forma racional e econômica. Segundo Haas, Hudson e Zaniewski (1994), os sistemas de gerenciamento de pavimentos constituem importantes ferramentas para auxiliar os gestores públicos na tomada de decisões relacionadas à conservação viária.

A manutenção adequada da infraestrutura viária não deve ser encarada apenas como atividade corretiva, mas como parte integrante de uma estratégia contínua de preservação do patrimônio público. Estudos demonstram que intervenções preventivas realizadas em estágios iniciais de deterioração apresentam custo significativamente inferior quando comparadas às ações de reconstrução necessárias após o comprometimento estrutural do pavimento.

Outro fator que merece destaque está relacionado às condições climáticas. O Brasil apresenta grande diversidade de características ambientais, incluindo regiões sujeitas a elevadas temperaturas e períodos intensos de precipitação. Essas condições exercem influência direta sobre o comportamento dos materiais utilizados na pavimentação, contribuindo para o surgimento e evolução de manifestações patológicas. A infiltração de água, por exemplo, é amplamente reconhecida como uma das principais causas de deterioração dos pavimentos flexíveis.

No estado do Tocantins, as condições climáticas caracterizadas por temperaturas elevadas e períodos sazonais de chuvas intensas podem acelerar os mecanismos de degradação dos pavimentos urbanos. Além disso, o crescimento econômico regional e a expansão das atividades comerciais têm contribuído para

aumento da circulação de veículos pesados, elevando as solicitações aplicadas às estruturas viárias.

No município de Araguaína, considerado um dos principais polos econômicos do norte do Tocantins, a infraestrutura viária exerce papel fundamental para o desenvolvimento das atividades comerciais, industriais e de serviços. A cidade apresenta intenso fluxo de veículos, especialmente em vias de caráter arterial responsáveis pela ligação entre diferentes setores urbanos e pelo acesso às principais rodovias da região.

Dentre essas vias destaca-se a TO-222, conhecida em seu trecho urbano como Avenida Filadélfia. A via constitui importante corredor de mobilidade urbana, promovendo conexão entre áreas residenciais, centros comerciais, estabelecimentos de serviços e importantes equipamentos urbanos. Sua relevância para o sistema viário municipal torna indispensável a realização de estudos voltados à avaliação de suas condições operacionais e estruturais.

O trecho compreendido entre o Detran e o Jardins Siena apresenta intensa circulação de veículos leves, motocicletas, ônibus e caminhões de carga, estando sujeito a elevadas solicitações mecânicas ao longo de sua vida útil. Em decorrência dessas condições, observa-se a presença de manifestações patológicas que podem comprometer o desempenho funcional do pavimento e reduzir os níveis de serviço oferecidos aos usuários.

Dessa forma, a análise da infraestrutura viária urbana, associada ao estudo das condições de conservação do pavimento da TO-222, mostra-se relevante tanto sob o ponto de vista técnico quanto econômico e social. A identificação dos mecanismos de deterioração e a proposição de soluções adequadas contribuem para o planejamento de intervenções futuras, para a melhoria da mobilidade urbana e para a otimização dos recursos destinados à manutenção da malha viária municipal.

Pavimentação Asfáltica

A pavimentação constitui um dos principais componentes da infraestrutura de transportes, desempenhando função essencial na garantia da mobilidade urbana, da segurança viária e da eficiência operacional das vias. O pavimento pode ser definido como uma estrutura construída sobre o terreno natural, denominada subleito, composta por diferentes camadas de materiais selecionados e dimensionados tecnicamente para suportar as solicitações impostas pelo tráfego e pelas condições ambientais.

Segundo Bernucci et al. (2010), o pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas destinada a resistir e distribuir progressivamente os esforços verticais provenientes da passagem dos veículos, transmitindo-os ao subleito em níveis compatíveis com sua capacidade de suporte. Dessa forma, o pavimento exerce papel fundamental na preservação da trafegabilidade e na durabilidade das vias urbanas e rodovias.

Além de sua função estrutural, os pavimentos também apresentam importante função funcional, proporcionando conforto, segurança e condições adequadas de circulação aos usuários. De acordo com Medina e Motta (2015), o desempenho funcional de um pavimento está relacionado às condições da superfície de rolamento, incluindo regularidade, aderência, drenagem superficial e conforto ao tráfego. Assim, pavimentos em boas condições contribuem para redução de acidentes, diminuição dos custos operacionais dos veículos e melhoria da mobilidade urbana.

A estrutura do pavimento é projetada para promover a distribuição gradual das cargas provenientes do tráfego. Quando um veículo trafega sobre a superfície da via, os esforços gerados pelos pneus são transmitidos às camadas inferiores do pavimento, sofrendo dissipação progressiva até atingir o subleito. Esse mecanismo de distribuição de cargas reduz as tensões aplicadas ao terreno natural, evitando deformações excessivas e falhas estruturais prematuras.

Conforme Balbo (2007), a eficiência do pavimento depende diretamente da qualidade dos materiais utilizados, do correto dimensionamento estrutural e das condições de execução e manutenção da via. Dessa maneira, cada camada do pavimento possui função específica dentro da estrutura, contribuindo para o desempenho global do sistema viário.

Os pavimentos podem ser classificados em três categorias principais: pavimentos flexíveis, rígidos e semirrígidos. Os pavimentos flexíveis são aqueles constituídos predominantemente por revestimentos asfálticos, nos quais as cargas do tráfego são distribuídas gradualmente entre as camadas estruturais. Nesse tipo de pavimento, ocorre maior deformabilidade da estrutura sob ação das cargas, sendo o comportamento mecânico influenciado pelas características das camadas inferiores.

Os pavimentos rígidos são compostos principalmente por placas de concreto de cimento Portland, apresentando elevada rigidez estrutural. Nesse sistema, a maior parte das tensões é absorvida pela própria placa de concreto, permitindo ampla distribuição das cargas sobre o subleito. Em razão de sua elevada resistência estrutural, os pavimentos rígidos apresentam menor suscetibilidade às deformações

permanentes, sendo frequentemente utilizados em locais submetidos a tráfego pesado e intenso.

Já os pavimentos semirrígidos apresentam características intermediárias entre os pavimentos flexíveis e rígidos. Nesse tipo de estrutura, utiliza-se normalmente revestimento asfáltico associado a bases estabilizadas com cimento ou outros ligantes hidráulicos, proporcionando maior rigidez estrutural em comparação aos pavimentos flexíveis convencionais.

No Brasil, os pavimentos flexíveis representam o sistema de pavimentação mais empregado em rodovias e vias urbanas. Essa predominância está relacionada principalmente à viabilidade econômica, ao menor custo inicial de implantação, à facilidade executiva e à rapidez das intervenções de manutenção e recuperação. Além disso, as condições climáticas predominantes no território brasileiro favorecem a utilização de revestimentos asfálticos, que apresentam bom desempenho funcional quando corretamente dimensionados e conservados.

Segundo Bernucci *et al.* (2010), outro fator que contribui para a ampla utilização dos pavimentos flexíveis no país refere-se à disponibilidade de materiais pétreos e ligantes asfálticos, além da maior adaptação desse sistema às deformações do subleito e às condições variáveis do tráfego. Entretanto, apesar das vantagens técnicas e econômicas, os pavimentos flexíveis estão sujeitos ao surgimento de manifestações patológicas decorrentes do tráfego intenso, das condições climáticas, da infiltração de água e da ausência de manutenção adequada.

Dessa forma, o conhecimento das características estruturais e funcionais dos pavimentos torna-se essencial para compreensão dos processos de deterioração e para definição das técnicas adequadas de conservação, manutenção e recuperação das vias urbanas e rodovias.

Figura 1: Composição esquemática das camadas de um pavimento asfáltico.



Fonte: LINKEDIN – Guilherme Alves, 2024.

Pavimentos Flexíveis

Os pavimentos constituem estruturas de engenharia projetadas para suportar e distribuir as cargas provenientes do tráfego para o terreno de fundação, proporcionando condições adequadas de segurança, conforto e economia aos usuários. Dentre os diversos tipos de pavimentos empregados na infraestrutura rodoviária e urbana, os pavimentos flexíveis destacam-se por sua ampla utilização no Brasil, principalmente devido à sua viabilidade econômica, facilidade construtiva e capacidade de adaptação às diferentes condições de tráfego e clima.

Segundo Bernucci *et a*l. (2010), os pavimentos flexíveis são estruturas multicamadas compostas por materiais que apresentam comportamento predominantemente elástico quando submetidos às cargas de tráfego. Essas estruturas são dimensionadas de forma que as tensões geradas pelos veículos sejam distribuídas progressivamente para as camadas inferiores, reduzindo os esforços transmitidos ao subleito e garantindo a estabilidade da via ao longo de sua vida útil.

De acordo com Medina e Motta (2015), a principal característica dos pavimentos flexíveis está relacionada à forma como ocorre a distribuição das tensões. Diferentemente dos pavimentos rígidos, que distribuem as cargas por meio da elevada rigidez da placa de concreto, os pavimentos flexíveis distribuem os esforços através da interação entre suas diversas camadas estruturais. Dessa forma, cada camada exerce função específica dentro do sistema, contribuindo para o desempenho global da estrutura.

O comportamento estrutural dos pavimentos flexíveis depende diretamente da qualidade dos materiais empregados, da espessura das camadas, das características do tráfego e das condições ambientais às quais a estrutura está submetida. Segundo Balbo (2007), a eficiência estrutural do pavimento está associada à capacidade de cada camada resistir às tensões e deformações geradas pela repetição das cargas veiculares ao longo do tempo.

A estrutura típica de um pavimento flexível é composta por revestimento, base, sub-base e subleito. Essas camadas atuam de forma integrada, permitindo que as cargas sejam gradualmente dissipadas à medida que se propagam em profundidade. Conforme demonstrado por Senço (2007), as tensões verticais tendem a diminuir progressivamente à medida que atravessam as diferentes camadas do pavimento, reduzindo significativamente os esforços transmitidos ao solo de fundação.

A distribuição de tensões representa um dos princípios fundamentais do dimensionamento dos pavimentos flexíveis. Quando um veículo trafega sobre a superfície do pavimento, a carga aplicada pelos pneus gera tensões concentradas na região de contato. Essas tensões são distribuídas lateralmente pelas camadas superiores, aumentando a área de influência e reduzindo a intensidade dos esforços transmitidos às camadas inferiores. Esse mecanismo permite que o subleito receba tensões compatíveis com sua capacidade de suporte, evitando deformações excessivas e falhas estruturais.

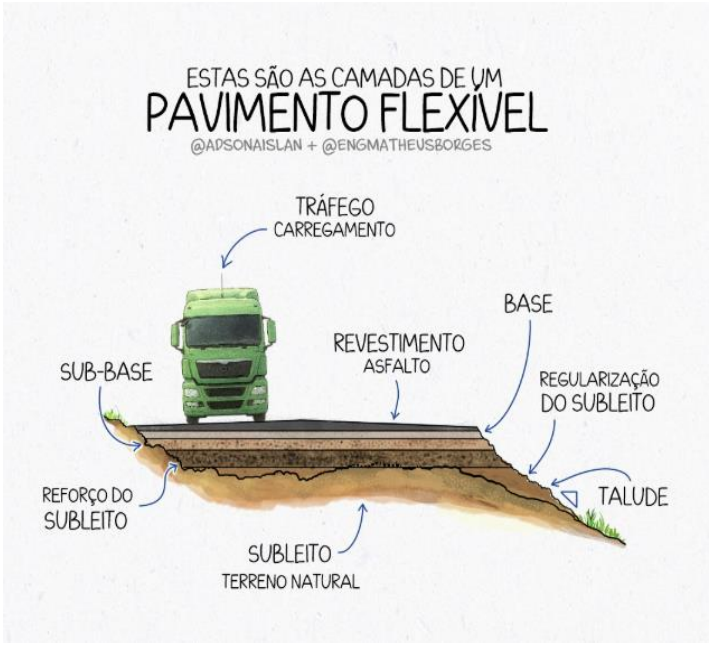
Segundo Medina e Motta (2015), o desempenho estrutural dos pavimentos flexíveis está diretamente relacionado ao controle das deformações permanentes e das tensões de tração desenvolvidas nas camadas asfálticas. O excesso dessas tensões pode resultar em manifestações patológicas como trincamentos por fadiga, afundamentos em trilha de roda e deformações permanentes, comprometendo a funcionalidade da via.

Além da ação do tráfego, fatores ambientais exercem influência significativa sobre o comportamento dos pavimentos flexíveis. A variação de temperatura afeta as propriedades mecânicas dos ligantes asfálticos, enquanto a presença de água pode reduzir a capacidade de suporte das camadas granulares e do subleito. Por esse motivo, os sistemas de drenagem desempenham papel fundamental na preservação do desempenho estrutural do pavimento.

Conforme o Manual de Pavimentação do DNIT, a durabilidade de um pavimento depende não apenas da qualidade dos materiais e do dimensionamento adequado, mas também da execução correta dos serviços construtivos e da realização

periódica de atividades de manutenção. A ausência de conservação preventiva favorece a evolução das manifestações patológicas, reduzindo significativamente a vida útil da estrutura.

Figura 2: Composição esquemática das camadas de um pavimento flexível.



Fonte: INSTAGRAM – Eng Matheus Borges, 2026.

Revestimento Asfáltico

O revestimento corresponde à camada superior do pavimento e constitui a superfície diretamente responsável pelo contato com os veículos. Sua principal função é proporcionar conforto, segurança e regularidade à circulação, além de proteger as camadas inferiores contra a infiltração de água e os efeitos das ações climáticas.

Segundo Bernucci *et al.* (2010), o revestimento asfáltico deve apresentar resistência ao desgaste, capacidade de absorver esforços provenientes do tráfego e aderência adequada para garantir segurança aos usuários. Além disso, essa camada deve contribuir para a impermeabilização da estrutura, reduzindo a penetração de água nas camadas inferiores.

O revestimento é geralmente constituído por misturas asfálticas compostas por agregados minerais e ligantes betuminosos. Entre os revestimentos mais utilizados no Brasil destaca-se o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), amplamente empregado em rodovias e vias urbanas devido ao seu bom desempenho mecânico e operacional.

De acordo com Balbo (2007), o revestimento está sujeito a elevadas tensões de compressão e tração durante a passagem dos veículos. Por essa razão, sua

qualidade influencia diretamente o desempenho funcional e estrutural do pavimento. Deficiências nessa camada podem resultar no surgimento de trincamentos, desagregações, exsudação e outras manifestações patológicas.

Além do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), podem ser empregados revestimentos asfálticos mais simples por penetração, como o Tratamento Superficial Simples (TSS) e o Tratamento Superficial Duplo (TSD). Esses revestimentos resultam da aplicação sucessiva de ligante asfáltico e agregados sobre a base preparada, sendo utilizados principalmente em situações nas quais as condições de tráfego e o projeto permitem soluções de menor espessura. A escolha entre CBUQ, tratamentos superficiais e outras soluções deve considerar volume e composição do tráfego, condições da estrutura existente, clima, disponibilidade de materiais e desempenho esperado ao longo da vida de serviço, conforme discutido por Bernucci et al. (2010) e Senço (2007).

Base

A base constitui a principal camada estrutural do pavimento flexível. Sua função é absorver grande parte das tensões provenientes do tráfego e distribuí-las adequadamente para as camadas inferiores.

Segundo Senço (2007), a base deve possuir elevada capacidade de suporte e resistência mecânica, sendo geralmente composta por materiais granulares, solo estabilizado, brita graduada ou misturas tratadas com ligantes hidráulicos ou betuminosos.

A qualidade da base influencia diretamente a vida útil do pavimento. Problemas relacionados à compactação inadequada, materiais de baixa qualidade ou dimensionamento insuficiente podem resultar em deformações permanentes, recalques e trincamentos por fadiga.

Conforme Medina e Motta (2015), a base desempenha papel fundamental na redução das tensões transmitidas ao subleito, sendo responsável por parcela significativa da capacidade estrutural do pavimento.

Sub-Base

A sub-base corresponde à camada intermediária localizada entre a base e o subleito. Sua utilização ocorre principalmente quando o subleito apresenta capacidade de suporte insuficiente para receber diretamente as tensões transmitidas pela base.

Segundo Bernucci et al. (2010), a principal função da sub-base consiste em complementar a distribuição das tensões e proporcionar suporte adicional à estrutura do pavimento. Além disso, essa camada pode contribuir para melhoria das condições de drenagem e redução dos efeitos da capilaridade.

Os materiais utilizados na sub-base geralmente apresentam qualidade inferior aos empregados na base, porém devem atender aos requisitos mínimos de resistência e durabilidade estabelecidos pelas normas técnicas.

A presença da sub-base possibilita maior eficiência estrutural do pavimento, reduzindo as tensões atuantes sobre o subleito e contribuindo para o aumento da vida útil da estrutura.

Subleito

O subleito corresponde ao terreno de fundação sobre o qual todo o pavimento é construído. Trata-se da camada mais profunda da estrutura e exerce influência decisiva sobre o desempenho global do sistema.

Segundo Medina e Motta (2015), o comportamento do subleito está diretamente relacionado às características geotécnicas do solo, incluindo resistência, deformabilidade, teor de umidade e capacidade de suporte. Solos com baixa capacidade resistente pode exigir tratamentos específicos ou a utilização de camadas adicionais para garantir a estabilidade da estrutura.

De acordo com o DNIT, a avaliação adequada das condições do subleito constitui etapa essencial do projeto de pavimentação, uma vez que falhas nessa camada podem resultar em recalques excessivos, deformações permanentes e redução significativa da vida útil do pavimento.

A capacidade de suporte do subleito é frequentemente avaliada por meio de ensaios geotécnicos, como o Índice de Suporte Califórnia (CBR), amplamente utilizado no dimensionamento de pavimentos flexíveis. Quanto maior a capacidade de suporte do solo de fundação, menores tendem a ser as espessuras necessárias das camadas superiores do pavimento.

Dessa forma, o desempenho estrutural dos pavimentos flexíveis depende da interação entre todas as suas camadas constituintes. O revestimento, a base, a sub-base e o subleito atuam conjuntamente para garantir a adequada distribuição das tensões provenientes do tráfego, assegurando condições satisfatórias de segurança, conforto e durabilidade ao longo da vida útil da via.

Patologias em Pavimentos Asfálticos Flexíveis

Os pavimentos asfálticos são estruturas projetadas para suportar as solicitações provenientes do tráfego e das condições ambientais ao longo de sua vida útil. Entretanto, mesmo quando adequadamente dimensionados e executados, estão sujeitos a processos naturais de deterioração decorrentes da ação contínua das cargas veiculares, das variações climáticas, do envelhecimento dos materiais constituintes e das condições de drenagem existentes.

Trincas em Couro de Jacaré

As trincas em couro de jacaré, também conhecidas como trincas por fadiga, apresentam formato semelhante ao couro de um jacaré, formando malhas interligadas de pequenas fissuras na superfície do revestimento asfáltico. Esse tipo de defeito está diretamente associado à fadiga estrutural provocada pela repetição excessiva das cargas de tráfego, principalmente em vias submetidas à circulação constante de veículos pesados.

De acordo com o DNIT, esse defeito indica comprometimento estrutural significativo do pavimento, geralmente relacionado à insuficiência da capacidade de suporte das camadas estruturais ou do subleito. A infiltração de água e a ausência de manutenção preventiva também contribuem para agravamento da patologia. As trincas em couro de jacaré comprometem severamente a trafegabilidade e favorecem o surgimento de panelas e desagregações. As técnicas de recuperação normalmente envolvem reforço estrutural, fresagem das áreas deterioradas, reciclagem do pavimento ou reconstrução parcial da estrutura comprometida.

Por se tratar de manifestação normalmente associada à fadiga, a simples selagem não é suficiente quando a malha de trincas apresenta evolução significativa. Em áreas localizadas, recomenda-se remover o material deteriorado, verificar as camadas inferiores e executar remendo profundo. Quando a ocorrência é extensa ou acompanhada de perda de capacidade estrutural, podem ser necessários fresagem, reforço estrutural ou reconstrução parcial, conforme o diagnóstico do pavimento. A selagem é indicada apenas para fissuras isoladas ainda sem evidência de falha estrutural.

Figura 3: Trincamento tipo couro de jacaré.



Fonte: Adaptado de DNIT (2003) e Bernucci et al. (2010).

Panelas

As panelas, popularmente conhecidas como buracos, caracterizam-se pela formação de cavidades na superfície do pavimento devido à perda localizada do revestimento asfáltico e, em alguns casos, das camadas inferiores da estrutura. Esse tipo de patologia geralmente resulta da evolução de trincamentos associados à infiltração de água, ação do tráfego intenso e deficiência de manutenção. Segundo Balbo (2007), as panelas representam um dos defeitos mais prejudiciais às condições de segurança e conforto da via, podendo ocasionar acidentes e danos aos veículos. A presença de água no interior das fissuras favorece o desprendimento dos materiais, ampliando progressivamente as dimensões do defeito.

As consequências incluem comprometimento da trafegabilidade, aumento dos custos operacionais dos veículos e aceleração da deterioração estrutural do pavimento. A recuperação das panelas é realizada, geralmente, por meio de operações tapa-buraco ou substituição localizada das camadas comprometidas.

Para manutenção nesse tipo de patologia, a intervenção deve remover o material solto e deteriorado, regularizar a cavidade e recompor as camadas afetadas. Panelas restritas ao revestimento podem receber remendo superficial corretamente compactado; quando o defeito atinge base, sub-base ou apresenta recorrência, recomenda-se remendo profundo, com retirada do material comprometido até uma camada estável, recomposição estrutural e adequada ligação entre o pavimento existente e o material novo.

Figura 4: Panela em pavimento asfáltico.



Fonte: Adaptado de DNIT (2003) e Bernucci et al. (2010).

Afundamento em Trilha de Roda

O afundamento em trilha de roda consiste na formação de depressões longitudinais nas regiões de passagem dos pneus dos veículos, sendo considerado uma deformação permanente do pavimento. Esse defeito ocorre devido à deformação plástica das camadas asfálticas, deficiência da capacidade de suporte do subleito ou compactação inadequada durante a execução da via.

O tráfego intenso de veículos pesados constitui um dos principais fatores relacionados ao surgimento dessa manifestação patológica. Além disso, elevadas temperaturas contribuem para redução da rigidez do revestimento asfáltico, favorecendo deformações permanentes.

As consequências do afundamento incluem desconforto ao rolamento, instabilidade dos veículos e acúmulo de água nas trilhas de roda, aumentando o risco de aquaplanagem. A recuperação normalmente envolve fresagem das áreas deformadas, recomposição do revestimento e reforço estrutural das camadas inferiores.

A solução nesse caso, depende da origem da deformação. Quando a deformação está concentrada no revestimento, a fresagem da faixa afetada e a recomposição com mistura asfáltica de maior estabilidade podem restabelecer a regularidade. Se a deformação decorre de base, sub-base ou subleito, a correção deve alcançar essas camadas e pode exigir reforço estrutural. A confirmação do afundamento requer medição transversal de profundidade, não sendo recomendável definir a intervenção apenas pela fotografia.

Figura 5: Afundamento em trilha de roda.



Fonte: Adaptado de DNIT (2003) e Bernucci et al. (2010).

Exsudação

A exsudação caracteriza-se pelo excesso de ligante asfáltico na superfície do pavimento, conferindo aspecto brilhante e escorregadio à pista. Esse defeito ocorre geralmente em função da aplicação excessiva de ligante betuminoso, baixa quantidade de vazios na mistura asfáltica ou elevadas temperaturas ambientais.

Segundo o DNIT, a exsudação compromete diretamente a aderência entre os pneus e o pavimento, reduzindo a segurança da circulação, especialmente em períodos chuvosos. Além disso, o excesso de ligante favorece o desprendimento de agregados e acelera o desgaste superficial da via.

As medidas corretivas incluem aplicação de agregado fino sobre a superfície, fresagem superficial e, em situações mais severas, substituição do revestimento asfáltico.

A manutenção em manifestações leves, pode-se utilizar agregado de granulometria apropriada para reduzir temporariamente o excesso superficial de ligante e recuperar textura. Em situações mais intensas, recomenda-se fresagem superficial e recomposição do revestimento, corrigindo a dosagem e a estabilidade da mistura para evitar a reincidência do defeito.

Figura 6: Exsudação em pavimento asfáltico.



Fonte: Adaptado de DNIT (2003) e Bernucci *et al.* (2010).

Desagregação

A desagregação consiste na perda progressiva de partículas do revestimento asfáltico, provocando desgaste superficial e redução da integridade estrutural da camada de rolamento. Esse defeito pode ocorrer devido ao envelhecimento do ligante asfáltico, deficiência de compactação, baixa adesividade entre agregado e ligante ou ação da água. Conforme Balbo (2007), a desagregação representa um estágio avançado de deterioração do revestimento, favorecendo infiltrações e o surgimento de outras manifestações patológicas. A perda de agregados reduz a resistência mecânica da superfície e compromete as condições de segurança e conforto da via.

As formas de recuperação incluem aplicação de tratamentos superficiais, micro revestimentos, recapeamento ou substituição das camadas deterioradas, dependendo da severidade do defeito.

Manutenções em áreas iniciais, sem comprometimento estrutural, podem ser tratadas por técnicas de conservação superficial, como microrrevestimento, após correção das causas e preparação da superfície. Quando a perda de material é intensa ou a camada encontra-se deteriorada em profundidade, torna-se necessária a fresagem e recomposição do revestimento. O recapeamento somente deve ser indicado após correção de defeitos localizados e verificação da capacidade da estrutura existente.

Figura 7: Desagregação em pavimento asfáltico.



Fonte: Adaptado de DNIT (2003) e Bernucci et al. (2010).

Remendos

Os remendos correspondem às intervenções executadas para correção localizada de defeitos existentes no pavimento, como panelas, trincamentos e desagregações. Embora sejam considerados procedimentos importantes para manutenção corretiva da via, remendos executados inadequadamente podem comprometer a regularidade da superfície e favorecer o surgimento de novos defeitos.

Segundo o DNIT, a deficiência na execução dos remendos pode provocar desníveis, infiltrações e perda de aderência entre os materiais aplicados e o pavimento existente. Além disso, diferenças de compactação e materiais utilizados podem ocasionar deformações e desgaste prematuro da área recuperada. A recuperação adequada exige remoção total do material deteriorado, limpeza da área, aplicação correta do material asfáltico e compactação eficiente da região reparada.

Os remendos deteriorados, desnivelados ou com falhas nas bordas devem ser removidos e refeitos de modo a eliminar material sem suporte, garantir limpeza, pintura de ligação, espessura adequada e compactação eficiente. Quando a elevada quantidade de remendos revela recorrência generalizada de defeitos, a solução deve deixar de ser apenas pontual e considerar fresagem, regularização e eventual recapeamento do segmento, precedidos pela investigação das causas de base e drenagem.

Figura 8: Remendos em pavimento asfáltico.



Fonte: Adaptado de DNIT (2003) e Bernucci et al. (2010).

Ondulações

As ondulações caracterizam-se por deformações superficiais que formam irregularidades longitudinais ou transversais na pista, comprometendo o conforto e a estabilidade dos veículos durante a circulação. Essas deformações geralmente estão associadas à movimentação plástica das camadas asfálticas sob ação das cargas de tráfego.

As principais causas incluem deficiência de compactação, excesso de ligante asfáltico, baixa estabilidade da mistura e esforços horizontais provenientes de frenagens e acelerações constantes. Esse tipo de defeito é frequentemente observado em cruzamentos, pontos de parada de ônibus e áreas de tráfego intenso.

As consequências envolvem desconforto ao rolamento, instabilidade dos veículos e aceleração do desgaste do pavimento. As técnicas de recuperação incluem fresagem das áreas deformadas e recomposição adequada do revestimento asfáltico.

Ondulações localizadas podem ser corrigidas por fresagem e recomposição do revestimento em espessura suficiente para restabelecer a regularidade. Quando associadas à instabilidade da mistura, deformação plástica ou deficiência das camadas inferiores, a recuperação deve corrigir a origem do problema antes da aplicação do novo revestimento.

Figura 9: Ondulações em pavimento asfáltico.



Fonte: Adaptado de DNIT (2003) e Bernucci et al. (2010).

Escorregamentos

Os escorregamentos consistem no deslocamento da camada superficial do revestimento asfáltico em relação às camadas inferiores do pavimento, formando deformações com aspecto de ondas ou deslocamentos localizados. Esse defeito ocorre principalmente em locais submetidos a elevados esforços horizontais, como curvas, cruzamentos e áreas de frenagem.

Entre as principais causas destacam-se falhas de aderência entre as camadas do pavimento, aplicação inadequada da pintura de ligação, utilização excessiva de ligante asfáltico e deficiência de compactação. Os escorregamentos comprometem a segurança e a estabilidade da circulação, podendo evoluir para trincamentos e desagregações mais severas.

A recuperação geralmente exige remoção da camada deslocada e recomposição adequada do revestimento, garantindo correta aderência entre as camadas estruturais do pavimento.

A correção normalmente exige a retirada da camada que perdeu aderência, limpeza do plano de contato, aplicação adequada da pintura de ligação e recomposição da mistura asfáltica com compactação controlada. Caso a movimentação superficial esteja associada a deformações mais profundas, a intervenção deve incluir as camadas comprometidas e não apenas o revestimento.

Figura 10: Escorregamentos em pavimento asfáltico.



Fonte: Adaptado de DNIT (2003) e Bernucci et al. (2010).

Fatores de Degradação dos Pavimentos Asfálticos

O desempenho dos pavimentos flexíveis ao longo de sua vida útil está diretamente relacionado às condições às quais são submetidos desde sua construção até o término de sua capacidade funcional e estrutural.

Embora os pavimentos sejam dimensionados para suportar determinadas solicitações de tráfego e condições ambientais, diversos fatores podem acelerar seu processo de deterioração, reduzindo significativamente sua durabilidade e comprometendo suas condições de serviço.

Segundo Bernucci et al. (2010), a degradação dos pavimentos é resultado da ação conjunta de fatores mecânicos, ambientais e construtivos. Esses fatores atuam de forma isolada ou combinada, promovendo alterações progressivas nos materiais constituintes da estrutura e favorecendo o surgimento das manifestações patológicas observadas na superfície da via.

De acordo com Medina e Motta (2015), a deterioração dos pavimentos deve ser entendida como um processo contínuo e inevitável, cuja velocidade de evolução depende diretamente das condições de tráfego, clima, drenagem, qualidade dos materiais empregados e eficiência das atividades de manutenção realizadas ao longo da vida útil da estrutura.

Entre os principais fatores responsáveis pela degradação dos pavimentos asfálticos destacam-se o tráfego pesado, as deficiências de drenagem, as condições

climáticas, a ausência de manutenção adequada e as falhas associadas aos processos construtivos.

Influência do Tráfego Pesado

O tráfego constitui um dos principais agentes responsáveis pela deterioração dos pavimentos flexíveis. A passagem contínua dos veículos gera tensões e deformações nas diferentes camadas da estrutura, provocando desgaste progressivo dos materiais e contribuindo para o surgimento de manifestações patológicas.

Segundo Balbo (2007), o dano provocado por um veículo não é proporcional ao seu peso. Pequenos aumentos na carga transportada podem resultar em acréscimos significativos nas tensões transmitidas ao pavimento, acelerando os processos de deterioração estrutural.

A repetição das cargas ao longo do tempo promove o fenômeno da fadiga, caracterizado pelo acúmulo progressivo de danos internos na estrutura do pavimento. Inicialmente, esses danos manifestam-se por meio de microfissuras imperceptíveis, que evoluem gradativamente até originar trincamentos visíveis na superfície.

O tráfego de veículos pesados, especialmente caminhões e ônibus, exerce influência significativa sobre a vida útil dos pavimentos urbanos. Em vias que funcionam como corredores de transporte ou rotas de distribuição de mercadorias, as solicitações impostas à estrutura podem superar aquelas consideradas durante o dimensionamento original, favorecendo o surgimento precoce de defeitos. Além disso, cargas acima dos limites estabelecidos pela legislação provocam aumento expressivo das tensões transmitidas às camadas estruturais, acelerando fenômenos como afundamentos em trilha de roda, deformações permanentes e fadiga do revestimento asfáltico.

No caso da TO-222, objeto deste estudo, a circulação constante de veículos pesados associados às atividades comerciais e logísticas da região representa importante fator de degradação do pavimento.

Deficiência de Drenagem

A água é amplamente reconhecida na literatura técnica como um dos principais agentes de deterioração dos pavimentos flexíveis. Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT, a presença excessiva de água na estrutura compromete significativamente a capacidade de suporte das camadas granulares e do subleito, favorecendo o surgimento de diversas manifestações patológicas.

A eficiência dos sistemas de drenagem é fundamental para garantir a durabilidade dos pavimentos. Quando a água não é adequadamente coletada e conduzida para fora da estrutura, ocorre infiltração através de trincas, juntas ou regiões danificadas do revestimento.

Segundo Medina e Motta (2015), a infiltração reduz a resistência dos materiais granulares e promove aumento das deformações sob ação das cargas de tráfego.

Como consequência, tornam-se mais frequentes problemas como recalques, afundamentos, desagregação e formação de panelas.

Além da infiltração superficial, a água pode atingir o pavimento por meio da elevação do lençol freático ou da ascensão capilar. Nessas situações, ocorre aumento do teor de umidade das camadas inferiores, reduzindo sua capacidade resistente e comprometendo a estabilidade da estrutura.

Outro problema associado à drenagem deficiente refere-se ao acúmulo de água sobre a superfície da pista. Essa condição favorece a ocorrência de aquaplanagem, reduz a aderência pneu-pavimento e aumenta significativamente os riscos de acidentes. Por esse motivo, diversos autores consideram a drenagem um dos elementos mais importantes para a preservação da vida útil dos pavimentos asfálticos.

Influência das Condições Climáticas

Os fatores climáticos exercem influência direta sobre o comportamento mecânico dos materiais que compõem os pavimentos flexíveis. Temperatura, precipitação, radiação solar e variações sazonais afetam continuamente o desempenho estrutural da via.

Segundo Bernucci et al. (2010), os ligantes asfálticos apresentam comportamento termossensível, ou seja, suas propriedades variam em função da temperatura. Em temperaturas elevadas, ocorre redução da rigidez do material, aumentando sua suscetibilidade a deformações permanentes. Já em temperaturas mais baixas, o ligante tende a tornar-se mais rígido e frágil, favorecendo o surgimento de fissuras.

Nas regiões de clima tropical, como o estado do Tocantins, as altas temperaturas podem contribuir para o desenvolvimento de afundamentos em trilha de roda, exsudação e deformações superficiais. O intenso aquecimento da superfície do pavimento reduz a resistência da mistura asfáltica ao cisalhamento, tornando-a mais vulnerável às cargas de tráfego. As precipitações também desempenham papel relevante no processo de degradação. Chuvas intensas favorecem a infiltração de

água nas camadas do pavimento, acelerando processos de deterioração estrutural e reduzindo a capacidade de suporte dos materiais.

Além disso, ciclos sucessivos de umedecimento e secagem promovem alterações volumétricas em determinados tipos de solo, contribuindo para recalques diferenciais e desenvolvimento de fissuras.

Manutenção Inadequada ou Insuficiente

A manutenção constitui um dos principais instrumentos para preservação do desempenho funcional e estrutural dos pavimentos. Segundo Balbo (2007), a ausência de programas adequados de conservação representa uma das principais causas da deterioração precoce das vias urbanas e rodoviárias.

A manutenção preventiva tem como objetivo identificar e corrigir defeitos em seus estágios iniciais, evitando sua evolução para problemas mais complexos e onerosos. Quando essa estratégia não é adotada, pequenas manifestações patológicas podem evoluir rapidamente para falhas estruturais significativas.

Trincas não seladas, por exemplo, tornam-se importantes pontos de infiltração de água. Da mesma forma, pequenas áreas de desagregação podem evoluir para panelas caso não sejam tratadas adequadamente.

Segundo o DNIT, intervenções preventivas apresentam custos significativamente inferiores aos das atividades de reconstrução e restauração estrutural. Portanto, a implementação de programas de gerenciamento de pavimentos constitui medida essencial para otimização dos recursos públicos e ampliação da vida útil da infraestrutura viária.

Falhas Executivas

As falhas executivas correspondem aos erros ocorridos durante as etapas de projeto, construção ou controle tecnológico do pavimento.

Esses problemas podem comprometer significativamente o desempenho estrutural da via desde os primeiros anos de utilização.

Segundo Senço (2007), a qualidade da execução exerce influência direta sobre a durabilidade dos pavimentos. Mesmo estruturas adequadamente dimensionadas podem apresentar desempenho insatisfatório quando os procedimentos construtivos não são executados corretamente.

Entre as principais falhas executivas destacam-se a compactação inadequada das camadas, utilização de materiais fora das especificações, erros na dosagem das misturas asfálticas, espessuras inferiores às previstas em projeto e deficiência nos

sistemas de drenagem. A compactação insuficiente, por exemplo, aumenta o índice de vazios da mistura asfáltica, favorecendo a infiltração de água e reduzindo sua resistência mecânica. Por outro lado, a compactação excessiva pode contribuir para o surgimento de exsudação e deformações permanentes. Problemas relacionados ao controle tecnológico dos materiais também desempenham papel importante na deterioração prematura dos pavimentos. Agregados inadequados, ligantes fora de especificação ou misturas mal dosadas podem comprometer significativamente a capacidade resistente da estrutura.

Dessa forma, a qualidade da execução deve ser considerada um fator determinante para o desempenho dos pavimentos, sendo indispensável a adoção de procedimentos rigorosos de fiscalização e controle durante todas as etapas construtivas.

METODOLOGIA

Caracterização da Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, pois busca gerar conhecimento técnico voltado à solução de um problema real relacionado à deterioração de pavimentos urbanos. Segundo Gil (2008), pesquisas aplicadas possuem como principal finalidade a produção de conhecimentos direcionados à resolução de problemas específicos encontrados na prática profissional.

Quanto aos objetivos, o estudo enquadra-se como pesquisa exploratória e descritiva. A pesquisa exploratória permite maior familiarização com o problema investigado, possibilitando compreender os fatores associados ao surgimento das manifestações patológicas. Já a pesquisa descritiva visa identificar, registrar e analisar as condições observadas no pavimento, descrevendo suas características e seu estado de conservação.

A abordagem adotada é qualiquantitativa. O caráter qualitativo está relacionado à identificação, classificação e interpretação das patologias observadas, enquanto o caráter quantitativo refere-se à estimativa da extensão dos defeitos, frequência de ocorrência e distribuição ao longo do trecho estudado.

A estratégia metodológica utilizada consiste em um estudo de caso, desenvolvido em um trecho específico da TO-222, permitindo avaliação detalhada das condições funcionais do pavimento e proposição de intervenções compatíveis com a realidade local.

Área de Estudo

A área de estudo compreende aproximadamente 3 km do corredor urbano da TO-222, correspondente à Avenida Filadélfia e ao sistema viário paralelo utilizado no segmento entre o Detran e o Residencial Jardins Siena, no município de Araguaína–TO. O trecho foi escolhido por sua relevância para a mobilidade local, pela circulação de veículos leves e pesados e pela recorrência de intervenções e manifestações visíveis no pavimento.

A delimitação do estudo foi estabelecida pelos dois marcos físicos adotados para a pesquisa: o Detran, como ponto inicial, e o Jardins Siena, como ponto final, totalizando aproximadamente 3 km de extensão. Os registros foram organizados pela localização aproximada, pelo setor, pela data e pela documentação fotográfica obtida durante as inspeções de campo.

No segmento analisado, a Avenida Filadélfia e a Rua da Arruda funcionam de forma complementar na operação do tráfego. Desde a alteração viária implantada em 2024, a Rua da Arruda passou a receber o fluxo no sentido Detran–Vila Ribeiro/Jacuba, enquanto a Avenida Filadélfia opera no sentido oposto em parte desse corredor (Araguaína, 2024). Por esse motivo, registros realizados na Rua da Arruda dentro dos limites Detran–Jardins Siena foram considerados parte da avaliação funcional do corredor estudado.

As inspeções de campo abrangeram pontos nos setores e residenciais lindeiros ao corredor, incluindo Santa Terezinha, Patrocínio, Camargo e áreas próximas ao Jardins Siena. A gestão do trecho urbano da TO-222 foi formalmente cedida ao Município de Araguaína em 2025, o que reforça a pertinência do estudo para a gestão municipal da infraestrutura viária (Tocantins, 2025).

Figura 11: Delimitação do trecho de estudo entre o Detran e o Jardins Siena, com aproximadamente 3 km de extensão.



Fonte: Google Earth, 2026.

Procedimentos de Inspeção e Avaliação Funcional do Pavimento

A avaliação funcional dos pavimentos constitui uma das principais ferramentas utilizadas na engenharia rodoviária para determinar as condições de serviço de uma via e subsidiar a tomada de decisões relacionadas à manutenção e restauração.

Diferentemente da avaliação estrutural, que busca identificar a capacidade resistente das camadas do pavimento, a avaliação funcional concentra-se na análise das condições superficiais observadas pelos usuários durante a utilização da via.

Segundo Bernucci et al. (2010), a condição funcional de um pavimento está diretamente relacionada à sua capacidade de proporcionar conforto, segurança e trafegabilidade aos usuários. Dessa forma, a presença de manifestações patológicas, irregularidades superficiais e defeitos estruturais influencia negativamente a qualidade do serviço oferecido pela infraestrutura viária.

A avaliação funcional permite identificar, quantificar e classificar os defeitos presentes na superfície do pavimento, possibilitando a elaboração de diagnósticos técnicos e a definição das intervenções mais adequadas para cada situação. Além disso, constitui importante instrumento para os sistemas de gerenciamento de pavimentos, contribuindo para a priorização de investimentos e otimização dos recursos destinados à manutenção viária.

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), o monitoramento periódico das condições dos pavimentos é essencial para

preservar sua funcionalidade e evitar que defeitos de pequena magnitude evoluam para problemas estruturais mais severos e economicamente mais onerosos.

Nesse contexto, destacam-se os procedimentos estabelecidos pelas normas DNIT 005/2003-TER e DNIT 008/2003-PRO, amplamente utilizadas na avaliação de pavimentos flexíveis em rodovias e vias urbanas brasileiras.

Terminologia dos Defeitos – DNIT 005/2003-TER

A norma DNIT 005/2003-TER estabelece a terminologia oficial utilizada para identificação e classificação dos defeitos observados em pavimentos flexíveis e semirrígidos.

Segundo o DNIT, a padronização da nomenclatura é fundamental para garantir uniformidade nos procedimentos de inspeção, permitindo que diferentes profissionais realizem avaliações utilizando os mesmos critérios técnicos.

A norma descreve detalhadamente as características dos principais defeitos encontrados em pavimentos asfálticos, incluindo trincamentos, afundamentos, panelas, remendos, exsudação, ondulações, escorregamentos e desagregações. Além da definição dos defeitos, a norma fornece orientações para reconhecimento visual das manifestações patológicas, permitindo sua correta identificação durante as inspeções de campo.

Segundo Balbo (2007), a utilização de terminologia padronizada reduz a subjetividade das avaliações e aumenta a confiabilidade dos diagnósticos realizados pelos engenheiros responsáveis pela inspeção. No presente estudo, a classificação das patologias observadas no trecho urbano da TO-222 será realizada com base nos critérios estabelecidos pela DNIT 005/2003-TER, garantindo compatibilidade com os procedimentos técnicos reconhecidos nacionalmente.

Levantamento Visual Contínuo e Adaptação ao Estudo

Entre os métodos mais utilizados para avaliação funcional dos pavimentos destaca-se o Levantamento Visual Contínuo (LVC), regulamentado pela norma DNIT 008/2003-PRO.

Segundo o DNIT, o Levantamento Visual Contínuo consiste em uma inspeção sistemática realizada ao longo da via, com o objetivo de identificar e registrar os defeitos existentes na superfície do pavimento. Trata-se de uma metodologia amplamente empregada devido à sua praticidade, baixo custo operacional e capacidade de fornecer informações relevantes sobre o estado de conservação da infraestrutura viária.

Durante o levantamento, o avaliador percorre o trecho estudado observando as condições superficiais do pavimento e registrando as manifestações patológicas encontradas. As informações coletadas permitem determinar os tipos de defeitos predominantes, sua severidade, extensão e distribuição ao longo da via.

Segundo Bernucci et al. (2010), o Levantamento Visual Contínuo constitui importante ferramenta para identificação precoce de problemas e planejamento de ações de manutenção preventiva.

Além disso, o método possibilita a construção de bancos de dados sobre o desempenho dos pavimentos ao longo do tempo, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento e tomada de decisão. No contexto deste trabalho, o Levantamento Visual Contínuo será utilizado como principal ferramenta de inspeção do trecho estudado da TO-222, permitindo a identificação e classificação das manifestações patológicas presentes na superfície do pavimento.

Classificação dos Defeitos

Após a identificação das manifestações patológicas, torna-se necessário realizar sua classificação técnica. Essa etapa é fundamental para transformar observações visuais em informações capazes de subsidiar análises e decisões de engenharia.

Segundo o DNIT, os defeitos podem ser classificados de acordo com sua natureza, mecanismo de formação, severidade e extensão. A classificação adequada permite compreender não apenas o estado atual do pavimento, mas também os processos de deterioração responsáveis pelo surgimento das patologias observadas.

De acordo com Medina e Motta (2015), defeitos aparentemente semelhantes podem possuir origens completamente distintas, exigindo estratégias de recuperação diferentes. Por essa razão, a correta classificação das manifestações patológicas representa etapa indispensável do diagnóstico técnico.

A identificação do tipo de defeito também permite relacionar as patologias observadas às possíveis causas de degradação, tais como fadiga estrutural, infiltração de água, falhas construtivas ou envelhecimento dos materiais.

Avaliação Qualitativa da Severidade

Para fins deste estudo, a severidade foi utilizada como classificação qualitativa auxiliar para expressar a intensidade aparente de cada ocorrência. Essa classificação não substitui os índices normativos de avaliação do pavimento e foi empregada

apenas para organizar os registros de campo em níveis baixo, médio e alto, conforme a abertura, perda de material, irregularidade observada e impacto funcional aparente.

A avaliação foi realizada de forma comparativa entre os pontos registrados, considerando a progressão do defeito e sua associação com outras manifestações. Defeitos incipientes e isolados foram tratados como de menor severidade; ocorrências com fissuração interligada, perda de material, cavidades abertas ou irregularidade pronunciada foram classificadas em níveis superiores, sempre com indicação de que uma avaliação estrutural específica pode ser necessária.

Balbo (2007) destaca que a magnitude dos defeitos é um parâmetro importante para a definição das estratégias de manutenção e restauração. Neste trabalho, a severidade visual foi analisada em conjunto com extensão, frequência e tipo de manifestação, evitando que a classificação isolada seja interpretada como diagnóstico estrutural definitivo.

Avaliação da Extensão e Quantificação

Além da severidade, a extensão representa outro parâmetro fundamental para avaliação das condições do pavimento. A extensão corresponde à área ou comprimento afetado por determinada manifestação patológica e fornece informações sobre a abrangência do problema ao longo da via.

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT, defeitos localizados geralmente podem ser tratados por intervenções pontuais, enquanto defeitos amplamente distribuídos indicam necessidade de soluções mais abrangentes.

A análise conjunta da severidade e da extensão permite compreender a magnitude dos problemas observados e estabelecer prioridades de intervenção. Por exemplo, uma trinca isolada de baixa severidade apresenta comportamento completamente diferente de um extenso trecho com couro de jacaré de alta severidade, exigindo abordagens distintas de recuperação.

Diagnóstico Funcional

O diagnóstico representa a etapa final da avaliação funcional e consiste na interpretação dos dados coletados durante o levantamento de campo.

Segundo Bernucci et al. (2010), o diagnóstico deve ser realizado de forma integrada, considerando simultaneamente os tipos de defeitos observados, sua severidade, extensão e possíveis causas.

O objetivo dessa etapa é identificar os mecanismos predominantes de deterioração e definir as intervenções mais adequadas para recuperação ou manutenção do pavimento.

De acordo com o DNIT, o diagnóstico adequado constitui requisito fundamental para garantir eficiência técnica e econômica das ações de conservação viária. Intervenções executadas sem diagnóstico preciso frequentemente resultam em desperdício de recursos e reaparecimento precoce dos defeitos.

No presente trabalho, o diagnóstico será desenvolvido a partir dos dados obtidos no Levantamento Visual Contínuo realizado no trecho urbano da TO-222, permitindo identificar as principais manifestações patológicas existentes, avaliar seu nível de comprometimento e propor soluções de recuperação compatíveis com as condições observadas.

Procedimentos de Campo e Registro Fotográfico

A pesquisa de campo foi conduzida como levantamento visual, descritivo e fotográfico, com duas campanhas principais de inspeção, realizadas em 16 de junho e 6 de outubro de 2026. O procedimento consistiu em percorrer o trecho delimitado, observar diretamente a superfície de rolamento e registrar os pontos com alterações de textura, fissuração, perda de material, cavidades, remendos, irregularidades e deformações aparentes.

Os registros fotográficos foram obtidos por dispositivo móvel e preservaram, sempre que disponível, data, horário e identificação aproximada do local. Essa informação permitiu relacionar as imagens aos setores atravessados pelo corredor e comparar ocorrências observadas em diferentes pontos do trecho. O levantamento incluiu tanto a Avenida Filadélfia quanto a Rua da Arruda no segmento em que esta funciona como pista paralela do corredor entre o Detran e o Jardins Siena.

A identificação dos defeitos seguiu a terminologia da DNIT 005/2003-TER e os princípios do Levantamento Visual Contínuo descritos na DNIT 008/2003-PRO. O método foi utilizado de forma adaptada às características acadêmicas e urbanas do estudo: além da identificação do tipo de defeito, foram registrados quantidade quando possível, extensão linear mensurável, associação com reparos anteriores e evidência fotográfica. Não foram executados ensaios destrutivos, deflectométricos ou laboratoriais.

A quantificação incluiu a contagem aproximada dos remendos ao longo dos 3 km, a contagem dos focos de trincamento tipo couro de jacaré no ponto em frente à área onde está sendo construído o Parque Baixa Funda e a medição de ocorrências

lineares quando a extensão pôde ser determinada em campo. Para os demais defeitos, a análise foi predominantemente qualitativa e fotográfica, evitando estimativas numéricas sem medição direta. As informações coletadas foram posteriormente organizadas por patologia e discutidas à luz do referencial técnico e das alternativas de manutenção e recuperação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização Geral e Síntese Quantitativa do Levantamento

O levantamento visual realizado no corredor Detran–Jardins Siena evidenciou um pavimento com histórico intenso de intervenções corretivas e ocorrência simultânea de defeitos de natureza superficial e estrutural aparente. Os registros de junho e outubro de 2026 mostram que os problemas não se concentram em um único ponto, mas aparecem em diferentes segmentos da Avenida Filadélfia e da Rua da Arruda, reforçando a necessidade de analisar o corredor de forma integrada.

A ocorrência mais frequente observada foi a presença de remendos. A contagem de campo indicou aproximadamente 200 reparos, entre pequenos e grandes, distribuídos ao longo dos 3 km analisados. A elevada quantidade demonstra que a manutenção corretiva localizada tem sido recorrente e que parte dos defeitos reaparece junto às bordas ou no interior de áreas anteriormente reparadas.

Além da elevada quantidade de remendos, foi identificado um segmento contínuo com aproximadamente 42 m de desgaste e desagregação superficial acentuados. Também foram contabilizados 10 focos de trincamento tipo couro de jacaré em frente à área onde está sendo construído o Parque Baixa Funda. As panelas ocorreram em pequena quantidade, tendo sido selecionado um registro fotográfico representativo para documentação do defeito. Irregularidades e possíveis movimentos superficiais também foram registrados fotograficamente em diferentes pontos.

A Tabela 1 apresenta os indicadores quantitativos que puderam ser obtidos diretamente no levantamento de campo sem extrapolação dos dados.

Tabela 1: Síntese quantitativa dos principais indicadores obtidos no levantamento de campo.

Indicador	Valor observado	Indicador relativo ao trecho	Interpretação
Remendos	≈ 450 unidades (pequenos e grandes)	Distribuídos ao longo dos 3 km analisados	Alta recorrência de manutenção corretiva localizada.

Desagregação/desgaste contínuo	≈ 42 m medidos	Ocorrência contínua medida em ponto específico	Trecho com perda de textura/material que demanda tratamento específico.
Trincamento tipo couro de jacaré	10 focos contabilizados	Concentrados em frente à área onde está sendo construído o Parque Baixa Funda	Evidência visual compatível com fadiga em setor localizado.
Panelas	Poucas ocorrências	Um registro fotográfico representativo selecionado	Defeito pontual que exige reparo localizado e verificação da causa.

Fonte: Autoria própria, 2026.

Remendos e Deterioração Associada

Os remendos constituíram a manifestação de maior frequência ao longo do trecho. Embora o remendo seja originalmente uma técnica de manutenção, sua presença em grande quantidade torna-se relevante na avaliação funcional, principalmente quando os reparos apresentam diferenças de nível, textura, fissuração nas bordas ou nova perda de material. A estimativa de aproximadamente 200 unidades indica que intervenções pontuais vêm sendo repetidas ao longo do corredor.

Em diferentes registros foi possível observar remendos com contornos irregulares, sobreposição de materiais e trincamento associado. Esse comportamento sugere que, em alguns pontos, a intervenção anterior tratou a manifestação superficial sem eliminar totalmente a causa da deterioração. Conforme discutido no referencial teórico, remendos deteriorados devem ser removidos e refeitos com preparação adequada da área, e a elevada recorrência pode justificar avaliação de soluções mais abrangentes, como fresagem e recapeamento após correção das causas estruturais ou de drenagem.

Figura 12: Remendo localizado com diferença de textura e desgaste nas bordas do reparo.



Fonte: Acervo das autoras, 2026.

Descrição técnica: O registro evidencia intervenção corretiva prévia e descontinuidade entre o material do reparo e o revestimento adjacente, condição que favorece concentração de esforços, infiltração pelas bordas e reaparecimento de defeitos quando a causa original permanece ativa.

Figura 13: Concentração de remendos e irregularidades superficiais no corredor estudado.



Fonte: Acervo das autoras, 2026.

Descrição técnica: O registro evidencia intervenção corretiva prévia e descontinuidade entre o material do reparo e o revestimento adjacente, condição que favorece concentração de esforços, infiltração pelas bordas e reaparecimento de defeitos quando a causa original permanece ativa.

Figura 14: Remendo deteriorado associado a trincamento por fadiga na Rua da Arruda.



Fonte: Acervo das autoras, 2026.

Descrição técnica: Observa-se uma área remendada com fissuras interligadas no interior e nas proximidades do reparo. O padrão é compatível com trincamento por fadiga e indica que a manutenção localizada apresenta deterioração, demandando verificação das camadas inferiores antes de novo reparo.

Figura 15: Remendo longitudinal com fissuração associada na Rua da Arruda.



Fonte: Acervo das autoras, 2026.

Descrição técnica: A faixa reparada apresenta trincas nas bordas e continuidade de fissuração ao longo do sentido transversal da imagem. A associação entre remendo e trincamento sugere perda de desempenho do reparo e possível persistência do mecanismo que originou a intervenção anterior.

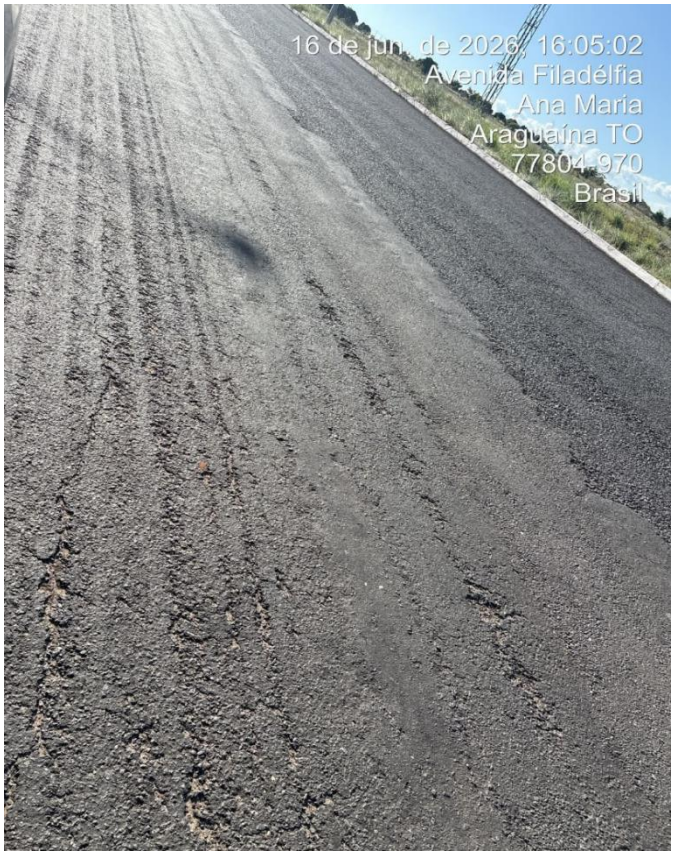
Trincamento Tipo Couro de Jacaré

Durante o levantamento foram contabilizados 10 focos de trincas interligadas formando blocos irregulares, com característica visual compatível com trincamento tipo couro de jacaré, concentrados em frente à área onde está sendo construído o Parque Baixa Funda. Esse padrão é associado à fadiga do revestimento sob repetição de cargas e pode ser agravado por perda de suporte das camadas inferiores ou pela presença de água. A concentração das ocorrências em um mesmo setor indica a necessidade de atenção específica a esse ponto do corredor analisado.

Como a pesquisa possui natureza visual, não é possível afirmar somente pelas fotografias qual camada originou a fadiga. Entretanto, a geometria e a interligação das fissuras justificam classificar esses pontos como prioritários para investigação estrutural. Em áreas localizadas, a recuperação pode exigir remendo profundo;

quando a manifestação se mostra extensa, a solução pode envolver fresagem, reforço ou reconstrução parcial após avaliação da capacidade estrutural.

Figura 16: Fissuração localizada e desgaste do revestimento observados na campanha de junho.



Fonte: Acervo das autoras, 2026.

Descrição técnica: O registro mostra fissuras associadas a superfície envelhecida e perda de material. Ainda que o padrão seja menos desenvolvido que o couro de jacaré observado em outubro, trata-se de ponto suscetível à infiltração e evolução da deterioração.

Figura 17: Trincamento tipo couro de jacaré em faixa de rolamento no Residencial Camargo.



Fonte: Acervo das autoras, 2026.

Descrição técnica: A imagem apresenta rede de trincas interligadas em dois focos, com abertura visível e formação de pequenos blocos. O padrão é compatível com fadiga e apresenta severidade visual de média a alta em pontos localizados.

Figura 18: Parte dos dez focos de trincamento tipo couro de jacaré identificados em frente à área onde está sendo construído o Parque Baixa Funda.



Fonte: Acervo das autoras, 2026.

Descrição técnica: Observam-se diversas áreas fissuradas distribuídas na superfície, representativas dos 10 focos contabilizados no local. A repetição do padrão de trincas interligadas é compatível com fadiga do revestimento e indica necessidade de avaliação da capacidade de suporte, não sendo recomendável limitar a intervenção à selagem superficial.

Panelas e Perda Localizada de Material

Foram observadas poucas ocorrências de panelas e áreas de perda localizada do revestimento ao longo do trecho. Por apresentarem baixa frequência em comparação aos remendos e aos focos de fissuração, foi selecionado um registro fotográfico representativo para documentação dessa patologia. Mesmo pontuais, essas cavidades merecem atenção por favorecerem impactos nos veículos, manobras de desvio e evolução da deterioração quando expostas à ação da água e do tráfego.

As panelas representam risco direto à circulação porque provocam impactos nos veículos e manobras de desvio. A recuperação deve remover o material deteriorado até alcançar superfície estável, corrigir eventuais problemas de base e executar remendo devidamente compactado. A simples aplicação de massa sobre material solto tende a apresentar baixa durabilidade.

Figura 19: Registro fotográfico representativo de panela localizada junto a área remendada e desgastada na Avenida Filadélfia.



Fonte: Acervo das autoras, 2026.

Descrição técnica: O registro selecionado documenta cavidade aberta em área com sinais de manutenção anterior e desgaste superficial. A exposição do material no interior do defeito indica perda localizada do revestimento, sendo recomendável verificar a profundidade e a condição das camadas inferiores antes da recomposição.

Desagregação e Desgaste Superficial

A perda de textura e de agregados foi observada em diferentes pontos, com superfície mais aberta, áspera e visualmente desgastada. Em uma ocorrência no setor Patrocínio, foi medida uma extensão contínua de aproximadamente 42 m. Essa quantificação representa a extensão longitudinal daquela ocorrência específica e não a área total de desagregação do corredor.

A desagregação pode estar associada ao envelhecimento do ligante, ação da água, deficiência de aderência agregado-ligante, compactação inadequada ou desgaste provocado pelo tráfego. Quando a estrutura ainda apresenta capacidade satisfatória e o defeito é superficial, podem ser empregados tratamentos de conservação; em perda de material mais intensa, a fresagem e a recomposição do revestimento tornam-se alternativas mais adequadas.

Figura 20: Desagregação superficial e perda de agregados observadas na campanha de junho.



Fonte: Acervo das autoras, 2026.

Descrição técnica: A superfície apresenta textura aberta e perda de material junto à borda, característica de redução da coesão da mistura. O defeito favorece a infiltração de água e a evolução para cavidades quando não tratado.

Figura 21: Trecho com aproximadamente 42 m de desagregação e desgaste superficial contínuo no setor Patrocínio.

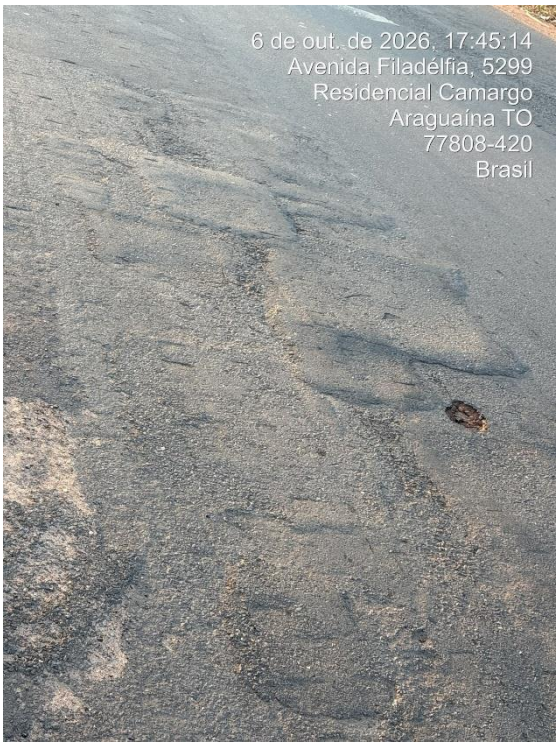


Fonte: Acervo das autoras, 2026.

Descrição técnica: A imagem registra superfície com textura bastante aberta, perda de material e marcas longitudinais de desgaste. A ocorrência foi acompanhada por aproximadamente 42 m, representando 1,4% da extensão longitudinal estudada e

indicando necessidade de tratamento da camada superficial após verificação das causas de deterioração.

Figura 22: Desgaste, desagregação e irregularidade superficial na Avenida Filadélfia, Residencial Camargo.



Fonte: Acervo das autoras, 2026.

Descrição técnica: O revestimento apresenta forte desgaste de textura, fissuração localizada e pequena cavidade com perda de material. O conjunto de sinais indica deterioração superficial avançada em ponto localizado, com possibilidade de evolução para panela caso a perda de material prossiga.

Ondulações, Irregularidades e Indícios de Escorregamento Superficial

As campanhas também registraram irregularidades de nível, marcas de movimentação superficial e deformações em áreas submetidas ao tráfego. Parte dessas ocorrências está associada às transições entre remendos e revestimento antigo, enquanto outras apresentam aspecto ondulado e fissuração que pode ser compatível com movimentação da camada superficial.

No caso dos registros em que a imagem sugere escorregamento, a classificação foi mantida como indício, pois a confirmação dessa patologia exige observar em campo o deslocamento da camada e a perda de aderência entre revestimentos. Assim, a fotografia isolada não foi utilizada para afirmar falha de ligação entre camadas. Para ondulações e defeitos superficiais confirmados, a fresagem e a recomposição podem restabelecer a regularidade; em caso de escorregamento, deve-se também corrigir a aderência entre camadas.

Figura 23: Irregularidades superficiais e remendos com diferença de nível observados em junho.



Fonte: Acervo das autoras, 2026.

Descrição técnica: O registro evidencia perda de uniformidade da superfície. A irregularidade modifica o conforto ao rolamento e pode concentrar esforços dinâmicos, devendo ser analisada em conjunto com o estado dos remendos e das camadas inferiores.

Figura 24: Marcas longitudinais e indícios de deformação superficial na faixa de rolamento.



Fonte: Acervo das autoras, 2026.

Descrição técnica: O registro evidencia perda de uniformidade da superfície. A irregularidade modifica o conforto ao rolamento e pode concentrar esforços dinâmicos, devendo ser analisada em conjunto com o estado dos remendos e das camadas inferiores.

Figura 25: Ondulação e movimentação superficial com indícios de escorregamento no Residencial Camargo.



Fonte: Acervo das autoras, 2026.

Descrição técnica: A superfície apresenta faixa irregular e sinais de movimentação do revestimento. O aspecto é compatível com ondulação e pode indicar escorregamento superficial; entretanto, essa hipótese deve ser confirmada em campo pela verificação de deslocamento relativo e condições de aderência entre camadas.

Discussão Integrada e Implicações para a Recuperação

A leitura conjunta dos registros evidencia que o problema predominante do trecho não é um defeito isolado, mas a coexistência de manutenção corretiva recorrente, fissuração por fadiga, perda de material e irregularidades. A presença de aproximadamente 450 remendos ao longo dos 3 km é particularmente relevante porque revela um padrão de intervenções pontuais sucessivas. Quando a causa estrutural, de drenagem ou de aderência não é eliminada, o reparo tende a apresentar nova deterioração nas bordas ou no próprio material aplicado.

Os 10 focos de couro de jacaré contabilizados em frente à área onde está sendo construído o Parque Baixa Funda apresentam importância técnica por serem compatíveis com fadiga do pavimento e por estarem concentrados em um mesmo setor. Nesses pontos, soluções exclusivamente superficiais podem ter efeito temporário. Recomenda-se que a administração responsável complemente a avaliação visual com verificação estrutural, especialmente onde o trincamento aparece associado a remendos, perda de material ou deformações.

Já as áreas de desagregação e desgaste superficial podem ser tratadas de forma diferenciada conforme a profundidade do dano. O segmento de 42 m medido em

campo merece intervenção contínua em vez de sucessivos reparos pontuais. Se a deterioração estiver restrita ao revestimento e a estrutura apresentar capacidade satisfatória, soluções como fresagem superficial, recomposição e eventual microrrevestimento podem ser consideradas; caso haja perda de suporte, a recuperação deve alcançar as camadas inferiores.

As poucas panelas observadas, embora não constituam a manifestação predominante do trecho, demandam correção por seu impacto direto na segurança e no conforto. O registro fotográfico selecionado evidencia perda localizada do revestimento e reforça a necessidade de remover o material deteriorado e recompor adequadamente a área. Em síntese, os resultados indicam a necessidade de substituir uma lógica exclusivamente reativa por um programa de manutenção baseado em inspeções periódicas, registro das ocorrências e seleção da técnica de recuperação conforme causa, extensão e gravidade do defeito.

CONCLUSÃO

O presente estudo analisou visualmente as condições do pavimento no corredor urbano da TO-222 compreendido entre o Detran e o Jardins Siena, em Araguaína–TO, em um trecho com aproximadamente 3 km de extensão, incluindo a Avenida Filadélfia e, no segmento operacionalmente complementar, a Rua da Arruda.

As duas campanhas de campo permitiram identificar um conjunto de manifestações que evidenciam perda de desempenho funcional e histórico intenso de manutenção corretiva. A ocorrência mais expressiva foi a presença de aproximadamente 450 remendos, pequenos e grandes, distribuídos no trecho. Também foram contabilizados 10 focos de trincamento tipo couro de jacaré em frente à área onde está sendo construído o Parque Baixa Funda. As panelas ocorreram em pequena quantidade e foram representadas por um registro fotográfico selecionado. Além disso, foram documentadas áreas de desagregação, irregularidades e indícios de deformação ou movimentação superficial, incluindo uma faixa contínua de aproximadamente 42 m de desgaste e desagregação acentuados.

Os resultados indicam que intervenções pontuais sucessivas não são suficientes quando a origem do defeito permanece ativa. Remendos deteriorados e fissuração por fadiga justificam avaliação das camadas inferiores e, conforme o diagnóstico, podem demandar remendo profundo, fresagem, reforço ou reconstrução localizada. Panelas devem ser corrigidas com retirada do material comprometido e adequada recomposição, enquanto as áreas de desagregação superficial podem

receber soluções de conservação apenas quando não houver perda de capacidade estrutural.

A pesquisa confirma a utilidade do levantamento visual e fotográfico como ferramenta de triagem e diagnóstico funcional, ao mesmo tempo em que evidencia suas limitações: a identificação visual não substitui ensaios estruturais quando há suspeita de fadiga, perda de suporte ou deformação permanente. Por isso, recomenda-se complementar a inspeção nos pontos críticos com medições e avaliações estruturais antes da definição de obras de maior porte.

Conclui-se que o trecho Detran–Jardins Siena demanda planejamento de manutenção baseado na recorrência e na causa das manifestações observadas, priorizando a correção dos pontos de maior risco e a redução da dependência de reparos exclusivamente paliativos. A sistematização dos dados pode contribuir para a gestão municipal do corredor, para o aumento da vida útil do pavimento e para melhores condições de segurança, conforto e mobilidade aos usuários.

REFERÊNCIAS

ARAGUAÍNA (Município). **Trecho da Avenida Filadélfia em frente aos setores Coimbra, Patrocínio e Jardim das Flores passa a ser mão única.** Araguaína, 16 maio 2024. Disponível em: https://araguaina.to.gov.br/noticias/2024/trecho-da-avenida-filadelfia-em-frente-aos-setores-coimbra-patrocinio-e-jardim-das-flores-passa-a-ser-mao-unica. Acesso em: 6 out. 2026.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica:** materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica:** formação básica para engenheiros. 4. reimpr. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2024.** Brasília, DF: CNT, 2024. Disponível em: https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtual/304af975-0bb6-4632-86ce-b8a36152e9e1.pdf. Acesso em: 20 set. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 005/2003-TER:** defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos: terminologia. Rio de Janeiro: DNIT, 2003. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/terminologia-ter/dnit-005-2003-ter. Acesso em: 20 set. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 007/2003-PRO:** levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semirrígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos: procedimento. Rio de Janeiro: DNIT, 2003. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-

pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro/dnit-007-2003-2013-pro. Acesso em: 21 set. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 008/2003-PRO:** levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos: procedimento. Rio de Janeiro: DNIT, 2003. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro/dnit-008-2003-2013-pro. Acesso em: 20 set. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 009/2003-PRO:** avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos: procedimento. Rio de Janeiro: DNIT, 2003. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro/DNIT_009_2003_PRO. Acesso em: 21 set. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 031/2006-ES:** pavimentos flexíveis: concreto asfáltico: especificação de serviço. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. Disponível em: https://niteroi.rj.gov.br/wp-content/uploads/licitacao/sma/2021/ANEXO%2010F%20-%20DNIT031_2006_ES%20NORMA%20TR%20(1).pdf. Acesso em: 21 set. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 035/2018-ES:** pavimentação asfáltica: microrrevestimento asfáltico: especificação de serviço. Rio de Janeiro: DNIT, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_035_2026_es.pdf. Acesso em: 21 set. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de conservação rodoviária.** 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005. (Publicação IPR-710). Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/710_manual_de_conservacao_rodoviaria.pdf. Acesso em: 21 set. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de pavimentação.** 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. (Publicação IPR-719). Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/publicacao-ipr-719-manual-de-pavimentacao. Acesso em: 20 set. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de restauração de pavimentos asfálticos.** 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. (Publicação IPR-720). Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/720_manual_restauracao_pavimentos_afalticos.pdf. Acesso em: 5 out. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de estudos de tráfego.** Rio de Janeiro: DNIT, 2006. (Publicação IPR-723). Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-

pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/ipr_723_com_incorporacao_errata_1.pdf. Acesso em: 21 set. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de implantação básica de rodovia.** 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2010. (Publicação IPR-742). Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/742_manual_de_implantacao_basica.pdf. Acesso em: 21 set. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de gerência de pavimentos.** Rio de Janeiro: DNIT, 2011. (Publicação IPR-745). Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/745_manual_de_gerencia_de_pavimentos.pdf. Acesso em: 21 set. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Relatório de Gestão 2025.** Brasília, DF: DNIT, 2026. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/acesso-a-informacao/auditoria/relatorio-de-gestao/RelatriodeGesto2025.pdf. Acesso em: 6 out. 2026.

MEDINA, Jacques de; MOTTA, Laura Maria Goretti da. **Mecânica dos pavimentos.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2015.

SÃO PAULO (Estado). Departamento de Estradas de Rodagem. **IP-DE-P00/001:** projeto de pavimentação. São Paulo: DER-SP, 2006. Disponível em: https://dersp.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/normas/IP-DE-P00-001_A.pdf. Acesso em: 21 set. 2026.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação.** v. 1. 2. ed. São Paulo: Pini, 2007.

TOCANTINS. Agência de Transportes, Obras e Infraestrutura. Extrato de Termo de Cessão de Uso: Processo nº 2025/38960/002047; Termo de Cessão de Uso nº 005/2025. **Diário Oficial do Estado do Tocantins**, Palmas, ano XXXVII, n. 6.876, 12 ago. 2025. Disponível em: https://doe.to.gov.br/diario/5489/download. Acesso em: 6 out. 2026.