

## **Relação entre patologias em estruturas viárias e a eficiência do sistema de transporte urbano**

Relationship between road structure pathologies and the efficiency of the urban transport system

Relación entre patologías en estructuras viales y la eficiencia del sistema de transporte urbano

Italo Alves Dos Santos

Sérgio Soares Dos Santos

Acilayne Freitas de Aquino

### **RESUMO**

A presente pesquisa investiga a fundo a correlação entre as patologias observadas nas estruturas viárias e a eficiência real do transporte urbano no país, partindo da premissa de que a integridade do pavimento flexível é o pilar central da mobilidade socioeconômica. O trabalho situa a evolução histórica das estradas e a classificação funcional das vias para demonstrar que a infraestrutura moderna não pode ser vista apenas como um caminho, mas como uma estrutura complexa que deve suportar cargas dinâmicas variáveis e o rigor do clima. O objetivo central deste estudo é analisar de que maneira as deteriorações estruturais e funcionais pesam sobre a segurança viária, a fluidez do tráfego e o próprio desempenho logístico nacional. A abordagem adotada é qualitativa, sustentada por uma revisão bibliográfica criteriosa de obras publicadas entre 2005 e 2024, além de uma análise documental rigorosa baseada nas normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e nos relatórios de campo da Pesquisa CNT de Rodovias. No referencial

teórico, examina-se detalhadamente a função de cada camada constituinte do pavimento — do revestimento asfáltico ao reforço do subleito — bem como a responsabilidade institucional de órgãos como a ANTT e o Ministério dos Transportes. Os resultados indicam que os defeitos mais comuns, como as trincas por fadiga, conseqüentemente as "panelas" e afundamentos plásticos, não são meras fatalidades, mas derivam, em grande parte, de falhas durante a execução, escolha de insumos de baixa qualidade, drenagem deficiente e tráfego acima do limite de projeto. A discussão dos dados revela que uma via degradada impõe um custo invisível, mas altíssimo: reduz a velocidade operacional, eleva o consumo de combustível e acelera o desgaste de componentes veiculares. Do ponto de vista financeiro, prova-se que a cultura do reparo corretivo emergencial — o conhecido "tapa-buraco" — chega a ser quatro vezes mais cara do que uma manutenção preventiva bem planejada. Além do impacto econômico, ressalta-se o risco constante à vida dos usuários e a queda drástica no conforto do transporte coletivo. Como caminhos para a mitigação desses problemas, a pesquisa propõe o fortalecimento da gestão de pavimentos, maior rigor técnico na compactação do solo e a adoção de tecnologias de ponta, como o Ground Penetrating Radar (GPR). Conclui-se, portanto, que a durabilidade viária é essencial para a competitividade do país, exigindo que a gestão pública abandone soluções paliativas em favor de políticas de conservação contínua e planejamento técnico de longo prazo.

**Palavras-chave:** Patologias. Pavimentos Flexíveis. Segurança Viária. Manutenção Preventiva. Infraestrutura Urbana.

## **ABSTRACT**

This research thoroughly investigates the correlation between pathologies observed in road structures and the actual efficiency of urban transportation in the country, based on the premise that the integrity of flexible pavements is a central pillar of socioeconomic mobility. The study contextualizes the historical evolution of highways and the functional classification of roads to demonstrate that modern infrastructure cannot be viewed merely as a pathway, but rather as a complex structure designed to withstand variable dynamic loads and severe climatic conditions. The main objective of this study is to analyze how structural and functional deteriorations impact road safety, traffic flow, and overall national logistics performance. The adopted methodology is qualitative, supported by a rigorous bibliographic

review of works published between 2005 and 2024, as well as a documentary analysis based on the standards established by the National Department of Transport Infrastructure (DNIT) and field reports from the CNT Highway Survey. The theoretical framework examines in detail the role of each pavement layer — from the asphalt surface to the subgrade reinforcement — as well as the institutional responsibilities of agencies such as ANTT and the Ministry of Transport. The results indicate that the most common defects, such as fatigue cracking, potholes, and rutting, are not mere random occurrences, but mainly derive from failures during construction, the use of low-quality materials, deficient drainage systems, and traffic loads exceeding the original design limits. The discussion reveals that degraded roads impose an invisible yet extremely high cost by reducing operational speed, increasing fuel consumption, and accelerating vehicle component wear. From a financial perspective, the study demonstrates that the culture of emergency corrective repairs — commonly known as “patchwork maintenance” — can be up to four times more expensive than properly planned preventive maintenance. In addition to the economic impacts, the study highlights the constant risks to users’ lives and the significant reduction in public transportation comfort. As mitigation measures, the research proposes strengthening pavement management systems, enforcing stricter technical standards for soil compaction, and adopting advanced technologies such as Ground Penetrating Radar (GPR). It is therefore concluded that road durability is essential for the country’s competitiveness, requiring public management to abandon temporary solutions in favor of continuous maintenance policies and long-term technical planning.

**Keywords:** Pathologies. Flexible Pavements. Road Safety. Preventive Maintenance. Urban Infrastructure.

## **RESUMEN**

Esta investigación examina en profundidad la correlación entre las patologías observadas en las estructuras viales y la eficiencia real del transporte urbano en el país, partiendo de la premisa de que la integridad de los pavimentos flexibles constituye un pilar central de la movilidad socioeconómica. El estudio contextualiza la evolución histórica de las carreteras y la clasificación funcional de las vías para demostrar que la infraestructura moderna no puede concebirse únicamente como una ruta de tránsito, sino como una estructura compleja diseñada para soportar cargas dinámicas variables y condiciones climáticas severas. El objetivo

principal de este estudio es analizar de qué manera los deterioros estructurales y funcionales impactan en la seguridad vial, el flujo del tráfico y el desempeño logístico nacional en su conjunto. La metodología adoptada es de carácter cualitativo, respaldada por una rigurosa revisión bibliográfica de obras publicadas entre 2005 y 2024, así como por un análisis documental fundamentado en las normas establecidas por el Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes (DNIT) y en los informes de campo de la Pesquisa CNT de Rodovias. El marco teórico examina en detalle el papel de cada capa del pavimento —desde la superficie asfáltica hasta el refuerzo de la subrasante—, así como las responsabilidades institucionales de organismos como la ANTT y el Ministerio de Transportes. Los resultados indican que los defectos más frecuentes, como el agrietamiento por fatiga, los baches y las roderas, no son meras ocurrencias aleatorias, sino que derivan principalmente de fallas durante la construcción, el uso de materiales de baja calidad, sistemas de drenaje deficientes y cargas de tráfico que superan los límites del diseño original. El análisis revela que las vías deterioradas imponen un costo invisible, aunque extremadamente elevado, al reducir la velocidad operacional, incrementar el consumo de combustible y acelerar el desgaste de los componentes de los vehículos. Desde una perspectiva financiera, el estudio demuestra que la cultura de las reparaciones correctivas de emergencia —comúnmente conocida como "mantenimiento por parches"— puede resultar hasta cuatro veces más costosa que un mantenimiento preventivo debidamente planificado. Además de los impactos económicos, el estudio destaca los riesgos permanentes para la vida de los usuarios y la significativa reducción en el confort del transporte público. Como medidas de mitigación, la investigación propone fortalecer los sistemas de gestión de pavimentos, aplicar normas técnicas más estrictas para la compactación del suelo y adoptar tecnologías avanzadas como el Radar de Penetración Terrestre (GPR). Se concluye, por tanto, que la durabilidad vial es esencial para la competitividad del país, lo que exige que la gestión pública abandone las soluciones temporales en favor de políticas de mantenimiento continuo y planificación técnica a largo plazo.

**Palabras clave:** Patologías. Pavimentos Flexibles. Seguridad Vial. Mantenimiento Preventivo. Infraestructura Urbana.

## 1 INTRODUÇÃO

## **1.1 Tema**

Devido à necessidade de intercâmbio entre as comunidades, seja para a troca de bens, a ocupação de novas terras, ou a busca por comida e água, surgiu o conceito de um meio de transporte mais rápido e confortável para alcançar essas metas. A partir disso, as primeiras estradas 'calçadas' do mundo foram desenvolvidas por volta de 2500 a.C., para uso na construção das pirâmides. Já no século XX, a criação de vias expressas e autoestradas tornou possível aos condutores percorrerem grandes distâncias com mais rapidez entre diferentes regiões, modificando de forma considerável o transporte de passageiros e mercadorias (Júnior, 2021).

De acordo com Mariana Garcia (2021), a classificação funcional das rodovias consiste no processo de agrupá-las em sistemas e categorias, de acordo com os serviços que oferecem e as funções que desempenham. A partir dessas características, estabelecem-se quatro tipos de vias: via rápida, via arterial, via coletora e via local. Considerando o contexto deste trabalho, a análise não será restrita a um único tipo de via, mas voltada para compreender como as patologias em pavimentos podem comprometer a eficiência do sistema de transporte urbano como um todo, afetando desde a fluidez do tráfego até a segurança e o conforto dos usuários.

As deformações no pavimento asfáltico podem desencadear um processo contínuo de deterioração, no qual cada manifestação pode originar novas patologias, ampliando tanto sua evolução quanto sua abrangência (Minhoto, 2005). Diante disso, torna-se fundamental o desenvolvimento de um projeto que considere fatores como dimensão da via, localização geográfica, presença de água, bem como os níveis de aclave e declive, de modo a prevenir manutenções prematuras e evitar danos às edificações situadas ao longo ou nas proximidades da rodovia, incluindo riscos de alagamentos, intensificação das vibrações e aumento da poluição sonora.

## **1.2 Problemática**

O crescimento urbano desordenado, aliado à crescente demanda por transporte, tem intensificado o desgaste das vias urbanas, resultando no surgimento de diversas patologias nos pavimentos. Esses problemas, quando não identificados e corrigidos de forma adequada, comprometem diretamente a qualidade da infraestrutura viária, refletindo em custos de manutenção mais elevados, redução da vida útil do pavimento e impactos negativos na mobilidade.

Além disso, observa-se um avanço institucional na disponibilização de informações sobre a infraestrutura viária brasileira. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) tem ampliado o acesso a dados públicos por meio de sua plataforma de dados abertos, permitindo maior transparência e apoio a estudos técnicos na área de transportes. Esses dados incluem informações sobre condições de rodovias, manutenção e gestão da malha viária, contribuindo para análises mais fundamentadas acerca das patologias em pavimentos e seus impactos no desempenho do sistema de transporte.

Entretanto, apesar da disponibilidade dessas informações, ainda se observa uma significativa incidência de defeitos estruturais nas vias urbanas brasileiras, evidenciando a necessidade de estudos que integrem esses dados à análise técnica das condições reais da infraestrutura.

### **1.3 Proposições**

As propostas de resposta para essa questão são: P1: erros na construção e no uso dos pavimentos criam problemas que diminuem o rendimento do transporte; P2: a escolha de materiais impróprios na obra causa defeitos que prejudicam a qualidade e o funcionamento das estradas.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Geral**

Analisar a relação entre as patologias em pavimentos e a eficiência do sistema de transporte urbano, analisando de que forma tais deteriorações influenciam a segurança, a mobilidade e o desempenho da infraestrutura brasileira.

#### **1.4.2 Específicos**

- Identificar os principais tipos de patologias que ocorrem em pavimentos flexíveis urbanos.
- Descrever os impactos das patologias na eficiência do transporte urbano, especialmente em relação à fluidez do tráfego.
- Elucidar a segurança dos usuários e ao conforto da circulação, frente a manutenção das vias.

- Propor soluções que reduzem os impactos na mobilidade em decorrência dessas patologias.

## **1.5 Justificativa**

As estradas das cidades têm um grande volume de tráfego, movendo tanto pessoas quanto produtos em veículos de vários pesos, o que torna a operação complexa. Por isso, este estudo é importante do ponto de vista teórico, já que investiga os problemas nos pavimentos urbanos e como eles afetam a eficiência do transporte, levando em conta a complexidade e a função crucial dessas vias no ambiente da cidade (BERNUCCI, 2008; CNT, 2024).

A compreensão das origens de problemas nos pavimentos das cidades é crucial para a engenharia civil. Por isso, estudar essas falhas é essencial para assegurar a eficiência, a segurança e a vida útil das vias. Esse conhecimento também ajuda a direcionar a criação de novas tecnologias e materiais para a construção e conservação dessas infraestruturas de transporte que são tão vitais (BALBO, 2017; ALVES; FERNANDES; BERTEQUINI, 2018).

A relevância deste estudo também se justifica pela crescente disponibilidade de dados públicos sobre a infraestrutura de transportes no Brasil, especialmente por meio das iniciativas de transparência do DNIT. A utilização desses dados permite ampliar a compreensão dos problemas estruturais das vias e contribuir para a formulação de soluções mais eficientes, baseadas em evidências técnicas e dados reais (DNIT, 2020; CNT, 2024).

Este estudo tem justificativa social, pois demonstra benefícios como o aumento da segurança e um impulso econômico, facilitados por rotas que suportam veículos grandes para o transporte de cargas. Adicionalmente, o percurso mais suave traz mais conforto e causa menos danos aos automóveis, o que diminui a procura por serviços de manutenção tanto imediata quanto futura (GOMES; SILVA JÚNIOR, 2019; GARCIA, 2021).

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

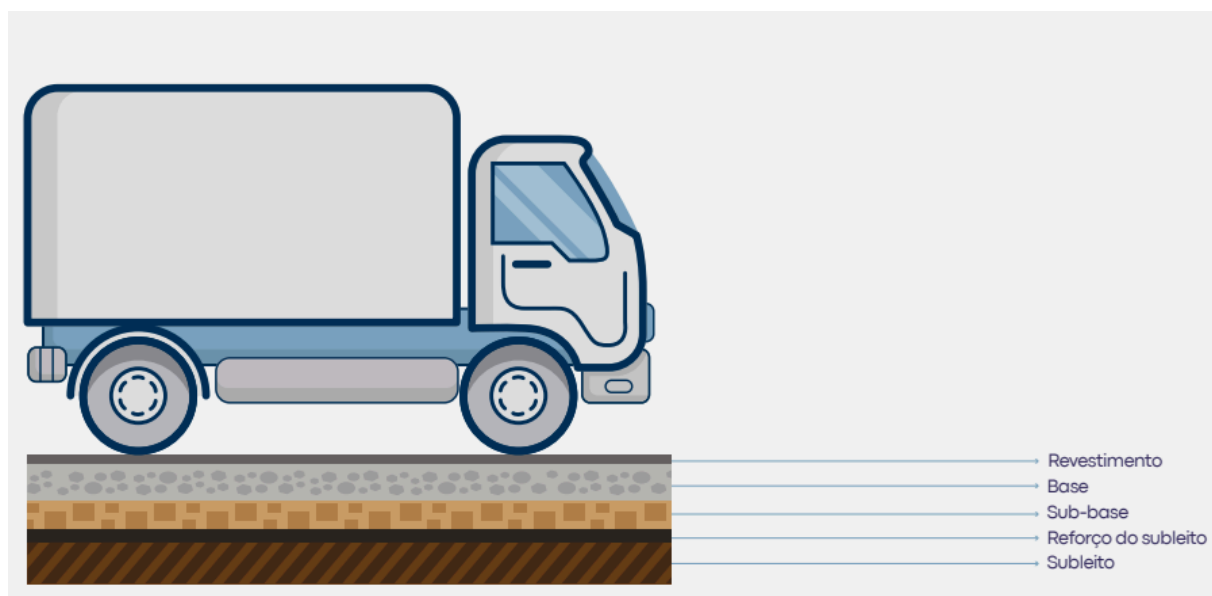
### **2.1 Estruturas Viárias**

De modo geral, as estruturas viárias são projetadas para suportar cargas estáticas e dinâmicas, resistir às ações climáticas e minimizar os processos de degradação ao longo do tempo. Conforme Alves, Fernandes e Bertequini (2018), o sistema de pavimentação é

composto por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito, cada uma desempenhando funções específicas na distribuição de cargas e na durabilidade da via. Essa estrutura é ilustrada na Figura 1, que apresenta a composição típica de um pavimento flexível, conforme descrito na Pesquisa CNT de Rodovias (2024).

A ocorrência de patologias em pavimentos — como fissuras, buracos e deformações — não deve ser compreendida como um fenômeno isolado, mas como indicativo de falhas associadas às etapas de projeto, execução ou manutenção da infraestrutura viária. Nesse contexto, a Pesquisa CNT de Rodovias (2024) evidencia a recorrência de deficiências na malha rodoviária brasileira, apontando limitações no monitoramento e na gestão das condições das vias, o que representa um desafio significativo para os órgãos responsáveis. Dessa forma, a identificação precoce dessas anomalias e a adoção de medidas corretivas e preventivas tornam-se fundamentais para evitar a deterioração progressiva do pavimento, reduzir custos de manutenção e assegurar a funcionalidade e a segurança do sistema de transporte a longo prazo.

**Figura 1** - Camadas de uma Estrutura Viária com revestimento asfáltico.



Fonte: CNT (2024).

A seleção de materiais corretos, a execução cuidadosa e a manutenção regular dessas camadas são vitais para evitar o aparecimento de problemas, assegurando que o pavimento continue a funcionar de maneira eficaz. Em áreas urbanas, a condição dessas estruturas afeta

diretamente a circulação, a segurança no trânsito e o fluxo do transporte de pessoas e produtos.

## **2.2 Instituições e gestão da infraestrutura viária no Brasil**

A gestão da infraestrutura viária no Brasil envolve a atuação de diferentes instituições responsáveis pelo planejamento, execução, regulação e monitoramento das condições das rodovias. Dentre os principais órgãos, destaca-se o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), responsável pela administração, manutenção e ampliação da malha rodoviária federal, além da elaboração de normas técnicas que orientam a avaliação e conservação dos pavimentos. Em nível estratégico, o Ministério dos Transportes atua na formulação de políticas públicas e diretrizes para o setor, orientando os investimentos e a gestão da infraestrutura de transporte no país.

No âmbito da regulação, a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) desempenha papel relevante na fiscalização e no acompanhamento das rodovias concedidas à iniciativa privada, contribuindo para a manutenção dos padrões de qualidade e desempenho das vias. Já na esfera da segurança viária, a Polícia Rodoviária Federal (PRF) atua no monitoramento das condições de tráfego e no atendimento a ocorrências, sendo seus registros importantes indicadores indiretos das condições do pavimento.

No campo da análise e diagnóstico das condições das rodovias, a Confederação Nacional do Transporte (CNT) destaca-se pela realização de estudos periódicos, como a Pesquisa CNT de Rodovias, que avalia aspectos relacionados ao pavimento, sinalização e geometria das vias. Esses levantamentos fornecem dados relevantes sobre o estado de conservação da infraestrutura viária brasileira, subsidiando análises técnicas e a formulação de políticas públicas. A organização das instituições responsáveis pela gestão da infraestrutura viária no Brasil pode ser compreendida por meio do organograma apresentado na Figura 2.

**Figura 2:** Organograma das instituições responsáveis pela infraestrutura viária no Brasil.



Fonte: Próprio autor (2026).

Além disso, iniciativas recentes de transparência, como a disponibilização de dados abertos pelo DNIT, têm ampliado o acesso a informações sobre a malha rodoviária, permitindo maior integração entre dados institucionais e pesquisas acadêmicas. Em complemento, os órgãos estaduais e municipais, como os Departamentos de Estradas de Rodagem (DERs) e as prefeituras, desempenham papel fundamental na gestão das vias urbanas, ampliando o escopo da análise para além da malha federal.

Dessa forma, a compreensão do papel dessas instituições é fundamental para a análise das patologias em pavimentos, uma vez que suas diretrizes, dados e práticas de gestão influenciam diretamente a qualidade, a durabilidade e o desempenho das vias urbanas e rodoviárias.

## 2.3 Pavimentação/Camada de Revestimento

A pavimentação, também conhecida como camada de revestimento, é uma cobertura que recobre a estrada e é crucial para a locomoção e a segurança das vias. Conforme Fernandes (2019), a pavimentação é uma estrutura complexa que suporta diferentes cargas, o atrito contínuo e as condições do tempo. Ela oferece mais conforto, estabilidade e segurança

para quem usa as estradas. Há diversos tipos de pavimentação, que mudam dependendo da capacidade de peso, do fluxo de veículos, da posição geográfica, do clima, dos percursos e dos serviços.

Ao escolher os materiais para pavimentação, é fundamental levar em conta diversas qualidades, como o formato, a densidade, o tamanho das partículas, a capacidade de absorção de água, a massa específica, a vida útil e a resistência. As informações obtidas em testes de laboratório são usadas em grande escala na indústria para fabricar esses materiais. Conforme o Balbo (2017), a resistência à tração e à flexão são propriedades cruciais na seleção do material de pavimentação, pois elas garantem que ele suporte as pressões causadas pelo tráfego.

Existem diversos tipos de revestimentos para rodovias, sendo o pavimento flexível o mais utilizado no Brasil. Ele é composto por camadas asfálticas projetadas para se deformar sob o peso do tráfego, garantindo uma superfície de rolamento mais suave e com boa aderência. De acordo com Silva, Oliveira (2021), apesar de sua durabilidade ser inferior à do pavimento rígido, sua eficiência e custo-benefício o tornam a escolha preferida para a maioria das vias. O pavimento flexível também oferece a vantagem de ter uma manutenção relativamente mais simples, permitindo reparos localizados sem a necessidade de intervenções em grandes áreas da estrada. Por essas características, ele se tornou fundamental para a infraestrutura de transporte nacional.

O pavimento rígido, feito de concreto, é ideal para o tráfego de veículos pesados por sua alta durabilidade e capacidade de suportar grandes cargas. Por sua vez, o pavimento semirrígido combina a robustez do concreto com a superfície mais suave do asfalto, unindo a rigidez estrutural à melhoria no conforto de rolamento. A decisão sobre qual tipo de pavimento usar não é simples; ela deve levar em conta vários fatores, como a intensidade do tráfego, o clima, as condições do solo, os custos de manutenção e a viabilidade econômica em longo prazo, conforme orienta o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT) (2020).

## **2.4 Patologia em Pavimentos Flexíveis**

As falhas nos pavimentos podem se manifestar de diversas maneiras, como fissuras, buracos, deformações, afundamentos e desagregação, cada uma com características próprias de causa e progressão. Identificar esses problemas logo no início é fundamental para impedir

que pequenas deteriorações se tornem danos graves, que prejudicam a fluidez, a segurança e o conforto do tráfego.

A maior parte das estradas brasileiras é construída com pavimentos flexíveis, que se caracterizam por apresentarem maior deformidade elástica quando submetidos às cargas do tráfego. Essa flexibilidade, embora permita certa adaptação às variações de carga, também contribui para uma menor vida útil da estrutura viária. Como resultado, esses pavimentos exigem intervenções mais frequentes ao longo do tempo. De acordo com Gomes (2019), esse tipo de pavimento demanda maior atenção durante a fase de execução, além de cuidados constantes com a manutenção preventiva e corretiva.

A escolha adequada dos materiais, a compactação eficiente das camadas e o controle da drenagem são fatores essenciais para prolongar sua durabilidade. Em regiões com clima tropical e tráfego intenso, como no Brasil, esses desafios se tornam ainda mais evidentes. Por isso, o planejamento técnico e a fiscalização rigorosa são indispensáveis para garantir o desempenho esperado da infraestrutura rodoviária.

Conforme destacado por Alves, Fernandes e Bertequini (2018), as falhas em pavimentos flexíveis podem ter origem tanto funcional quanto estrutural. As de caráter funcional comprometem a qualidade do serviço prestado pelo pavimento, resultando em um desempenho insatisfatório de sua função, isto é, dificultam as condições de rolamento e reduzem o conforto dos usuários. Já as de natureza estrutural provocam deslocamentos verticais na superfície quando submetidas a determinado tipo de carregamento. As patologias que mais surgem em pavimentos flexíveis são: panelas ou buracos, trincas e fissuras, afundamentos e ondulações.

### **2.4.1 Trincas e fissuras**

As trincas em pavimentos asfálticos são importantes indicadores de degradação estrutural e funcional, surgindo por fadiga do material, variações térmicas, tráfego intenso ou falhas na base. Elas comprometem a impermeabilidade do revestimento, aceleram a deterioração e reduzem conforto e segurança, podendo evoluir para defeitos mais graves. A Figura 4 mostra os tipos de trinca ou retratação e sua diferenciação. Segundo Bernucci (2008), as trincas são o início de um processo de degradação que, se não tratado, compromete toda a estrutura do pavimento.

Entre os principais tipos estão as longitudinais, transversais, em bloco e por reflexão, cada qual associada a diferentes causas. Longitudinais decorrem de falhas na compactação ou

da base; transversais, de retração térmica; e em bloco, do envelhecimento do ligante asfáltico. O monitoramento contínuo, aliado a tecnologias como o GPR (Ground Penetrating Radar) e à manutenção preventiva, contribui para reduzir custos futuros.

**Figura 3:** Patologia tipo Trincas e de Retratação



**Fonte:** InovaCivil.com (2019)

#### 2.4.2 Painelas/Buracos

Os buracos, também conhecidos como painelas, correspondem a cavidades no revestimento asfáltico, conforme representado na Figura 4, que podem ou não alcançar as camadas inferiores. Suas origens são diversas, podendo decorrer do agravamento de trincas devido à ação das intempéries e do tráfego intenso, de falhas construtivas relacionadas tanto à compactação quanto à aplicação da imprimação, ou ainda da falta de aderência entre as camadas, o que resulta em seu deslocamento (Bernucci, 2008).

**Figura 4:** Painelas ou Buracos



Fonte: Jornal defato.com (RN, 2018)

Essa patologia é a mais comum que ocorre nesse tipo de pavimento e a que mais causa danos aos diferentes tipos de veículos. Normalmente o tipo de tratamento dessa patologia é a aplicação de uma nova camada que cobrirá o buraco, comumente conhecido como “tapa-buraco”.

### 2.4.3 Afundamentos e Ondulações

Os rebaixamentos (ou afundamentos), conforme mostra na Fig. 5, representam defeitos estruturais provocados por deformações irreversíveis na camada asfáltica ou nas estruturas de base do pavimento. Eles podem ser divididos em rebaixamentos plásticos, causados pela fluência de uma ou mais camadas do sistema viário, frequentemente associados ao levantamento lateral (como forma de compensação de volume); ou em rebaixamentos por compactação, identificados pela formação de depressões na superfície sem que haja deslocamento lateral.

**Figura 5:** Afundamento local



Fonte: SigaMais.com (2024)

A ocorrência de afundamentos está diretamente ligada à qualidade dos materiais utilizados e à eficiência do processo construtivo. Estudos mostram que a falta de controle na compactação das camadas pode acelerar o surgimento desses defeitos. Segundo Bernucci (2008), “a durabilidade do pavimento está fortemente relacionada à uniformidade da estrutura e à resistência das camadas de suporte”, o que reforça a importância de uma execução criteriosa para evitar deformações permanentes.

## **2.5 Normas Técnicas de Avaliação de Pavimentos**

A avaliação das condições dos pavimentos no Brasil segue diretrizes técnicas consolidadas por órgãos especializados e estudos de abrangência nacional. Nesse contexto, destaca-se a Pesquisa CNT de Rodovias (2024), que adota metodologias baseadas em normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e em práticas consolidadas da engenharia de transportes.

Essas normas estabelecem critérios padronizados para identificação, classificação e avaliação das patologias em pavimentos, permitindo uma análise consistente das condições da malha viária brasileira. Entre os principais documentos normativos utilizados, destacam-se aqueles voltados à terminologia, avaliação objetiva e subjetiva da superfície e levantamento visual contínuo, conforme apresentado no Quadro 1.

**Quadro 1** – Normas técnicas utilizadas para avaliação de pavimentos flexíveis.

Norma	Tipo	Descrição
DNIT 005/2003 – TER	Terminologia	Define os termos e classificações dos defeitos em pavimentos flexíveis e semirrígidos.
DNIT 006/2003 – PRO	Procedimento	Estabelece critérios para avaliação objetiva da superfície dos pavimentos.
DNIT 007/2003 – PRO	Procedimento	Trata da avaliação da condição de superfície de rodovias.
DNIT 008/2003 – PRO	Procedimento	Define o levantamento visual contínuo para análise de pavimentos.
DNIT 009/2003 – PRO	Procedimento	Avaliação subjetiva com base no Valor de Serventia Atual (VSA).

Fonte: Adaptado de Pesquisa CNT de Rodovias (2024).

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como de natureza qualitativa, o qual, conforme Nascimento (2016), fundamenta-se na interpretação de dados não numéricos, tais como relatórios técnicos, estudos de caso e registros observacionais, com o intuito de compreender, de forma aprofundada, a natureza das manifestações patológicas em pavimentos urbanos e sua influência na eficiência do sistema de transporte. Essa abordagem utiliza instrumentos como a análise de conteúdo e a observação sistemática, possibilitando a interpretação das relações complexas entre os fenômenos investigados e a realização de uma avaliação técnica dos impactos das deformações viárias sobre a mobilidade e o desempenho do tráfego.

O objetivo central deste estudo consiste em descrever e analisar de que maneira diferentes tipos de patologias — como trincas, buracos e afundamentos — influenciam o comportamento estrutural e funcional das vias urbanas, comprometendo aspectos como conforto, segurança e durabilidade do sistema de transporte. Para atingir esse objetivo, adotou-se uma metodologia que integra procedimentos de pesquisa documental, revisão bibliográfica e análise técnica de casos práticos em vias urbanas brasileiras, permitindo uma compreensão articulada entre os fundamentos teóricos e as evidências empíricas.

A revisão bibliográfica foi realizada por meio de buscas sistemáticas em bases de dados científicas, com destaque para o Google Acadêmico, utilizando a palavra-chave “pavimentos flexíveis”. A busca, delimitada ao período de 2005 a 2024, resultou em aproximadamente 15.700 publicações, evidenciando a relevância e a amplitude do tema na

literatura científica. Como critérios de seleção, priorizaram-se artigos científicos, dissertações, teses e normas técnicas diretamente relacionadas às patologias em pavimentos e ao desempenho de vias urbanas. Foram excluídos estudos que não apresentavam aderência ao objeto de investigação ou que não possuíam fundamentação técnica consistente. Esse procedimento possibilitou a construção de um referencial teórico sólido e alinhado aos objetivos da pesquisa.

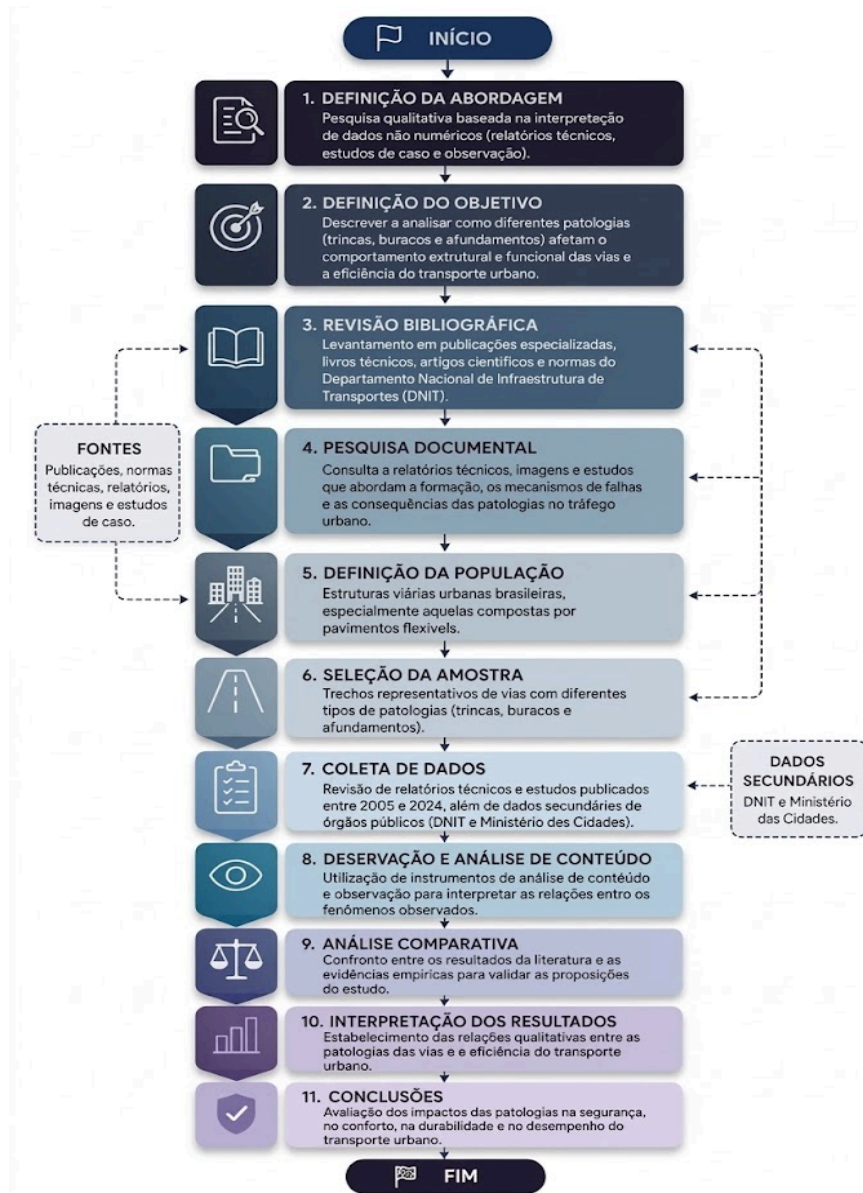
Paralelamente, a pesquisa documental foi conduzida com base em publicações especializadas, livros técnicos, normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), além de relatórios técnicos e registros imagéticos que ilustram as principais patologias e suas consequências no tráfego urbano. O levantamento desses dados teve como finalidade identificar padrões recorrentes de deterioração e estabelecer correlações entre as causas construtivas e o desempenho operacional das vias.

A população de referência da pesquisa compreende as estruturas viárias urbanas brasileiras, com ênfase em pavimentos flexíveis, amplamente empregados em cidades de médio e grande porte. A amostra analítica foi composta por trechos representativos de vias que apresentam diferentes tipos de patologias, permitindo analisar como a intensidade e a natureza dos defeitos interferem no fluxo de veículos e na eficiência do transporte. A seleção da amostra justifica-se pela relevância prática e pela elevada incidência dessas manifestações no contexto urbano nacional.

A coleta de dados foi realizada por meio da análise de estudos e relatórios técnicos publicados no período de 2005 a 2024, complementada por dados secundários provenientes de órgãos públicos, como o DNIT e o Ministério das Cidades. A etapa de análise envolveu a aplicação de técnicas de análise de conteúdo e comparação entre os dados obtidos na literatura e as evidências empíricas, permitindo a validação das proposições estabelecidas no início da pesquisa.

O procedimento metodológico adotado neste estudo está sintetizado na Figura 6, a qual apresenta, em forma de fluxograma, as etapas sequenciais da pesquisa, desde a definição da abordagem até a interpretação dos resultados. Essa representação gráfica contribui para a compreensão da estrutura lógica da investigação e evidencia a integração entre as etapas teóricas e analíticas do estudo.

**Figura 6:** Fluxograma da metodologia de pesquisa.



Fonte: Próprio autor (2026).

Dessa forma, a metodologia empregada possibilita estabelecer relações qualitativas entre as patologias das estruturas viárias e a eficiência do transporte urbano, assegurando uma análise fundamentada tanto em critérios técnicos quanto em evidências observadas na realidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Identificação das principais patologias em pavimentos urbanos

A análise dos estudos levantados demonstra que as patologias mais recorrentes em pavimentos urbanos brasileiros são as panelas ou buracos, as trincas e fissuras e os afundamentos e ondulações. Essas manifestações patológicas representam os sintomas mais visíveis da deterioração funcional e estrutural das vias, sendo causadas, na maioria das vezes, por falhas construtivas, uso de materiais inadequados, ausência de drenagem eficiente e sobrecarga de tráfego.

Conforme Bernucci (2008), os buracos surgem, em geral, pela evolução de trincas e pela infiltração de água nas camadas inferiores do pavimento, o que causa a perda de aderência entre as camadas e o conseqüente deslocamento do material asfáltico. As trincas e fissuras, segundo o mesmo autor, são indicadores iniciais de degradação estrutural, manifestando-se devido à fadiga do material, variações térmicas e à repetição de cargas. Já os afundamentos e ondulações têm origem principalmente na deficiência de compactação e no uso de materiais com baixa resistência, provocando deformações plásticas e permanentes.

Esses resultados confirmam as proposições apresentadas no início do trabalho, uma vez que tanto erros na execução e uso das vias quanto a seleção inadequada de materiais estão diretamente ligados à ocorrência de defeitos que comprometem o desempenho da infraestrutura viária.

## **4.2 Impactos das patologias na eficiência do transporte urbano**

Os dados apresentados pela CNT evidenciam a criticidade das condições da malha viária brasileira e reforçam os resultados obtidos nesta pesquisa. De acordo com a Pesquisa CNT de Rodovias (2024), aproximadamente 66% das rodovias avaliadas no Brasil apresentam algum tipo de deficiência, sendo classificadas como regulares, ruins ou péssimas. Esse cenário demonstra que a maior parte da infraestrutura rodoviária nacional não atende plenamente aos padrões adequados de qualidade, o que impacta diretamente a eficiência do transporte, corroborando a análise qualitativa realizada neste estudo sobre a influência das patologias no desempenho das vias urbanas.

No que se refere especificamente ao pavimento, a pesquisa aponta que uma parcela significativa das rodovias apresenta problemas relacionados à superfície de rolamento, como desgaste, trincas e deformações. Esses dados confirmam que as patologias identificadas — como buracos, fissuras e afundamentos — não são casos isolados, mas sim manifestações recorrentes em nível nacional. Dessa forma, os resultados obtidos nesta pesquisa estão alinhados com o diagnóstico apresentado pela CNT (2024), evidenciando que a degradação

dos pavimentos compromete não apenas a durabilidade das vias, mas também a segurança, o conforto dos usuários e os custos operacionais do sistema de transporte.

A eficiência do sistema de transporte urbano está intimamente relacionada ao estado de conservação das vias que o compõem. A presença de patologias em pavimentos flexíveis, como trincas, buracos, ondulações e afundamentos, afeta diretamente o desempenho da malha viária, interferindo na fluidez do tráfego, na segurança dos usuários e no conforto das operações de transporte. Esses problemas estruturais, quando não identificados e corrigidos de forma adequada, comprometem o funcionamento do sistema como um todo, resultando em prejuízos técnicos, econômicos e sociais para as cidades.

Do ponto de vista operacional, a ocorrência de irregularidades no pavimento reduz a velocidade média dos veículos, aumenta o tempo de deslocamento e provoca congestionamentos, especialmente em vias com grande fluxo. Em áreas urbanas, onde o transporte é essencial para o deslocamento diário da população e para a logística de abastecimento, essas interrupções afetam significativamente a produtividade e a eficiência do tráfego. Segundo o DNIT (2020), a perda de regularidade superficial do pavimento pode reduzir a capacidade de escoamento de uma via, dependendo do grau de deterioração. Assim, cada anomalia física no pavimento se reflete em um obstáculo real à mobilidade urbana.

Sob a perspectiva econômica, a má conservação das vias resulta em custos adicionais para todos os agentes envolvidos. Motoristas e empresas de transporte enfrentam aumento no consumo de combustível e maior desgaste de pneus, eixos e suspensões, o que eleva os gastos com manutenção veicular. Esses custos, somados ao tempo perdido em congestionamentos, reduzem a produtividade das atividades urbanas e o desempenho logístico. Em escala macroeconômica, a deterioração da infraestrutura viária impacta o transporte de mercadorias, o preço final dos produtos e a competitividade das empresas, especialmente aquelas que dependem do transporte terrestre como principal modal de distribuição.

No aspecto de segurança viária, as patologias representam um risco constante. Buracos, fissuras e ondulações podem causar perda de estabilidade dos veículos, principalmente motocicletas e bicicletas, elevando o índice de acidentes com vítimas. De acordo com Gomes (2019), em diversas cidades brasileiras, uma parcela considerável dos acidentes urbanos está associada a defeitos estruturais das vias, sobretudo em regiões de tráfego intenso e pavimentos degradados. Além dos danos físicos, os acidentes provocam custos elevados com atendimentos hospitalares e serviços de emergência, além de impactos psicológicos e sociais sobre as vítimas e suas famílias.

Do ponto de vista do conforto e da qualidade de vida urbana, o estado precário das vias interfere diretamente na experiência do usuário do transporte coletivo. Ônibus e vans que trafegam sobre pavimentos irregulares sofrem vibrações excessivas e deslocamentos bruscos, prejudicando o conforto dos passageiros e aumentando o risco de falhas mecânicas nos veículos. Essa situação leva à insatisfação dos usuários, que percebem a infraestrutura viária como um fator limitante da eficiência do sistema de transporte público. Em muitos casos, a má conservação das vias também causa aumento dos níveis de ruído e poluição sonora, o que afeta o bem-estar de comunidades próximas às vias mais movimentadas.

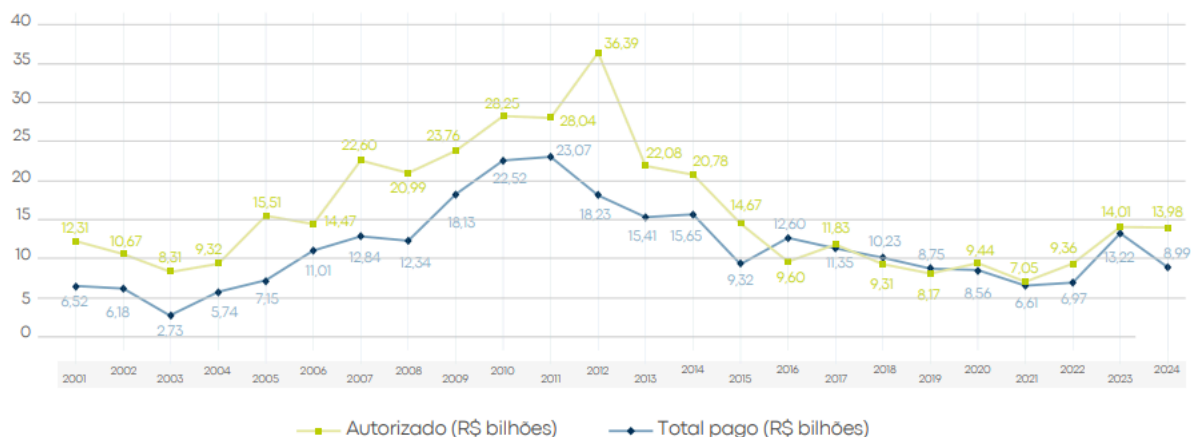
Outro impacto relevante está relacionado à drenagem e ao acúmulo de água em trechos danificados. Pavimentos com trincas e depressões favorecem o empoçamento e a infiltração de água nas camadas inferiores, acelerando o processo de degradação e criando pontos de risco para aquaplanagem e perda de controle dos veículos. Esses fenômenos comprometem a segurança e a funcionalidade da via, gerando custos adicionais com limpeza, recuperação e sinalização emergencial.

Além disso, há uma dimensão ambiental associada à ineficiência do transporte urbano em vias degradadas. O aumento do consumo de combustível e o maior tempo de deslocamento geram emissões adicionais de gases de efeito estufa (GEE), contribuindo para o aquecimento global e a degradação ambiental. Assim, manter o pavimento em boas condições é uma medida que também se alinha a políticas de sustentabilidade e de mobilidade urbana inteligente.

### **4.3 Relação entre a condição das vias e os custos de manutenção**

A análise dos investimentos públicos em infraestrutura rodoviária no Brasil também evidencia fatores que contribuem para o agravamento das patologias nas vias. De acordo com a Pesquisa CNT de Rodovias (2024), os investimentos públicos federais em rodovias apresentaram uma redução significativa entre 2011 e 2021, com queda de aproximadamente 71,3% no volume de recursos aplicados, conforme indicado na Figura 7. Essa retração compromete diretamente a manutenção preventiva das vias, favorecendo o avanço de defeitos estruturais e a deterioração precoce dos pavimentos.

**Figura 7:** Investimento público federal em rodovias no Brasil.



Fonte: Elaboração CNT, com dados do Siga Brasil.  
 \*Valor total pago de 2024 até 30/09/2024.  
 \*\*Valores atualizados pelo IPCA de agosto de 2024/IBGE.

Fonte: CNT, 2024.

Embora tenha sido observado um aumento recente nos investimentos a partir de 2022, os níveis ainda se mantêm inferiores aos registrados em períodos anteriores de maior expansão, como entre 2003 e 2011. Esse cenário indica que a insuficiência histórica de investimentos pode estar associada ao atual estado de conservação da malha viária brasileira, contribuindo para o aumento dos custos de manutenção corretiva e para a redução da eficiência do sistema de transporte urbano.

Nesse contexto, a redução dos investimentos em infraestrutura viária está diretamente relacionada ao aumento das manifestações patológicas nos pavimentos, o que resulta na elevação dos custos de manutenção e na redução da vida útil das vias. Quando um pavimento apresenta patologias como trincas, buracos ou afundamentos, sua capacidade de suporte é reduzida, e o processo de degradação tende a se acelerar. Essa deterioração contínua exige intervenções corretivas mais frequentes, elevando significativamente os gastos públicos com obras emergenciais. Além disso, a ausência de manutenção preventiva impacta não apenas os custos de reabilitação, mas também o desempenho econômico e social das cidades.

O método mais comumente adotado no Brasil é o chamado “tapa-buraco”, uma solução paliativa que visa restabelecer temporariamente a trafegabilidade da via. Entretanto, essa prática raramente aborda a causa real do problema — geralmente relacionada à falta de drenagem, à compactação insuficiente ou ao uso de materiais de baixa qualidade — e, por isso, o mesmo trecho tende a se deteriorar novamente em pouco tempo. Estudos técnicos indicam que cada intervenção paliativa sucessiva reduz a vida útil do pavimento e eleva o

custo total de manutenção, tornando o ciclo de reparos constante e economicamente ineficiente.

Conforme Balbo (2017), o custo de restauração de um pavimento que atingiu estágio avançado de degradação pode ser até quatro vezes maior que o investimento necessário em manutenções preventivas realizadas de forma programada. Isso significa que a falta de planejamento e de fiscalização durante a execução das obras tem reflexos diretos na economia pública, exigindo aportes financeiros muito superiores aos que seriam necessários para conservar adequadamente a infraestrutura desde sua construção.

Além dos custos diretos de reparo e reconstrução, existem também custos indiretos, que recaem sobre os usuários e sobre a economia urbana. As irregularidades nas vias aumentam o consumo de combustível, o desgaste prematuro dos pneus e sistemas de suspensão, e podem gerar acidentes e danos mecânicos aos veículos. Esses fatores implicam gastos adicionais para motoristas, empresas de transporte e serviços de logística, que precisam repassar esses custos aos consumidores finais. O tempo perdido em congestionamentos e a redução da velocidade média dos veículos também se traduzem em perda de produtividade e eficiência econômica, afetando tanto o transporte de pessoas quanto o de mercadorias.

No contexto urbano, a precariedade da pavimentação ainda impacta o transporte público, que depende de vias regulares e seguras para manter horários e garantir o conforto dos passageiros. Buracos e deformações constantes aumentam o tempo de viagem, comprometem o conforto e elevam os custos operacionais das empresas concessionárias. Esses prejuízos acabam sendo repassados à tarifa do transporte, penalizando principalmente as camadas mais vulneráveis da população, que dependem diariamente desse serviço.

Do ponto de vista ambiental, vias mal-conservadas também representam maior emissão de poluentes. O aumento do consumo de combustível em veículos que trafegam por superfícies irregulares gera mais gases de efeito estufa e partículas tóxicas, contribuindo para a degradação ambiental e afetando a qualidade do ar nos centros urbanos. Esse cenário reforça a necessidade de políticas públicas mais consistentes voltadas à manutenção preventiva, como forma de reduzir custos a longo prazo e garantir maior eficiência ao sistema de transporte.

Portanto, é evidente que investir em gestão preventiva e manutenção programada das vias públicas não é apenas uma questão técnica, mas também econômica e social. A adoção de políticas de conservação contínua e o uso de tecnologias de monitoramento (como sensores de deformação e sistemas de gestão de pavimentos) permitem identificar precocemente os pontos críticos, evitando o agravamento das patologias e garantindo maior durabilidade às

estruturas viárias. Esse tipo de abordagem promove uma utilização mais racional dos recursos públicos e melhora a eficiência geral do sistema de transporte urbano.

#### **4.4 Estratégias e soluções para mitigação das patologias**

A diminuição das patologias em pavimentos urbanos exige uma abordagem integrada entre engenharia, planejamento urbano e gestão pública, de modo a atuar tanto nas causas quanto nas consequências das deteriorações observadas. A análise dos estudos revisados demonstra que as estratégias mais eficazes envolvem ações preventivas, uso de tecnologias modernas de monitoramento, controle de qualidade na execução e gestão eficiente da manutenção.

Do ponto de vista estrutural e construtivo, uma das medidas mais importantes é o aprimoramento dos sistemas de drenagem — tanto superficial quanto subterrânea —, que são frequentemente apontados como os principais responsáveis pela degradação prematura do pavimento. A presença de água nas camadas inferiores reduz a resistência do solo de fundação, compromete a aderência entre as camadas e acelera o aparecimento de buracos, trincas e afundamentos. A implantação de dispositivos eficientes de captação e escoamento, associada à manutenção periódica de sarjetas e bocas de lobo, é essencial para prolongar a durabilidade do pavimento.

Outro aspecto fundamental é o controle rigoroso da compactação e da qualidade dos materiais utilizados. A fase de execução é determinante para o desempenho do pavimento, e falhas nessa etapa tendem a se manifestar rapidamente na forma de patologias. De acordo com Bernucci (2008), o uso de agregados e ligantes asfálticos de procedência duvidosa, ou sem controle granulométrico, pode reduzir em até 40% a vida útil da via. Assim, é imprescindível que as empresas contratadas adotem padrões de controle de qualidade conforme as normas do DNIT e do ABNT, assegurando a conformidade técnica do pavimento.

Em relação às soluções tecnológicas, observa-se um avanço significativo no uso de ferramentas digitais para o monitoramento das condições viárias. O Ground Penetrating Radar (GPR), por exemplo, permite identificar descontinuidades e falhas estruturais não visíveis na superfície, facilitando a programação de intervenções antes que os danos se tornem severos. Além disso, sistemas de georreferenciamento (GIS) e bancos de dados integrados auxiliam no mapeamento das patologias e no planejamento das manutenções com base em critérios técnicos e econômicos.

Além das estratégias técnicas, é indispensável a implementação de políticas públicas de conservação preventiva. A prática recorrente de realizar manutenções apenas quando o pavimento atinge um estágio crítico de degradação — como ocorre com o método do “tapa-buraco” — precisa ser substituída por planos de manutenção contínua, com cronogramas definidos e recursos previamente destinados. Essa mudança de paradigma requer planejamento a longo prazo, fiscalização ativa dos contratos e capacitação de profissionais responsáveis pela execução das obras e inspeções.

Outra estratégia relevante é a criação de programas de capacitação contínua para engenheiros, técnicos e gestores públicos, voltados à atualização sobre normas, tecnologias e boas práticas de execução. A formação de equipes qualificadas é fundamental para garantir que as soluções projetadas sejam corretamente aplicadas e que a manutenção preventiva se torne uma rotina consolidada na gestão urbana.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa conseguiu identificar e descrever as patologias presentes nas vias urbanas por meio de referências bibliográficas, registros fotográficos e estudos anteriores, que evidenciam principalmente problemas associados à presença de água e ao uso inadequado de materiais. As decisões adotadas durante a construção das rodovias — como a seleção de insumos impróprios e a execução sem o devido controle técnico — revelaram com clareza que outros métodos construtivos e de manutenção poderiam ter sido aplicados para prevenir as patologias observadas.

O estudo desenvolvido sobre patologias em estruturas viárias urbanas demonstra-se de grande relevância para a engenharia civil, pois aborda um tema atual e de forte impacto sobre a mobilidade e a segurança urbana. Ao investigar a ocorrência e as causas dessas manifestações patológicas, a pesquisa contribui diretamente para o aperfeiçoamento da qualidade das vias e para a redução de riscos aos usuários e à comunidade.

Os resultados obtidos possibilitam avaliar a eficiência dos métodos e materiais empregados na construção de pavimentos urbanos, ressaltando a necessidade de inovação tecnológica e melhorias nos processos de projeto e execução. Essas medidas, se aplicadas de forma sistemática, podem reduzir significativamente os custos de manutenção, tanto em curto quanto em longo prazo. Além disso, este trabalho poderá servir como referência para futuras pesquisas sobre o mesmo tema, fortalecendo o campo de estudos sobre desempenho e durabilidade das estruturas viárias.

A investigação sobre patologias em rodovias é essencial para a identificação de falhas de projeto e de execução, permitindo prevenir transtornos, acidentes e gastos excessivos. A análise crítica das condições das vias contribui para uma gestão mais eficiente da infraestrutura viária, incentivando políticas públicas voltadas à manutenção preventiva e à segurança no transporte. Assim, a pesquisa possui importância social e técnica significativa, uma vez que seus resultados visam ao bem-estar coletivo e à melhoria da qualidade de vida da população.

Com base nas constatações apresentadas, conclui-se que rodovias planejadas e executadas com qualidade técnica adequada reduzem custos e desperdícios, garantindo maior durabilidade e eficiência ao sistema de transporte urbano. Dessa forma, a manutenção preventiva torna-se o principal instrumento para preservar a infraestrutura viária, assegurando economia de recursos e um deslocamento mais seguro e confortável para todos os usuários.

O trabalho apresenta três limitações principais para a avaliação dos resultados. A primeira é a dependência de estudos secundários e relatórios técnicos, visto que não houve a realização de levantamentos de campo. A segunda limitação reside na escassez de dados quantitativos específicos sobre custos e índices de deterioração, o que inviabilizou uma análise estatística detalhada da relação entre o grau de patologia e o desempenho do transporte. Por fim, a pesquisa concentrou-se majoritariamente em pavimentos flexíveis, não abrangendo de forma aprofundada os pavimentos rígidos ou semirrígidos, que possuem um comportamento estrutural distinto e relevante para o tema.

Como perspectiva para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de estudos de campo e monitoramentos quantitativos para correlacionar diretamente as patologias com o desempenho operacional das vias. Esses estudos devem considerar variáveis cruciais como volume de tráfego, tipo de solo, clima e as técnicas construtivas empregadas. Além disso, é relevante expandir a investigação para o uso de materiais alternativos e tecnologias sustentáveis na pavimentação urbana. Tais pesquisas futuras podem contribuir para a redução de custos e dos impactos ambientais, promovendo uma mobilidade mais eficiente, duradoura e resiliente.

## **REFERÊNCIAS**

ALVES, Micael Terra de Oliveira; FERNANDES, Ricardo Eguchi Correa; BERTEQUINI, Aline Botini Tavares. **Patologias em pavimento flexível**. 2018.

ARAÚJO JÚNIOR, Edberto Moreira de; SOUSA, João Pedro Nogueira; RAMOS, Saulo Passos. Patologias em pavimentos flexíveis. **Cadernos de Graduação**, Sobral, CE, v. 5, p. 1-10, 2 jun. 2021.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica**: materiais, projeto e restauração. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 560 p.

BERNUCCI, Liedi Bariani. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Abeda, 2008. 496 p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2024**. Brasília: CNT; SEST SENAT; ITL, 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos**: terminologia. Brasília, DF: DNIT, 2020.

FERNANDES, Wagner Dambrós *et al.* **Análise comparativa entre os métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis do Brasil e o método da AASHTO**. 2016.

GARCIA, Mariana. **Patologias e métodos de recuperação de pavimentos rodoviários**. 2021. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – UNIC, Rondonópolis, 2021.

GOMES, Matheus Lucas Brito; SILVA JÚNIOR, Flávio Vieira da. Patologia em pavimentos flexíveis: estudo de caso para o estacionamento do ITPAC Porto. **Inventionis**, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2019.

MINHOTO, A. **Consideração da temperatura no comportamento à reflexão de fendas dos reforços de pavimentos rodoviários flexíveis**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2005.

NASCIMENTO, F. P. **Metodologia da pesquisa científica**: teoria e prática: como elaborar TCC. Brasília: Thesaurus, 2016.