



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCIMAR MELO DA SILVA ALVES

**A INTERFERÊNCIA DE ÁGUAS PLUVIAIS NA REDE DE ESGOTO NO BRASIL:
UMA REVISÃO DA LITERATURA**

JOÃO PESSOA – PB
2025

LUCIMAR MELO DA SILVA ALVES

**A INTERFERÊNCIA DE ÁGUAS PLUVIAIS NA REDE DE ESGOTO NO BRASIL:
UMA REVISÃO DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal da Paraíba, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde
Júnior.

JOÃO PESSOA – PB
2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A474i Alves, Lucimar Melo da Silva.

A interferência de águas pluviais na rede de esgoto no Brasil: uma revisão de literatura. / Lucimar Melo da Silva Alves. - João Pessoa, 2025.
36 f.

Orientação: Gilson Barbosa Athayde Júnior.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Rede coletora de esgoto. 2. Águas pluviais. 3. Contribuição parasitária. 4. Incremento de vazão. I. Athayde Júnior, Gilson Barbosa. II. Título.

UFPB/BSCT

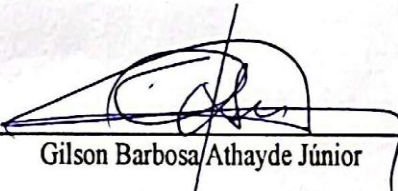
CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUCIMAR MELO DA SILVA ALVES

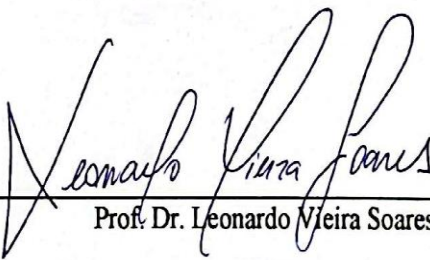
A INTERFERÊNCIA DE ÁGUAS PLUVIAIS NA REDE DE ESGOTO NO BRASIL: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso em 03/10/2025 perante a seguinte Comissão Julgadora:



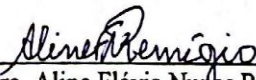
Gilson Barbosa Athayde Júnior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Prof. Dr. Leonardo Vieira Soares
UFPB

APROVADO



Profa. Dra. Aline Flávia Nunes Remígio Antunes
UFPB

APROVADO

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família! Em especial, à minha esposa Cristiane Valentim, que, desde muito antes, viveu este sonho comigo. Eu já tinha perdido a esperança de ser chamado pela Universidade quando, depois de muito tempo, na quarta e última chamada (que eu nem sabia que existia), minha esposa apareceu, toda feliz, me dando os parabéns. Eu achei que ia ser pai novamente, mas não, era pela convocação para o curso de Engenharia Civil da UFPB. Pulamos, rimos e comemoramos juntos com nossos dois filhos. Não foram momentos fáceis conciliar faculdade integral, trabalho, casa, pandemia e família, mas ela sempre esteve ali, me dando força, apoio e sofrendo junto comigo. Quando as lágrimas desciam, ela estava por perto com seu colo e aconchego. Quando eu estava exausto, cansado e sem esperança, ela estava por perto me incentivando. Gratidão pelo esforço em manter a família unida, em paz e na presença de Deus.

Aos meus dois lindos filhos, Octávio Maximus e Lavínia Maria, que, mesmo sem saberem, foram fundamentais nesta formação.

Aos meus pais, por fazerem de tudo o que estava ao seu alcance e por não medirem esforços para que os filhos pudessem estudar. Cada penteada de cabelo, cada roupa lavada, cada lancheira feita foram fundamentais para que eu seguisse firme nos estudos.

Aos meus quatro irmãos, que mesmo em pensamento, torceram por mim nesta longa jornada. Sempre empolgados e confiantes neste projeto.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por ter me dado saúde para trilhar este objetivo em minha vida e ultrapassar mais uma barreira.

Aos professores Dr. Carlos Antônio Taurino de Lucena e Dr. Primo Fernandes Filho, que nos momentos mais difíceis me incentivaram a não desistir e a continuar firme. Se não fosse por aquele apoio moral, talvez eu tivesse ficado pelo caminho.

Ao professor orientador Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior, que me deu a maior força e incentivo durante o curso e na elaboração deste trabalho acadêmico, e que compartilhou seus ensinamentos durante suas aulas.

À banca, na presença dos professores Dr. Leonardo Vieira Soares e Dra. Aline Flávia Nunes Remígio Antunes, por terem aceitado participar deste momento.

A todos os professores que dedicaram seu tempo e trabalho na transmissão de seus valiosos conhecimentos para formar profissionais mais capacitados.

A todos os meus colegas de turma, que foram muitos durante estes anos de faculdade. Mas não poderia deixar de dar um abraço especial aos colegas Cláudio Gouveia, Joaldo Garcia, Lucas de Lima, Ruan Queiroz e Victor Claudino, que foram fundamentais na superação de muitos obstáculos e que tiveram um forte impacto no meu aprendizado.

A todos os funcionários da UFPB que sempre se dedicaram a manter as instalações conservadas e limpas.

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) investiga a problemática da contribuição pluvial parasitária em redes de esgoto, um fenômeno que compromete a eficiência dos sistemas separadores e representa um desafio significativo para a Engenharia civil e sanitária no Brasil. A pesquisa, fundamentada em uma revisão bibliográfica e na análise qualitativa de estudos de caso, identificou as principais causas do problema, que se dividem em falhas de infraestrutura e ações humanas. A metodologia utilizou estratégias de busca em bases de dados científicas e a análise de conteúdo dos artigos selecionados para identificar as principais problemáticas e avanços na área. Os resultados demonstram que o fenômeno se manifesta através de um incremento notável da vazão nas redes de esgoto, impactando diretamente o funcionamento das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). As principais causas incluem ligações clandestinas, infiltrações e falhas na infraestrutura. Soluções perpassam desde ações de fiscalização e conscientização até investimentos em manutenção e tecnologias de monitoramento para garantir a sustentabilidade do sistema de saneamento a longo prazo.

Palavras-chave: Rede coletora de esgoto; Águas pluviais; Contribuição parasitária; Incremento de vazão.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema Separador Absoluto.....	13
Figura 2 – Sistema Unitário ou Combinado.....	14

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Autores, Títulos, Metodologia das Pesquisas e Principais Resultados.....	19
Quadro 2 – Incremento da vazão nos principais estudos	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS.....	11
2.1. Objetivo Geral.....	11
2.2. Objetivos específicos	11
3 METODOLOGIA.....	11
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
4.1 Incremento da Vazão e Impactos no Tratamento de Esgoto.....	15
4.2 Impactos Operacionais e Ambientais Sob a Ótica da Engenharia.....	16
4.3. Soluções e Estratégias de Mitigação na Engenharia Civil.....	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5.1 Visão Geral da Literatura: Panorama e Principais Referências.....	18
5.2 Causas da Interferência de Águas Pluviais na Rede de Esgoto.....	24
5.3 Impactos da Interferência de Águas pluviais	25
5.4 Soluções e Estratégias de Mitigação.....	30
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
7. SUGESTÃO PARA ESTUDOS FUTUROS.....	33
REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um pilar fundamental para a saúde pública e a qualidade de vida nas cidades, abrangendo os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. A sua universalização e a manutenção de sistemas eficientes representam um dos maiores desafios de infraestrutura e gestão ambiental nas áreas urbanas.

Este trabalho foca em um desses componentes, a saber, o sistema de esgotamento sanitário. Mais especificamente, aborda a problemática das contribuições parasitárias de águas pluviais em redes de coleta de esgotos sanitários.

No entanto, um desafio persistente enfrentado pela infraestrutura de saneamento no país, e que demanda atenção contínua da engenharia civil e sanitária, é a interferência de águas pluviais na rede coletora de esgoto, fenômeno conhecido como contribuições pluviais parasitárias (Bueno et al, 2007; Miranda, 2018; Reda, Ferreira, 2007; Siqueira, Correa, Araújo, 2017). Essa problemática desvirtua a concepção original dos projetos, transformando, na prática, sistemas separadores em sistemas parcialmente combinados, com graves consequências para a funcionalidade e sustentabilidade das redes de esgoto.

Essa interferência acarreta uma série de problemas operacionais, ambientais e econômicos. A entrada de volumes excessivos de água de chuva na rede de esgoto, que não foi dimensionada para tal, causa sobrecarga e extravasamentos, comprometendo a eficiência dos sistemas e a saúde ambiental. Pesquisas no âmbito do território brasileiros demonstram que esse problema não é isolado, mas uma realidade em diversas cidades e evidenciam a necessidade premente de intervenções de engenharia para diagnóstico, mitigação e prevenção.

Diante da relevância do tema e dos impactos negativos associados, este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) propõe um estudo de revisão da literatura acerca do tema. O objetivo é consolidar o conhecimento existente sobre as contribuições pluviais parasitárias no sistema de esgotamento sanitário no Brasil, visando identificar as causas predominantes, os impactos mais relevantes e as soluções e estratégias de mitigação discutidas na academia e no setor.

A compreensão aprofundada das causas e consequências das contribuições pluviais parasitárias é crucial para que o profissional de engenharia possa conceber soluções mais robustas, otimizar recursos, desenvolver tecnologias inovadoras e garantir a longevidade e a eficiência dos sistemas de esgotamento sanitário. A análise crítica da literatura permitirá mapear as abordagens metodológicas predominantes, as principais descobertas, os desafios enfrentados e as melhores práticas para a gestão integrada das águas urbanas, fundamentais para a atuação

profissional do engenheiro civil e/ou sanitarista na promoção da saúde ambiental e humana no país.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

- Analisar, por meio de uma revisão da literatura, a produção científica sobre a interferência de águas pluviais em sistemas de esgotamento sanitário.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar as principais causas da contribuição de águas pluviais nas redes de esgoto sanitário no contexto brasileiro, com ênfase nas ligações indevidas e falhas estruturais.
- Analisar os impactos operacionais, ambientais e econômicos decorrentes das contribuições pluviais parasitárias.
- Sintetizar as soluções e estratégias de engenharia e gestão apresentadas na literatura para mitigar esse problema.

3 METODOLOGIA

Este estudo constitui uma revisão da literatura com abordagem qualitativa. A pesquisa bibliográfica, categoria na qual a revisão se insere, é crucial para a formação de uma base sólida de conhecimento sobre o tema, permitindo a construção de argumentos e a identificação de lacunas.

A pergunta norteadora que guiou a revisão foi: "Quais são as causas, os impactos e as soluções propostas na literatura brasileira para a interferência de águas pluviais na rede coletora de esgoto?" Para a seleção dos estudos, foram estabelecidos os seguintes critérios:

- Artigos científicos completos publicados em periódicos revisados por pares.
- Trabalhos de conclusão de curso (TCCs), dissertações de mestrado e teses de doutorado defendidos em instituições de ensino superior brasileiras.
- Publicações que abordem diretamente a interferência de águas pluviais em redes de esgoto sanitário.
- Estudos realizados especificamente no contexto brasileiro.

A busca foi realizada nas seguintes bases de dados eletrônicas e repositórios acadêmicos, consideradas abrangentes para a área de engenharia sanitária no Brasil: SciELO (Scientific Electronic Library Online), Google Scholar, repositórios de universidades federais e estaduais brasileiras, anais de congressos. As palavras-chave utilizadas, combinadas com operadores booleanos (AND, OR), foram: "águas pluviais parasitárias" OR "infiltração pluvial" OR "contribuição indevida" OR "ligações clandestinas") AND ("rede de esgoto" OR "esgotamento sanitário") AND "Brasil".

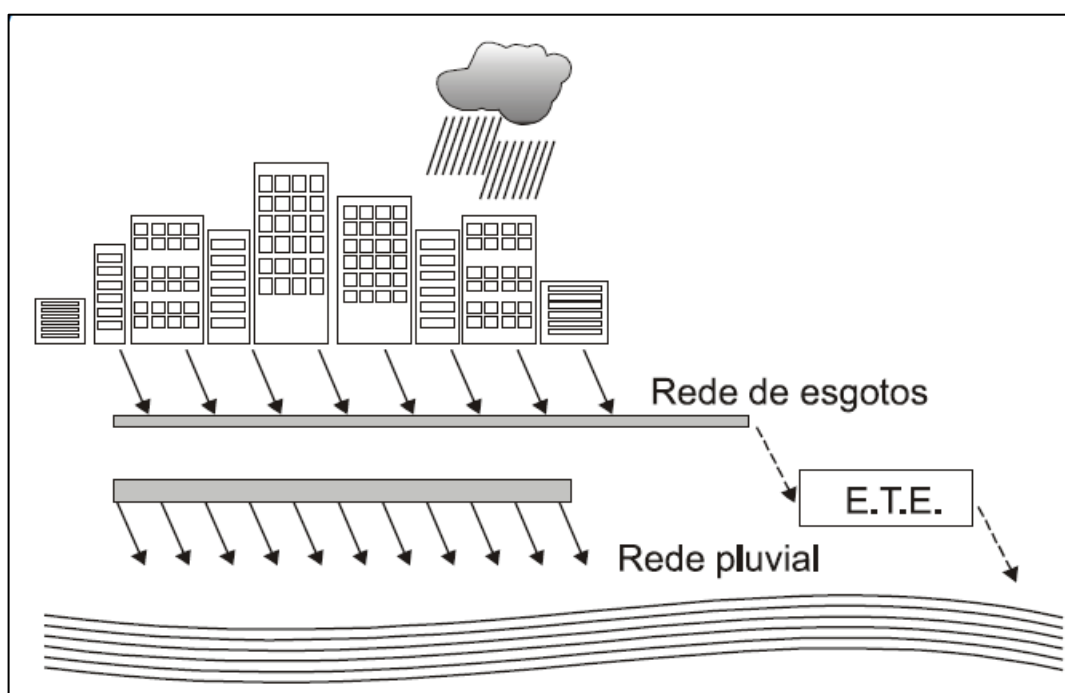
A análise dos dados ocorreu de forma qualitativa, por meio da análise de conteúdo, agrupando as informações em categorias temáticas predefinidas. As categorias principais para a síntese dos resultados foram: **(a) Causas da interferência:** detalhamento dos fatores que levam à entrada de águas pluviais na rede de esgoto (e.g., ligações clandestinas, falhas estruturais, deficiências na fiscalização, urbanização desordenada, problemas de projeto ou execução); **(b) Impactos da interferência:** descrição dos efeitos negativos em diversas dimensões (e.g., extravasamentos, sobrecarga e ineficiência em ETEs, poluição hídrica, custos operacionais elevados, riscos à saúde pública, degradação da infraestrutura); e **(c) Soluções e Estratégias de mitigação:** soluções e estratégias de engenharia propostas, análise das abordagens e tecnologias sugeridas ou implementadas (e.g., programas de inspeção e fiscalização, separação de redes, educação ambiental, tecnologias de monitoramento, uso de soluções baseadas na natureza, reabilitação de redes).

Serão destacadas as lacunas de pesquisa existentes na literatura brasileira, bem como as melhores práticas e recomendações para o aprimoramento do planejamento, projeto, construção e gestão integrada das águas urbanas, fundamentais para a atuação do engenheiro civil e para a sustentabilidade dos sistemas de saneamento no país.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

A gestão da água em ambientes urbanos, um desafio central para a engenharia, impõe a necessidade de sistemas de saneamento eficazes para a proteção da saúde pública e do meio ambiente. Tradicionalmente, os sistemas de esgotamento sanitário são classificados em separador absoluto e unitário, modelos que definem a abordagem de projeto e construção das redes coletoras (ABNT, 1986; Gon; Faria, 2023). No contexto brasileiro, a norma técnica preconiza o sistema separador absoluto (Figura 1), no qual a rede coletora é concebida exclusivamente para o transporte de esgoto doméstico e industrial, enquanto as águas pluviais são drenadas por um sistema independente, como preconizado pelas NBR 9648 e NBR 9649 (Gon; Faria, 2023; Ribeiro; Peixoto, 2018; Silva; Felizatto; Barros, 2007).

Figura 1 - Sistema Separador Absoluto.



Fonte: Tsutya e Bueno (2004) *apud* Machado, Borja e Moraes (2013).

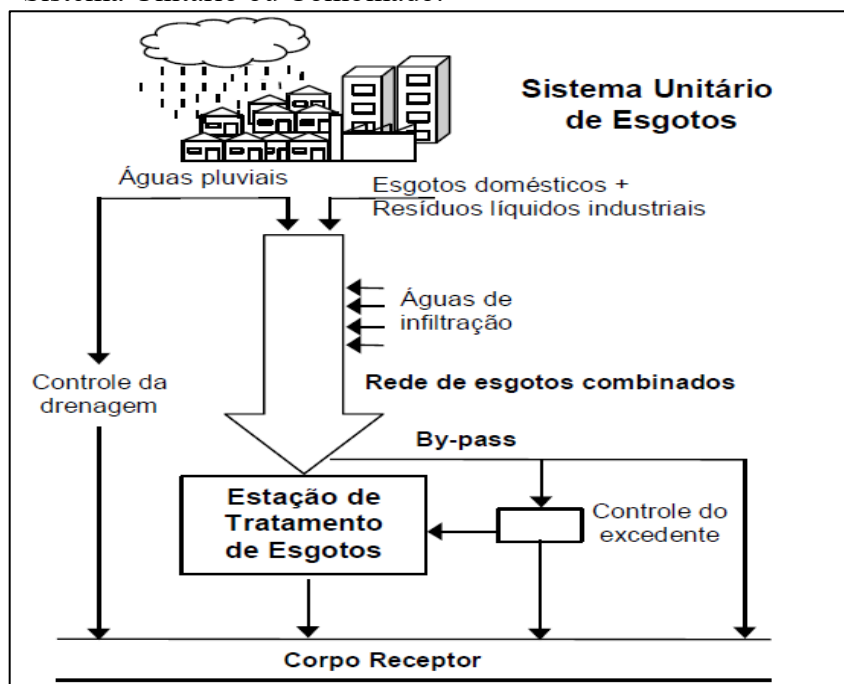
No sistema separador absoluto a premissa fundamental é a segregação completa das redes que coletam o esgoto sanitário (doméstico e industrial) das redes de drenagem de águas pluviais. Isso significa que o esgoto é transportado por uma tubulação específica diretamente para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), enquanto a água da chuva é coletada por outra rede independente e lançada em corpos d'água (Ribeiro; Peixoto, 2018). A principal vantagem reside na otimização do tratamento, pois a ETE recebe uma vazão mais estável e com maior concentração de poluentes, elevando a eficiência na remoção da Demanda Bioquímica de

Oxigênio (DBO) e outros contaminantes. Contudo, este sistema enfrenta um desafio significativo: as contribuições pluviais parasitárias. Ligações clandestinas de calhas e ralos domésticos à rede de esgoto, ou infiltrações por falhas estruturais, desvirtuam sua concepção, introduzindo água de chuva não prevista no dimensionamento e gerando sobrecarga nas ETEs (Bueno et al, 2007; Miranda, 2018).

A realidade operacional dos sistemas de esgotamento sanitário no Brasil, transforma o sistema separador em um sistema de fato parcialmente combinado em diversos trechos (Bueno et al, 2007; Dias, Kligerman, Cohen, 2007; Reda, Ferreira, 2007; Ribeiro, Peixoto, 2018). Este fenômeno representa um dos mais significativos desafios para os engenheiros civis e sanitaristas, pois compromete o dimensionamento hidráulico e a capacidade operacional das infraestruturas projetadas.

O sistema unitário ou combinado (Figura 2), caracteriza-se pela coleta conjunta de esgoto sanitário e águas pluviais em uma mesma tubulação. Este modelo é mais comum em cidades com infraestrutura mais antiga e sua implantação em novos projetos é menos frequente devido às suas inerentes desvantagens (Dias, Kligerman, Cohen, 2007).

Figura 2 - Sistema Unitário ou Combinado.



Fonte: Bernardes (2013) *apud* Machado, Borja e Moraes (2013).

A principal problemática deste sistema reside na instabilidade de vazão e na dificuldade de tratamento. Durante períodos chuvosos, o volume de afluente à ETE aumenta drasticamente, exigindo infraestruturas de tratamento superdimensionadas e de operação complexa. Para evitar

o colapso da rede e alagamentos, é comum a utilização de dispositivos de alívio que descarregam uma mistura de esgoto e águas pluviais diretamente nos corpos receptores, sem tratamento adequado (Reda, Ferreira, 2007). Essa prática resulta em grave poluição hídrica, com impactos ambientais e sanitários significativos, evidenciando os desafios para a gestão de águas urbanas sob este modelo.

4.1. Incremento da Vazão e Impactos no Tratamento de Esgoto

O projeto de redes coletoras de esgoto baseia-se em princípios hidráulicos para garantir o transporte adequado dos efluentes por gravidade, com velocidades que evitem deposição e erosão. O dimensionamento leva em conta a vazão de esgoto sanitário, que, em teoria, deveria ser constante em relação à contribuição per capita. No entanto, a intrusão de águas pluviais parasitárias introduz uma variabilidade de vazão imprevisível e elevada, para a qual a rede não foi projetada (Silva, Felizatto, Barros, 2007; Ribeiro, Peixoto, 2018).

Um dos principais desafios na gestão de sistemas de esgotamento sanitário, especialmente aqueles operando sob o modelo separador absoluto, reside no incremento da vazão em períodos de chuva. Este fenômeno, caracterizado pelo aumento expressivo do volume de efluente transportado pela rede coletora, é um indicador direto das contribuições pluviais parasitárias. Tais contribuições, resultantes de ligações clandestinas de águas pluviais ou de infiltrações em redes deficientes, introduzem volumes de água não previstos no dimensionamento original dos sistemas (Bueno et al, 2007; Miranda, 2018), comprometendo a capacidade hidráulica das tubulações e das ETEs.

Estudos de caso em diferentes localidades brasileiras ilustram a severidade do problema. Por exemplo, em Lins (SP), Reda, Souza e Freitas (2007) observaram um pico de vazão estimado em mais de 800 L/s durante um evento de chuva torrencial, representando um aumento superior a 300% em comparação com a vazão de tempo seco, que variava entre 150 e 200 L/s. Esse aporte maciço de água pluvial resulta na diluição do esgoto sanitário.

O impacto direto do incremento da vazão recai sobre as Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Projetadas para tratar um volume específico de esgoto com uma determinada concentração de poluentes, as ETEs são sobrecarregadas hidráulicamente por esses picos de vazão. A maior vazão de entrada pode reduzir o tempo de detenção hidráulica nos reatores, e a diluição do esgoto diminui a concentração de substrato para os microrganismos, prejudicando a eficiência dos processos biológicos (Siqueira, Correa, Araújo, 2017). Consequentemente, a remoção de DBO e outros parâmetros poluidores pode ser comprometida, fazendo com que o efluente tratado não atenda aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação ambiental,

como a Resolução CONAMA nº 430/2011, que exige uma eficiência mínima na remoção de DBO.

A NBR 9649, que versa sobre o projeto de redes coletoras de esgoto sanitário, estabelece diretrizes para o dimensionamento hidráulico, mas a persistência das contribuições parasitárias demonstra a lacuna entre o projeto ideal e a realidade operacional.

Para mitigar esses efeitos, preconiza-se uma abordagem multifacetada, incluindo o monitoramento contínuo da vazão para identificação de padrões e pontos críticos (Bendati; Cybis, 2005), a reabilitação de redes para eliminação de infiltrações e a implementação de programas eficazes de fiscalização e conscientização para coibir as ligações clandestinas (Bueno et al, 2007; Gon; Faria, 2023 ; Miranda, 2018). Tais medidas são essenciais para reestabelecer a funcionalidade dos sistemas e garantir a sustentabilidade do saneamento básico.

4.2. Impactos Operacionais e Ambientais Sob a Ótica da Engenharia

Os impactos das contribuições pluviais parasitárias reverberam em múltiplas dimensões do sistema de saneamento, exigindo soluções complexas de engenharia:

- **Sobrecarga Hidráulica e Extravasamentos:** O aporte excessivo de água pluvial eleva drasticamente a vazão nas tubulações, excedendo a capacidade hidráulica projetada da rede coletora. Isso resulta em extravasamentos de esgoto bruto em vias públicas, imóveis e, mais criticamente, em corpos d'água, comprometendo o meio ambiente e a saúde pública. Isto foi comprovado no estudo de caso realizado por Bueno et al, 2007, em Franca-SP, por exemplo, o qual demonstrou que a maioria dos refluxos (83%) ocorre em dias de chuva, destacando a correlação direta entre pluviosidade e ineficiência do sistema.
- **Comprometimento da Eficiência das ETEs:** O excesso de vazão e a diluição do esgoto bruto afetam diretamente a performance das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). O tempo de detenção hidráulica diminui, e a concentração de poluentes é reduzida, prejudicando os processos biológicos e físico-químicos de tratamento. Consequentemente, o efluente tratado pode apresentar qualidade inferior aos padrões exigidos, resultando no lançamento de cargas poluidoras nos corpos receptores (Reda; Ferreira, 2007; Siqueira; Correa; Araújo, 2017; Silva; Felizatto; Barros, 2007). Um estudo em Porto Velho-RO, por exemplo, quantificou uma redução de 8,3% na eficiência de remoção de DBO devido à infiltração de águas pluviais (Siqueira; Correa; Araújo, 2017).

- **Aumento de Custos Operacionais e Danos à Infraestrutura:** A necessidade de tratar volumes maiores de água na ETE, mesmo que diluída, implica em maior consumo de energia para bombeamento, mais produtos químicos para desinfecção e maior demanda por lodo, elevando os custos operacionais do sistema (Siqueira; Correa; Araújo, 2017). As estações elevatórias de esgoto (EEE) também sofrem bastante devido ao grande fluxo de esgoto, causando uma forte sobrecarga no sistema elevatório podendo até inundar a estação elevatória. Os condutos também são diretamente afetados, pois são projetados para serem condutos livres, ou seja, sem que aja pressão dentro deles. Mas com o contribuição da água pluvial parasitária o volume de esgoto aumenta de tal maneira que os condutos trabalham sobre pressão, podendo a vir se romper.
- **Danos significativos às estações elevatórias de esgoto (EEE):**

4.3. Soluções e Estratégias de Mitigação na engenharia

A mitigação das contribuições pluviais parasitárias exige uma abordagem multifacetada da engenharia, combinando ações estruturais e não-estruturais:

- **Fiscalização e Reabilitação de Redes:** Ações contínuas de fiscalização para identificar e combater ligações clandestinas são essenciais. Programas de inspeção e reabilitação de redes (com o uso de técnicas como videoscopia e selagem de juntas) são fundamentais para eliminar pontos de infiltração e reduzir a entrada de águas pluviais (Bueno et al, 2007; Gon; Faria, 2023).
- **Monitoramento e Modelagem Hidráulica:** A engenharia utiliza ferramentas de monitoramento de vazões, especialmente em períodos chuvosos, para quantificar a contribuição parasitária. A modelagem hidráulica computacional permite simular o comportamento da rede sob diferentes cenários de chuva e identificar os trechos mais críticos para intervenção (Gon; Faria, 2023; Ribeiro; Peixoto, 2018).
- **Aprimoramento de Projetos e Novas Tecnologias:** A revisão de normas e diretrizes de projeto é fundamental para incorporar lições aprendidas e prever soluções que minimizem a intrusão de pluviais. Isso pode incluir a especificação de materiais mais resistentes, técnicas construtivas que garantam melhor vedação, e a implantação de dispositivos de controle de vazão, como poços de acúmulo e bacias de retenção, para

amortecer picos de vazão antes da chegada à ETE (Bueno et al, 2007; Novais Filho, 2011). A Sabesp, por exemplo, já implementou diretrizes para inclusão de poços pulmão em estações elevatórias (Bueno et al, 2007).

- **Gestão Integrada das Águas Urbanas:** Uma tendência crescente na engenharia é a abordagem da gestão integrada das águas urbanas, que reconhece a interdependência entre os sistemas de esgoto, drenagem pluvial e recursos hídricos. Essa visão holística busca otimizar a infraestrutura existente e planejar novas soluções de forma coordenada, como as infraestruturas verdes, para lidar com as águas de chuva mais perto da fonte e reduzir sua interferência no esgoto (Dias; Kligerman; Cohen, 2007; Miranda, 2018).

A quantificação precisa da contribuição parasitária é um passo fundamental para o planejamento e a execução de intervenções eficazes, como demonstrado por estudos em Dourados-MS e Joinville-SC (Gon; Faria, 2023; Ribeiro; Peixoto, 2018). Diante desse cenário, o engenheiro civil e sanitarista são os protagonistas na concepção, implementação e gestão de soluções que visem a sustentabilidade dos sistemas de saneamento, a proteção ambiental e a promoção da saúde pública no Brasil.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta e discute os achados da revisão da literatura, consolidando as informações extraídas das pesquisas brasileiras sobre a interferência de águas pluviais nas redes de esgotamento sanitário. A análise qualitativa, realizada por meio de uma síntese de conteúdo, permitiu agrupar os resultados nas seguintes categorias temáticas: 1) Causas da interferência; 2) Impactos operacionais e econômicos e 3) Soluções e estratégias de mitigação. Os dados demonstram que o problema é recorrente em diversas regiões do país e tem sido objeto de estudo por meio de diferentes metodologias, principalmente estudos de caso e monitoramento de campo, o que reforça a relevância e a consistência dos achados.

5.1. Visão Geral da Literatura: Panorama e Principais Referências

Para iniciar a seção de resultados, o Quadro 1 apresenta uma visão geral das principais referências analisadas. Ele sintetiza os autores, títulos e os resultados mais relevantes de cada estudo, fornecendo um panorama inicial do estado da arte da pesquisa brasileira sobre as contribuições pluviais parasitárias.

Quadro 1: Autores, Títulos, síntese dos resultado, Metodologia.

Autor(es)/Título	Síntese dos objetivos	Metodologia
ARASHIRO et al (2023): Quantificação da entrada de águas pluviais em uma Bacia de esgotamento sanitário dimensionada como sistema Separador absoluto	Demonstrar uma prática que pode ser adotada utilizando dados de medição de vazão de esgoto e de dados de pluviometria da mesma bacia de esgotamento sanitário, ou de pontos próximos para quantificar as contribuições irregulares de águas pluviais.	Estudo de caso quantitativo que analisou o impacto da chuva nas redes de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), comparando as vazões medidas em um coletor de esgoto em um dia seco e em um dia chuvoso por meio de um sensor submerso de velocidade e nível.
ARRUDA NETO et al (2022): Avaliação dos impactos das precipitações pluviométricas na manutenção da rede de esgotamento sanitário no Município de Caruaru, Agreste de Pernambuco	Compreender a influência e os impactos das vazões parasitárias à rede de esgoto de um município de médio porte, avaliadas as precipitações em um período de cinquenta anos.	Pesquisa de campo, quantitativa e correlacional, a qual utilizou dados de manutenção da rede de esgoto, obtidos da Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras de Caruaru (SIURB) de 2018 a 2020, e dados hidrológicos (chuvas) coletados de 1965 a 2020.
BENDATI; CYBIS (2005): Estudo de indicadores para avaliação da operação de Sistema de coleta e tratamento de esgotos: caso do SES Belém Novo (Porto Alegre, RS).	Propor indicadores gerenciais e operacionais para um sistema de esgotamento sanitário, integrando aspectos da coleta, bombeamento e tratamento de esgotos, e aplicando-os ao SES Belém Novo, em Porto Alegre-RS.	O trabalho foca em um estudo de caso no SES Belém Novo, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, avaliando o sistema entre junho de 2003 e maio de 2004, com base em dados da rede coletora, estações de bombeamento e tratamento de esgoto.
BUENO ET AL (2007): Contribuição clandestina de Águas Pluviais no Sistema de Coleta de Esgoto e Suas Consequências - Estudo de Caso Município de Franca - SP.	Identificar a irregularidade, notificar o responsável pelo imóvel e acompanhar os resultados das ações tomadas a partir das notificações, e medir a eficiência do processo e suas consequências.	Estudo de Caso Município de Franca – SP, que consiste em inspecionar os imóveis ligados à rede coletora de esgoto, através de inspeção local, identificando irregularidades-
DIAS; KLIGERMAN; COHEN (2007): Análise da Interconexão entre os Sistemas de Esgotos Sanitário e Pluvial da Cidade do Rio de Janeiro.	Analisar a interconexão entre os sistemas de esgoto sanitário e pluvial e as experiências realizadas na cidade do Rio de Janeiro na adoção de estruturas que, por não funcionarem, ou como separador parcial, ou como unitário, são denominadas atípicas, diferindo do sistema separador absoluto que se caracteriza pela existência de tubulações e unidades específicas para esgotamento sanitário e drenagem pluvial.	Estudo de caso que analisa , qualitativamente, a interconexão entre os sistemas de esgoto sanitário e pluvial da Cidade do Rio de Janeiro.

**FORNARI FILHO;
FONSECA; ANDRADE
(2019):**

Influência das chuvas de verão no SES Costa Norte: comparativo de vazões do efluente da ETE Canasvieiras entre Jan/2017 e Jan/2018.

Analisar a influência das precipitações no sistema de esgoto sanitário Costa Norte, comparando-se as vazões reais recebidas na da ETE Canasvieiras com as vazões teóricas calculadas.

O estudo analisou a influência da chuva nas vazões de entrada da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) a valores calculados com base no consumo de água micromedido e na taxa de infiltração teórica empregada no projeto.

GON; FARIA (2017):

Estudo das contribuições pluviais parasitárias na sub-bacia de esgotamento sanitário 4-A1 do município de Joinville – SC.

Realizar um estudo das contribuições pluviais parasitárias na sub-bacia 4-A1 pertencente ao sistema de esgotamento sanitário do município de Joinville-SC.

Estudo de caso específico com monitoramento de vazão e pluviosidade em uma sub-bacia de Joinville.

**MACHADO; BORJA;
MORAES (2013):**

Desafios e oportunidades para a implantação de uma das propostas do PEMAPES: o sistema combinado.

Oferecer suporte técnico à SAN/SEDUR, por meio de um panorama geral da situação atual dos serviços públicos de esgotamento sanitário e de manejo de águas pluviais, nas sedes municipais e em determinados distritos do Estado da Bahia, bem como propor ações e diretrizes para a melhoria dos serviços.

O estudo é uma pesquisa qualitativa e exploratória. Para sua elaboração, foram utilizados um levantamento bibliográfico, entrevistas com especialistas e engenheiros, e os resultados de um fórum sobre o tema. O objetivo foi discutir os desafios e oportunidades de implementar um sistema combinado de esgoto.

**MAREGA; DRAKE;
MEYER (2025):**

Contribuição parasitária de águas pluviais e de infiltração em 46 redes de esgotamento sanitário do Brasil.

Estimar as contribuições parasitárias de água de chuva e de infiltração em 46 redes operacionais das regiões sul e sudeste do Brasil utilizando dados intermitentes ao longo de 20 anos (1998-2018).

O estudo quantificou as contribuições de águas parasitárias (chuva e infiltração) em 46 redes de esgoto nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, utilizando dados intermitentes coletados entre 1998 e 2018. Foram aplicados três métodos: o de **balanço hídrico** e o de **diluição**, e uma abordagem **híbrida** desenvolvida pelos autores, que combina os dois primeiros para maior robustez.

MIRANDA (2018):

Contribuições Indevidas de Águas Pluviais em Trecho de Rede de Esgotamento Sanitário Afluente à ETE Mangabeira em João Pessoa-PB.

Quantificar a participação de águas pluviais na vazão da rede de esgotamento sanitário, através de medições em campo de esgoto, a montante da ETE Mangabeira, e de dados pluviométricos, comparando situação de tempo seco e tempo chuvoso.

Estudo de caso com pesquisa de campo em trecho de rede de esgoto em João Pessoa.

NOVAIS FILHO (2011): Estudo da Contribuição de Águas de Chuva no Sistema de Esgotamento Sanitário de Belo Horizonte.	Estudar a interferência das águas de chuva no sistema de esgotamento sanitário de Belo Horizonte, baseado em dados de ocorrências de refluxos de esgotos em residências, vazões afluentes à ETE-Arrudas e precipitações diárias no município de Belo Horizonte, entre maio de 2009 e dezembro de 2010.	Estudo de caráter quantitativo que se valeu da análise de dados históricos de vazão e precipitação para estabelecer a influência das águas de chuva no sistema de esgotamento sanitário de Belo Horizonte e diagnosticar as consequências dessa interferência.
OLIVEIRA et al (2020): A intrusão de águas pluviais e o incremento de vazões em ETE'S.	Analisar incrementos em sete estações, entre médio e grande porte, pertencentes à Região Metropolitana do Recife.	O estudo avaliou a intrusão de águas pluviais em sete Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) de médio e grande porte na Região Metropolitana do Recife. A metodologia consistiu em comparar as vazões de entrada das ETE's em dias com chuva e em dias sem chuva, utilizando dados coletados pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) entre abril de 2016 e dezembro de 2018.
REDA; FERREIRA (2007): Esgoto Combinado em Rede Separadora na RMSP: Impacto de Tormenta no Afluente da ETE de Riacho Grande, São Bernardo do Campo.	Investigar, com base em dados de campo, a intrusão das águas oriundas de enxurradas urbanas numa rede coletora de esgotos separadora absoluta já antiga e, consequentemente, na estação de tratamento que as recebe.	O estudo se enquadra predominantemente como uma pesquisa aplicada com características de estudo de caso e abordagem quantitativa.
REDA; SOUZA; FREITAS (2007): Impacto de Chuva Torrencial na Qualidade do Esgoto em Rede Separadora: Perturbações no Afluente à Lagoa de Estabilização de Lins, SP	Demonstrar que uma rede coletora de esgoto construída no Brasil para funcionar como separadora pode estar sujeita a considerável intrusão de águas pluviais cada vez que ocorram chuvas torrenciais na bacia hidrográfica contribuinte.	Estudo de caso, predominante quantitativo, baseado em medições de campo e análise laboratorial.
RIBEIRO; PEIXOTO (2018): Avaliação da Contribuição Pluvial Parasitária no Sistema de Esgotamento Sanitário Afluente à ETE Guaxinim, Dourados/MS.	Quantificar, utilizando dados de vazão horária afluente à ETE e precipitação mensal do ano de 2016, o percentual de incremento à vazão média em relação ao período seco.	Estudo de caso com análise de dados de vazão e precipitação em ETE Guaxinim, Dourados/MS.

ROSA (2021): A ilicitude da conexão entre rede de água pluvial e rede de esgoto	Verificar a relação entre água pluvial e sistema de saneamento básico, destacando os impactos jurídicos e ambientais desta relação, bem como apresentar as consequências ambientais de uma possível conexão da rede de água pluvial à rede de esgoto.	O estudo é uma pesquisa qualitativa, teórica e bibliográfica que se concentra em aspectos não quantitativos. Busca compreender a importância do sistema de drenagem de águas pluviais e a ilegalidade de sua conexão com a rede de esgoto.
SILVA; FELIZATTO; BARROS (2007): Influência das Águas Pluviais na Vazão Afluente a ETE Melchior.	Estimar a influência das águas pluviais no sistema de esgoto sanitário das cidades de Taguatinga e Ceilândia-DF.	Estudo de caso quantitativo que se baseou no monitoramento de campo de vazões e dados pluviométricos.
SIQUEIRA; CORREA; ARAÚJO (2017): Estudo da Influência das Águas Pluviais em um Sistema de Tratamento de Esgoto por Lodo Ativado.	Avaliar um sistema implantado nos condomínios Porto Madero em Porto Velho-RO para quantificar a interferência das águas pluviais parasitárias e avaliar o impacto na eficiência de remoção da DBO.	Estudo de caso que avaliou a Influência das Águas Pluviais em um Sistema de Tratamento de Esgoto por Lodo Ativado, implantado nos condomínios Porto Madero, Porto Velho-RO, visando quantificar essa interferência, bem como avaliar o impacto sobre a eficiência na remoção da DBO

Com base nos dados do **Quadro 1**, a análise do quantitativo e dos anos de publicação das referências revela um interesse crescente e consistente da engenharia brasileira na problemática das contribuições pluviais parasitárias. Dos 18 trabalhos listados, a maioria foi publicada a partir de 2007. Todavia, observa-se que o tema ganhou relevância acadêmica e profissional nos últimos anos, refletindo uma preocupação emergente com a eficiência dos sistemas de saneamento.

Os estudos de caso, realizados em diversas cidades do país, tais como João Pessoa (PB), Dourados (MS), Rio de Janeiro (RJ) e Joinville (SC), confirmam a existência e a gravidade das contribuições pluviais. A pesquisa de Ribeiro e Peixoto (2018) em Dourados, por exemplo, e a de Novais Filho (2011) em Belo Horizonte, estabelecem uma relação direta e quantificável entre a precipitação e o aumento da vazão nas redes de esgoto. Siqueira, Correa e Araújo (2017) apontam impactos diretos deste aumento nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs): os autores mostram que o aumento da vazão dilui o esgoto, comprometendo a eficiência dos processos de tratamento, o que, por sua vez, leva ao lançamento de efluentes de menor qualidade nos corpos hídricos. Miranda (2018) e Bueno et al. (2007) apontam que há uma provável possibilidade da causa dos problemas serem as ligações clandestinas, que, aliadas a

falhas na infraestrutura e à falta de planejamento urbano, transformam sistemas separados em sistemas combinados de forma indesejada.

O estudo exploratório e qualitativo de Machado, Borja e Moraes (2013) aborda os desafios e oportunidades da implementação de um sistema combinado para esgoto e águas pluviais, uma alternativa ao sistema separador absoluto, que é frequentemente comprometido por ligações clandestinas de águas pluviais. A pesquisa, baseada em levantamento bibliográfico e entrevistas com especialistas, destaca que, embora o sistema separador absoluto seja a solução ideal, a realidade brasileira muitas vezes o transforma em um "separador parcial". A adoção de um sistema combinado, como o proposto pelo PEMAPES na Bahia, é vista como uma oportunidade para reduzir custos e prazos de despoluição de corpos d'água.

A revisão da literatura revela que a pesquisa na área da engenharia brasileira sobre contribuições pluviais parasitárias é predominantemente empírica e aplicada. Isso se reflete na forte presença de estudos de caso, que são a espinha dorsal dos trabalhos listados no Quadro 1.

O estudo de caso é fundamental na engenharia porque permite aprofundar a análise de um problema real em um contexto específico. A importância desses tipos de estudos, pesquisas e métodos reside na sua capacidade de conectar a teoria com a prática. Em vez de se limitar a uma abordagem teórica, o engenheiro pode coletar dados diretamente no campo, o que confere maior confiabilidade e aplicabilidade aos resultados. O estudo de caso é crucial para quantificar o problema (por exemplo, o aumento de vazão) e para validar as soluções propostas, demonstrando sua eficácia na prática.

Os estudos analisados demonstram uma integração entre pesquisas qualitativas (como a análise de conteúdo) e quantitativas (como a medição de vazão). A pesquisa qualitativa, aplicada na revisão da literatura, permite identificar as causas e as soluções de forma abrangente. Já a pesquisa quantitativa, com o uso de equipamentos de monitoramento, é essencial para gerar dados concretos que comprovam a gravidade do problema, como os valores de incremento de vazão.

A inclusão de metodologias como a modelagem hidráulica, citada por Bendoti e Cybis (2005) representa um avanço importante. Na engenharia, a modelagem permite simular cenários futuros, como o impacto de eventos de chuva mais intensos, e testar a eficácia de diferentes estratégias de mitigação antes da implementação em campo. Esse tipo de método contribui para o planejamento de projetos mais robustos e eficientes.

Em suma, a predominância de estudos de caso, a combinação de métodos qualitativos e quantitativos e o crescente uso de modelagem e simulação são indicativos de uma pesquisa madura na engenharia, que busca não apenas descrever o problema, mas também fornecer

subsídios práticos e soluções baseadas em evidências para o projeto, a operação e a gestão dos sistemas de saneamento.

A visualização dos dados no quadro anterior oferece um panorama geral da pesquisa. No entanto, para uma compreensão mais aprofundada, é essencial discutir os resultados de forma analítica. Assim, a seção a seguir apresenta a discussão das informações compiladas, agrupando-as em categorias temáticas que abordam a origem, as consequências e as estratégias de mitigação das contribuições pluviais parasitárias.

5.2. Causas da Interferência de Águas Pluviais na Rede de Esgoto

A análise da literatura revela que a entrada de águas pluviais nas redes de esgotamento sanitário, apesar da predominância do sistema separador absoluto no Brasil, é um problema sistêmico. As principais causas, largamente documentada, são:

- **Ligações Clandestinas:** Consiste na conexão irregular de calhas, ralos e áreas impermeáveis das residências diretamente à rede coletora de esgoto sanitário. Esta é citada como uma das causas mais prevalentes e de difícil controle, muitas vezes realizadas pela própria população por desconhecimento ou conveniência (Bueno et al, 2007; Gon, Faria, 2023; Ribeiro, Peixoto, 2018).
- **Infiltrações na Rede:** Ocorre devido a falhas estruturais nas tubulações (trincas, fissuras, juntas danificadas), caixas de inspeção danificadas ou mal construídas, e poços de visita com problemas de vedação. Essas falhas permitem a entrada de água do solo e da superfície em períodos chuvosos (Gon, Faria, 2023; Novais Filho, 2011; Siqueira; Correa, Araújo, 2017).
- **Deficiências Construtivas e de Projeto:** Problemas na execução das obras das redes coletoras ou na concepção de projetos podem criar pontos vulneráveis para a entrada de águas pluviais (Novais Filho, 2011).
- **Manutenção Inadequada:** A falta de manutenção preventiva e corretiva das redes de esgoto e dos sistemas de drenagem contribui para o agravamento das infiltrações e o surgimento de novas ligações irregulares (Bueno et al, 2007; Gon, Faria, 2023).
- **Falta de Fiscalização:** A ausência de fiscalização efetiva por parte de muitos municípios ou assumindo o risco de conexões clandestinas colocam em risco todo o sistema de saneamento básico (Rosa, 2021).

Além das ações humanas, a infraestrutura inadequada e a falta de manutenção são fatores cruciais para a ocorrência da interferência. A literatura destaca que falhas estruturais nas

tubulações, como trincas e juntas danificadas, e problemas em poços de visita permitem a infiltração de água do solo e da superfície em períodos de chuva.

5.3. Impactos da Interferência de Águas Pluviais

O impacto mais evidente e diretamente quantificado nas pesquisas é o significativo aumento de vazão nas redes de esgoto em períodos chuvosos. Estudos de caso demonstram a gravidade do problema. Para comprovar a dimensão dos impactos operacionais, esta pesquisa buscou nos trabalhos selecionados os dados numéricos de incremento de vazão. O **Quadro 2**, a seguir, consolida esses achados. É importante notar que nem todos os estudos quantificaram o fenômeno, mas os dados disponíveis servem como evidência concreta da sobrecarga que as contribuições pluviais causam nas redes e nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs).

Quadro 2: Incremento da vazão nos principais estudos

Autor(es)	Síntese dos Resultados	Incremento de Vazão (%)
GON; FARIA (2017)	Estudo de caso que quantificou as contribuições parasitárias, correlacionando o aumento de vazão com o regime pluviométrico local.	3000% (em dias de chuva)
BUENO et al. (2007)	Identificou e quantificou a presença de contribuições pluviais clandestinas, analisando as suas consequências como extravasamentos e sobrecarga da rede.	813 %
SILVA; FELIZATTO; BARROS (2007)	Investigou como o volume de chuva afeta a vazão de entrada em uma ETE, correlacionando o aumento da precipitação com a sobrecarga do sistema.	587,56%.
SIQUEIRA; CORREA; ARAÚJO (2017)	Analisou os efeitos da diluição do esgoto sobre o processo biológico de tratamento, indicando a queda na eficiência da ETE durante e após as chuvas.	285,09%

MIRANDA; ATHAYDE JÚNIOR; SOARES (2018)	Estudo de caso em João Pessoa que demonstrou o crescimento da vazão durante o período de chuva.	107%
MAREGA; DRAKE; MEYER (2025)	O método híbrido foi o mais robusto, reduzindo a incidência de valores negativos e o intervalo de incerteza.	23% a 25%
RIBEIRO; PEIXOTO (2018)	Constatou que o sistema de esgotamento sanitário afluente a ETE sofre com incrementos de vazão quando da ocorrência de eventos pluviométricos atribuindo a causa possivelmente às águas parasitárias.	39%,
FORNARI FILHO; FONSECA; ANDRADE (2019)	A pesquisa encontrou uma forte relação entre os picos de vazão na ETE e os períodos de maior precipitação.	27,5% (janeiro de 2017) 42% (janeiro de 2018)
OLIVEIRA et al (2020)	A pesquisa constatou que em ETE's de grande porte, o aumento da vazão provocado pelas chuvas é significativamente maior do que nas de menor porte.	6% a 19% (ETE's de médio porte) 25% a 31% (ETE's de grande porte)
NOVAIS FILHO (2011)	Apresentou uma análise da vazão afluente a uma ETE em BH, comprovando o aumento expressivo da vazão durante períodos chuvosos, indicando falhas no sistema.	6,4%
ARASHIRO et al (2023)	Identificou valores muito acima do coeficiente de dimensionamento recomendado de $k_1 \times k_2$ 1,8, indicando que a sobrecarga causada pela chuva pode levar a problemas operacionais no sistema de esgoto.	Não especificado
REDA; FERREIRA (2007)	Concluiu que o tratamento de esgoto perturbado nas épocas de tormentas é oneroso, aumentando a probabilidade da perda transitória de qualidade da água no corpo receptor.	Não especificado
REDA; SOUZA; FREITAS (2007)	Demonstrar que uma rede coletora de esgoto construída no Brasil para funcionar como separadora pode estar sujeita a considerável intrusão de águas pluviais cada vez que ocorrerem chuvas torrenciais na bacia hidrográfica contribuinte.	Não especificado.
ARRUDA NETO et al (2022)	A pesquisa realizou testes de correlação entre a média mensal dos serviços de manutenção nas redes de esgoto e a média histórica de precipitação, encontrando um alto coeficiente de correlação.	Não especificado.

BENDATI; CYBIS (2005)	A vazão média de entrada na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) foi inferior à vazão inicial de projeto. No entanto, em sete ocasiões, a vazão superou a vazão final de projeto da EBE2/ETE	Não especificado.
MACHADO; BORJA; MORAES (2013)	A pesquisa concluiu que o sistema separador absoluto não funciona como previsto no Brasil, muitas vezes atuando como um sistema "separador parcial".	Não se aplica.
ROSA (2021)	A pesquisa destaca que a conduta de conectar os sistemas de drenagem urbana ao sistema de esgoto, além de gerar os danos ambientais, sociais e humanos, se mostra mais onerosa do ponto de vista econômico.	Não se aplica.
DIAS; KLIGERMAN; COHEN (2007)	Analizou a interconexão histórica e atual entre as redes, mostrando como a falta de planejamento integrado leva a problemas de extravasamento e ineficiência do sistema.	Não se aplica.

O Quadro 2 apresenta uma consolidação crucial de dados sobre o incremento de vazão em redes de esgotamento sanitário, conforme quantificado por diversos estudos de caso no Brasil. Para a engenharia, esses resultados não são apenas números, mas evidências concretas da ineficácia operacional e dos desafios de projeto, construção e manutenção enfrentados pelos sistemas de esgoto, especialmente aqueles concebidos como separadores absolutos.

A gama de valores apresentada, que varia de 6% a impressionantes 3000%, sublinha a extrema variabilidade e gravidade do problema. Um incremento de vazão de 3000% (Gon ; Faria, 2017) ou 813% (Bueno et al., 2007) demonstra que, em muitos contextos, a rede de esgoto sanitário funciona, na prática, como um sistema combinado durante eventos de chuva. Isso desvirtua completamente o conceito de separador absoluto, que é o padrão recomendado pela ABNT NBR 9649 para o dimensionamento de redes coletoras, acarretando problemas nos condutos, pois o escoamento passa de livre, onde as tubulações são projetadas para esse tipo de escoamento, para o escoamento forçado. A magnitude desses aumentos evidencia que as contribuições pluviais parasitárias, sejam por ligações clandestinas ou infiltrações na infraestrutura, são um problema endêmico, e não meramente pontual.

Arashiro et al (2023) revela o impacto substancial da chuva na rede de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo, que foi projetada para lidar apenas com efluentes domésticos. A análise comparativa mostrou que, em um dia chuvoso, a vazão máxima de esgoto subiu drasticamente para 2.000,74 L/s, representando um aumento de 145,1% em relação à vazão máxima observada em um dia seco. Esse acréscimo de vazão, muito superior aos coeficientes

de projeto ($K1 \times K2 = 1,8$), demonstra que a entrada de águas pluviais sobrecarrega severamente o sistema, elevando a probabilidade de falhas operacionais e de transbordamentos.

Arruda Neto et al (2022), em seu estudo sobre avaliação do impacto das precipitações pluviométricas na manutenção da rede de esgoto no município de Caruaru, Pernambuco, observou uma forte relação estatística (coeficiente de correlação de 0,7190) entre o aumento das chuvas e a demanda por serviços de desobstrução da rede de esgotamento sanitário. Os autores concluíram que o aumento de serviços de manutenção durante o período chuvoso se deve à contribuição de vazões parasitárias, causadas por ligações irregulares que adicionam águas pluviais à rede de esgoto, sobrecarregando o sistema e elevando os custos públicos.

O estudo de Marega, Drake e Meyer (2025) também identificou aumento na contribuição de águas parasitárias (chuva e infiltração) em 46 redes de esgotamento sanitário no Brasil. Para isso, os autores aplicaram os métodos de balanço hídrico, diluição e, principalmente, uma abordagem híbrida desenvolvida no próprio trabalho. Os resultados mostraram que, em média, as águas parasitárias correspondem a cerca de 23% a 25% da vazão total nas redes analisadas. Além disso, observaram que em quatro dessas redes, a contribuição superou os 50%. O estudo conclui que a presença significativa de águas parasitárias, agravada por cenários de mudanças climáticas, exige que esse fator seja cuidadosamente considerado no planejamento e operação dos sistemas de saneamento para garantir sua resiliência.

Oliveira et al. (2020) analisou a intrusão de águas pluviais em sete estações de tratamento de esgoto (ETE's) de médio e grande porte na Região Metropolitana do Recife, comparando as vazões de entrada em dia com e sem chuva. A pesquisa concluiu que o aumento da vazão é significativamente maior nas estações de grande porte. Enquanto as ETE's de menor porte apresentaram um crescimento de 6% a 19% , as de maior porte registraram um aumento de 25% a 31% (equivalente a 75 a 146 L/s). Tal acréscimo de vazão acarreta sobrecarga, redução do tempo de detenção do esgoto, e aumento dos custos operacionais e de manutenção do sistema de tratamento.

Do ponto de vista da engenharia, essa sobrecarga tem implicações diretas e severas em várias frentes:

1. **Dimensionamento e Capacidade Hidráulica:** Redes projetadas para vazões de tempo seco (com alguma margem para infiltração) são severamente subdimensionadas frente a um incremento de 300% (Reda; Souza; Freitas, 2004) ou 200% (Reda; Ferreira, 2003). Isso resulta em extravasamentos nas ruas, refluxo de esgoto para propriedades e danos estruturais à própria rede devido a pressões não previstas. A ETE Melchior, conforme Silva, Felizatto e Barros (2007), exemplifica como a precipitação eleva a vazão afluente,

exigindo que engenheiros repensem as metodologias de cálculo de vazões, incorporando cenários de chuva com maior precisão.

2. **Operação de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs):** A variação abrupta de vazão e a diluição do esgoto, como inferido pelos picos de vazão, comprometem a eficiência das ETEs. O estudo de Siqueira, Correa e Araújo (2017), que mostra um incremento de 285,09%, ilustra como esses volumes excessivos diminuem o tempo de detenção hidráulica e diluem a matéria orgânica (DBO, DQO), impactando negativamente os processos biológicos e químicos de tratamento. Isso não só eleva os custos operacionais, mas também pode levar ao lançamento de efluentes fora dos padrões de qualidade exigidos pela legislação ambiental gerando multas e danos ambientais.
3. **Planejamento e Gestão de Sistemas:** Os dados apresentados reforçam a necessidade urgente de estratégias de mitigação integradas. A engenharia deve focar não apenas na expansão de redes, mas na reabilitação de infraestruturas existentes e na fiscalização ativa das ligações. O monitoramento contínuo de vazão, como o realizado em Dourados (Ribeiro; Peixoto, 2018), com incrementos de 39%, mesmo que menores, ainda é relevante para identificar o problema e otimizar a gestão. O estudo de Miranda (2018) em João Pessoa, com 107% de acréscimo, reitera a universalidade do problema, mesmo em cidades com sistemas teoricamente separados.

O aumento expressivo da vazão causa uma sobrecarga direta nas ETEs. Esse excesso de volume, para o qual as ETEs não foram projetadas, dilui o esgoto sanitário, reduzindo a concentração de matéria orgânica e de nutrientes. A diluição prejudica o desempenho dos processos biológicos de tratamento, como o lodo ativado, comprometendo a eficiência na remoção de poluentes, conforme demonstrado no estudo de Siqueira et al. (2017).

O aumento significativo do volume de esgoto transportado, especialmente durante eventos de chuva, causa o dimensionamento insuficiente da rede, levando a extravasamentos em vias públicas, imóveis e corpos d'água. (Arashiro et al, 2023; Bueno et al, 2007; Miranda, 2018; Reda; Ferreira, 2007; Ribeiro; Peixoto, 2018; Silva; Felizatto; Barros, 2007). Os extravasamentos de esgoto bruto em áreas urbanas representam riscos diretos à saúde pública, pela exposição a agentes patogênicos, e à contaminação ambiental, comprometendo ecossistemas aquáticos e solos (Bueno et al, 2007).

Em síntese, o Quadro analisado serve como um poderoso argumento para que a engenharia adote uma visão mais holística e proativa no saneamento. A sobrecarga quantificada por esses estudos exige uma revisão das práticas de projeto, um investimento robusto em

manutenção preventiva e corretiva, e uma gestão mais eficaz que inclua a educação e a fiscalização. Apenas assim será possível garantir a funcionalidade e a sustentabilidade dos sistemas de esgotamento sanitário e cumprir com os objetivos de saúde pública e proteção ambiental.

5.4. Soluções e Estratégias de Mitigação

Em face dos desafios impostos pelas contribuições pluviais parasitárias, a literatura aponta para um conjunto de soluções e estratégias de mitigação que combinam intervenções técnicas e aprimoramentos na gestão. A abordagem mais eficaz reconhece a complexidade do problema e propõe ações que vão desde o diagnóstico preciso até o planejamento de longo prazo. O foco, portanto, muda da simples reparação para a prevenção e a sustentabilidade dos sistemas de saneamento.

Nesta concepção, as pesquisas apontam diversas abordagens para mitigar a interferência de águas pluviais, que podem ser classificadas em estruturais e não-estruturais, são elas:

- **Ações de Fiscalização e Combate às Ligações Clandestinas:** Programas de detecção e regularização de ligações indevidas são essenciais. Em Franca-SP, um estudo de caso mostrou que 65,1% dos imóveis providenciam a regularização após notificação, com 79,3% de sucesso em uma área específica (Bueno et al, 2007).
- **Manutenção Preventiva e Corretiva da Rede:** Investimento em reparos de trincas, fissuras, juntas, e melhoria da vedação de poços de visita para reduzir infiltrações (Miranda, 2018; Novais Filho, 2011).
- **Monitoramento e Modelagem de Vazões:** Acompanhamento contínuo das vazões nas redes de esgoto, especialmente em períodos chuvosos, permite identificar pontos críticos e quantificar a contribuição parasitária. (Gon; Faria, 2023; Ribeiro; Peixoto, 2018).
- **Revisão e Aprimoramento de Projetos:** Novas diretrizes para o dimensionamento e projeto de redes, considerando a realidade local e a necessidade de minimizar pontos de infiltração. A Sabesp, por exemplo, editou um caderno técnico para inclusão de geradores e poços pulmão em estações elevatórias para evitar extravasamentos em dias de chuva (Bueno et al, 2007; Novais Filho, 2011).
- **Educação Ambiental e Conscientização da População:** Campanhas para informar sobre os impactos das ligações indevidas e a importância do uso correto da rede de esgoto (Bueno et al, 2007; Miranda, 2018).

- **Implantação de Poços de Acúmulo e Dispositivos de Controle:** Estratégias para amortecer os picos de vazão antes da chegada à ETE (Bueno et al, 2007).
- **Gestão Integrada de Águas Urbanas:** Abordagem holística que considera a interconexão entre os sistemas de esgoto e drenagem, buscando soluções coordenadas para o manejo das águas na cidade (Dias, Kligerman, Cohen, 2007).

As soluções de engenharia para o diagnóstico e a correção do problema são amplamente discutidas. O uso de tecnologias de monitoramento de vazão é essencial para identificar rapidamente a entrada de águas pluviais na rede, permitindo uma resposta ágil (Bendoti; Cybis, 2005). Além disso, a reabilitação da infraestrutura existente é uma medida corretiva fundamental. Novais Filho (2011) destaca a importância de intervir em pontos críticos, como tubulações com trincas, juntas danificadas e poços de visita com problemas de vedação. Essas ações técnicas visam restaurar a integridade física da rede, impedindo as infiltrações.

Paralelamente às intervenções físicas, as estratégias de gestão e fiscalização são cruciais para o controle das contribuições parasitárias. Gon e Faria (2023) reforçam a necessidade de programas de fiscalização rigorosos para coibir as ligações clandestinas. No entanto, a fiscalização por si só é insuficiente. A literatura, incluindo o guia do Ministério do Desenvolvimento Regional (2020), enfatiza a importância da conscientização da população. A educação ambiental sobre os impactos negativos das ligações indevidas é uma ferramenta poderosa para promover a mudança de comportamento e garantir a adesão às boas práticas de saneamento.

Rosa (2020), ressalta que o sistema de drenagem e o sistema de esgoto são autônomos e que a conexão entre eles é uma medida ilegal, que viola o direito fundamental ao saneamento básico. A autora destaca que essa prática causa danos ambientais e sociais, como a contaminação de recursos hídricos e o risco de refluxo de esgoto para residências, além de prejudicar a operação do sistema de tratamento. A pesquisa ressalta que, embora a jurisprudência tenha sido por vezes ambígua, o Superior Tribunal de Justiça (STJ) tem reforçado a ilegalidade dessa conexão, afirmando que o uso de galerias pluviais para esgoto só é legítimo se o efluente já estiver devidamente tratado.

Em última análise, a solução definitiva para o problema exige uma abordagem integrada que combine todas as frentes de ação. O planejamento urbano e o saneamento devem ser pensados em conjunto. A integração de sistemas de drenagem e esgoto no projeto de novas áreas urbanas e a implementação de políticas públicas que incentivem a responsabilidade compartilhada entre concessionárias e cidadãos são passos essenciais para a construção de infraestruturas mais resilientes.

A discussão dos resultados reforça que a solução para as contribuições pluviais parasitárias exige uma abordagem multifacetada, combinando ações de engenharia, gestão e educação. A engenharia civil e sanitária, portanto, desempenha um papel central na promoção de soluções inovadoras e sustentáveis, garantindo que o saneamento básico cumpra sua função vital na proteção da saúde pública e do meio ambiente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da literatura brasileira confirma que o problema das contribuições pluviais parasitárias em redes de esgoto sanitário é uma realidade generalizada. A consistência dos resultados em estudos de caso realizados em diferentes regiões do país reforça a gravidade do problema e a necessidade de soluções em escala nacional. Os estudos não apenas confirmam o problema das contribuições pluviais parasitárias, mas também avançam na sua quantificação, na identificação de suas causas e na proposição de soluções que combinam intervenções de engenharia com aprimoramentos na gestão e no planejamento urbano.

O presente estudo, ao consolidar os achados de diversas pesquisas em diferentes regiões, evidencia que os sistemas de esgotamento, embora projetados como separadores absolutos, operam na prática como sistemas parcialmente combinados, com graves consequências operacionais, ambientais e econômicas.

Os dados quantitativos de incremento da vazão são o ponto central dessa discussão. O aumento expressivo da vazão em dias de chuva, com picos de até 3000% em relação ao tempo seco, demonstra que os sistemas de esgotamento sanitário, mesmo quando teoricamente "separadores absolutos", operam, na prática, como sistemas parcialmente combinados. Essa sobrecarga compromete diretamente a eficiência e a sustentabilidade da infraestrutura, causando prejuízos econômicos (como o aumento de custos de energia e manutenção) e ambientais (como a poluição de corpos hídricos por extravasamentos e a ineficiência do tratamento em ETEs).

As metodologias de pesquisa adotadas nas referências, em sua maioria, baseiam-se em estudos de caso e monitoramento de campo. A partir desses diagnósticos, as soluções propostas na literatura não se limitam apenas a reparos de engenharia. Pelo contrário, a síntese dos estudos aponta para a importância da gestão integrada das águas urbanas, que envolve: ações preventivas, como a fiscalização e a educação ambiental, para coibir as ligações clandestinas; ações corretivas, como o uso de tecnologias de diagnóstico (inspeção por vídeo) e a reabilitação

das redes; planejamento urbano adequado, que preveja a separação das redes desde a concepção de novos projetos.

Em síntese, a revisão bibliográfica confirma a urgência do problema e a sua relevância para o sistema de esgotamento sanitário. O profissional da área não pode mais se limitar ao projeto de redes separadoras; ele precisa atuar no diagnóstico, na mitigação e, principalmente, na gestão de sistemas que, na prática, já foram desvirtuados.

A revisão bibliográfica também revela que as soluções propostas na academia e no setor de saneamento vão além das intervenções pontuais. A mitigação do problema exige uma abordagem multifacetada que integra engenharia e gestão. O diagnóstico preciso, o uso de tecnologias de reabilitação, a fiscalização rigorosa e a conscientização da população são elementos cruciais para a superação desse desafio.

Como contribuição, esta pesquisa serve como uma ferramenta valiosa para estudantes e profissionais atuante em sistemas de esgotamento sanitário, consolidando o conhecimento existente e reforçando a necessidade de uma atuação mais proativa. O profissional do futuro deve estar apto a lidar com a complexidade dos sistemas de saneamento em um cenário de mudanças climáticas e urbanização acelerada.

7. SUGESTÃO PARA ESTUDOS FUTUROS

Apesar da riqueza de estudos de caso, a análise revela algumas lacunas importantes. A maioria das pesquisas quantifica o aumento da vazão, mas há uma carência de estudos de longo prazo que avaliem o impacto cumulativo das chuvas e o custo total de operação e manutenção dos sistemas ao longo de anos. As lacunas de pesquisa identificadas, como a falta de estudos de custo-benefício e de análises de longo prazo, indicam caminhos promissores para futuros trabalhos na área. A continuidade da pesquisa é fundamental para o aprimoramento das políticas públicas e das práticas de engenharia, garantindo a sustentabilidade e a resiliência dos sistemas de saneamento básico no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ARASHIRO, P. K. D.; DOS ANJOS, J. M. ; BUTH, A. G.; VITORETI, C. S.; SANTOS, S. M. Quantificação da entrada de águas pluviais em uma Bacia de esgotamento sanitário dimensionada como sistema Separador absoluto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 32., 2023, São Paulo, **Anais [...]**. São Paulo: ABES, 2023.
- ARRUDA NETO, J. F.A.; MEDEIROS, I. S.; AGUIAR, G. J. A.; DUARTE, A. D.; SILVA, J. L. . Avaliação dos impactos das precipitações pluviométricas na manutenção da rede de esgotamento sanitário no Município de Caruaru, Agreste de Pernambuco **Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent.**, v. 9, n. 21, p. 3-19, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 5p.
- _____. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- BENDATI, M. M.; CYBIS, L. F. ESTUDO de indicadores para avaliação da operação de Sistema de coleta e tratamento de esgotos: caso do SES Belém Novo (Porto Alegre, RS). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande, **Anais [...]**. Campo Grande: ABES, 2005.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Guia para o diagnóstico e mitigação de contribuições pluviais parasitárias em redes de esgoto**. Brasília: MDR, 2020.
- BUENO, R. C. R.; COMPARINI, J. B.; CALUZ, R. E. G. ; GIANOTTI, A. C.; REAMI, L. Contribuição clandestina de águas pluviais no sistema de coleta de esgoto e suas consequências: estudo de caso município de Franca - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte, **Anais [...]**. Belo Horizonte: ABES, 2007.
- CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 16 maio 2011.
- DIAS, A. P.; KLIGERMAN, D. C.; COHEN, S. C. Análise da interconexão entre os sistemas de esgotos sanitário e pluvial da cidade do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte, **Anais [...]**. Belo Horizonte: ABES, 2007.
- FORNARI FILHO, P.; FONSECA, M. M. L; ANDRADE, F. M. Influência das chuvas de verão no SES Costa Norte: comparativo de vazões do efluente da ETE Canasvieiras entre Jan/2017 e Jan/2018. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2019, Natal, **Anais [...]**. Natal: ABES, 2019.
- GON, V.; FARIA, M. S. P. Estudo das contribuições pluviais parasitárias na sub-bacia de esgotamento sanitário 4-A1 do município de Joinville – SC. In: XV SIMPÓSIO NACIONAL

DE SISTEMAS PREDIAIS (SISPRED 2023), 15., 2023, Joinville. **Anais [...]**. Joinville: SISPRED, 2023.

MACHADO, A. S ; BORJA, P. C.; MORAES, L. R. S. Desafios e oportunidades para a implantação de uma das propostas do PEMAPES: o sistema combinado. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n. 2, p. 234-250, 2013.

MAREGA, G. M.; DRAKE, J.; MEYER, D. Contribuição parasitária de águas pluviais e de infiltração em 46 redes de esgotamento sanitário do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 33., 2025, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: ABES, 2025.

MIRANDA, L. F. V. **Contribuições indevidas de águas pluviais em trecho de rede de esgotamento sanitário afluente à ETE Mangabeira em João Pessoa-PB**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

MIRANDA, L. F. V.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; SOARE, L. V. **Contribuições indevidas de águas pluviais em trecho de rede de esgotamento sanitário afluente à ETE Mangabeira em João Pessoa-PB**. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 9., 2018, São Bernardo do Campo, **Anais [...]**. São Bernardo do Campo: ConGeA, 2018.

NOVAIS FILHO, C. R. V. **Estudo da contribuição de águas de chuva no sistema de esgotamento sanitário de Belo Horizonte**. 2011. Monografia (Especialização em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

OLIVEIRA, D.; HOLANDA, M.; BARRÊTO, C.; SOARES, W. A intrusão de águas pluviais e o incremento de vazões em ETE'S. In: XV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 15, 2020, Caruaru. **Anais [...]**. Caruaru: ABRHIDRO, 2020.

REDA, A. L. de L.; SOUZA ; FREITAS. Impacto de chuva torrencial na qualidade do Esgoto em rede separadora: perturbações no Afluente à lagoa de estabilização de Lins, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte, **Anais [...]**. Belo Horizonte: ABES, 2007.

REDA, A. L. de L.; FERREIRA, M. P. Esgoto combinado em rede separadora na RMSP: impacto de tormenta no afluente da ETE de Riacho Grande, São Bernardo do Campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte, **Anais [...]**. Belo Horizonte: ABES, 2007.

RIBEIRO, V. de O.; PEIXOTO, M. da S. Avaliação da contribuição pluvial parasitária no sistema de esgotamento sanitário afluente à ETE Guaxinim, Dourados/MS. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 10, n. 3, p. 144-155, 2018.

ROSA, V. C. A ilicitude da conexão entre rede de água pluvial e rede de esgoto. In: VIII Congresso Nacional da FEPODI, 8., 2021, São Paulo, **Anais [...]**. São Paulo: FEPODI, 2021.

SILVA, H. A. de M.; FELIZATTO, M. R.; BARROS, A. de. Influência das águas pluviais na vazão afluente a ETE Melchior In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte, **Anais [...]**. Belo Horizonte: ABES, 2007.

SIQUEIRA, B. F. de; CORREA, A. C. S. S.; ARAÚJO, G. R. A. Estudo da influência das águas pluviais em um sistema de tratamento de esgoto por lodo ativado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Anais** [...]. Porto Alegre: ABRH, 2017.