REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

IMPACTOS DA EXECUÇÃO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO NAS MICROBACIAS DE DRENAGEM EM ÁREAS URBANAS

IMPACTS OF PAVING SERVICES ON DRAINAGE MICROBASINS IN URBAN AREAS

Ciências Exatas e da Terra, Engenharias • 20/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/794930227

José Pereira de Freitas Filho[1]

João Victor Sampaio Correia Lima[2]

Annamaria Faria de Carvalho Loureiro[3]

Gil Alves dos Santos Júnior[4]

RESUMO

A execução de serviços de pavimentação em áreas urbanas próximas às microbacias de drenagem pode provocar alterações no escoamento superficial e dificultar o processo de funcionamento dos sistemas de drenagem. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo investigar os problemas relacionados a pavimentação urbana nas proximidades do Riacho Itararé na Avenida Professor Camilo Filho, em Teresina-PI. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa e descritiva, desenvolvida por meio de pesquisas documentais e visitas de campo realizadas. Com isso, foram realizadas observações das condições de conservação das estruturas de drenagem, identificação de obstruções e avaliação hidráulica dos bueiros existentes, utilizando o Método Racional e a Equação de Manning. Os resultados evidenciaram uma perda na eficiência nos sistemas de microdrenagem existentes, decorrente do acúmulo de materiais orgânicos e inorgânicos, falha de manutenção, contribuições de esgoto clandestinas e degradação estrutural. Portanto, pode se concluir que os problemas de alagamento no trecho estudado envolvem diversos fatores, como: falha na infraestrutura de drenagem urbana, impermeabilização do solo e descarte inadequado de resíduos sólidos, evidenciando a necessidade de um planejamento integrado e manutenção periódica dos dispositivos.

Palavras-chave: Pavimentação; Microbacia; Sistema de drenagem; Avaliação hidráulica; Alagamento.

ABSTRACT

The execution of paving services in urban areas near drainage micro-basins can cause alterations in surface runoff and hinder the functioning of drainage systems. In this context, this work aims to investigate the problems related to urban paving near the Itararé

Stream on Professor Camilo Filho Avenue, in Teresina-PI. The research adopts a qualitative and descriptive approach, developed through documentary research and field visits. Observations were made of the conservation conditions of drainage structures, identification of obstructions, and hydraulic evaluation of existing culverts, using the Rational Method and Manning's Equation. The results showed a loss in efficiency in existing micro-drainage systems, resulting from the accumulation of organic and inorganic materials, maintenance failures, contributions from clandestine sewage, and structural degradation. Therefore, it can be concluded that the flooding problems in the studied section involve several factors, such as failure in urban drainage infrastructure, soil impermeability, and inadequate disposal of solid waste, highlighting the need for integrated planning and periodic maintenance of the devices.
Keywords: Paving; micro-catchments; drainage system; Hydraulic assessment; Flooding.

1. INTRODUÇÃO

A relação entre sociedade e natureza tem sido marcada por transformações cada vez mais intensas, especialmente à medida que o crescimento populacional e o desenvolvimento das atividades humanas ampliam a demanda por recursos naturais.

Segundo Carvalho *et al.* (2022), o crescimento das demandas sociais e a exploração crescente dos recursos naturais têm provocado alterações significativas nos sistemas ambientais, favorecendo processos de degradação e desequilíbrio ecológico.

Dessa forma, a pressão exercida pela atividade humana sobre os sistemas naturais ressaltou a vulnerabilidade do meio ambiente e teve consequências profundas, principalmente sobre os recursos hídricos. A degradação das bacias e microbacias constitui uma das consequências observadas da interferência humana no equilíbrio natural do ciclo das águas (Garcia *et al.*, 2020).

Nesse contexto, as intervenções humanas associadas ao processo de urbanização alteraram o funcionamento natural do ciclo hidrológico, especialmente em áreas urbanas caracterizadas com alta concentração populacional (Costa, 2023). Entre os principais fatores, destaca-se a redução da capacidade de infiltração da água no solo, o que favorece o aumento do volume de água superficial e, consequentemente, do escoamento superficial. Esse processo pode intensificar o transporte de partículas do solo, contribuindo para o transporte de sedimentos para os canais de drenagem e dos corpos hídricos, afetando suas características naturais e a qualidade da água. (Quaresma *et al.*, 2026).

Diante disso, a pavimentação de vias vem desempenhando papel importante para o desenvolvimento das áreas urbanas, propiciando a mobilidade e transporte eficiente no interior dos municípios. Todavia, a grande extensão de pavimentação urbana, além de promover tais benefícios, pode acarretar problemas associados ao funcionamento do sistema de drenagem adotado, uma vez que a impermeabilização do solo proporcionada pela presença do asfalto reduz a infiltração das águas pluviais, gerando aumento no volume de escoamento superficial. Essa condição pode provocar sobrecarga na estrutura de drenagem existente, tornando-a propensa a alagamentos e inundações (TCE, 2024).

Pode-se observar que os principais impactos gerados nas proximidades ou sobre os recursos hídricos estão relacionados à expansão da construção de rodovias, especialmente quando há alterações nas características do solo. Quando essas alterações ocorrem de forma intensa e sem o devido planejamento, podem aumentar os processos de erosão e assoreamento, além de comprometer o funcionamento adequado da drenagem nas microbacias (Martins *et al.*, 2024).

Diante desse contexto, questiona-se: quais problemas podem ser observados durante a implantação ou duplicação de uma rodovia urbana nas proximidades de microbacias, considerando a ausência de um sistema de drenagem eficiente?

Tem-se como hipótese de referência que a execução de serviços de pavimentação em áreas de microbacias urbanas pode acarretar mudanças na qualidade da água, especialmente quando não há planejamento adequado para o sistema de drenagem. Problemas como enchentes e inundações em regiões próximas a rodovias urbanas também podem estar relacionados às atividades de pavimentação, devido às alterações no escoamento natural das águas, principalmente em períodos de chuvas mais intensas. Além disso, falhas na gestão e no planejamento de microbacias em áreas urbanas podem comprometer a eficiência do sistema de drenagem.

Buscando evidenciar tais questões, este trabalho busca investigar os problemas provenientes dos serviços de pavimentação em áreas com presença de microbacias de drenagem, através da análise de dos dispositivos do sistema de drenagem na região do riacho Itararé.

A justificativa para a escolha deste tema decorre da importância dos impactos gerados pelos serviços de engenharia relacionados à pavimentação urbana em áreas de sub-bacias de drenagem. Do ponto de vista técnico, o estudo busca ampliar os subsídios para uma execução mais cuidadosa dos serviços de pavimentação, considerando a presença do meio biótico e dos recursos hídricos no local. Contribuindo, assim, para uma análise mais criteriosa dos impactos ambientais sobre riachos e demais corpos hídricos, especialmente durante a elaboração de estudos e relatórios ambientais. Nesse contexto, a análise de normas e a elaboração de relatórios de impacto constituem importantes instrumentos de suporte técnico (Henckes, 2024).

Na Engenharia civil são frequentes abordar assuntos que visam o preparo adequado do solo para remanejamento e implantação de obras. Esses conhecimentos contribuem para o desenvolvimento de uma visão mais crítica sobre a relação entre as atividades de engenharia e as condições ambientais do local. Dessa forma, no âmbito acadêmico, esta pesquisa busca ampliar o conhecimento sobre a execução de pavimentos em áreas próximas a riachos e córregos naturais, destacando a importância do planejamento e da gestão territorial, além de estimular a discussão do tema entre estudantes e profissionais da área (Matos; Rocha, 2024).

Por fim, para a relevância prática entende-se que este estudo é importante pois permite um olhar mais criterioso dos profissionais ao executar a regularização do solo próximo a microbacias de drenagem, considerando a necessidade de planejamento adequado e de medidas que minimizem possíveis alterações no escoamento superficial e nos processos de drenagem urbana. Dessa forma, é importante a qualificação técnica de conhecimento para uma

atuação prática no momento da execução de um pavimento, considerando a presença de corpos hídricos dentro do contexto urbano (Araújo; Alencar, 2023).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A Importância das Microbacias de Drenagem no Contexto Urbano

Dentro do contexto urbano e paisagístico, as microbacias desempenham um papel muito importante para o meio social, ecológico e sustentável, pois a sua estrutura enfatiza uma busca pela preservação e pela conservação do seu meio, de modo a contribuir para sua paisagem natural. Quando se há no planejamento urbano a integração e participação de recursos naturais da área, é notório que se busca práticas de políticas públicas, satisfazendo a redução de conflitos e eventos hidrológicos críticos daquele meio. Essa interligação de projeto, ecologia e sociedade fortalece a resiliência urbana, coletiva e traz a conectividade com a biodiversidade, dessa forma, as bacias e sub-bacias podem transformar um ambiente adaptável e sustentável através dessa interação (Correia *et al.*, 2026).

Diante desse pressuposto, as microbacias devem ter sua análise mais sintetizada, visto que características como a geometria, topografia e hidrografia, podem trazer várias informações sobre a mesma e sua importância quanto à urbanização. Quando se analisa uma sub-bacia devido a sua característica geométrica, destaca-se sua observação pelo seu formato e dimensões, pois estes fatores podem indicar se o curso d'água estar suscetível a enchentes. Do ponto de vista da topografia, a análise se dá pela altitude, de modo que esta característica desempenha um papel essencial para

mudanças térmicas e climáticas. Quanto ao quesito hidrográfico, tem-se a relação da microbacia com a formação de afluentes o que demonstra um fator crucial para planejamento de sistemas de drenagem em uma determinada região (Borges *et al.*, 2024).

Diante dos pressupostos apresentados a respeito das microbacias e o seu papel, que influencia para o contexto ecológico, é notório ressaltar que para incluir estes córregos naturais na ambientação urbana é necessário entender sobre os sistemas de drenagem. De fato, para uma urbanização crescente em meios aos cursos naturais, um sistema de drenagem, executado com microdrenagem e macrodrenagem eficiente, se torna importante para evitar problemas nos cursos naturais de riachos e alagamentos nas ruas da cidade.

Assim, quando uma cidade se forma desproporcional ao planejamento de córregos e bacias próximas, o sistema de drenagem fica sujeito a deficiência, causando alagamentos e enchentes. Dessa forma, à medida que a urbanização cresce, é de extrema importância investir em programas de necessidades locais, já que a demandas requerem sistemas de macrodrenagem eficazes para determinadas situações. Algumas técnicas de infraestrutura verde são opções que, atualmente, encontram-se bastante essenciais para ajudar a promover o equilíbrio ecológico e social. Além disso, este sistema traz consigo a harmonia de se construir para dar valor aos recursos naturais existentes, como também pode ser uma opção para promover a drenagem superficial no contexto urbano (Ferreira; Reis; Oliveira, 2023).

Diante disso, em decorrência da fragilidade na introdução de riachos no meio urbano, esta gravidade influencia na decadência de um

sistema de drenagem em áreas de baixo rendimento. Para isso, o Plano Diretor é uma ferramenta muito importante e de precisão para revisar urbanizações implementando o saneamento básico eficiente com o auxílio da drenagem com menos falhas de operação. Ademais, as intervenções feitas por órgãos públicos nessas localidades mais afetadas tornam-se mais essencial, pois busca o entendimento para a realização de um sistema de drenagem eficiente, o que, de fato, melhora as condições ambientais da região quando se tem assistência fundamental, por isso, é indiscutível buscar conhecimentos acerca das matrizes drenantes atuais (Rodrigues; Barbosa Junior, 2025).

Dentre as matrizes que compõem os sistemas de drenagem, tem-se a macrodrenagem, mencionada anteriormente, que geralmente é conhecida também como uma rede preexistente na drenagem natural, ela é responsável pelo escoamento superficial das águas pluviais provenientes dos sistemas de macrodrenagem. Os bueiros são dispositivos bastante conhecidos neste sistema, eles são estruturas construídas para desviar o cursa d'água de alguma obstrução (rodovia ou ferrovia). Nota-se que os projetos de macrodrenagem fazem parte da infraestrutura das cidades, contribuindo para a qualidade urbana, ademais a má execução ou a ausência deste dispositivo pode provocar alagamentos e enchentes devido a impermeabilização demasiada do solo (Stein *et al.*, 2022).

Entende-se por um sistema de microdrenagem aquela etapa inicial da drenagem, ou simplesmente um coletor de águas. Dispositivos como sarjetas, bocas de lobo, galerias pluviais, caixas de ligação, poços de queda e poços de visita são tipos de dispositivos que fazem parte desta estrutura de microdrenagem, ou seja, observa-se que esta sistematização é aquela responsável pela entrada das águas das

bacias urbanas na drenagem fazendo com que sejam levadas até a macrodrenagem de forma adequada e necessitam ser projetadas com dimensões adequadas. O planejamento ordenado promove segurança nas vias urbanas sem o acúmulo de águas pluviais durante épocas de cheias (Costa, 2025).

De fato, o crescimento acelerado da urbanização tem contribuído para os desafios enfrentados pelas águas pluviais. Diante disso, é extremamente essencial que o manejo de microbacias urbanas seja discutido para enfrentar problemas no contexto urbano, no qual é perceptível que a infraestrutura se encontra em declividade quando comparada ao crescimento desordenado populacional e urbano. Nesse viés, soluções e práticas que buscam melhorar estes sistemas são fundamentais para a criação de dispositivos multifuncionais no ciclo hidrológico, o que proporciona benefícios socioambientais e econômicos, a exemplo da estrutura verde, na qual traz a minimização de impactos climáticos (Alencar *et al.*, 2025).

Dessa maneira, a drenagem urbana desempenha um papel fundamental no funcionamento adequado das cidades, sendo responsável por conduzir e controlar o escoamento das águas pluviais. Quando esse sistema apresenta falhas, seja por deficiência de planejamento, dimensionamento inadequado ou falta de manutenção, surgem impactos significativos tanto para a população quanto para a gestão pública (Nery *et al.*, 2024). Dessa Forma, o adequado gerenciamento na drenagem urbana, previne-se diversos problemas graves, como erosões, deslizamentos, alagamentos e inundações, além de contribuir para a preservação dos corpos d’água. Conclui-se, que um sistema de drenagem ineficiente, o crescimento da cidade tende a se tornar problemático, enquanto

uma boa drenagem contribui para um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável (Caldeira; Lima, 2020).

2.2. Processo de Execução dos Serviços de Pavimentação de Rodovias

As operações caracterizadas para a execução de serviços de pavimentação se originam primeiramente pela definição de jazidas a serem utilizadas, cuja estas são devidamente identificadas em projeto e localizadas, além de seus materiais ensaiados em laboratório. Além de satisfazer o custo e benefício da escolha de uma jazida, seus materiais devem estar em conformidade com os requisitos normativos que ditam a qualidade do solo para a execução de serviços correspondentes a base, sub-base, reforço etc. Além disso, os profissionais da área devem estar atentos quando se trata do cálculo do volume disponível de uma determinada jazida, visto que o local indicado pode não conter o volume de material suficiente, essa etapa é crucial para investigação do solo, realizando furos de sondagem e ensaios de caracterização do solo (Pessoa Junior, 2025).

Além da escolha da jazida, a construção de uma estrutura rodoviária engloba duas atividades básicas, nas quais se trata da terraplenagem e da pavimentação propriamente dita. O pavimento envolve o estudo preliminar de materiais para fins de execução, enquanto a terraplanagem envolve o estudo do solo existente, locais de empréstimos e bota-foras, além de estudos de compensações de cortes e aterros. A envoltória destes dois serviços compreende a escavação de solo, a carga e descarga de materiais, a compactação de aterros, além do cálculo das camadas de um pavimento. Desse modo, é muito comum nesses serviços exigirem muita carga de

transporte para suprir o suporte das camadas para aterro, pelo olhar da engenharia, este serviço tem um custo demasiadamente elevado (Lima, 2021).

As camadas de um pavimento são caracterizadas pelos inúmeros estudos de viabilidade de materiais, elas compreendem as etapas que sustentarão os efeitos advindos da superestrutura, conforme o tipo de pavimento utilizado. De forma geral, as camadas da pavimentação são constituídas por subleito (leito natural), reforço do subleito, sub-base, base e revestimento, sendo que cada uma delas é dimensionada e calculada para atividade pela qual foi disposta. O dimensionamento leva em conta vários fatores, como, as condições ambientais, limpeza do terreno, a espessura e a rigidez de suporte, pois estes critérios são cruciais para determinação da estrutura de um pavimento, ensaios de CBR (Capacidade de Suporte California) auxiliam muito na determinação destes serviços (Lins, 2025).

Seguindo a análise, a camada do subleito constitui o solo natural da estrutura de pavimento, sendo aquela já adquirida *in loco*, embora que toda a engenharia não a considera como uma camada abrangente de execução. Ademais, o descaso desta camada pode resultar em uma estrutura ineficiente para suportar as tensões do pavimento, devido a isso não se deve ignorá-la durante o dimensionamento, pois é necessário verificar se o solo atende aos padrões exigidos pelo DNIT. Quando o subleito não apresenta padrões de qualidades, é importante que o profissional responsável verifique se há exigência da construção de um reforço para o subleito, na qual é uma camada com o mesmo material constituinte do subleito, sendo basicamente retirado uma espessura do mesmo e compactado novamente (Xavier Neto, 2025).

Além disso, os materiais para o processo de execução da sub-base devem ter padrões maiores que o de subleito, visto que esta camada estará próxima ao revestimento e, consequentemente, terá que suportar maiores tensões. Primeiramente, para a escolha do material existe uma seleção e caracterização de suas propriedades, de modo que a seleção é importante para averiguar os materiais disponíveis para execução, buscando analisar as características naturais, a exemplo das propriedades geotécnicas no estado compactado, em outras palavras, a sub-base deve apresentar uma resistência elevada, pouco deformável e controle rigoroso de água. O processo executivo desta atividade emprega-se pela distribuição granulométrica, majoritariamente constituída por agregados, solos e aditivos, além de outros materiais (Paraná, 2023, p. 70).

Sabe-se ainda que, em teoria, a sub-base é construída buscando eliminar a espessura exacerbada da base, pois como estas camadas se localizam próximo ao revestimento, busca-se aliviar as pressões ao subleito aumentando a capacidade de suporte da base e sub-base e, normalmente, dimensionam-se maiores espessuras nessas camadas. A base, além de desempenhar papel importante na drenagem superficial, é executada utilizando solo estabilizado naturalmente, utilizando-se de britas graduadas, junção de solo e agregados, além de ser utilizada a química de outros materiais, como o ligante asfáltico e hidráulico. Essas misturas são essenciais para obter-se um material durável e resistente, por isso não se deve atravessar nenhuma das etapas sem que haja a consulta prévia de normas (Balbo, 2025).

Para que a base atinja uma compactação desejável e com segurança, devem ser seguidos alguns critérios de execução. Inicialmente, a compactação deve ser feita de forma longitudinal,

tendo em vista que o início se dá pela borda mais baixa interligando à borda mais elevada da faixa, este procedimento é necessário para manter uma desejada uniformidade na faixa compactada. Como a compactação é feita com o uso de maquinários, a exemplo do rolo liso ou pé de carneiro, não se deve alterar a direção de compactação, pois isso pode interferir na mudança de tensões, é necessário lembrar que nesta fase todos os cuidados são importantes para evitar que base tenha uma resistência insuficiente, de modo que até o controle de água é crucial para manter uma umidade ótima (DNIT, 2025, p. 17).

2.3. Impactos na Implementação de Rodovias na Drenagem de Microbacia

A construção de uma rodovia não acontece de forma simples ou isolada, mas sim por meio de um conjunto de etapas que se conectam entre si. Esse processo começa com o planejamento, onde são definidos os objetivos e as condições da obra, passa pelo desenvolvimento dos projetos de engenharia, que detalham tecnicamente como tudo será executado, e segue para a fase de construção até a conclusão da infraestrutura (Silva, 2025).

As rodovias são essenciais para a economia, pois garantem a integração entre diferentes regiões e viabilizam o transporte de pessoas e mercadorias, mostrando como esse tipo de infraestrutura influencia a forma como as cidades se organizam e se desenvolvem. A construção de uma rodovia estabelece uma relação de influência mútua com o ambiente onde será inserida, ao mesmo tempo em que altera as condições naturais do ambiente e sociais da área (Damasceno *et al.*, 2021).

As atividades humanas, especialmente a construção e o uso de estradas, provocam diversos impactos no meio ambiente ao longo de todo o seu ciclo, desde a fase inicial das obras até a sua utilização. Esses efeitos surgem principalmente nas mudanças da paisagem, que desencadeiam transformações em diferentes níveis, variando de pequenas alterações locais até modificações mais amplas no ambiente (Azevedo, 2022).

Historicamente, a ocupação e o desenvolvimento dos centros urbanos estiveram frequentemente associados à proximidade dos rios. Com o devido crescimento das cidades, os rios acabaram perdendo sua importância. Em vez de serem vistos como elementos importantes para as cidades, eles passaram a ser considerados obstáculos para a expansão urbana. Isso criou um desequilíbrio e acabou gerando conflitos entre o desenvolvimento das cidades e a preservação dos rios (Alves, 2020). Os cursos d'água que cortam as cidades são os que mais sentem o peso das atividades humanas, e por isso, são os mais prejudicados. Essa realidade é preocupante, pois os efeitos negativos se estendem para além do que se vê, afetando profundamente o papel vital desses rios. Ao se degradarem, a água perde a sua qualidade, restringindo totalmente o seu aproveitamento (Dias, 2022).

Devido à intensa presença de intervenções nos rios, as rodovias alteram significativamente o comportamento natural desses sistemas, modificam o fluxo da água, ajustam os níveis dos rios e impõem condições artificiais ao seu funcionamento. Assim, os rios passam a apresentar novas características e padrões de comportamento, diferentes dos naturais. Por isso, surge a necessidade de classificar esses trechos modificados, levando em conta que eles já não seguem mais a dinâmica original, sob a ótica

do controle humano e da mudança de seus níveis e fluxos originais (Ramos, 2023).

Obras como a pavimentação de estradas têm o potencial de afetar de forma considerável o equilíbrio hídrico natural, seja interrompendo ou alterando o percurso d'água, como ao bloquear a drenagem comum ou ao empregar o uso de aterros. Adicionalmente, durante o período de utilização da rodovia, substâncias utilizadas na construção podem ser carregadas para os mananciais. Nesse caso, as partículas de maior tamanho geralmente se acumulam no leito, enquanto as menores ficam suspensas por um período maior. Tal situação frequentemente gera mudanças em múltiplos aspectos da água, impactando sua condição e o fluxo natural (Oliveira, 2021).

Impactos ambientais causados por uma rodovia não ficam apenas restritos à área onde ela foi construída. Eles também podem se espalhar por grandes distâncias, afetando outros ecossistemas, principalmente por meio de processos como o assoreamento e a alteração da qualidade da água (Brancante, 2021). Quando grandes rodovias são construídas, aumenta a tendência de ocupar áreas que deveriam ser protegidas por lei, especialmente aquelas próximas a rios e córregos. Esse avanço acontece muito por causa da sua valorização imobiliária e da necessidade de expandir a infraestrutura. Com isso, essas faixas de proteção acabam sendo invadidas ou até reduzidas, o que enfraquece a sua função principal de proteger esses corpos d'água (Carneiro *et al.*, 2026).

Em áreas urbanas, a substituição do solo natural por superfícies impermeáveis impede a infiltração da água no terreno, ocasionando alterações no ciclo hidrológico (Teixeira; Araújo, 2023). Dessa maneira,

com a impermeabilização do solo, ela reduz muito a capacidade do solo de absorver água. Isso acaba perturbando o equilíbrio natural entre a água que atua sobre a superfície e a água que penetra no solo. Pois, com menos água sendo absorvida, a água da chuva começa a escoar muito mais rápido, levando menos tempo para chegar aos rios e córregos. Isso faz com que grandes volumes de água cheguem aos rios em um curto período, aumentando a possibilidade de ocorrer enchentes (Memin *et al.*, 2017).

Outro efeito impactante das rodovias, trata-se das alterações que ocorre em relação ao nível do terreno que podem interferir nos lençóis freáticos mais rasos. Essas mudanças acabam afetando a qualidade da água subterrânea, principalmente porque favorecem o aumento de partículas em suspensão e a possível entrada de substâncias provenientes dos materiais usados na pavimentação (Almeida, 2024).

A retirada da vegetação em áreas florestadas provoca alterações importantes na configuração natural do ambiente, deixando o solo desprotegido, tornando-o mais suscetível à erosão (Martins, 2024). Essa situação faz com que o material se desgaste mais rapidamente, onde esse material erodido vai para os rios, acumulando-se para o fundo desses cursos. Ademais, esse acúmulo de material no fundo dos rios e em cursos de água modifica o comportamento da água e, consequentemente, altera o escoamento natural da água. Em períodos chuvosos, a água terá mais dificuldade de escoar, gerando maiores chances de alagamentos e enchentes em várias áreas (Gonçalves, 2020). Por esse motivo, a vegetação atua como um mecanismo natural de proteção dos corpos d’água, ajudando a conter o transporte de sedimentos, reduzindo o assoreamento, além

de ajudar a impedir que os poluentes cheguem com facilidade ao meio aquático (Rodrigues Junior, 2021).

3. METODOLOGIA

O presente trabalho remete a um estudo de natureza aplicada com abordagem qualitativa, pois busca analisar os processos de degradação em riachos urbanos e falhas de drenagem decorrentes da execução de serviços de pavimentação nas localidades de microbacias. A pesquisa qualitativa é possível explorar questões com mais profundidade durante o seu processo, ajudando a entender melhor o contexto de certos fenômenos. Além disso, a pesquisa qualitativa é muito útil para identificar como as coisas se relacionam, e ajuda a entender como certas situações acontecem, buscando explicar os motivos por trás de tudo isso. Ademais, esse tipo de pesquisa, permite uma análise mais apurada, sendo essencial para entender os fenômenos de forma mais clara (Gil, 2021).

Quanto aos objetivos, este estudo trata-se do tipo descritiva, na qual irá focar em registrar e detalhar os impactos decorrentes de serviços de pavimentação asfáltica em áreas urbanas com presença de microbacias de drenagem, e como a falta de planejamento de drenagem eficiente potencializa esses fenômenos. A pesquisa descritiva, atua como um instrumento que não se limita apenas em relatar fatos. Ela busca caracterizar determinados fenômenos ou grupos específicos, através de registros e de análises de suas características. Com isso, esse tipo de pesquisa possibilita identificar possíveis relações entre suas variáveis, ajudando a expandir o entendimento do problema estudado (Gil, 2026).

No que se refere aos procedimentos, este trabalho irá utilizar de parâmetros documentais, visando a busca por referências de análise. Dessa forma, este estudo trata-se de uma pesquisa documental, pois serão essenciais a consulta de normativos e de diretrizes técnicas, além do uso de relatórios realizados acerca da problemática em questão. A análise documental também vai ser fundamental para se ter uma base de entendimento do assunto para executar o estudo de campo, pois com a coleta de dados do local, será necessário o uso de documentos para se obter uma análise mais imperativa (Lakatos, 2021).

Para o levantamento da área de estudo, considera-se uma área urbana que contém uma determinada microbacia de drenagem que sofre com as mudanças de pavimentação e a falta de manutenção da região. Desse modo, buscou-se delimitar a área de estudo, sendo selecionado um espaço em que houve presença de obras de pavimentação, nas quais possibilitaram a alteração ou não dos cursos naturais das águas da microbacia, composto por trechos específicos do riacho Itararé, localizado nas zonas sudeste e leste do município de Teresina, Piauí, com o objetivo de identificar possíveis impactos. A escolha do trecho abordado justifica-se pela importância ambiental da área, por tratar-se de uma Área de Proteção Ambiental (APA), bem como pela possibilidade de identificação, análise dos impactos estudados e pela maior facilidade na identificação dos efeitos decorrentes das intervenções antrópicas nesse contexto.

A respeito da coleta de dados deste estudo, serão analisados vários parâmetros, como observações na alteração do percurso do riacho em meio às mudanças da infraestrutura local, além de analisar os pontos de entradas e saídas de águas pluviais, presenças de erosões,

assoreamento, bem como a vegetação que invade a pista, causando ainda obstruções no sistema de drenagem local. Dessa forma, a coleta desses dados será realizada em uma região com mais incidência de problemas por falta de drenagem eficiente. A partir a investigação, será analisada a capacidade de vazão hidráulica do riacho comparando-se com a vazão que chega ao dispositivo onde a água percorre mais, através do Método Racional e da Equação de *Manning* buscando identificar se o dispositivo apresenta sobrecarga devido o aumente de vazão contribuinte.

Além disso, serão verificadas o estado de conservação dos dispositivos identificados na via de estudo, o que estaria interligado com a verificação de pontos de estrangulamento, ou seja, setores em que as águas perenes desviam seu curso em sentido contrário, sem vazão adequada e planejada. Por fim, a alteração do relevo local será o ponto importante de coleta, pois será feito um levantamento de dados do território do riacho onde criaram-se barreiras artificiais sobre ele, nesse quesito será analisado se na região existe indícios de enchentes decorridas, trazendo o acúmulo de água em habitações urbanas próximas.

Para a análise destes dados será realizada leitura e estudo das diretrizes que moldam o crescimento urbano. Diante disso, a busca por diretrizes técnicas da cidade, a exemplo do Plano Diretor de Drenagem, para qualificação das obras rodoviárias e mapas de zoneamento urbano e identificação do percurso do riacho em meio às intervenções urbanas, serão bases primordiais para analisar pontos criteriosos de recolhimento de tais informações, além de contar com a colaboração de relatório de impacto na sub-bacia de análise.

Para a avaliação dos serviços de pavimentação e de drenagem urbana, será necessária a consulta por pesquisas científicas já realizadas neste campo, o auxílio de normas e de normativos técnicos que integram o escopo da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) referentes ao estudo em questão.

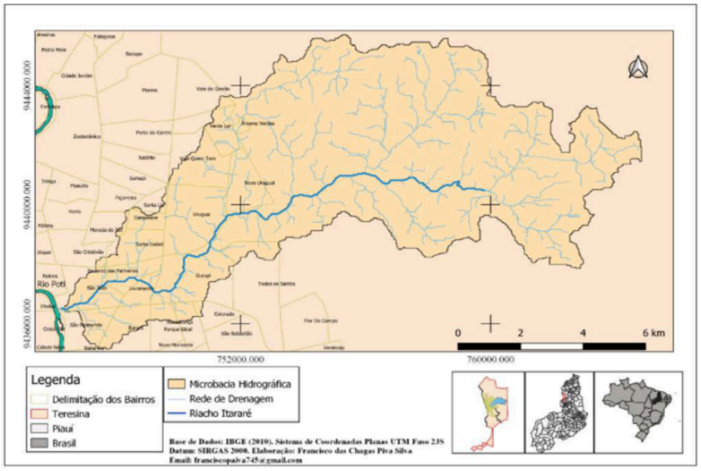
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Caracterização da Região

A cidade de Teresina possui aproximadamente 70 sub-bacias hidrográficas, que drenam os cursos d'água secundários em direção aos dois principais rios que cortam a cidade, o Parnaíba e o Poti (Alencar; Rocha, 2023). As bacias hidrográficas que compõem a rede de drenagem municipal recebem as águas provenientes das precipitações e conduzem o escoamento em direção aos cursos d’água principais.

A bacia selecionada para o estudo é a sub-bacia PD11, localizada na porção central de Teresina-PI (Figura 1). O Riacho Itararé, localizado na zona sudeste e leste da cidade, destaca-se por constituir a maior sub-bacia do rio Poti no município de Teresina, abrangendo uma área total de 8.976 hectares, dos quais 2.921 hectares estão inseridos na zona urbana. Nesse espaço, o curso d’água apresenta aproximadamente 10,914 km de extensão (Seman, 2023).

Figura 1. Localização da microbacia do Riacho Itararé.



Fonte: Silva; Gomes, 2021.

A caracterização de Teresina e a microbacia hidrográfica do Riacho Itararé constitui uma área relevante para o estudo das relações entre pavimentação e drenagem. A influência que relacionam das mudanças do uso e a cobertura do solo ao escoamento superficial fornece uma grande importância de base teórica para investigar as transformações ocorridas nesses sistemas. Ao mesmo tempo, evidencia a necessidade de compreender como as intervenções urbanas se relacionam com as características naturais da bacia e com a infraestrutura implantada para conduzir as águas pluviais.

Teresina é uma zona de baixa latitude e está em uma região de transição entre o Semiárido e a Amazônia. Essas condições fazem com que as temperaturas fiquem altas na maior parte do ano. De acordo com a classificação climática de *Köppen*, a temperatura média anual é de 27,7°C. Teresina tem duas estações: a estação chuvosa, que vai de dezembro até maio, e a seca, de agosto até dezembro, causando também um maior desconforto térmico. Além disso, o aumento do fluxo de água pode elevar o nível e a vazão dos rios Poti e Parnaíba e seus afluentes (Santos, 2024)

Embora Teresina tenha sido concebida como uma capital planejada, pelas limitações do sistema de drenagem pluvial, resulta em sistemáticos alagamentos na época de chuvas (dezembro a maio). A

proximidade geográfica com os rios Parnaíba e Poti, associada ao relevo com depressões favorece a formação de lagoas e o acúmulo de água em diferentes setores da cidade, o que compromete o trânsito e gera prejuízos à população em todas as regiões do município (Tavares, 2024).

Dessa forma, a vulnerabilidade de Teresina a eventos de inundações é explicada pela interação entre suas características geológicas, geomorfológicas e hidrológicas. A presença de terrenos situados em cotas altimétricas mais baixas, associada à ocorrência de depósitos sedimentares e à dinâmica dos cursos d'água, pode favorecer o acúmulo e a concentração do escoamento superficial em determinadas áreas (Brito *et al.*, 2026)

A pesquisa concentra-se especificamente em um trecho do Riacho Itararé, situado nas proximidades da Avenida Professor Camilo Filho. A delimitação desse segmento permite direcionar a investigação às características locais, drenagem identificadas e às possíveis relações entre essas intervenções e o comportamento das águas pluviais.

4.2. Avaliação dos Dispositivos de Drenagem da Localização

O trecho de que se trata esta pesquisa apresenta-se em um declive que recebe contribuição da Avenida João XXIII e da própria avenida de análise, no outro lado. As águas pluviais percorrem pelas guias até encontrar a parte mais baixa da pista, sendo que a maior contribuição vem da Avenida João XXIII, a Figura 2 demonstra a descida desta via para a Avenida Professor Camilo Filho.

Figura 2. Avenida Prof. Camilo Filho em período seco.



Fonte: Dos Autores, 2026.

Vale ressaltar que a coleta de dados desta pesquisa foi feita em dois períodos distintos, pois buscou-se ter uma análise mais dinâmica em como o ambiente se comporta em meio às mudanças climáticas, além disso, essa ideia foi essencial pois em períodos de chuvas intensas foi possível observar que a via apresentou alagamentos, dificultando a passagem de veículos, já no período seco foi factível examinar os o estado de conservação acerca do sistema de drenagem atual. Pela Figura 3 é possível ver a mesma via em um período chuvoso.

Figura 3. A avenida em período chuvoso.



Fonte: Dos Autores, 2026.

Alves, Damasceno e Souza (2025) relatam que os problemas de drenagem não dependem apenas da quantidade de chuva. De fato, eles estão relacionados a diversos fatores, como às características do relevo da região, à ocupação do território e à capacidade da infraestrutura de drenagem de conduzir a água pluvial. Além disso, a água que escoa em áreas mais elevadas pode convergir para pontos mais baixos, obtendo-se a possibilidade de acúmulo e se a drenagem for insuficiente, o risco de alagamento aumenta.

Por conseguinte, sob o olhar do sistema de drenagem, nesta via existe uma descida de água em cada lado levando até as sarjetas, nas quais transportam águas pluviais para o riacho. O determinado trecho possui cinco sarjetas, se considerarmos a entrada pela Avenida João XXIII tem-se dois ao lado esquerdo e três ao lado direto, cada uma delas foram analisadas, assim como as guias e os meios-fios, além disso, canaletas de concreto também foram identificados neste sistema de drenagem. Por baixo da via há um sistema de macrodrenagem composto por um bueiro duplo com diâmetro de 1,0 metro cada que promovem o percurso do riacho (vide Figura 4).

Figura 4. Bueiros existentes na via.



Fonte: Dos Autores, 2026.

Primeiramente, foi analisado os dispositivos de microdrenagem utilizando um método para as sarjetas que consistia em identificar o aparelho, sua localização georreferenciada, dimensões e estado de conservação. Nesse sentido, iniciando no lado esquerdo da via a distância medida do início da contribuição para a primeira sarjeta é de 131,60 metros, ao longo do caminho foram identificadas várias obstruções e materiais orgânicos nas guias antes de chegar na sarjeta (Figura 5).

Figura 5. Obstruções sobre o meio-fio e guias.



Fonte: Dos Autores, 2026.

Assim, obteve-se os dados da primeira sarjeta à esquerda, identificada como SE-01 e localizada pela coordenada 5°04'30.4"S

42°44'10.0"W. Com largura de 0,732 metros e com profundidade 1,310 metros, essa sarjeta foi identificada com obstruções de material orgânico e inorgânico impedindo a passagem de águas pluviais, como é possível observar pela Figura 6.

Figura 6. Sarjeta SE-01 obstruída.



Fonte: Dos Autores, 2026.

Diante da situação analisada, ao observar por todo o caminha da guia até as demais sarjetas foram destacados muitos materiais cobrindo todo o sistema simples de microdrenagem, além disso, equipamentos complementares, como bocas de lobo e poços de visita, não foram encontrados no trecho de análise. Tais instrumentos poderiam ser essenciais para captar adequadamente as águas pluviais para depositar ao riacho Itararé.

Adiante, a segunda sarjeta ao lado esquerdo, localizada pela coordenada 5°04'32.2"S 42°44'09.2"W, com dimensões de 0,461 metros de largura e 2,50 metros de profundidade, foi encontrada em estado de obstrução total por matérias de origem orgânica, principalmente. Ademais, essas obstruções dificultam a saída de água em direção ao riacho, comprometendo na vazão, apesar disso,

as guias das sarjetas e os meios-fios encontram-se íntegros (Figura 7).

Figura 7. Sarjeta SE-02.



Fonte: Dos Autores, 2026.

Após essa análise, observou-se que no mesmo lado da avenida tem-se uma canaleta de concreto, com seção retangular. Esse dispositivo recebe contribuição dada parte mais alta da mesma via, além disso, do outro lado há o mesmo dispositivo com a mesma funcionalidade. Porém, analisando a canaleta ao lado esquerdo percebeu-se uma degradação em sua estrutura, que em época de chuva foi percebido uma vazão de água para a pista, um dos indícios para o alagamento recente (vide Figura 8).

Figura 8. Degradação de meio-fio e guia de canaleta.



Fonte: Dos Autores, 2026.

É possível visualizar que no dispositivo foi criado uma barreira artificial devido aos materiais que são dispostos na pista causando o acúmulo de sujeira que leva à diminuição do escoamento superficial. Entretanto, a própria canaleta cumpre com seu papel, em levar água à microbacia, porém com algumas dificuldades pois necessita de manutenção preventiva. A canaleta fica localizada sob a coordenada 5°04'33.1"S 42°44'08.7"W, possui uma profundidade de 15,15 metros (contabilizada a partir da degradação dela), largura de 0,781 metros e foi encontrada atualmente parcialmente obstruída, com base na Figura 9.

Figura 9. Canaleta do lado esquerdo da via.



Fonte: Dos Autores, 2026.

No outro lado da pista, na qual foram identificadas três sarjetas e uma caneleta, a situação desses se encontram distintos em comparação aos analisados anteriormente. A primeira sarjeta do lado direito (SD-01) encontra-se parcialmente livre de dejetos e materiais orgânicos, tal dispositivo fica localizado pela coordenada 5°04'32.2"S 42°44'09.2"W e tem dimensões de 0,773 metros de largura e 1,85 metros de profundidade (Figura 10).

Figura 10. Sarjeta SD-10 parcialmente limpa.



Fonte: Dos Autores, 2026.

Apesar disto, meios-fios da guia que transporta águas para o dispositivo, anteriormente relatado, encontraram-se em estado de depreciação podendo deslocar o curso d’água para outra rota (vide Figura 11).

Figura 11. Meio-fio em degradação.



Fonte: Dos Autores, 2026.

A segunda sarjeta SD-02 foi analisada também em dois casos diferentes, em tempo seco e em tempo úmido, nas duas situações a sua funcionalidade e integridade não foram comprometidas, atendendo as expectativas nas quais fora projetada. Esse equipamento possui 0,637 metros de largura e 0,516 metros de profundidade, sendo localizada pela coordenada 5°04'32.9"S 42°44'09.2"W e no momento do registro em época de cheias não foi detectado nenhuma obstrução, no entanto, em época de seca foi registrada com poucas obstruções. Além disso, este dispositivo coincide com o eixo de um dos bueiros da pista (Figura 12).

Figura 12. Sarjeta SD-02 parcialmente livre.



Fonte: Dos Autores, 2026.

Ademais, a última sarjeta inspecionada (SD-03) no trecho escolhido possuía dimensões de 0,735 metros de largura e uma profundidade de 1,46 metros, sendo registrada em um estado de conservação adequado para uso. Além do mais, ao final foi possível observar um pequeno trecho com um dissipador de energia de água. Estes dispositivos foram localizados pela coordenada 5°04'33.3"S 42°44'09.1"W (vide Figura 13).

Figura 13. Sarjeta SD-03 e dissipador de energia.



Fonte: Dos Autores, 2026.

Por fim, o último dispositivo localizado neste trecho foi uma canaleta, que por motivos integridade de sua estrutura degradada não foi possível medi-la, como é notório na Figura 14. Além disso, foi identificado manifestações patológicas na pista ao lado da canaleta em questão, devido às obstruções, esgotos clandestinos e falta de manutenção. Essa mesma canaleta coincide com o trecho onde houve, em tempos de chuva, alagamentos na pista, como foi reportado na Figura 3 desta pesquisa. A situação atual deste dispositivo de microdrenagem é de total depreciação, com provável

influência de obstruções na saída para o riacho Itararé e sua localização se dá pela coordenada 5°04'34.0"S 42°44'08.2"W.

Figura 14. Canaleta totalmente obstruída.



Fonte: Dos Autores, 2026.

Em um estudo realizado entre algumas microbacias da cidade Fortaleza, Ceará, os autores investigaram que a precipitação influencia diretamente o transporte de muitos materiais, inclusive de poluentes, que por muitas vezes podem não ser provenientes das águas das chuvas, para o sistema de drenagem. Além disso, os resultados destacaram que, durante o período chuvoso, houve um grande aumento nas concentrações de nitrogênio total, fósforo total, sólidos suspensos e coliformes termotolerantes, indicando a importância da manutenção destes sistemas. Fernandes, Porto e Lima Neto (2026) ainda relatam que a implantação de pavimentos pode modificar o comportamento do escoamento superficial, favorecendo o transporte de partículas e resíduos até os sistemas de drenagem.

Em outra pesquisa realizada na China, Lai *et al.* (2024) revelaram que a implantação de pavimentos convencionais modifica a infiltração de água no solo. Ademais, a probabilidade de intensificar o aumento

de volume e velocidade do escoamento superficial em áreas impermeáveis é alta, considerando as condições da sub-bacia e do sistema de drenagem. Esse fator é contribuinte para a sobrecarga dos dispositivos de drenagem, além de contribuir na ocorrência de alagamentos. Outro ponto analisado pelos pesquisadores é que a implementação de uma rodovia interfere na forma como a água da chuva é coletada, conduzida e direcionada.

E ainda analisando sobre a pavimentação do trecho da pesquisa, foi possível observar algumas manifestações patológicas parecidas como uma fissura longitudinal (Figura 15). Não é factível afirmar que tal problemática deva ter sido causada pelo acúmulo de água indevidamente, porém tem indícios visto que a própria via tem histórico de alagamento e sobrecarga no próprio pavimento devido à presença intensa de veículos.

Figura 15. Trinca longitudinal na avenida.



Fonte: Dos Autores, 2026.

Outro ponto que foi extremamente abordado nesta pesquisa é sobre a declividade da região, o quanto que este fator contribui para o acúmulo de água, principalmente em climas mais úmidos. Por isso, o sistema de drenagem é importante, em uma outra pesquisa

realizada em outra avenida conhecida do município de Teresina, autores confirmaram que a baixa declividade da via favorece muito para o acúmulo. Além disso, assim como é o caso desta pesquisa, os dispositivos de macrodrenagem e microdrenagem encontram-se com problemas de conservação. Eles também afirmam que a simples implantação de um sistema não é suficiente para garantir um bom funcionamento, é preciso também dimensionar a quantidade hidráulica adequadamente, conservar e manter os componentes drenantes (Formentini; Monteiro; Sotero, 2024).

4.3. Análise da Relação Pavimento Vs Drenagem na Via

4.3.1. Obstruções no Sistema de Microdrenagem

Durante as visitas de campo para avaliar os dispositivos de microdrenagem implantados no trecho da Avenida Professor Camilo Filho, foi observada uma presença significativa de diferentes tipos de obstruções acumulados ao longo dos meios-fios, das sarjetas e canaletas. Essas obstruções eram compostas por materiais orgânicos, como vegetação e detritos vegetais, quanto por materiais inorgânicos, a exemplo de resíduos sólidos e sedimentos que acabam sendo transportados pelo escoamento superficial.

Nesse contexto, destacam-se a primeira e a segunda sarjeta do lado esquerdo (SE-01 e SE-02), nas quais foi identificado um elevado acúmulo de materiais orgânicos e inorgânicos em seu interior, comprometendo a passagem das águas pluviais. Outro ponto importante, refere-se à última canaleta identificada no trecho, apresentada na Figura 14, que demonstrou condições mais severas, caracterizadas pela degradação estrutural e pela presença de obstruções. Além disso, foram identificadas manifestações

patológicas nas proximidades, em um contexto que também apresenta registros de lançamento clandestinos de esgotos e ausência de manutenção adequada.

Essas situações evidenciam que, embora os dispositivos estejam fisicamente implantados, o acúmulo desses materiais compromete diretamente sua capacidade de condução das águas pluviais, pois reduz a área disponível necessária para o escoamento do dispositivo, dificultando assim, sua condução até o Riacho Itararé. Portanto, a perda de eficiência desses sistemas, ainda mais durante a ocorrência de períodos de chuvas intensas, faz com que a vazão projetada do dispositivo se torne insuficiente, ocasionando o transbordamento para a rodovia, gerando a formação de alagamentos.

O descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos representa um fator que compromete o desempenho operacional dos sistemas de drenagem. As obstruções dessas estruturas favorecem a ocorrência de pontos de alagamentos. Somado a isso, o transporte desses materiais afeta também a qualidade dos corpos hídricos receptores, intensificando o processo de assoreamento dos canais e o aumento da incidência de doenças associadas a água (FCTH, 2024).

Segundo estudos realizados por Teixeira e Meneses Filho (2020), ao analisar a eficiência hidráulica de sarjetas no bairro Aldeota, em Fortaleza (CE), verificaram que intervenções como falta de manutenção e preservação desses sistemas reduziam a área transversal desses dispositivos, prejudicando assim, sua capacidade de condução das águas pluviais. Além disso, os autores mostraram que essas alterações aumentavam os riscos de alagamento nas áreas afetadas. Embora a pesquisa não tenha abordado exatamente sobre o acúmulo de resíduos, seus resultados ajudam a entender

como a redução do espaço disponível nas sarjetas pode afetar o escoamento superficial. Essa relação pode ser relacionada com trecho estudado, visto que os materiais que se acumulam nas estruturas de microdrenagem podem produzir um efeito semelhante ao diminuir a área livre para a condução da água pluviais.

4.3.2. Relação Entre Pavimentação, Escoamento Superficial e Alagamentos

Cronologicamente, a área de estudo era somente constituída por uma faixa asfáltica sem qualquer dispositivo ou sistema de drenagem, totalmente impermeabilizada. Somente com a reforma realizada em 2024, a via passou a possuir um simples sistema que está em vigor até hoje (Teresina, 2024). As obras trouxeram melhorias na região, porém, atualmente é visível, que devido às fortes chuvas na via e o grande volume de tráfego, contribuíram para o aparecimento de deficiências que o sistema de drenagem. Diante disso, a junção desses fatores, o fato de existir um riacho abaixo da via e as contribuições clandestinas, são pontos que correlacionam com o aumento do escoamento superficial e a diminuição da infiltração de água.

É de fato lembrar que a redução da infiltração em uma rodovia por si só não apresenta como uma gravidade, considerando que tal estrutura é projeta e executada para que não penetre água, pois isso atrairia manifestações para a via (DNIT, 2006). Apesar disso, é possível analisar essa hipótese realizando alguns cálculos acerca da vazão de contribuição do riacho sobre o duplo bueiro instalado abaixo da pavimentação com o diâmetro de 1 metro cada. O cálculo da vazão contribuinte utilizada veio do Método Racional, que

consiste em um cálculo empírico de descarga de projeto para sistemas de drenagem, dado pela seguinte formulação (Equação 01) (Rocha, 2022, p. 8):

$$Q_c = 0,278 \times C \times I \times A \quad \text{(Eq. 01)}$$

Sendo a vazão de contribuição (Q_C) dada em metros cúbicos por segundo (m^3/s), o coeficiente de coeficiente *run-off* (C) dado por tabela, que é de acordo com o tipo de pavimento, a intensidade de precipitação (I) em milímetros por hora (mm/h) e a área da bacia ou microbacia (A) de análise em quilômetros quadrados (Km^2). Diante disso, para descobrir a essa vazão é necessário obter os valores de cada coeficiente, assim, intensidade da chuva está relacionada com a precipitação sobre o tempo de concentração da região.

Logo, em um estudo já realizado em Teresina sobre estes dois fatores, Nascimento, Farias e Pinto (2017) obtiveram vários valores de IDF (Intensidade-Duração-Frequência) com base em variados tipos de tempo de retorno e duração da chuva, assim, escolheu-se um tempo de retorno de 50 anos e a duração da chuva de 30 minutos, logo, o valor da intensidade seria de 131,3 mm/h. A escolha da duração da chuva se deu por meio de um Plano de Drenagem da Prefeitura de Teresina (2012) para esta bacia em questão, na qual é identificada pelo código PD11. Já a escolha do tempo de retorno se deu para encontrar uma maior previsão nos cálculos. O mesmo documento retrata a área aproximada da bacia de 89,828 km^2, logo, a descarga é da seguinte forma:

$$Q_c = 0,278 \times 0,83 \times 131,3 \times 89,828$$

$$Q_c = 2721,44\ m^3 / s$$

Para efeito de comparação, foi medido a vazão que os dois bueiros suportam para receber as contribuições do riacho, de acordo com a Equação de *Manning*, na qual ela fornece a vazão de capacidade (Q_p), dada em metros cúbicos por segundos (m^3/s), através do produto da área molhada (A), em metros quadrados (m^2), com o raio hidráulico (RH), em metro linear (m), com a declividade (S), em metro por metro (m/m) e com o valor inverso do coeficiente de rugosidade de Manning (n), conforme a equação 02 abaixo (Tolentino Junior, 2023):

$$Q_p = \frac{1}{n} \times A \times RH^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad \text{(Eq. 02)}$$

A área foi dada por meio da área da circunferência por se tratar de uma tubulação neste formato geométrico, em seguida foi multiplicado por dois, por haver 2 dispositivos de captação, logo, com o diâmetro de 1 metro, tem-se a área de 1,57 metros quadrados. O raio hidráulico é obtido pela relação entre área e perímetro da tubulação, no qual é de 13,72 metros, assim, o valor procurado foi de 0,114 metros. Para o caso da declividade, foi medido no local as profundidades das duas extremidades dos bueiros, sendo a montante com 1,44 metros e a jusante com 1,54 metros, em seguida, com a diferença desses dois valores sobre o perímetro da tubulação, obteve-se a declividade no valor de 0,73% (ou 0,73/100 m/m). E como o coeficiente é tabelado por meio do tipo de material empregado, o valor foi de 0,012 para um caso normal de bueiro de concreto bem acabado (Tolentino Junior, 2023). Então:

$$Q_p = \frac{1}{0,012} \times ((\frac{\pi \times 1^2}{4}) \times 2) \times (\frac{A}{13,72})^{\frac{2}{3}} \times (\frac{1,54 - 1,44}{13,72})^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_p = \frac{1}{0,012} \times 1,57 \times (\frac{1,57}{13,72})^{\frac{2}{3}} \times (\frac{0,73}{100})^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_p = 2,64\ m^3 / s$$

Seguindo os critérios admitidos pela ABNT NBR 10844: 1989 – Águas pluviais – a vazão de contribuição não deve ser maior que a vazão de capacidade, caso isso ocorra deve-se redimensionar toda a estrutura de drenagem novamente considerando toda a contribuição que será prevista em suportar. Paralelo a isso, é visível, por meio dos cálculos, que os bueiros, apesar do grande diâmetro, não apresentaram como melhor alternativa para uma eficiência na transposição do riacho, o que pode ser tratado com um dos fatores colaborantes para o crescimento de alagamentos em épocas de chuvas, assim como, a ocorrência de enchentes na via.

4.3.3. Condições dos Dispositivos de Drenagem e Ausência de Equipamentos Complementares

Conforme relatado no início da discussão, a presente via possui alguns equipamentos de captação de águas pluviais com a função de transportar tais cursos ao riacho. As sarjetas são elementos de drenagem superficial que podem assumir várias formas geométricas de execução, sendo o principal objetivo a captação de águas precipitadas sobre a plataforma. Já as canaletas são estruturas que atuam na mesma superfície das sarjetas, em muitos casos esses dois elementos trabalham em conjunto. Em relação aos bueiros, esses elementos são obras destinadas a permitir a livre passagem das águas que acorrem às estradas, além disso, é constituída por bocas e por corpo, sendo o corpo disposto sob os aterros e a boca com duas entradas, montante e jusante (DNIT, 2006).

Ademais, as condições dos pavimentos urbanos e os elementos do sistema de drenagem podem ser fatores contribuintes para o

escoamento do riacho, a fim de evitar alagamentos devido à grande ocorrência de enchentes. Diante disso, Diniz e Melo (2023) trouxeram uma relação sobre esses elementos avaliados em um bairro da cidade de João Pessoa-PB, eles destacaram que a deterioração de sarjetas e sistemas superficiais podem comprometer o direcionamento adequado das águas pluviais até os pontos de captação. Os autores ainda destacam a importância de um sistema de drenagem para o desempenho da infraestrutura viária, bem como a necessidade de manutenção e acompanhamento periódico. Assim, reforça-se a importância de avaliar não apenas a existência de dispositivos, mas também a condições de conservação e funcionalidade.

Dessa forma, a partir deste paradigma, conforme relatado sobre as condições de conservação das sarjetas e canaletas observadas no trecho da Avenida Prof. Camilo Filho, onde a maioria foram encontradas obstruídas por lixo orgânico e inorgânico, a norma do DNIT 028-ES (2004) descreve que a limpeza dos dispositivos de drenagem, manual ou especial, deve ser feita de forma que não danifique as paredes de concreto, no caso das sarjetas, o mais adequado seria o uso de motoniveladora para a remoção do entulho e desobstrução, já para canaletas é necessário o uso de retroescavadeiras ou valetadeira, caso haja impossibilidade de execução de limpeza com lâmina.

Ainda sobre a norma anteriormente destacada, em dispositivos como descidas d'água, guias e meios-fios, a limpeza deve ser feita de forma manual e todas as deficiências constatadas devem ser reparadas, se caso haja uma impossibilidade para tal atividade ou não puder ser executada a manutenção em imediato, as

irregularidades devem ser anotadas em relatório e posteriormente encaminhadas para o setor responsável (DNIT, 2004).

4.3.4. Comparação com a Literatura Científica

A análise dos dados coletado no trecho estudado demonstra que o acúmulo de materiais orgânicos e inorgânicos constitui um fator de atenção para o funcionamento da drenagem, visto que a obstrução desses sistemas compromete a sua eficiência, a exemplo do acúmulo de água nas vias. Conforme estudos realizados por Silva Junior *et al.* (2025), referente ao acúmulo de resíduos sólidos lançados em sistemas de microdrenagem em Aracaju-SE. Os pesquisadores identificaram que a maioria das bocas coletoras analisadas apresentava obstrução parcial ou total, com predominância de folhas e materiais plásticos. Eles verificaram uma redução entre 30,8% e 51,4% na capacidade de funcionamento dos dispositivos.

De maneira complementar, segundo estudos desenvolvidos por Guo *et al.* (2024), evidenciaram que o acúmulo de resíduos nas entradas dos sistemas de drenagem pode comprometer a captação das águas pluviais, favorecendo o aumento de volume de água agravando a situação de alagamentos na área. Ademais, Hao, Mu e Shi (2021) investigaram através de experimentos a capacidade de descarga de dispositivos de águas pluviais submetidos a diferentes condições de obstrução. Os resultados demonstraram que o bloqueio desses elementos interfere na capacidade de captação da água, podendo prejudicar o funcionamento da rede de drenagem e contribuir para a ocorrência de alagamentos urbanos.

Os resultados obtidos durante a avaliação dos dispositivos de drenagem implantados na Avenida Professor Camilo Filho demonstram que as condições de funcionamento dos dispositivos de drenagem estão relacionadas a diferentes fatores, entre os quais se destacam a presença de obstruções e a conservação das estruturas. Essas condições evidenciam que a eficiência desses sistemas não deve ser analisada isoladamente, dependendo não apenas da implantação dos dispositivos de coleta de água, como também deve ser submetida a processos de manutenção periódica e um planejamento adequado para seu correto dimensionamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como propósito investigar os problemas decorrentes à execução de serviços de pavimentação próximo ao riacho Itararé, mediante a análise dos dispositivos existentes na via. A investigação em campo permitiu a análise dos riscos que um sistema de drenagem ineficiente pode fornecer não somente para o alagamento da via, mas também riscos para pessoas residentes em áreas próximas da investigação. Além disso, o estudo em campo ainda trouxe que os serviços de pavimentação não se sustentam sozinhos como o principal causador de grandes enchentes na região, esse problema ainda é motivado pela sobrecarga na rede de drenagem e por ligações clandestinas de esgoto.

A análise do trecho estudado possibilitou encontrar uma grande ocorrência de obstruções nos dispositivos de captação de águas pluviais, com acúmulo de resíduos sólidos, em grande parte das sarjetas e canaletas identificadas. Essas irregularidades ficaram sujeitas alagamentos na plataforma de transporte durante períodos chuvosos, como foi reportado ao longo dos resultados desta

pesquisa. Outrossim, foi possível analisar a vazão que o bueiro duplo existente na via, por meio de cálculos empíricos, não era suficiente para suportar a grande vazão do riacho, o que poderia estar associado às mudanças de percurso dessas águas. Ademais, além da impermeabilização por parte da pavimentação, a depreciação de meios-fios, canaletas, a falta de manutenção e a contribuição de esgotos na rede foram fatores que provocaram um grande desequilíbrio na captação de drenagem para a microbacia.

A respeito da problemática desta pesquisa, para o caso da Avenida Professor Camilo Filho, é notório que a implementação de uma rodovia pode afetar as condições naturais de escoamento da água da chuva, porém esta ideia não se complementa isoladamente, as condições de conservação da microdrenagem, a pouca vazão suportada pelos bueiros e as contribuições de esgotamento sanitário na rede também contribuem para o agravante problema. Além do mais, os alagamentos e enchentes do riacho na via são consequências das variadas falhas de drenagem identificadas na região.

Dessa forma, os resultados mostraram que os agravantes problemas em relação a drenagem e a impermeabilização do solo partem de um planejamento desordenado urbano, de maneira a alertar setores da Engenharia Civil e da gestão pública. Assim, é importante centrar medidas de controles, para isso, é necessário realizar inspeções e limpezas periódicas dos dispositivos de drenagem, quando for essencial. Além disso, deve-se priorizar por uma avaliação mais técnica da capacidade hidráulica dos dispositivos, principalmente na presença de uma microbacia natural, para que forneça subsídios suficiente para verificações adequadas de um sistema de drenagem conforme às características do terreno e às contribuições das áreas

adjacentes e quando que for possível deve-se aplicar intervenções na via para a manutenção e reforma dos dispositivos sempre com o auxílio das normas técnicas de execução.

Por fim, destaca-se que a pesquisa apresenta limitações quanto à sua abrangência, por se restringir a um único trecho viário, devido a à complexidade de análise dos dispositivos de micro e macrodrenagem associados ao riacho e à realização das avaliações em eventos climáticos específicos. Ressalta-se, ainda, a dificuldade de projetos hidráulicos de engenharia da via no período de reconstrução e a ausência de equipamentos para levantamentos planialtimétricos, fatores que limitaram a precisão das análises hidrológicas e hidráulicas e a caracterização das condições topográficas da área. Dessa forma, recomenda-se que estudos futuros contemplem levantamentos mais detalhados, dados pluviométricos locais e análise integrada dos sistemas de drenagem, visando aprimorar a precisão de estudos por parte dos acadêmicos. E para profissionais da área, ressalta-se a importância de integrar o planejamento da infraestrutura viária aos sistemas de drenagem, especialmente em intervenções próximas a cursos d'água, a fim de minimizar alterações nos processos naturais de escoamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844: instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

ALENCAR, Anna Karina Borges de; ROCHA, Arthur Pedrosa. **Os Riachos Urbanos nos Planos Diretores de Teresina–PI, Entre 2006 e 2021/Urban Streams in the Master Plans of Teresina-Pi, Between 2006 and 2021.** Revista FSA (Centro Universitário Santo Agostinho), v.

20, n. 6, p. 73-100, 2023. Disponível em: https://revista.unifsa.com.br/index.php/fsa/article/view/2762. Acesso em: 18 de outubro de 2026.

ALENCAR, Juliana Caroline et al. **Novos caminhos para o manejo sustentável das águas pluviais urbanas.** Revista de Gestão de Água da América Latina, v.22, 2025. Disponível em: https://revistas.abrhidro.org.br/article.php?Article=5495. Acesso em: 25 de março de 2026.

ALMEIDA, Paula Emanoela Silva. **Processos erosivos às margens das rodovias do Distrito Federal: um estudo de caso.** Unoeste: Biblioteca digital de teses e dissertações, 2024. Disponível em: http://bdtd.unoeste.br:8080/tede/handle/jspui/1647. Acesso em: 26 de março de 2026.

ALVES, Daniel P. da Silva; DAMASCENO, João; SOUZA, Richard P. **Geotecnologias na análise de área de risco hidrológico em centros urbanos: estudo de caso em Campina Grande (PB).** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 30, 2025. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/YybBNcnBqhsKhQTPWHFrYDP/?format=pdf&lang=pt&ilang=pt_BR. Acesso em: 01 de novembro de 2026.

ALVES, Var. **Relação cidade-curso de água: a canalização do Ribeirão Pirapitinga em Catalão (GO).** 2020. 120 f. 2020. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Geografia) –Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros. Disponível em: https://repositorio.ufcat.edu.br/server/api/core/bitstreams/2593d34c-28b8-41a6-a9df-38a374c6e2df/content. Acesso em: 25 de março de 2026.

ARAÚJO, Carla Ohana de Castro; ALENCAR, Anna Karina Borges de. **Gestão das águas urbanas: como Teresina tem gerido seus riachos urbanos?** Encontro Latino-Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (EuroELECS), v. 5, n. 1, 2023. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/euroelecs/article/view/3085. Acesso em: 05 de março de 2026.

AZEVEDO, Flávio José de. **Impactos ambientais sobre a fauna silvestre causados por estradas na região do oeste paulista e a efetividade das medidas mitigadoras.** Presidente Prudente, SP: Unoeste, 2022. Disponível em: http://bdtd.unoeste.br:8080/jspui/bitstream/jspui/1472/5/FL%C3%81VIO%20AZEVEDO.pdf. Acesso em: 24 de março de 2026.

BALBO, José T. **Pavimentação Asfáltica: Materiais, Projetos e Restauração.** Porto Alegre: Oficina de Textos. E-book. p.17. ISBN 9788579751035. 2025. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788579751035/. Acesso em: 24 março de 2026.

BORGES, Nathiely S et al. **Características da paisagem da microbacia do rio Gael: análise hidrogeomorfológica para o planejamento e gestão ambiental.** Amazônia Ocidental, Brasil. Revista Brasileira de Ciências Amazônia, 13, 1. p.67-82, 2024. Disponível em: https://periodicos.unir.br/index.php/rolimdemoura/article/download/7390/1372. Acesso em: 27 de março de 2026.

BRANCANTE, Manoel et al. **Infraestruturas viárias longitudinais e antropização costeira: uma análise crítica do impacto da rodovia**

Rio-Santos no bioma Mata Atlântica. RCMOS-Revista Científica Multidisciplinar O Saber, v. 1, n. 10, 2021. Disponível em: https://submissoesrevistarcmos.com.br/rcmos/article/view/1915. Acesso em: 25 de março de 2026.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Norma DNIT 463/2025 - ES: **Pavimentação - Reciclagem de pavimento asfáltico in situ com emulsão asfáltica: Especificação de serviço.** Brasília, DF: DNIT, p. 17, dezembro de 2025. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/normas-publicadas. Acesso em: 24 de março de 2026.

BRITO, Ívina et al. **Riscos hidrológicos na zona norte de Teresina (PI): condicionantes geoambientais e recorrência de inundações.** Revista Eletrônica de Geografia Territorium Terram, v. 9, n. 19, p. 463-481, 2026. Disponível em: https://seer.ufsj.edu.br/territorium_terram/article/view/6158. Acesso em: 17 de outubro de 2026.

CALDEIRA, Luiz Antônio Cardoso; LIMA, Diogo Pedreira. **Drenagem urbana: uma revisão de literatura.** Engineering Sciences, v. 8, n. 2, p. 1-9, 2020. Disponível em: https://www.sustenere.inf.br/index.php/engineeringsciences/article/view/CBPC2318-3055.2020.002.0001/2150. Acesso em: 30 de março de 2026.

CARNEIRO, Vandervilson Alves et al. **Pressão Urbana e Alterações Ambientais no Córrego da Onça em Goiânia/GO.** Revista Territorial (ISSN 2317-0360), v. 15, n. Fluxo contínuo, p. 1-28, 2026. Disponível em:

https://www.revista.ueg.br/index.php/territorial/article/view/17622. Acesso em: 28 de março de 2026.

CARVALHO, Bruna Lima et al. **Geomorfotecnogênese na sub bacia hidrográfica do rio macambira, Ceará, Brasil.** Boa Vista: Acta geografica, v. 16, n. 40, p. 1-27, 2022. Disponível em: https://revista.ufrr.br/actageo/article/view/7270/3515. Acesso em: 20 de março 2026.

CORREIA, Elizabeth de Fátima et al. **As contribuições da paisagem no processo deplanejamento urbano e ambiental e na gestão integrada da bacia hidrográfica.** São José dos Pinhais: Revista ReGeo, v. 17, n. 3, p. 1-22, 2026. Disponível em: https://revistageo.com.br/revgeo/article/view/1908. Acesso em: 25 de março de 2026.

COSTA, Jeferson da; GONÇALVES, Sérgio Antônio; SANTO, Adauto Santos do Espírito. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal.** Brasília, DF: Adasa: Unesco, 2023. Disponível em: https://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/drenagem_urbana/regula%C3%A7%C3%A3o/Manual_de_drenagem_e_manejo_de_aguas_urbanas/Manual_Drenagem_Adasa_Digital.pdf. Acesso em: 04 de março de 2026.

COSTA, Regina P. **Ciências do Ambiente.** Porto Alegre: Oficina de Textos. E-book. p.79. ISBN 978-65-86235-42-5. 2025. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-65-86235-42-5/. Acesso em: 29 de março de 2026.

DAMASCENO, Jennifer de Oliveira Luiz et al. **Estudo dos impactos socioeconômicos e ambientais para implementaço de uma**

rodovia. RECIEC-Revista Científica de Engenharia Civil, v. 4, n. 02, p. 58-77, 2021. Disponível em: https://anais.unievangelica.edu.br/index.php/reciec/article/view/9500/4803. Acesso em: 26 de março de 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). DNIT 028/2004 – ES: **drenagem – limpeza e desobstrução de dispositivos de drenagem – especificação de serviço.** Rio de Janeiro: DNIT, 2004. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_028_2004_es.pdf. Acesso em: 07 de novembro de 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Drenagem de Rodovias.** 3 ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. Publicação IPR-724. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/724_manual_drenagem_rodovias.pdf. Acesso em: 06 de novembro de 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de pavimentação.** 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. Publicação IPR-719. Versão corrigida, com Errata 1 de 13 maio 2022. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/ipr_719_manual_de_pavimentacao_versao_corrigda_errata_1.pdf. Acesso em: 05 de novembro de 2026.

DIAS, William Benedicto Frazão. **Análise dos efeitos do processo de urbanização na microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú-Assis-SP.** Presidente Prudente, SP: Unesp, 2022. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/c4b9ebbe-21f3-442b-b2c7-316c12a08a4c/content. Acesso em: 30 de março de 2026.

DINIZ, M.; MELO, R. **Análise da correlação entre a condição de pavimentos urbanos e elementos do sistema de drenagem.** Revista ALCONPAT, v. 13, n. 2, p. 220-234, 2023. Disponível em: https://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/604/1755. Acesso em: 07 de novembro de 2026.

FERNANDES, Matheus Maciel de Lima; PORTO, Bruno Costa; LIMA NETO, Iran Eduardo. **Modelling water quality and assenssing diffuse pollution in the urban drainage basins of Fortaleza, Brazil.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 31, 2026. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/zn7PR5kyz5fHJ8BDyqKCNHR/?format=pdf&lang=en. Acesso em: 01 de novembro de 2026.

FERREIRA, Joseline; REIS, Silvana dos Santos; OLIVEIRA, Laira Lúcia Damasceno. **Drenagem urbana sustentável: análise em uma microbacia densamente urbanizada,** v. 3, n. 1, p, 108-135. Florianópolis, SC: Revista Brasileira de Meio Ambiente e Sustentabilidade. 2023. Disponível em: https://rbmaes.emnuvens.com.br/revista/article/view/273/229. Acesso em: 29 de março de 2026.

FORMENTINI, Andressa Benini; MONTEIRO, Denise Campos Pessoa, SOTERO, Endhel Maria Oliveira. **A drenagem urbana das águas pluviais e sua relação com a impermeabilização do solo na**

Avenida Ininga. Contemporânea, v. 4, n. 1, p. 3504-3512, 2024. Disponível em: https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/download/3159/2399/9320. Acesso em: 02 de novembro de 2026.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA (FCTH/USP). **Manual de drenagem sustentável: estudo para o desenvolvimento de tecnologias aplicadas à drenagem sustentável para o Município de São José dos Campos.** São Paulo: FCTH, 2024. ISBN 978-65-89429-20-3. Disponível em: https://www.fcth.br/index.php/2025/02/07/manual-drenagem-sustentavel/. Acesso em: 07 de novembro de 2026.

GARCIA, Carlos Alexandre Borges et al. **Caracterização ambiental e hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Jacarecica.** 1 ed. Belo Horizonte, MG: Editora Poisson, 2020. Disponível em: https://livros.poisson.com.br/individuais/carac_hidrologica/rio_jacarecica_vol1.pdf#page=87. Acesso em: 20 de março de 2026.

Gil, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** – 8. ed. – Barueri [SP]: Atlas, 2026. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559777877/epubcfi/6/10[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml5]!/4/36/1:4[.%20e%2Cd. Acesso em: 13 de abril 2026.

Gil, Antonio Carlos. **Como fazer pesquisa qualitativa.** – 1. ed. – Barueri [SP]: Atlas, 2021. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559770496?library_return_url=https%3A%2F%2Fintegrada.minhabiblioteca.com.

br%2Fhome%2Fsearch%2Flibrary%2Ftitles%3Fq%3DComo%2Bfazer%2Bpesquisa%2Bqualitativa. Acesso em: 12 de abril de 2026.

GONÇALVES, José Roberto Moreira Ribeiro; DA SILVA MARTINS, Fabiano Battemarco; BARACHO, David Gueiros. **Aspectos ambientais na construção da transbaixada e os processos de assoreamento no Rio Sarapuí,** v. 6, n. 3, p. 16303-16316, 2020. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/8293. Acesso em: 28 de março de 2026.

GUO, W.; ZHAI, M.; LEI, X.; HUANG, H.; LONG, Y.; LI, S. **Two-Dimensional Hydrodynamic Simulation of the Effect of Stormwater Inlet Blockage on Urban Waterlogging.** Water 2024, 16, 2029. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4441/16/14/2029. Acesso em: 08 de novembro de 2026.

Hao, X.; Mu, J.; Shi, H. **Experimental Study on the Inlet Discharge Capacity under Different Clogging Conditions.** Water 2021, 13, 826. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4441/13/6/826. Acesso em: 08 de novembro de 2026.

HENCKES, Rafaela Ritter. **Impactos das rodovias sobre riachos: uma análise dos estudos de impacto ambiental no Brasil.** Lume UFRGS: Repositório Digital. 2024. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/279757. Acesso em: 19 de março de 2026.

LAI, Chengguang *et al*. **Assessment on vulnerability of road networks considering the dynamic impact of urban waterlogging and the mitigation effect of LID measures.** Journal of Hydrology, v. 643, art. 132005, 2024. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002216942401401X?via%3Dihub. Acesso em: 01 de novembro de 2026.

LAKATOS, Eva M. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 9. ed. Rio de Janeiro: Atlas. E-book. p.185. ISBN 9788597026580. 2021. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597026580/. Acesso em: 14 de abril de 2026.

LIMA, Roberto Xavier. **Otimização das Operações de Terraplenagem e Pavimentação: Uma Nova Abordagem com a Consideração de Interferências.** Tese de doutorado. Universidade Federal do Ceará: Repositório Institucional, Fortaleza-CE. 2021. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/61820. Acesso em: 23 de março de 2026.

LINS, Myllena Luna. **Estudo de execução de pavimentação em trecho urbano.** Instituto Federal de Pernambuco, Revista DSPACE. Recife-PE, 2025. Disponível em: https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/1870. Acesso em: 23 de março de 2026.

MARTINS, Sandra Santos et al. **Estudo dos impactos ambientais causados pela implantação de uma obra rodoviária-DF-003,** Presidente Prudente, SP, Unoeste, 2024. Disponível em: http://bdtd.unoeste.br:8080/jspui/bitstream/jspui/1648/2/Sandra%20Santos%20Martins.pdf. Acesso em: 26 de março de 2026.

MARTINS, Sandra Santos et al. **Sustentabilidade em foco: estudo dos impactos ambientais da rodovia DF-003.** Tese de Doutorado. Universidade do Oeste Paulista. 2024. Disponível em:

https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/2411118064.pdf. Acesso em: 19 de março de 2026.

MATOS, Karenina Cardoso; ROCHA, Arthur Pedrosa. **A infraestrutura verde como suporte ao planejamento urbano sensível às águas na escola do bairro em Teresina-PI.** Revista Projetar: Projeto e Percepção do Ambiente, v.10, n. 1. 2024. Disponível em: https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/download/37298/19984/137869. Acesso em: 04 de março de 2026.

MENIN, Fernanda Asseff et al. **Critérios de delimitação de áreas de influência em Estudos de Impacto Ambiental de rodovias: abordagem de processos de dinâmica superficial.** GeologiaUsp: Série Cientifica, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 209-224, 2017. Disponível em: https://revistas.usp.br/guspsc/pt_BR/article/view/141221. Acesso em 24 de março de 2026.

NASCIMENTO, Jean Ricardo da Silva do; FARIAS, José Alexandre Moreira; PINTO, Eber José de Andrade. **Definição de equação IDF para o município de Teresina obtida a partir de uma série pluviográfica.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2017. Anais [...]. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/60/PAP022722.pdf. Acesso em: 05 novembro de 2026.

NERY, Carlos et al. **Impacto da ineficiência da microdrenagem no trecho da avenida Marcílio Dias com rua São José no bairro Julião Ramos no município de Macapá.** Revista Científica Multidisciplinar do CEAP, v. 6, n. 1, p. 1-8, 2024. Disponível em: http://periodicos.ceap.br/index.php/rcmc/article/view/236. Acesso em: 30 de março de 2026.

OLIVEIRA, Fabíola do Nascimento; ALVES, Reginaldo Beserra; PEREIRA, Igor Nonato Almeida. **Impactos ambientais oriundos da implantação de rodovia.** Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 7, p. 69543-69557, 2021. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/32687/pdf. Acesso em: 25 de março de 2026.

PARANÁ. Departamento de Estradas de Rodagem. **Manual de execução de serviços rodoviários: pavimentação.** Curitiba: DER/PR, v. 3, p. 70, (Tomo III), 2023. Disponível em: https://www.der.pr.gov.br/sites/der/arquivos_restritos/files/documento/2023-10/MESR_TOMO_III_PAVIMENTACAO.pdf. Acesso em: 24 de março de 2026.

PESSOA JUNIOR, Elci. **Manual de Obras Rodoviárias e Pavimentação Urbana.** 2. ed. Porto Alegre: Oficina de Textos, 2025. E-book. p.128. ISBN 978-85-7975-331-2. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-7975-331-2/. Acesso em: 22 de março de 2026.

QUARESMA, Thiago Junio Costa *et al*. **Uso e cobertura do solo na microbacia do igarapé irurá: impactos ambientais.** Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 582–595, 2026. DOI: 10.17564/2316-3798.2025v10n1p582-595. Disponível em: https://periodicos.set.edu.br/saude/article/view/12693. Acesso em: 16 de setembro de 2026.

RAMOS, Giovanna da Silva; MARÇAL, Mônica dos Santos; CABRAL, Gustavo Kiss Pinheiro. **Classificação de rios em ambientes modificados e controlados por atividades humanas: o caso do rio Piraí (RJ).** William Morris Davis-Revista de Geomorfologia, v. 4, n. 2, p.

1-23, 2023. Disponível em: https://williammorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/243/197. Acesso em: 25 de março de 2026.

ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. **Conceitos básicos de hidrologia e drenagem para projetos rodoviários: módulo 3.** Brasília, DF: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), set. 2022. Disponível em: https://repositorio.enap.gov.br/server/api/core/bitstreams/21b23f1f-e931-4ee9-a38d-fb891d34e931/content. Acesso em: 05 de novembro de 2026.

RODRIGUES JUNIOR, Jocimar Coutinho. **Identificação e classificação de impactos ambientais provenientes da antropização na área do Parque Capibaribe e análise multicritério como ferramenta de planejamento.** Revista Monografias Ambientais, p. e7-e7, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/67756. Acesso em: 26 de março de 2026.

RODRIGUES, John Witysel Santos; BARBOSA JUNIOR, Marcos Antonio. **Análise dos indicadores de fragilidade do sistema de drenagem urbana aplicados em microbacias da região amazônica,** v. 7, n. 2, p. 29-47. Meio Ambiente, Brasil: Open Journal Systems. Disponível em: https://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/496. Acesso em: 29 de março de 2026.

SANTOS, Leilson Alves dos. **Contribuições da análise geomorfológica ao planejamento de áreas de expansão urbana da porção leste/sudeste de Teresina, Piauí, Brasil.** 2024. Disponível

em: https://repositorio.ufmg.br/items/1255ed7e-5d06-4d59-ad9f-48064b6844f2. Acesso em: 18 de outubro de 2026.

SILVA JÚNIOR, Carlos Gomes da; LIMA, Rodrigo Gallotti; VIEIRA, Zacarias Caetano; SANTOS, Carla Mirele Souza dos. **Impactos dos Resíduos Sólidos Lançados na Microdrenagem Urbana: Uma Abordagem em Pontos Suscetíveis a Alagamentos em Aracaju/SE.** Revista Tecnologia, [S. l.], v. 46, p. 1–12, 2025. Disponível em: https://ojs.unifor.br/tec/article/view/15792. Acesso em: 07 de novembro de 2026.

SILVA, Ana Carolina Ferreira et al. **Levantamento dos principais impactos ambientais em obras rodoviárias emergenciais no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ** – UERJ. Dissertação de Mestrado, 2025. Disponível em: https://www.bdtd.uerj.br:8443/bitstream/1/24470/2/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20-%20Ana%20Carolina%20Ferreira%20Silva%20-%202025%20-%20Completo.pdf. Acesso em: 24 de março de 2026.

STEIN, Ronei T et al. **Hidrologia e Drenagem.** Porto Alegre: SAGAH. E-book. p.137. ISBN 9786556902760. 2022. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786556902760/. Acesso em: 29 de março de 2026.

TAVARES, Daniella Rodrigues. **Drenagem urbana sustentável para gestão do risco hidrológico em Teresina-Piauí.** 2024. Disponível em: https://bia.ifpi.edu.br/items/619392f2-a8e9-478d-bfaa-e65964ca31d1. Acesso em: 17 de outubro de 2026.

TEIXEIRA, Lucas Florêncio da Cunha; MENESES FILHO, Anísio de Sousa. **Avaliação de desempenho hidráulico de sarjetas no sistema de drenagem urbana: um estudo no bairro Aldeota, em**

Fortaleza (CE). Revista Tecnologia, [S. l.], v. 41, n. 1, 2020. Disponível em: https://ojs.unifor.br/tec/article/view/10757. Acesso em: 07 de novembro 2026.

TEIXEIRA, Niel Nascimento; ARAÚJO, Alisson Victor Souza. **Gestão municipal de drenagem e manejo de águas pluviais: avaliação dos impactos decorrentes da urbanização na Cidade Nova, Ilhéus-BA.** Revista de Gestão e Secretariado, v. 14, n. 6, p. 9968-9997, 2023. Disponível em: https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/2351. Acesso em: 23 de março de 2026.

TERESINA. Prefeitura Municipal. **Prefeito de Teresina entrega Avenida Professor Camilo Filho, obra esperada há 40 anos pela população.** Teresina, 5 jul. 2024. Disponível em: https://antigo.pmt.pi.gov.br/2024/07/05/prefeito-de-teresina-entrega-avenida-professor-camilo-filho-obra-esperada-ha-40-anos-pela-populacao/. Acesso em: 03 de novembro de 2026.

TERESINA. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Teresina: relatório final. Rev. 01. Volume 25, Tomo 07.** Teresina: Concremat Engenharia e Tecnologia S.A., jul. 2012. Disponível em: https://antigo-semplan.pmt.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2014/09/PDDrU_THE_VF_TOMO01_impressao.pdf. Acesso em: 05 de novembro de 2026.

TOLENTINO JÚNIOR, João Batista. **Hidráulica agrícola.** Curitibanos: Universidade Federal de Santa Catarina, 2023. Disponível em: https://hidraulica.tolentino.pro.br/. Acesso em: 05 de novembro de 2026.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO PIAUÍ (TCE-PI). **Gestão da drenagem urbana em Teresina.** Teresina: TCE-PI, 2024. Disponível em: https://www.tcepi.tc.br/wp-content/uploads/2024/07/Levantamento-Drenagem-Teresina.pdf. Acesso em: 05 de março de 2026.

XAVIER NETO, Jary de. **Pavimentos Industriais em Concreto.** Porto Alegre: Oficina de Textos. E-book. p.48. ISBN 9786586235852. 2025 Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786586235852/. Acesso em: 24 março de 2026.

---

[1] Graduando em Engenharia Civil. Centro Universitário Santo Agostinho - UNIFSA. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail. Lattes: https://lattes.cnpq.br/0106013455825831.

[2] Graduando em Engenharia Civil. Centro Universitário Santo Agostinho - UNIFSA. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail.

[3] Mestra em Ciência e Engenharia dos Materiais. Universidade Federal do Piauí - UFPI. Especialista MBA em Gerenciamento de Obras e Tecnologia da Construção. Universidade Cidade de São Paulo - UNICID. Engenheira Civil. Universidade Federal do Piauí - UFPI. Biológa. Universidade Federal do Piauí - UFPI. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail. ORCID: https://orcid.org/0009-0006-3723-2448.

[4] Mestre em Engenharia dos Materiais. Instituto Federal do Piauí - IFPI. Especialista em Direito Público Aplicado. Centro Universitário UNA - UNA. Especialista em Engenharia Ambiental e Urbana. União

de Faculdades de Alagoas - UNIFAL. Advogado pela Faculdade Piauiense - FAP. Engenheiro Civil pela Universidade de Pernambuco - UPE. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail. ORCID: https://orcid.org/0009-0002-6240-3465.