REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

ANÁLISE DA INEFICIÊNCIA DA MICRODRENAGEM NA PAVIMENTAÇÃO URBANA: ESTUDO DE CASO DOS IMPACTOS EM AVENIDA COM PAVIMENTO FLEXÍVEL

ANALYSIS OF URBAN MICRODRAINAGE INEFFICIENCY IN URBAN PAVING: CASE STUDY OF IMPACTS ON AN AVENUE WITH FLEXIBLE PAVEMENT

Engenharias • 25/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/795550768

Anna Vitória Leal Nunes[1]

Beatriz Araújo Costa[2]

Gil Alves dos Santos Junior[3]

RESUMO

Este trabalho analisa os impactos da ineficiência da microdrenagem urbana no pavimento flexível, tendo como área de estudo um trecho da Avenida Pedro Freitas, em Teresina–PI. A pesquisa possui abordagem qualitativa e caráter descritivo, com atividades de campo, pesquisa bibliográfica e documental. Foram realizados ensaios de infiltração por anéis concêntricos e levantamento das condições das sarjetas. Os resultados indicaram elevada capacidade de infiltração do solo, mas também predominância de sarjetas obstruídas e pontos de acúmulo de água sobre o pavimento. Conclui-se que a deficiência na conservação dos dispositivos de microdrenagem compromete o escoamento das águas pluviais e pode contribuir para a deterioração do pavimento flexível.

Palavras-chave: Microdrenagem urbana; Pavimento flexível; Sarjetas; Infiltração.

ABSTRACT

This study analyzes the impacts of urban microdrainage inefficiency on flexible pavement, focusing on a section of Pedro Freitas Avenue in Teresina, Piauí, Brazil. The research adopts a qualitative and descriptive approach, combining field activities with bibliographic and documentary research. Double-ring infiltration tests and surveys of gutter conditions were conducted. The results indicated high soil infiltration capacity, but also predominantly obstructed gutters and water accumulation on the pavement. It is concluded that inadequate maintenance of microdrainage systems compromises stormwater runoff and may contribute to flexible pavement deterioration.

Keywords: Urban microdrainage; Flexible pavement; Gutters; Infiltration.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento urbano e a expansão das cidades brasileiras têm intensificado a demanda por infraestrutura viária, tornando a pavimentação urbana um elemento fundamental para o desenvolvimento e a organização dos espaços urbanos. Com o aumento populacional e a expansão das áreas ocupadas, cresce também a necessidade de implantação, ampliação e recuperação das vias, visando proporcionar melhores condições de mobilidade, acessibilidade e segurança à população. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE,2025), 87,4% da população brasileira residia em áreas urbanas em 2022, evidenciando a concentração populacional nas cidades e a crescente importância da infraestrutura urbana para atender às necessidades da sociedade.

No contexto da pavimentação urbana, o sistema de microdrenagem desempenha papel essencial na garantia da funcionalidade viária e no desenvolvimento sustentável das cidades, especialmente no que se refere à mobilidade e à qualidade de vida da população. Nesse contexto, a pavimentação urbana constitui um dos elementos principais que oferece segurança, mobilidade, conforto e durabilidade das vias, sendo amplamente executada por meio de pavimentos flexíveis devido ao seu custo competitivo e sua manutenção prática. Entretanto, o desempenho dessas estruturas está diretamente relacionado às condições de drenagem, uma vez que a precipitação e a deficiência de drenagem superficial podem acelerar os processos de deterioração dos pavimentos asfálticos, comprometendo seu desempenho ao longo do tempo (Carvalho, 2024).

A microdrenagem urbana corresponde ao conjunto de dispositivos destinados ao disciplinamento e à condução das águas pluviais nas áreas urbanizadas, compreendendo elementos como guias, sarjetas, bocas de lobo e poços de visita (IBGE, 2024). A eficiência desses dispositivos é fundamental para o adequado escoamento das águas e para a proteção da infraestrutura viária. Conforme o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), a drenagem adequada busca evitar que os materiais constituintes do pavimento e do subleito sejam submetidos a grandes variações de umidade, que podem comprometer sua capacidade de suporte. Dessa forma, a deficiência da drenagem pode favorecer a ocorrência de danos no pavimento, contribuindo para sua deterioração e redução da vida útil (DNIT, 2022).

Apesar da importância da microdrenagem para a trabalhabilidade da pavimentação urbana, observa-se que em diversas avenidas brasileiras, ainda existem falhas no dimensionamento, na execução ou na manutenção desses sistemas. Dessa maneira, à medida que as áreas urbanas são ocupadas e o ambiente natural é transformado, intensificam-se os impactos das águas pluviais na área urbanizada, destacando os processos de erosão e sedimentação, além do aumento das vazões e da ocorrência de inundações. Esses fatores resultam em alagamentos frequentes e contribuem para danos prematuros ao pavimento. Nesse contexto, evidencia-se a necessidade de estudos específicos que analisem as falhas da microdrenagem e seus impactos diretos no desempenho estrutural dos pavimentos flexíveis. Investigar essa relação em uma avenida específica permite compreender, de forma técnica, os efeitos da ineficiência do sistema de drenagem e propor medidas corretivas e preventivas que contribuam para maior durabilidade, segurança e funcionalidade da via (Silva, 2018).

Diante desse contexto, formula-se o seguinte problema de pesquisa: de que forma a ineficiência da microdrenagem urbana influencia a degradação e a redução da vida útil de pavimentos flexíveis?

Parte-se da hipótese de que a obstrução das sarjetas compromete o funcionamento da microdrenagem urbana, reduzindo a capacidade de escoamento superficial e favorecendo o acúmulo de água sobre o pavimento. Considera-se também que o mau dimensionamento e a execução inadequada dos dispositivos de drenagem contribuem para a ineficiência hidráulica do sistema, potencializando processos de infiltração nas camadas estruturais do pavimento flexível e acelerando o surgimento de patologias, como trincas, afundamentos e perda de suporte.

Adicionalmente, admite-se que a ausência de manutenção periódica do pavimento e dos dispositivos de drenagem intensifica a degradação do sistema como um todo, criando um ciclo de deterioração progressiva. Por fim, supõe-se que declividades insuficientes em sarjetas e meios-fios reduzem a eficiência hidráulica do escoamento, comprometendo o desempenho funcional e estrutural do pavimento ao longo de sua vida útil (Bernucci *et al.*, 2008; Tucci, 2012).

Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar os impactos da ineficiência da microdrenagem urbana no desempenho de pavimentos flexíveis, por meio de pesquisa de campo em área previamente selecionada. Pretende-se também avaliar as condições das sarjetas, verificar dispositivos de drenagem superficial, analisar possíveis falhas de dimensionamento, execução ou manutenção, além de analisar a capacidade de infiltração da água no solo e sua relação com manifestações patológicas no revestimento asfáltico.

Diante do exposto, a presente pesquisa justifica-se pela relevância técnica e econômica da microdrenagem urbana no desempenho estrutural e funcional dos pavimentos flexíveis, uma vez que a ineficiência do sistema de drenagem superficial está diretamente associada à degradação precoce da estrutura viária, à redução das condições de segurança e conforto dos usuários e ao aumento dos custos de manutenção corretiva. Nesse contexto, a literatura destaca que a durabilidade dos pavimentos asfálticos está intimamente relacionada às condições adequadas de drenagem, sendo a presença de água um dos principais fatores de deterioração (Tucci, 2012).

Assim, ao investigar, por meio de estudo de caso, a relação entre falhas nos dispositivos de microdrenagem devido, características físicas do solo e o surgimento de manifestações patológicas no revestimento asfáltico, este trabalho busca contribuir para o aprimoramento das práticas de projeto, execução e conservação da infraestrutura viária urbana.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Microdrenagem Urbana

A microdrenagem urbana corresponde a um sistema responsável pela captação e condução das águas pluviais nas áreas urbanas, direcionando-as para locais adequados para que aconteça o seu escoamento. Esse sistema atua diretamente na condução das águas, sejam elas provenientes das chuvas ou de atividades urbanas, desempenhando um papel fundamental na proteção das vias e na redução de impactos negativos no ambiente urbano. Além disso, sua eficiência está diretamente relacionada à qualidade de vida da

população, o que torna essencial o investimento em soluções de drenagem de maneira que sejam planejadas de forma sustentável e segura (Pinheiro *et al.*, 2024).

A principal finalidade da microdrenagem urbana é realizar a coleta e a condução das águas pluviais, retirando-as da superfície das vias e direcionando-as para a rede de drenagem. Dessa forma, o sistema contribui para evitar o acúmulo de água nas ruas, reduzir a ocorrência de alagamentos e proporcionar melhores condições de segurança para pedestres e veículos (Soares, 2021).

Quando se trata dos componentes da microdrenagem urbana, é importante entender que o sistema não funciona apenas como um elemento isolado, mas sim pela atuação de vários dispositivos. Cada um deles tem sua função e contribui para o bom desempenho da drenagem nas áreas urbanas. No entanto, na prática, é comum que esses componentes não recebam a devida atenção, muitas vezes sendo deixados em segundo plano para reduzir custos ou agilizar a execução das obras. Assim, é importante citar que a microdrenagem é composta por elementos como bocas de lobo, sarjetas e poços de visita, todos responsáveis pela captação e condução das águas superficiais (BRASIL, 2024).

Para compreender melhor como esses elementos atuam de forma conjunta e qual a sua importância dentro do sistema de microdrenagem, é necessário analisá-los individualmente. As bocas de lobo, por exemplo, funcionam como dispositivos responsáveis pela captação das águas pluviais, sendo essenciais para evitar o acúmulo de água nas vias. Em muitos casos, contam com grelhas ou estruturas metálicas, que contribuem para a segurança da população. Esses dispositivos geralmente são posicionados

estrategicamente ao longo das vias, especialmente em locais que favoreçam a coleta do escoamento superficial. Após a captação, a água é encaminhada para os demais dispositivos que compõem o sistema de drenagem, contribuindo para o adequado funcionamento da microdrenagem (DNIT, 2018).

As sarjetas destacam-se como dispositivos, cuja principal função é conduzir as águas pluviais ao longo das rodovias, ruas, avenidas e demais áreas urbanas, direcionando o escoamento até os pontos de captação. De modo geral, essas águas, inicialmente escoadas pela superfície da via, passam a ser conduzidas de forma mais sequenciada por meio desses elementos. E seu posicionamento deve estar posicionado em nível inferior ao da pista de rolamento, favorecendo o escoamento até os pontos de captação, ou de algum outro dispositivo que permita a entrada da água na rede de drenagem. (BRASIL, 2024).

Os poços de visita são dispositivos de grande importância no sistema de drenagem, pois permitem a realização de alterações na declividade, na direção do escoamento e também no diâmetro das tubulações. Além disso, desempenham um papel essencial ao possibilitar o acesso para inspeções e limpeza da rede, contribuindo para um bom funcionamento. De modo geral, são implantados em pontos estratégicos, como em cruzamentos de tubulações e em trechos mais extensos, onde há maior necessidade de controle e manutenção do sistema (Tucci, 2012).

A compatibilização dos componentes do sistema de microdrenagem urbana como sarjetas, bocas de lobo e galerias pluviais é de grande importância para garantir o escoamento adequado das águas pluviais e o funcionamento da infraestrutura

urbana. Essa integração adequada dos elementos permite que o sistema funcione de forma contínua e sem interferências, evitando falhas hidráulicas e obstrução. Mas, quando não há essa compatibilização, ocorrem os danos à pavimentação urbana e esse fator impacta diretamente a mobilidade urbana e os riscos à segurança de pedestres e veículos (Pinheiro *et al.*, 2024) .

Diante do exposto, destaca-se que a presença da água constitui um dos principais fatores para a degradação do pavimento, sendo determinante para o surgimento de patologias como trincas e deformações. Nesse contexto, a eficiência do sistema de microdrenagem urbana é essencial, uma vez que o escoamento adequado das águas pluviais contribui diretamente a preservação do pavimento e o aumento da sua vida útil.

2.2. Pavimento Flexível e Relação com a Drenagem

No que se refere a pavimento flexível, é fundamental que a análise inicial seja baseada na definição do que é um pavimento. Em um contexto técnico, ele pode ser entendido como uma estrutura composta por diversas camadas, como leito, sub-leito, sub-base e base. Essa estrutura é projetada para resistir às solicitações do tráfego desde o primeiro momento, além de considerar a forma como se comporta diante da presença da água, fator que exerce influência direta no seu desempenho. Dessa forma, o pavimento deve garantir condições funcionais, conforto aos usuários e desempenho estrutural adequado ao longo do tempo (CNT, 2022).

Por sua vez, o pavimento flexível, nas condições já abordadas, é um dos modelos mais utilizados no Brasil, principalmente por apresentar menor custo de execução e implantação quando

comparado a outros tipos de pavimentação, especialmente ao pavimento rígido. No entanto, ao longo de sua vida útil, é necessário que sejam realizadas manutenções periódicas para garantir seu bom desempenho (Cipriano; Lima; Silvestre, 2021).

Nesse contexto, essa tipologia de pavimento tem como uma de suas principais características possuir uma estrutura construída com materiais e configuração mais maleáveis, o que justifica sua denominação. Por apresentar essas características, é composto por camadas capazes de suportar as cargas provenientes do tráfego, permitindo que essas solicitações provoquem deformações ao longo de sua vida útil. Dessa forma, o pavimento apresenta um comportamento deformacional adequado, distribuindo os esforços de maneira muito eficiente ((Lima; Silva, 2023).

A partir dessas deformações e dessa configuração mais maleável, é importante considerar a forma como ele se comporta e as falhas a ele associadas, que estão diretamente relacionadas à má qualidade da manutenção ou até mesmo à sua ausência, às ações do tráfego e às condições climáticas. Esses fatores contribuem significativamente para o surgimento de efeitos nocivos no pavimento, comprometendo a segurança e o conforto dos usuários. Aspectos como esses são de extrema importância, mas que muitas vezes não recebem a devida atenção. (Silva *et al.*, 2021).

Dito isso, a presença de água nas camadas estruturais no pavimento flexível exerce a influência direta no seu desempenho mecânico e na sua durabilidade ao longo do tempo. A variação do teor de umidade pode alterar o comportamento resiliente e a rigidez dos materiais empregados nas camadas do pavimento, comprometendo sua capacidade de suporte e contribuindo para o desenvolvimento de

deformações. Dessa forma, condições inadequadas de drenagem e a presença excessiva de umidade podem favorecer a deterioração da estrutura, como os afundamentos em trilhas de roda (Silva *et al.*, 2024).

Logo, fica evidente a forma como a água se comporta e os efeitos que ela gera de forma direta no pavimento, uma vez que a drenagem aparece como papel fundamental, e atuando diretamente na dissipação das águas e evitando o acúmulo nas camadas de revestimento. Nesse sentido, o sistema de drenagem está relacionado ao desempenho dos pavimentos urbanos, uma vez que seus elementos podem influenciar as condições de conservação das vias e devem ser considerados na avaliação do desempenho dos pavimentos (Diniz; Melo, 2023).

Portanto, evidencia-se que o controle adequado da água, por meio de sistemas de drenagem eficientes, é indispensável para a manutenção do desempenho estrutural, além de reduzir os impactos das chuvas intensas, garantindo, assim, a segurança da população e a preservação do patrimônio público e privado. Ademais, a adequada drenagem contribui para a preservação da capacidade de suporte das camadas do pavimento, reduzindo os efeitos da saturação do subleito e a ocorrência de mecanismos de deterioração, o que favorece o desempenho e a durabilidade da estrutura (Carvalho, 2024).

2.3. Ineficiência da Microdrenagem e Seus Impactos

A microdrenagem urbana desempenha um papel fundamental no controle do escoamento superficial das águas pluviais, sendo responsável pela captação e condução dessas águas por meio de

dispositivos como sarjetas, bocas de lobo e galerias. No entanto, a ineficiência desse sistema é um problema recorrente nas cidades brasileiras, resultando em diversos impactos negativos de ordem estrutural, ambiental, econômica e social (Lermen *et al.*,2020).

Com isso, o acúmulo de água nas vias contribui diretamente para a degradação precoce dos pavimentos, reduzindo sua vida útil. Outrossim, essa ineficiência do sistema está associada a três fatores: falhas de projeto, deficiência na manutenção e obstrução dos dispositivos. As falhas de projetos estão relacionadas ao dimensionamento inadequado da rede, muitas vezes incapaz de suportar o aumento das vazões decorrentes da urbanização das vazões decorrentes de urbanização e da impermeabilização do solo. Projetos que não consideram corretamente o crescimento urbano ou utilizam parâmetros hidrológicos inadequados tendem a apresentar desempenho insatisfatório ao longo do tempo (Miguez,2016).

Outro fator crítico a ser citado é a falta de manutenção, pois isso compromete o funcionamento hidráulico do sistema. A ausência de limpeza periódica e inspeções preventivas reduz a capacidade de escoamento, tornando-se ineficientes mesmo quando originalmente bem projetadas. Essa falta de inspeções periódicas impede a identificação precoce de problemas estruturais, como fissuras, recalques, conexões inadequadas ou até mesmo colapso parcial das galerias, assim, com um tempo, esses defeitos se gravam e comprometem não apenas a drenagem, mas também a estabilidade do pavimento e das camadas subjacentes, acelerando o processo de degradação BANAVITZ; FONSECA, 2019).

Já a obstrução dos dispositivos, por sua vez, é causada principalmente pelo acúmulo de resíduos sólidos, sedimentos e vegetação, é uma das causas mais frequentes de falhar na microdrenagem. As bocas de lobo por exemplo, elas parcialmente ou totalmente obstruídas apresentam redução significativa na capacidade de captação,favorecendo a ocorrência de acúmulo de água sob o pavimento e alagamentos (Silva Júnior *et al.*,2025)

Com isso observa-se que a microdrenagem exerce um papel fundamental na eficiência do pavimento e, a partir do momento em que se torna ineficiente, passa a gerar diversos problemas, conhecidos como patologias. Essas manifestações são caracterizadas por defeitos e degradações superficiais, além de estarem relacionadas à redução da confortabilidade do usuário e ao surgimento de deformações que comprometem o desempenho ao longo da vida útil do pavimento (Silva; Oliveira, 2021).

As nomenclaturas que foram dadas aos defeitos gerados pelas ineficiência na drenagem urbana, podem ser descritos alguns como a exsudação de asfalto, afundamentos, e as ondulações essa patologias estão relacionadas diretamente com às estruturas da superfície do pavimento e todas elas afetam de forma direta o desempenho do pavimento e a segurança que ela transmite ao usuário, todas essas manifestações podem ser analisadas e estudadas baseado em normas brasileiras com foco inteiramente a esses tipos de estrutura (DNIT, 2022).

A exsudação tem como principal característica que deve ser observada o fato de que essa patologia ocorre quando existe, naquela estrutura viária, um baixo volume de vazios ou uma quantidade excessiva de ligantes, geralmente sendo um problema

gerado na execução ou na composição da mistura betuminosa. Quando existe a presença de excesso de temperatura, o ligante se dilata e não encontra espaço suficiente nos vazios da mistura, ocorre sua migração para a superfície do revestimento, caracterizando a exsudação (DNIT, 2022).

Em relação aos afundamentos, que são considerados deformações permanentes do revestimento asfáltico ou podendo ser até mesmo de suas camadas constituintes, mesmo que sua estrutura seja projetada para existir uma flexibilidade, com o tempo e sem a manutenção necessária, o pavimento chega ao seu estado de fadiga, em que não consegue voltar ao seu estado natural. Dessa maneira, acarreta no aumento considerável do volume de afundamentos nas rodovias, intensificando, assim, o número de acidentes rodoviários, pois esses afundamentos influenciam diretamente a perda de segurança no rolamento (Silva; Anholetti; Amorim Junior, 2022).

Por fim, no que se refere às ondulações, elas são consideradas um escorregamento de massa, tendo como fator principal as deformações transversais, geradas principalmente pelo grau de instabilidade do material betuminoso. Isso ocorre de forma mais direta na presença de intempéries, de um alto volume de tráfego e também está relacionado aos esforços de aceleração e frenagem dos veículos, consequentemente gerando, assim, uma baixa estabilidade na pista de rolamento (Souto; Moresco; Goltz, 2019).

Baseado nas ineficiências mencionadas, são gerados diversos impactos urbanos em diferentes setores. Dentre eles, destaca-se que, por meio de chuvas intensas associadas a um sistema de microdrenagem ineficiente, ocorrem impactos substanciais na

mobilidade urbana, como bloqueios nas vias e alagamentos frequentes, que comprometem diretamente a eficiência do transporte, além de ocasionarem aumento nos custos de manutenção dos pavimentos afetados (Marques, 2024).

Mediante a essas informações, torna-se indispensável a adoção de estratégias ligadas diretamente ao planejamento urbano, com foco não apenas no dimensionamento adequado, mas também na manutenção contínua, uma vez que se tratam de ocorrências comuns que exigem cuidado constante. Nesse sentido, as ações preventivas são de grande importância para garantir a segurança do tráfego e a durabilidade da estrutura, contribuindo, assim, para a minimização dos impactos decorrentes da ineficiência da microdrenagem urbana (Silva, 2025).

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa caracterizou-se como um estudo de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, tendo como foco investigar os fenômenos relacionados à ineficiência da microdrenagem urbana e seus impactos no desempenho do pavimento flexível em uma avenida. Para isso, foram realizados ensaios *in situ*, que permitiram avaliar as condições do pavimento e do solo diretamente na área de estudo, por meio de procedimentos experimentais e da análise das características identificadas em campo. Os resultados obtidos foram utilizados para investigar possíveis relações entre as condições observadas e a eficiência da microdrenagem urbana (Losch *et al.*, 2023).

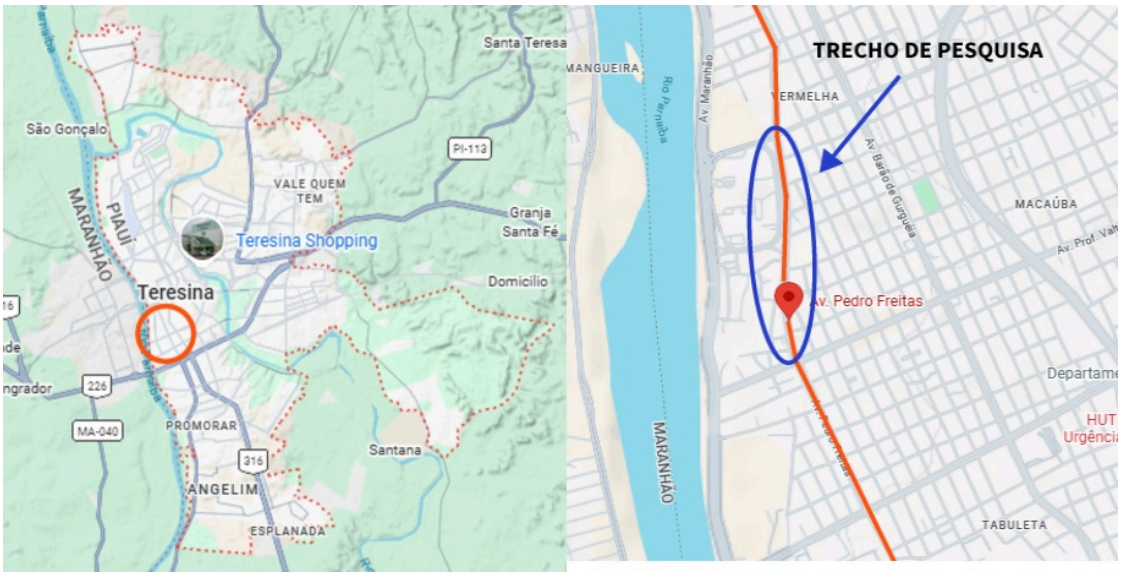
Diante do exposto, esta pesquisa apresentou caráter descritivo, tendo como principal finalidade compreender, explicar e descrever

os fenômenos analisados, bem como as consequências que puderam refletir nas características físicas e na funcionalidade do pavimento. Além disso, buscou-se analisar como esses fatores influenciaram a drenagem urbana, o surgimento de patologias e o desempenho do pavimento. Nesse sentido, o estudo também buscou contribuir com a proposição de sugestões práticas visando à melhoria das condições locais da avenida estudada (Carvalho, 2025).

No que diz respeito aos meios de investigação, a pesquisa foi desenvolvida por meio de ensaios *in situ*, caracterizados pela coleta de informações diretamente na área de estudo, com o objetivo de analisar a influência das condições do sistema de microdrenagem no desempenho do pavimento, bem como identificar possíveis causas associadas à sua ineficiência. Além disso, foi realizada pesquisa documental, por meio da coleta de dados provenientes de projetos, análises técnicas e documentos, possibilitando a obtenção de informações relevantes para a elaboração, discussão e conclusão do estudo.

Quanto à população e à amostra da pesquisa, considerou-se como população o conjunto de vias urbanas com pavimento flexível submetidas à influência das condições do sistema de microdrenagem e do solo, especialmente em áreas urbanas caracterizadas por elevado fluxo de veículos. A amostra, por sua vez, foi delimitada à Avenida Pedro Freitas, localizada na zona sul de Teresina, Piauí. A escolha dessa avenida justificou-se por sua relevância na mobilidade urbana, uma vez que funciona como uma via estruturante, conectando áreas residenciais ao centro da cidade, além de apresentar fluxo significativo de veículos e concentrar órgãos públicos estaduais e serviços essenciais ao longo de sua extensão.

Imagem 1 e 2. *Street View* do Trecho de Pesquisa



a) *Street View* do Município de Teresina. b) *Street View* da Av. Pedro Freitas.

Fonte: Própria.

Nesse sentido, a Avenida Pedro Freitas destacou-se por ser uma das principais vias da capital piauiense, desempenhando um papel fundamental no tráfego urbano. Sua localização apresentou elevado fluxo diário de veículos leves e pesados, incluindo transporte coletivo, veículos de carga e veículos de passeio, além de garantir acesso ao centro da cidade. Dessa forma, a avenida objeto deste estudo apresentou características representativas que a tornam adequada para a análise dos impactos decorrentes da ineficiência da microdrenagem sobre o desempenho dos pavimentos flexíveis.

A partir da definição da área de estudo, o trabalho foi desenvolvido por meio da combinação de ensaios em campo e análise documental, permitindo uma abordagem abrangente sobre o problema proposto. Inicialmente, foram realizadas visitas à Avenida Pedro Freitas, com o objetivo de analisar diretamente as condições dos sistemas de microdrenagem e do pavimento flexível. Paralelamente, foi conduzida uma pesquisa documental para obter informações complementares sobre a via, com o auxílio de projetos

e registros de intervenções anteriormente realizadas nos trechos analisados.

No que diz respeito à pesquisa de campo, essa etapa foi realizada de forma sistemática, abrangendo trechos previamente selecionados da avenida, a fim de garantir uma avaliação adequada das condições da microdrenagem e do pavimento. Durante as visitas, foram realizados registros fotográficos, anotações técnicas e ensaios relacionados às características do solo. Além disso, foram observados o comportamento do escoamento superficial e a ocorrência de acúmulo de água sobre o pavimento, especialmente após eventos de precipitação.

De maneira complementar, a análise documental foi conduzida com o objetivo de aprofundar a compreensão dos projetos, da execução e da manutenção da via. Para isso, foram analisados documentos técnicos, como relatórios de ensaios e registros de manutenção realizados no trecho estudado. Além disso, foram consultadas normas e manuais técnicos, que forneceram os critérios utilizados na avaliação das patologias identificadas. Dessa forma, foi possível confrontar as condições observadas em campo com os parâmetros estabelecidos em projeto, permitindo a identificação de eventuais inconsistências ou falhas.

A partir das observações realizadas em campo, foram analisados os fatores relacionados ao desempenho da microdrenagem urbana e do pavimento flexível. Entre os principais aspectos avaliados, destacaram-se a presença de obstruções em sarjetas e bocas de lobo, o acúmulo de resíduos sólidos e as condições do escoamento superficial. Além disso, foram identificadas e classificadas as manifestações patológicas do pavimento, tais como trincas,

afundamentos e exsudação. Essa análise permitiu estabelecer possíveis relações entre as falhas no sistema de drenagem e os danos observados na estrutura do pavimento.

Por fim, no âmbito da análise documental, foram avaliados aspectos relacionados ao dimensionamento hidráulico do sistema de microdrenagem, aos critérios adotados em projeto e ao histórico de intervenções técnicas realizadas na via. Ademais, foi verificada a conformidade dos projetos com as normas técnicas aplicáveis, bem como a adequação das soluções adotadas diante das condições identificadas na área de estudo. Dessa forma, a integração entre os dados obtidos em campo e as informações documentais possibilitou uma análise mais completa e consistente, contribuindo para a identificação das possíveis causas da ineficiência da microdrenagem e de seus impactos sobre o pavimento flexível.

4. MÉTODOS ALTERNATIVOS CONSIDERADOS PARA A AVALIAÇÃO DA DRENAGEM

Inicialmente, durante a discussão acerca do tipo de ensaio mais adequado para o estudo intitulado *Microdrenagem na pavimentação urbana: estudo de caso dos impactos em avenida com pavimento flexível*, foram considerados diferentes métodos capazes de fornecer resultados precisos. Entretanto, buscou-se identificar aquele que apresentasse maior relação com os objetivos da pesquisa, de modo a obter resultados mais direcionados à problemática investigada. Entre os ensaios analisados como possíveis alternativas metodológicas, destacam-se o ensaio de mancha de areia, o ensaio de permeabilidade do revestimento asfáltico, a avaliação do afundamento em trilha de roda e o teste de infiltração por anéis concêntricos.

4.1. Ensaio de Mancha de Areia

O ensaio de mancha de areia é um método utilizado para avaliar a macrotextura superficial dos pavimentos, por meio da determinação da profundidade média da textura do revestimento. O procedimento consiste na distribuição de um volume conhecido de areia sobre a superfície pavimentada, formando uma mancha circular cujo diâmetro é medido para o cálculo da profundidade média da textura. Sua aplicação está relacionada principalmente à avaliação das características superficiais do pavimento, especialmente quanto à interação entre o pneu e o revestimento e à influência da textura no escoamento da água sobre a superfície (ABNT, 2016).

Entretanto, embora essas características apresentem relação com o comportamento da água no pavimento, o ensaio não avalia diretamente a capacidade de infiltração nem a eficiência dos dispositivos de microdrenagem urbana. Dessa forma, sua aplicação foi considerada durante a análise dos métodos alternativos, mas suas limitações em relação ao objetivo central desta pesquisa contribuíram para a busca de um procedimento mais direcionado à avaliação da infiltração da água.

4.2. Ensaio de Permeabilidade do Revestimento Asfáltico

O ensaio de permeabilidade do revestimento asfáltico é utilizado para avaliar a capacidade de a água atravessar a superfície do pavimento, permitindo verificar o comportamento do revestimento em relação à infiltração. Neste procedimento, utiliza-se de um equipamento posicionado sobre a superfície asfáltica, com bordas vedadas para evitar a saída lateral da água. Será contabilizado a passagem da água pelo revestimento, registrando e permitindo

assim avaliar sua permeabilidade. Entretanto, a capacidade de infiltração do revestimento não representa, isoladamente, a eficiência do sistema de microdrenagem urbana, pois esta também depende de dispositivos como sarjetas e bocas de lobo, responsáveis por captar e conduzir o escoamento superficial (Rede Temática de Asfalto, 2010).

Dessa forma, um dos motivos para a não utilização do ensaio foi a indisponibilidade dos equipamentos necessários na cidade onde a pesquisa foi desenvolvida. Além disso, sua execução exige um permeâmetro adequado, vedação eficiente entre o equipamento e o pavimento e controle do tempo de infiltração, visto que esses fatores podem influenciar diretamente os resultados. Assim, diante das limitações identificadas e das possíveis incertezas na interpretação dos resultados, concluiu-se que esse não seria o método mais adequado para atender aos objetivos propostos pela pesquisa.

4.3. Ensaio de Avaliação do Afundamento em Trilha de Roda

O afundamento em trilha de roda (ART) caracteriza-se pela formação de depressões longitudinais nas faixas de passagem de pneus, resultantes de deformações permanentes no pavimento. Sua avaliação é importante para identificar e quantificar esses defeitos, contribuindo para o diagnóstico das condições da superfície e para o planejamento de intervenções de manutenção. Esse procedimento permite descrever, classificar defeitos superficiais e medir deformações permanentes nas trilhas de roda, auxiliando na avaliação do estado de degradação do pavimento (DNIT,2003).

Apesar de o afundamento em trilha de roda contribuir para a avaliação das condições do pavimento flexível, sua ocorrência pode

estar associada a diferentes fatores, como o tráfego de veículos e as características dos materiais. Nesse sentido, a análise desse efeito apresenta limitações quanto à identificação da influência específica da ineficiência da microdrenagem na degradação do pavimento. Considerando os objetivos desta pesquisa, optou-se por priorizar uma abordagem mais direcionada à avaliação da infiltração da água.

4.4. Ensaio de Teste de Infiltração por Anéis Concêntricos

O teste de infiltração por anéis concêntricos é um método de campo utilizado para determinar a taxa de infiltração da água no solo ao longo do tempo, por meio de dois anéis instalados concentricamente na superfície. Os ensaios de infiltração permitem avaliar o comportamento da água no solo, fornecendo informações importantes para a compreensão das condições de infiltrações de água no solo. Sua aplicação possibilita estimar a capacidade de absorção hídrica do terreno, contribuindo para a análise do escoamento superficial e das condições que podem influenciar a drenagem na área de estudo (Abge,2024).

Neste estudo, o teste será utilizado para obter dados sobre a capacidade de infiltração da água nos pontos avaliados, contribuindo para a análise das condições de absorção hídrica do solo e sua relação com o escoamento superficial na avenida. Os resultados serão associados às observações realizadas em campo sobre as manifestações patológicas do pavimento, auxiliando na interpretação dos possíveis efeitos das condições de drenagem na área estudada.

Tabela 1. Tabela resumo dos métodos alternativos

ENSAIOS	VANTAGENS	DESVANTAGENS	ESCOLHA PARA PESQUISA
Ensaio de mancha de areia	Procedimento simples e de fácil execução.	Não mede diretamente a infiltração da água no pavimento.	Não escolhido
	Permite avaliar a macrotextura superficial do pavimento.	Não avalia a eficiência dos dispositivos de microdrenagem urbana.	
	Contribui para a análise da influência da textura no escoamento da água.	Sua aplicação é limitada em relação ao objetivo central da pesquisa.	
Ensaio de permeabilidade do revestimento asfáltico	Avalia a capacidade de infiltração de água no revestimento asfáltico.	Necessita de permeâmetro específico.	Não escolhido
	Permite identificar diferenças de permeabilidade na superfície.	Exige vedação adequada e controle de infiltração.	
Avaliação do afundamento em trilha de roda	Permite identificar e avaliar deformações permanentes na superfície do pavimento.	Os resultados podem ser influenciados por vazamentos laterais e pelas características do revestimento.	Não escolhido
	Auxilia na identificação de possíveis problemas estruturais e de	Não avalia diretamente a eficiência da	

	deformação do revestimento asfáltico.	microdrenagem urbana.	
Teste de infiltração por anéis concêntricos	Permite avaliar a capacidade de infiltração de água no solo.	Não permite identificar isoladamente a causa do afundamento observado	Escolhido
	Possibilita a realização de ensaios diretamente em campo.	A avaliação pode apresentar variações conforme o método de medição utilizado.	
	Contribui para a análise das condições de escoamento superficial e da possível acumulação de água na área estudada	Exige preparação adequada do local e controle das condições de execução do ensaio.	

Fonte: Própria.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização da Área de Estudo - Ensaio de Infiltração Anéis Concêntricos

A caracterização da área de estudo teve como objetivo identificar as condições da avenida analisada, considerando principalmente as características de capacidade de infiltração do solo tratando assim do estudo do solo adjacente, onde foi realizado o ensaio de

infiltração com anéis concêntricos. Esse ensaio de infiltração com anéis concêntricos é um método realizado em campo para determinar a velocidade de infiltração da água no solo ao longo do tempo (Coelho; Miranda; Duarte, 2000).

Imagem 3 e 4. Ensaio de Infiltração com anéis concêntricos no solo adjacente



Fonte: Própria

Ao longo da investigação, foram observadas as condições superficiais da via e de suas estruturas de microdrenagem, buscando identificar possíveis pontos de acúmulo de água e situações que pudessem comprometer o escoamento das águas pluviais. Essas informações permitiram contextualizar a área estudada e juntamente com o ensaio estabelecer uma base para a análise e sua relação com as condições de drenagem e conservação do pavimento.

Durante a análise *in loco*, foram observadas também as condições superficiais do pavimento flexível da avenida estudada, considerando desde o início da pesquisa o seu estado de conservação e a presença de possíveis irregularidades no revestimento asfáltico. A avaliação buscou identificar manifestações

patológicas, como acúmulo de água na superfície do pavimento, buracos, afundamentos além do desgaste superficial. Essas observações permitem relacionar as condições encontradas na via com os aspectos da microdrenagem local, contribuindo para a discussão dos possíveis impactos do escoamento inadequado das águas pluviais e como influência na durabilidade do pavimento.

Na avaliação das condições da avenida, foram identificados pontos de empoçamento de água na superfície do pavimento flexível, evidenciando dificuldades no escoamento das águas pluviais, como também foram observadas possíveis deficiências no sistema de microdrenagem, considerando as condições das sarjetas e dos dispositivos de captação de água. Essas ocorrências indicam dessa maneira possíveis limitações na drenagem superficial da avenida.

Imagem 5 e 6. Pontos de empoçamento de água no pavimento flexível da avenida.



Fonte: Própria

5.2. Procedimento - Ensaio de Infiltração Anéis Concêntricos

A análise das condições de drenagem da avenida foi realizada por meio de avaliações em campo, contemplando o ensaio de infiltração com anéis concêntricos no solo adjacente à via e a verificação das condições das sarjetas.

Inicialmente, foram analisados os resultados do ensaio de infiltração com anéis concêntricos. Para sua execução, foram utilizados os seguintes materiais e ferramentas: martelete, enxada, pá, régua, plástico e água. A princípio, foi realizada a limpeza e preparação do terreno com o auxílio da enxada e da pá. Em seguida, os dois anéis cilíndricos metálicos, sendo o interno com 25 cm de diâmetro e o externo com 50 cm de diâmetro, foram posicionados concentricamente e cravados no solo até uma profundidade de 15 cm, utilizando o martelete para auxiliar na instalação.

Após a instalação dos anéis, foi posicionada uma régua verticalmente no interior do anel interno, de modo que 15 cm de sua extensão ficassem abaixo do nível da superfície do solo, enquanto os outros 15 cm permanecessem acima dele, totalizando 30 cm. Essa disposição permitiu estabelecer uma referência para o acompanhamento e a medição do nível da água durante o ensaio.

Em seguida, foi utilizado um plástico sobre a superfície do solo no interior do anel interno, com a finalidade de evitar o impacto direto da água durante seu despejo, reduzindo o risco de deslocamento de partículas e alteração da estrutura dos poros do solo. Em seguida, adicionou-se água até o topo de ambos os anéis, retirando-se cuidadosamente o plástico para iniciar o ensaio.

As medições do nível da água foram realizadas com o auxílio de uma régua, seguindo intervalos progressivos: inicialmente, a cada 1 minuto, durante cinco medições; posteriormente, a cada 5 minutos, também durante cinco medições; e, por fim, a cada 10 minutos, totalizando mais cinco medições. Dessa forma, foram realizadas 15 medições ao longo de 80 minutos de ensaio. Os dados obtidos foram registrados para acompanhar a variação do nível da água e

determinar a velocidade de infiltração no solo ao longo do procedimento.

Durante o ensaio, foram realizadas reposições de água para manter a lâmina necessária à continuidade das medições. Essas reposições ocorreram aos 40 e 80 minutos, com restabelecimento do nível de referência de 30 cm. Para o cálculo da infiltração acumulada, foram consideradas as variações efetivamente registradas em cada intervalo, sem contabilizar a água adicionada durante as reposições.

Imagem 7. Adição de água aos anéis concêntricos



Fonte: Própria

Imagem 8 e 9. Medição de altura de infiltração



Fonte: Própria

5.3. Cálculo da Velocidade de Infiltração - Ensaio de Infiltração Anéis Concêntricos

A partir dos dados obtidos durante o ensaio, foi calculada a velocidade de infiltração da água no solo, considerando a variação da altura da lâmina de água em relação ao intervalo de tempo entre as leituras.Esse parâmetro permite avaliar a quantidade de água infiltrada por unidade de tempo, possibilitando acompanhar o comportamento da infiltração ao longo do tempo. Para determinar a velocidade de infiltração, utilizou- se a Equação 1:

Equação 1 – Cálculo da velocidade de infiltração

$$Vi = hi - hf \ / \ tf - ti$$

Em que:

- *Vi = velocidade* de infiltração no intervalo;
- *hi* = altura inicial da água no intervalo;
- *hf* = altura final da água no intervalo;
- *ti* = tempo inicial;
- *tf* = tempo final.

Para facilitar a interpretação dos resultados obtidos, a velocidade de infiltração pode ser classificada de acordo com sua intensidade, permitindo avaliar a capacidade do solo de absorver água. A tabela 2 apresenta os critérios de classificação conforme os valores de velocidade de infiltração.

Tabela 2. Classificação do solo a partir de sua VIB.

Solo	VIB
Solo de VIB muito alta	> 3,0 $cm.h^{-1}$
Solo de VIB alta	1,5 - 3,0 $cm.h^{-1}$
Solo de VIB média	0,5 - 1,5 $cm.h^{-1}$
Solo de VIB baixa	< 0,5 $cm.h^{-1}$

O cálculo foi realizado para cada intervalo de medição, considerando a diferença entre a altura inicial e a altura final da água. Nos momentos em que houve reposição de água, foi considerado o intervalo anterior à reposição, dando continuidade aos cálculos a partir do nível estabelecido.

Como exemplo, para o intervalo entre 70 e 80 minutos, foi registrada uma redução de 2,5 cm na altura da lâmina de água, durante um período de 10 minutos. Assim, a velocidade de infiltração foi calculada da seguinte forma:

$$Vi = 30,00 - 27,5 \ / \ 80 - 70$$

$$Vi = 2,5 \ / \ 10$$

$$Vi = 0,25 \ cm/min \ => \ 15,00 \ cm/h$$

O mesmo procedimento foi aplicado aos demais intervalos de medição, permitindo determinar as velocidades de infiltração ao longo do experimento. Posteriormente, os valores foram organizados em tabela e utilizados para elaborar um gráfico da velocidade de infiltração em função do tempo.

Tabela 3. Resultados do ensaio de infiltração.

Tempo acumulado (min)	Intervalo (min)	Variação da altura (cm)	Reposição de água (cm)	Velocidade de infiltração (cm/min)
1	1	1,0	—	1,00
2	1	0,6	—	0,60
3	1	0,6	—	0,60
4	1	0,5	—	0,50
5	1	0,6	—	0,60
10	5	1,7	—	0,34
15	5	1,5	—	0,30
20	5	1,2	—	0,24
25	5	1,1	—	0,22
30	5	1,7	—	0,34
40	10	2,6	30,0	0,26
50	10	2,4	—	0,24
60	10	2,5	—	0,25
70	10	3,0	—	0,30
80	10	2,5	30,0	0,25

Fonte: Própria.

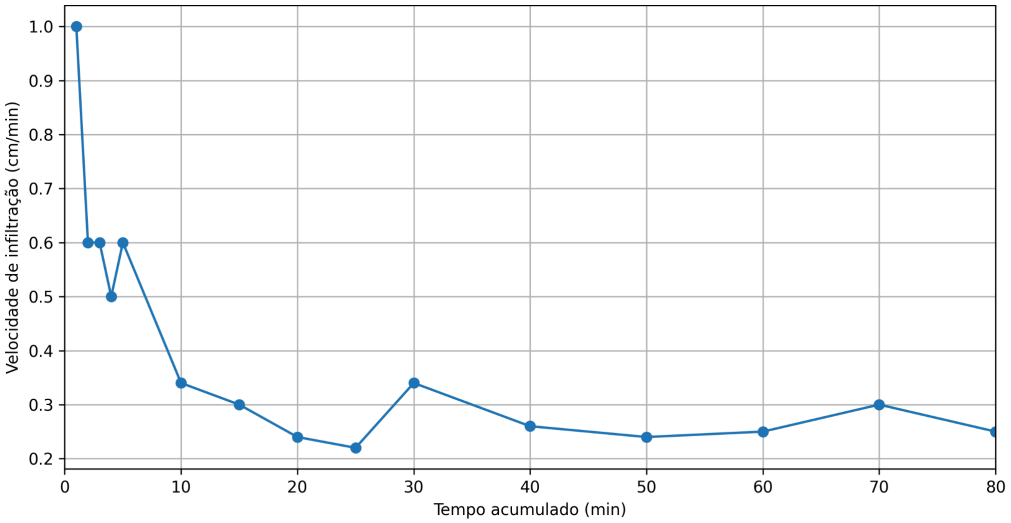
Os resultados obtidos demonstraram que a velocidade de infiltração apresentou variações ao longo do ensaio, iniciando em 60.00 cm/h (1,00 cm/min) no primeiro intervalo e apresentando redução nos

períodos seguintes. Essa variação indica que a velocidade de entrada da água no solo não permaneceu constante durante o experimento.

Ao final dos 80 minutos de ensaio, a ficha de campo registrou uma velocidade de infiltração de 15.00 cm/h (0,25 cm/min). Conforme a classificação apresentada na Tabela 2, esse resultado enquadra o solo na categoria de velocidade de infiltração muito alta, considerada o limite superior a 3.00 cm/h.

Esses resultados fornecem informações sobre a capacidade de infiltração do solo analisado e contribuem para a avaliação do comportamento da água na área estudada, especialmente quanto à infiltração e ao escoamento superficial. Conforme apresentado no Gráfico 1, que demonstra a variação da velocidade de infiltração ao longo do tempo, os dados obtidos permitem compreender esse comportamento e complementam a análise das condições de drenagem da área. Dessa forma, torna-se importante relacionar essas informações às condições dos dispositivos de microdrenagem existentes na avenida, buscando compreender sua influência no escoamento das águas pluviais.

Gráfico 1. Variação da velocidade de infiltração do solo ao longo do tempo.



Fonte: Própria

O gráfico apresenta a variação da velocidade de infiltração ao longo do ensaio, demonstrando uma redução inicial seguida de pequenas oscilações nos intervalos posteriores. Observa-se que, ao final do período de 80 minutos, os valores apresentam menor variação em comparação aos primeiros minutos do teste.

Com base nos resultados do ensaio de infiltração, classificando o solo como de velocidade de infiltração muito alta, observa-se que o terreno apresenta elevada capacidade de absorção de água. Entretanto, essa característica não significa que o sistema de microdrenagem seja eficiente, pois a infiltração no solo e a drenagem urbana desempenham funções distintas. Enquanto a primeira está relacionada à capacidade do terreno de absorver a água, a segunda depende da captação e condução adequada das águas pluviais pelos dispositivos de drenagem. Assim, mesmo que parte da água consiga infiltrar no solo, a deficiência na microdrenagem pode ocasionar acúmulos superficiais e escoamento inadequado, favorecendo a entrada de água pelas fissuras do revestimento e contribuindo para a degradação e a redução da vida útil do pavimento flexível.

5.4. Caracterização da Área de Estudo - Levantamento de Sarjetas

O levantamento seguinte, que também integra o projeto de pesquisa, teve como objetivo principal avaliar as condições das sarjetas localizadas na Avenida Pedro Freitas. Para a análise, foi selecionado um trecho de 30 metros, no qual foram observados aspectos relacionados às condições físicas das estruturas, a quantidade de acúmulo de resíduos e sedimentos e à sua capacidade de desempenhar adequadamente sua função principal de conduzir as águas pluviais.

Imagem 10 e 11. Levantamento *in-loco* de Sarjetas



Fonte: Própria

A análise das condições das sarjetas foi realizada em um trecho de 30 metros da Avenida Pedro Freitas, adotando-se essa extensão como referência para o cálculo dos percentuais. Os resultados demonstraram que 3,20 metros (10,67%) do trecho apresentavam-se totalmente limpos, enquanto 3,50 metros (11,67%) estavam parcialmente obstruídos. Por outro lado, 23,33 metros (77,77%) estavam totalmente obstruídos.

Tabela 4. Caracterização das Sarjetas quanto a Tipologia

Metragem (m)	Porcentagem (%)	Tipologia
3,20	10,67%	Totalmente Limpo

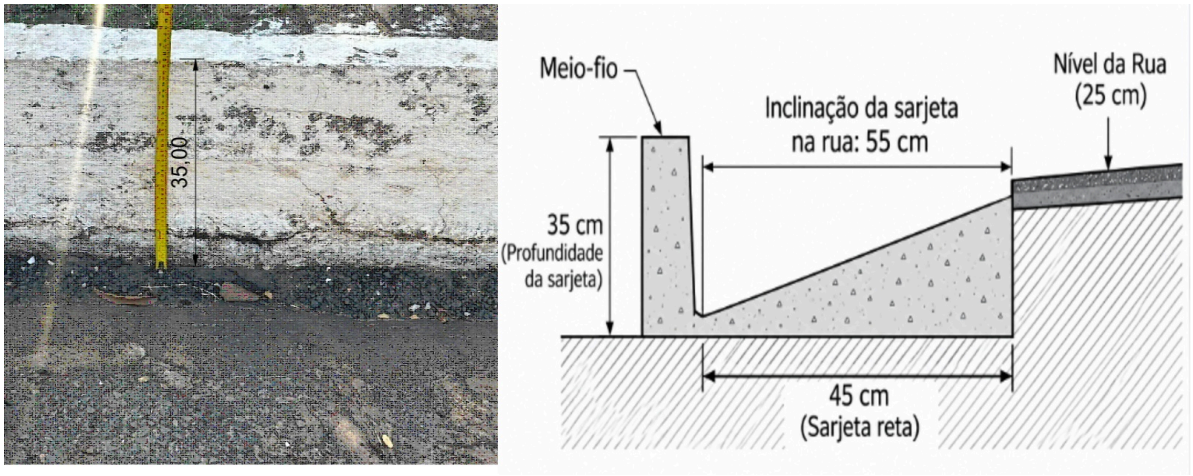
3,50	11,67%	Parcialmente Obstruidos
23,33	77,77%	Totalmente Obstruidos

Fonte: Própria

Observa-se, portanto, que a maior parte do trecho avaliado apresenta obstrução total, representando aproximadamente 77,77% da extensão analisada. Esse resultado evidencia condições desfavoráveis ao funcionamento das sarjetas, uma vez que o acúmulo de materiais pode comprometer a condução das águas pluviais e dificultar o escoamento superficial.

Além da avaliação das condições de obstrução, foi realizado o levantamento das dimensões das sarjetas, visando caracterizar sua seção transversal e avaliar aspectos físicos relacionados à sua funcionalidade no escoamento superficial das águas pluviais. Por isso, foram realizadas medições em campo, considerando a profundidade, largura do trecho reto e a extensão da parte inclinada, conforme ilustrado na Imagem 12.

Imagem 12. Levantamento Dimensional das Sarjetas



a) Medição em campo. b) Representação das dimensões.

Fonte: Própria

As dimensões das sarjetas estão diretamente relacionadas à sua funcionalidade, pois influenciam a capacidade de condução das águas pluviais ao longo da via. Entretanto, além das características dimensionais, as condições de conservação também são determinantes para o desempenho desses dispositivos. No trecho analisado, observou-se que o elevado percentual de obstrução, correspondente a 77% da extensão avaliada, pode comprometer a seção disponível para o escoamento, dificultando o direcionamento da água até os dispositivos de captação.

Essa condição pode favorecer o acúmulo de água junto ao pavimento, especialmente durante os períodos chuvosos. Considerando que o estudo busca analisar os impactos da ineficiência da microdrenagem na pavimentação urbana, essa situação merece atenção, uma vez que a permanência da água na superfície pode favorecer sua infiltração por fissuras e outras descontinuidades do revestimento, contribuindo para a deterioração das camadas do pavimento flexível.

Os resultados do levantamento demonstram que a ineficiência da microdrenagem urbana influencia diretamente a degradação e a redução da vida útil dos pavimentos flexíveis. Por meio do levantamento foi identificado que quase toda a extensão das sarjetas analisadas apresentava obstrução total. Essa deficiência dificulta o escoamento adequado da água, aumentando o tempo de contato com o revestimento e favorecendo sua infiltração por fissuras e outras descontinuidades. Como consequência, a umidade pode atingir as camadas inferiores do pavimento, reduzindo a capacidade de suporte dos materiais e favorecendo o surgimento e agravamento de patologias, como trincas, deformações e buracos,

comprometendo seu desempenho e contribui para a redução de sua vida útil.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar a ineficiência da microdrenagem urbana e sua relação com a degradação dos pavimentos flexíveis, tendo como área de investigação um trecho da Avenida Pedro Freitas, localizada na zona sul de Teresina - PI. A partir das pesquisas bibliográficas e das atividades realizadas em campo, foi possível identificar condições relacionadas ao funcionamento da drenagem superficial e compreender como essas situações podem contribuir para o comprometimento e conservação da pavimentação urbana.

Em relação ao ensaio de infiltração do solo, realizado por meio do método dos anéis concêntricos em uma área adjacente à avenida, observou-se uma redução da taxa de infiltração ao longo do tempo,passando de 60,00 cm/h no início do ensaio para 15,00 cm/h ao final dos 80 minutos de execução. Conforme os critérios de classificação adotados na pesquisa, os resultados indicaram uma elevada capacidade de infiltração do solo analisado. Entretanto, é importante destacar que esse comportamento representa uma característica do solo no local do ensaio e não deve ser interpretado isoladamente como comprovação da eficiência do sistema de microdrenagem ou da permeabilidade do revestimento asfáltico.

Já sobre o levantamento realizado nas sarjetas, em um segmento de 30 metros da avenida, evidenciou um cenário preocupante quanto às condições de manutenção desses dispositivos. Verificou-se que 77,77% do trecho analisado apresentava obstrução total, enquanto

11,67% possuía obstrução parcial e apenas 10,67% encontrava-se completamente limpo. Esses resultados demonstram a predominância de condições inadequadas de conservação, indicando que a presença de resíduos materiais acumulados pode dificultar o direcionamento das águas pluviais e comprometer o escoamento superficial.

Essa situação é relevante porque as sarjetas desempenham uma função essencial no sistema de microdrenagem, conduzindo a água precipitada até os dispositivos de captação. Quando apresentam obstruções, sua capacidade de escoamento pode ser reduzida, favorecendo a formação de pontos de acúmulo de água sobre a superfície da via. A permanência da umidade no pavimento, especialmente quando associada a existência de fissuras e outras descontinuidades, podendo assim contribuir para o avanço das deteriorações, comprometendo gradualmente suas condições de conservação e utilização.

Dessa forma, os resultados obtidos permitem responder ao problema de pesquisa ao evidenciar que as condições inadequadas de conservação dos dispositivos de microdrenagem, especialmente a obstrução das sarjetas, podem comprometer o escoamento das águas pluviais e favorecer situações de acúmulo de água na superfície da via. Essa relação representa um fator de atenção para a conservação dos pavimentos flexíveis, uma vez que a presença prolongada de água e umidade pode favorecer o desenvolvimento e a intensificação de manifestações patológicas.

Com base nos resultados obtidos, considera-se que o objetivo geral do trabalho foi alcançado, uma vez que a pesquisa permitiu identificar problemas na conservação dos dispositivos de

microdrenagem e analisar uma possível relação com a degradação da pavimentação urbana. Os resultados reforçam que a durabilidade dos pavimentos flexíveis também depende do funcionamento adequado e da manutenção dos sistemas de drenagem, evidenciando a importância da microdrenagem para a conservação da infraestrutura viária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL (ABGE). Norma ABGE 107/2024: ensaios de permeabilidade em solos utilizando furo de sondagem, poço, cava, slug test e anel duplo: procedimentos para execução e interpretação de resultados. São Paulo: ABGE, 2024

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16504: misturas asfálticas determinação da profundidade média da macrotextura superficial de pavimentos asfálticos por volumetria método da mancha de areia. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

BANAVITZ, Georgia Dutra de Oliveira; FONSECA, Paulo Luiz da. Análise de sistemas de microdrenagem – as built e as possíveis interferências em áreas urbanas. *Labor & Engenho*, Campinas, v. 13, p. 1–12, e019007, 2019.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.

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

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Glossário de termos técnicos: drenagem e manejo das águas pluviais urbanas*. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2024.

CAI, Guoqing *et al.* Investigating the mud pumping phenomena and dynamic characteristics in ballasted track subgrade under multi-stage/multi-frequency train load–wetting coupling. *Transportation Geotechnics*, v. 52, 101545, 2025. DOI: 10.1016/j.trgeo.2025.101545.

CARVALHO, Iris de Oliveira. Influência da precipitação pluviométrica e da drenagem superficial na progressão da deterioração de pavimentos asfálticos: análise comparativa entre regiões climáticas brasileiras. *Caderno Técnico do DNIT*, Brasília, DF, v. 2, n. 3, p. 57–66, 2024.

CARVALHO, Juliana Paiva de. *Vazão de escoamento superficial e sistema de drenagem urbana: um estudo de caso no bairro Vila Frei Solano na cidade de Bacabal – MA*. 2025. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Maranhão, Bacabal, 2025.

CIPRIANO, Luiz Florival; LIMA, Raynner Cristhofer Santos; SILVESTRE, Kelen Cristina Crivelaro. Estudo comparativo de pavimento rígido x pavimento flexível através da análise de solo na PB 008. *Acta Scientia*, v. 3, n. 2, jul./dez. 2021.

COELHO, Rubens Duarte; MIRANDA, Jarbas Honorio de; DUARTE, Sergio Nascimento. Infiltração da água no solo: parte I infiltrômetro de anéis versus infiltrômetro de aspersores. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 137–141, 2000. DOI: https://doi.org/10.1590/S1415-43662000000200001. Disponível em: SciELO. Acesso em: 29 out. 2026.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). *Pesquisa CNT de Rodovias 2022: relatório gerencial*. Brasília, DF: CNT, 2022.

COSTA, Ermesson Vicente da Silva. *Projeto de sistema de drenagem urbana*. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Pombal, 2025.

DA SILVA, Heberson Teixeira *et al.* Study of pathologies on flexible floors in the city of Teófilo Otoni, Minas Gerais State, Brazil. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 7, 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem*. 5. ed. Brasília, DF: DNIT, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). DNIT 006/2003 – PRO: avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos: procedimento. Rio de Janeiro: DNIT, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *Resolução nº 8, de 2022*. Brasília, DF: DNIT, 2022.

DINIZ, María Ingridy; MELO, Ricardo Almeida de. Análise da correlação entre a condição de pavimentos urbanos e elementos do sistema de drenagem. *Revista ALCONPAT*, Mérida, v. 13, n. 2, p. 220–234, 2023. DOI: 10.21041/ra.v13i2.604.

GARCIA, Keyla Morales de Lima. *A educação do campo na formação do intelectual orgânico*. São Carlos: Programa de Pós-Graduação em

Educação, Universidade Federal de São Carlos, 2025. Seminário de Teses e Dissertações PPGE-UFSCar.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 87% da população brasileira vivia em áreas urbanas. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.

LERMEN, Andréia Monique; CLERICI, Naiara Jacinta; SCHEIN, Dinalva; FRONZA, Carolina Smaniotto; REIS, Mateus Vinicius. Consequências da ineficiência dos projetos de drenagem urbana: um diagnóstico do carregamento de sedimentos causadores de malefícios à saúde humana. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 14., 2020.

LIMA, Luana dos Santos; SILVA, Matheus Cavalcante. *Revestimento flexível do tipo concreto betuminoso usinado a quente: uma revisão sistemática*. *Revista Multidebates*, v. 7, n. 3, 2023.

LOSCH, Silmara; RAMBO, Carlos Alberto; FERREIRA, Jacques de Lima. A pesquisa exploratória na abordagem qualitativa em educação. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, Araraquara, v. 18, n. 00, e023141, 2023.

MARQUES, Yasmim Soares Fuscaldi. *Os impactos das chuvas no transporte coletivo por ônibus em Belo Horizonte - MG*. 2024. 63 f. Monografia (Graduação em Engenharia Urbana) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2024.

MIGUEZ, Marcelo Gomes; VERÓL, Aline Pires; REZENDE, Osvaldo Moura. *Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

PINHEIRO, Ana Kariny Fernandes; NASCIMENTO, Kerolane Moreira do; SILVA, Luandesson Fernandes da; BARROS, Antônio Ricardo Mendes. Projeto de sistema de drenagem: uma abordagem técnica e ambiental. *Engenharia & Ação*, v. 2, n. 1, p. 1–23, 2024. DOI: 10.29327/2404569.2.1-2.

REDE TEMÁTICA DE ASFALTO. Manual de execução de trechos monitorados: anexo digital – procedimentos REDE. [S. l.]: Laboratório de Tecnologia de Pavimentação, Departamento de Engenharia de Transportes, out. 2010. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/778471438/Manual-de-execucao-de-trechos-monitorados-Anexo-digital. Acesso em: 14 out. 2026.

SILVA JÚNIOR, Carlos Gomes da *et al.* Impactos dos resíduos sólidos lançados na microdrenagem urbana. *Revista Tecnologia*, Fortaleza, v. 46, p. 1–12, 2025.

SILVA, Alisson Caetano da *et al.* Medidas para a reabilitação da microdrenagem no entorno da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). XII Encontro Nacional de Águas Urbanas, 2018.

SILVA, Fabricio Madeira da; ANHOLETTI, Maxsuel; AMORIM JUNIOR, Joãozito Cabral. *Estudo dos afundamentos nos pavimentos asfálticos*. Serra: MULTIVIX, 2022.

SILVA, Francisco Luanderson Fernandes Ferreira da. Análise das manifestações patológicas e condição do pavimento flexível de um trecho de 2,0 km entre Monte Alegre/RN e São José de Mipibu/RN com aplicação do Índice de Gravidade Global – IGG. 2025. 64 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Natal, 2025.

SILVA, Nádgyla Layana Tófolo *et al.* Influência da umidade de compactação no comportamento resiliente de três materiais granulares não lateríticos. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 49., 2024. *Anais da 49ª Reunião Anual de Pavimentação – RAPv*. 2024. DOI: 10.29327/1430212.49-48.

SILVA, Paulo Otávio Amaral e; OLIVEIRA, Ricardo Fonseca de. Patologias em pavimentos flexíveis. *GETEC*, v. 10, n. 30, p. 35–52, 2021.

SOARES, Wenden Charles Ramalho. *Sistema de drenagem urbana da área comercial de Malta - PB: um estudo de caso*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Pombal, 2021.

SOUTO, Emanuel Vilela; MORESCO, Bruno Henrique; GOLTZ, Claudir José. Patologias em pavimentos asfálticos. *Revista Interação Interdisciplinar*, v. 3, n. 2, p. 117–130, 2019.

TUCCI, Carlos E. M. *Gestão da drenagem urbana*. Brasília, DF: IPEA/CEPAL, 2012.