

Impacto das águas indevidas na operação de um sistema de esgotamento sanitário em região litorânea

Influence of extraneous water on the performance of a coastal sanitary sewer system

Priscila Batista de Campos¹ , Alexandra Rodrigues Finotti¹ ,
Paula Lidia Santana¹ , Saman Belizario Broering¹ 

¹Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC, Brasil. E-mails: priapiai@gmail.com, alexandra.finotti@ufsc.br, santana.paula28@gmail.com, samanamb@gmail.com

Como citar: Campos, P. B., Finotti, A. R., Santana, P. L., & Broering, S. B. (2026). Impacto das águas indevidas na operação de um sistema de esgotamento sanitário em região litorânea. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 23, e03. <https://doi.org/10.21168/reg.v23e03>

RESUMO: A presença de contribuições indevidas, como infiltração de águas subterrâneas e afluxo de águas pluviais, representa um desafio recorrente para os sistemas de esgotamento sanitário, comprometendo sua eficiência e aumentando os custos de operação e manutenção. Este trabalho avaliou a influência dessas contribuições em um sistema de esgoto de região litorânea em Florianópolis/SC. A infiltração de água subterrânea foi estimada por meio do método das vazões mínimas noturnas, enquanto a infiltração e afluxo devido à precipitação foi determinado pela comparação entre volumes bombeados em condições de tempo seco e durante eventos chuvosos, através de monitoramentos contínuos de vazão e precipitação. Os resultados indicaram coeficientes de infiltração de água subterrânea entre 0,26 e 0,43 L/s·km. A estimativa de infiltração e afluxo devido a precipitação indicou sobrecarga de volume bombeado variando de 20% a 78% da vazão em relação aos períodos secos. Observou-se ainda que os efeitos de afluxo tardio sobre o sistema, que persistiram por até 6 dias após o evento chuvoso. Os resultados reforçam que as águas indevidas representam parcela substancial do volume transportado em dias chuvosos e que sua quantificação é essencial para aprimorar o planejamento, a operação e a sustentabilidade dos sistemas de esgotamento sanitário em regiões costeiras.

Palavras-chave: Esgotamento Sanitário; Infiltração; Afluxo Devido à Precipitação; Águas Indevidas; Sobrecarga Hidráulica.

ABSTRACT: The presence of extraneous water contributions, such as groundwater infiltration and rainfall-derived inflow, poses a recurring challenge to sanitary sewer systems, compromising their efficiency and increasing operation and maintenance costs. This study evaluated the influence of these contributions in a coastal sewer system at Lagoa da Conceição, in Florianópolis/SC. Groundwater infiltration was estimated using the nighttime minimum flow method, while rainfall-derived inflow and infiltration (RDII) was determined by comparing pumped volumes under dry-weather conditions and during rainfall events, based on continuous monitoring of flow and precipitation. Results indicated infiltration coefficients ranging from 0.26 to 0.43 L/s·km. The estimated rainfall-derived inflow and infiltration led to pumped volume overloads ranging from 20% to 78% compared with dry-weather flows. Moreover, the inflow effects persisted for up to six days after rainfall events, evidencing long-term RDII response in the system. These findings reinforce that extraneous waters represent a substantial fraction of the volume conveyed during rainy periods, and that its quantification is essential to improve the planning, operation, and sustainability of sanitary sewer systems in coastal regions.

Keywords: Sanitary Sewer System; Infiltration; Rainfall-Derived Inflow; Extraneous Water; Hydraulic Overload.

INTRODUÇÃO

O funcionamento adequado de redes de esgoto sanitário é essencial para a saúde pública e a proteção ambiental. Entretanto, a entrada de águas indevidas – seja por infiltração através de juntas ou fissuras, seja por afluxo devido à precipitação – compromete a eficiência hidráulica desses sistemas. As consequências típicas destas contribuições incluem sobrecarga da rede, extravasamentos de esgoto *in natura* no meio ambiente com poluição dos recursos hídricos, redução da eficiência nas estações de tratamento e aumento de custos de tratamento dos sistemas de esgoto. Além disso, a superação da capacidade de vazão das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE)

Recebido: Setembro 24, 2025. Revisado: Fevereiro 16, 2026. Aceito: Fevereiro 23, 2026.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

pode ocasionar danos tanto nas tubulações quanto nos componentes mecânicos e elétricos do sistema (Petrie, 2021). Diversos estudos apontam que a infiltração e o afluxo devido à precipitação (conhecidos conjuntamente como IADP em português ou RDII, do inglês *rainfall-derived inflow and infiltration*) estão entre os principais problemas operacionais em redes coletoras desde meados do século XX. Essas contribuições diluem o esgoto e aumentam drasticamente as vazões, podendo levar ao transbordamento em poços de visita e estações elevatórias – fenômeno que representa sério risco sanitário e ambiental (ex. contaminação de rios e praias, proliferação de patógenos). Casos documentados na literatura revelam que os extravasamentos de esgoto acarretam impactos significativos, incluindo disseminação de doenças e prejuízos ecossistêmicos (Owolabi et al., 2022; Sojobi & Zayed, 2022).

As fontes das contribuições de águas indevidas podem ser distintas, conforme exemplificado através da Figura 1. A infiltração geralmente possui natureza difusa e contínua, decorrente de juntas danificadas ou fissuras em tubulações. Já o afluxo devido à precipitação tende a ser mais pontual e intermitente, associado a ligações clandestinas de calhas e ralos à rede de esgoto, contribuições através de tampas de poços de visita ou conexões indevidas da rede coletora de esgoto com a drenagem urbana (Dirckx et al., 2019). Em muitos países, programas de inspeção e reabilitação de redes têm sido implementados visando reduzir infiltrações e afluxos. Ainda assim, permanece a necessidade de avaliações sistemáticas da magnitude dessas contribuições e de seus efeitos no sistema, especialmente em contextos urbanos ambientalmente sensíveis, onde há pouca margem para falhas operacionais.

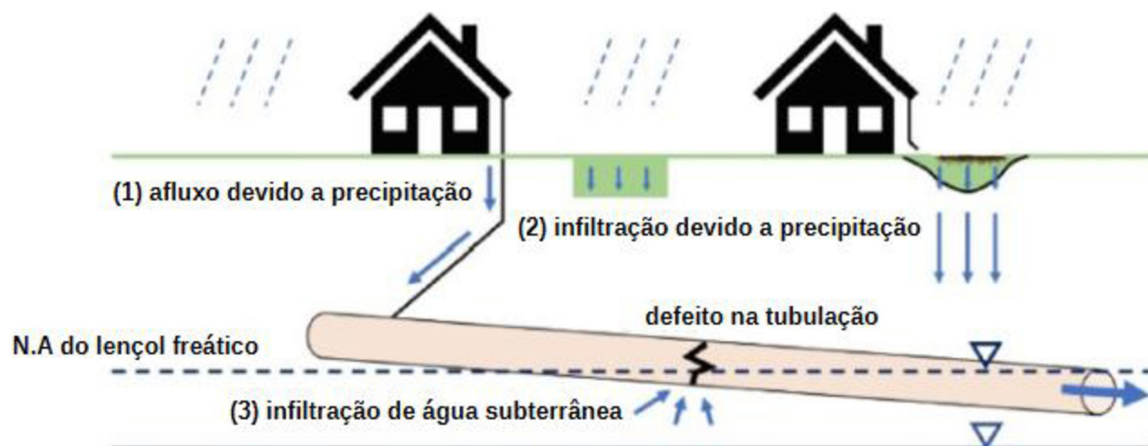


Figura 1 - Esquema representativo dos tipos de águas indevidas: afluxo e infiltração devido à precipitação e infiltração de águas subterrâneas. Fonte: Adaptado de Rezaee & Tabesh (2022).

No Brasil, predomina o modelo de sistema separador absoluto, em que a rede de esgotamento sanitário opera independente da drenagem pluvial. Na prática, porém, é comum que sistemas supostamente separadores recebam contribuições indevidas de água de chuva (Festi, 2006), operando de forma mista. Esse problema é agravado pelo envelhecimento das infraestruturas, execução inadequada da rede e falta de manutenção, fatores que facilitam infiltrações em áreas com lençol freático alto (Zhao et al., 2020). Luo et al. (2021) chama a atenção para as cidades com redes envelhecidas ao longo das áreas costeiras, onde os aquíferos são rasos, alertando que estas são particularmente vulneráveis. Apesar da frequência desses fenômenos, as normas técnicas brasileiras ainda os tratam de forma limitada: por exemplo, as normas ABNT NBR 9649 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986) e NBR 12207 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992) recomendam considerar apenas uma taxa de infiltração fixa no projeto, ignorando sistematicamente o afluxo devido à precipitação no dimensionamento do sistema de esgoto. Tipicamente, adotam-se valores de 0,1 a 0,5 L/s·km para taxa de infiltração de base, o que pode subestimar significativamente as vazões reais em tempo chuvoso. De fato, desde os anos 1970 já se reconhece que eventos de chuva intensa podem aumentar as vazões de esgoto muito além do previsto (Azevedo Netto, 1979), e autores como Tsutiya & Bueno (2004) sugerem até extravasar propositalmente os volumes de infiltração e afluxo devido à precipitação para valores acima de 3 L/s·km, de modo a não comprometer o funcionamento rede coletora. Ainda assim, dados atualizados de medições em campo sobre infiltração e afluxo em sistemas brasileiros são escassos. Grande parte dos parâmetros de referência provém de estudos antigos ou de outras realidades climáticas e urbanas, conforme apresentado a seguir nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Taxas de infiltração de águas subterrâneas de acordo com diversos autores.

Autor	Local	Região	Ano	Taxa de infiltração (L/s.km)	Condições de obtenção dos valores
Saturnino de Brito	Santos-SP e Recife-PE	litorânea	1911	0,1 a 0,6	Medições
Jesus Netto	São Paulo-SP	interior	1940	0,3 a 0,7	Medições em redes secas
Azevedo Netto	São Paulo-SP	interior	1943	0,4 a 0,9	Medições em redes novas
Greeley e Hansen	São Paulo-SP	interior	1952	0,5 a 1,0	Medições
SANESP/Max A. Veit	São Paulo-SP	interior	1973	0,3	Medições
Paes Leme	Rio de Janeiro-RJ	litorânea	1977	0,2	Medições
Dario P. Bruno e Tsutiya	Cardoso, Ibiúna, Lucélia e São João da Boa Vista	interior	1983	0,02 a 0,1	Medições em redes secas, acima e abaixo do lençol e em redes operando há vários anos
Carlos A. Santos e Adejalmo F. Gazen	Canoas, Santa Maria, Tramandaí, Capão da Canoa, Guafba e Alvorada (RS)	interior e litorânea	1985	0,013 a 0,72	Medições em redes secas, acima e abaixo do lençol, com e sem junta elástica.
Frederico Y. Hanai e José R. Campos	Araraquara-SP	interior	1997	0,17	Medições em sistema operando há vários anos
Festi	Borborema-SP	interior	2006	0,518	Medições por alguns meses
Paulo César Lamin e Pablo Heleno Sezerino	Joaçaba-SC	interior	2012	0,088	Medições em um sistema ao longo de 1 ano
Saman Belizario Broering	Florianópolis-SC	litorânea	2018	0,6 a 0,9	Medições em campo ao longo de 3 meses

Fonte: Adaptada de Alem Sobrinho & Tsutiya (2011).

Tabela 2 - Taxa de Contribuição de Infiltração e Afluxo Devido à Precipitação (IADP) em sistemas brasileiros.

Autor	Local	Ano	Taxa de IADP (L/s.km)
Greeley e Hansen	São Paulo	1952	0,15
Des, Sursan	Rio de Janeiro	1959	6
Hazen e Sawyer	São Paulo	1965	0,16
SANESP	São Paulo	1973	6
Alonso et al	RMSP	1990	1,57 a 12,01
Almeida Neto	Lins	1990	Nd
AMPI	Tatuí	1992	2,27
ABNT	Brasil	1992	6
Pauli	São Paulo	1998	3,9
Tsutiya e Bueno	Franca	2003	2,13 a 2,2
Festi	Borborema	2006	0,08 a 12,15
Lamin e Sezerino	Joaçaba (SC)	2012	0,121 a 0,538
Broering	Florianópolis (SC)	2018	0,7 a 1,86

Fonte: Adaptado de Tsutiya & Bueno (2004).

As metodologias para estimativa da infiltração e afluxo podem ser divididas entre quantitativas e qualitativas (Karpf & Krebs, 2011). Um exemplo de medições qualitativas é a utilização de métodos visuais, sendo os mais populares: teste de fumaça e de corante para detecção de ligações irregulares e, também, a inspeção de rede coletora por vídeo. Já os métodos quantitativos podem ser do tipo hidráulicos, que geralmente se utilizam do balanço de taxas de descargas atuais e parcelas de esgotos residuais teóricas para a determinação de IADP (Kretschmer et al., 2008), ou químicos (através de dados de qualidade do esgoto ou adição de agente traçador).

A aplicação de metodologias não convencionais utilizando associação de métodos qualitativos, químicos e hidráulicos, para a estimativa da infiltração e afluxo se apresenta como uma ferramenta oportuna para medição de IADP (De Bénédittis & Bertrand- Krajewski, 2005; Hanai & Campos, 1997; Lamin & Sezerino, 2012).

Zhang et al. (2018) reforçam que conhecer as vazões de contribuição de águas indevidas é importante para a operação de sistemas de esgotamento sanitário e pode ser utilizada como potencial indicador para avaliar as condições da rede, como interconexões com a rede pluvial, vazamentos e falhas na tubulação.

No caso específico da Lagoa da Conceição – uma região litorânea de Florianópolis/SC de alta sensibilidade ambiental – inexistiam, até recentemente, levantamentos sistemáticos acerca de IADP na rede de esgoto local. O sistema de esgotamento da Lagoa foi implantado há mais de 30 anos, possui tubulações assentadas em solo arenoso e está sujeito a nível freático elevado e a chuvas intensas sazonais. Essas condições indicam forte potencial de infiltração permanente e de grandes afluxos em episódios de chuva. Assim, verificou-se a necessidade de compreender e quantificar a influência das águas indevidas no desempenho deste sistema, para orientar melhorias na gestão da operação e dimensionamento de projetos futuros, aumentar a eficiência do sistema, reduzir custos e melhorar a proteção dos recursos hídricos com menos extravasamentos de esgoto bruto para o corpo receptor.

Diante desse contexto, este estudo tem por objetivo quantificar as contribuições de infiltração e de afluxo pluvial no sistema de esgoto sanitário da Lagoa da Conceição e avaliar seus efeitos no desempenho do sistema de esgoto. A pesquisa busca preencher a lacuna de dados locais sobre infiltração e afluxo em sistemas litorâneos, fornecendo subsídios técnicos tanto para a companhia de saneamento quanto para a comunidade científica na área de recursos hídricos e saneamento ambiental.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi conduzido no Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da Lagoa da Conceição, localizado na porção leste insular do município de Florianópolis, Santa Catarina. A área atendida abrange diversos bairros no entorno da lagoa (um corpo lagunar costeiro), totalizando aproximadamente 39 km de rede coletora de esgoto e 11 estações elevatórias em operação. O efluente final do sistema é tratado na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Lagoa da Conceição e disposto em uma lagoa de evapoinfiltração. A região apresenta clima subtropical úmido, com precipitação média anual em torno de 1.766 mm, com os maiores acumulados concentrados nos meses de verão (janeiro e fevereiro), enquanto os meses mais secos registram precipitações entre 86 mm e 115 mm, conforme dados do Instituto Nacional de Meteorologia (2025). As características geotécnicas incluem solos arenosos de alta permeabilidade e lençol freático raso, frequentemente atingindo as cotas das tubulações de esgoto. Essas condições geológico-climáticas favorecem tanto a infiltração de água subterrânea quanto a rápida geração de escoamento superficial durante chuvas fortes, o que potencializa a entrada de água pluvial na rede por meios indevidos.

INSTRUMENTAÇÃO E MONITORAMENTO

Para quantificar as vazões de infiltração e de afluxo no SES Lagoa da Conceição, selecionou-se duas bacias de contribuição representativas, correspondentes a duas estações elevatórias principais: EE-Ponte e EE-Rendeiras (Figura 2). Nessas elevatórias, foram instalados macromedidores de vazão do tipo eletromagnético em linha da marca Conaut, modelo WATERFLUX 3050W, integrados ao sistema supervisório da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), que é a concessionária responsável pela operação do sistema. Os medidores registram vazões bombeadas em intervalos de minuto a minuto. Para esta pesquisa foram utilizados dados ao longo de um ano de monitoramento no período de setembro de 2022 a setembro de 2023, cobrindo períodos secos e chuvosos. Paralelamente, foram obtidos dados pluviométricos diários da estação meteorológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2024), localizada no bairro Itacorubi, a uma distância aproximada de 5 km da área de estudo.

Esses dados permitiram correlacionar os eventos de precipitação com as variações de vazão de esgoto nas sub-bacias monitoradas. Na Figura 2 está representada a área de abrangência do SES Lagoa da Conceição, as bacias contribuintes para os dois medidores de vazão, a localização dos poços de monitoramento para amostragem de águas subterrâneas e a localização da Estação de Tratamento de Esgoto. Já na Figura 3 estão representados além das unidades descritas na Figura 2, a projeção das sub bacias hidrográficas.



Figura 2 - Área de abrangência do SES Lagoa da Conceição, subsistemas avaliados, localização dos medidores de vazão, ETE e poços de monitoramento.

Fonte: Laboratório de Águas Pluviais Urbanas e Técnicas Compensatórias (LAUTEC/UFSC).

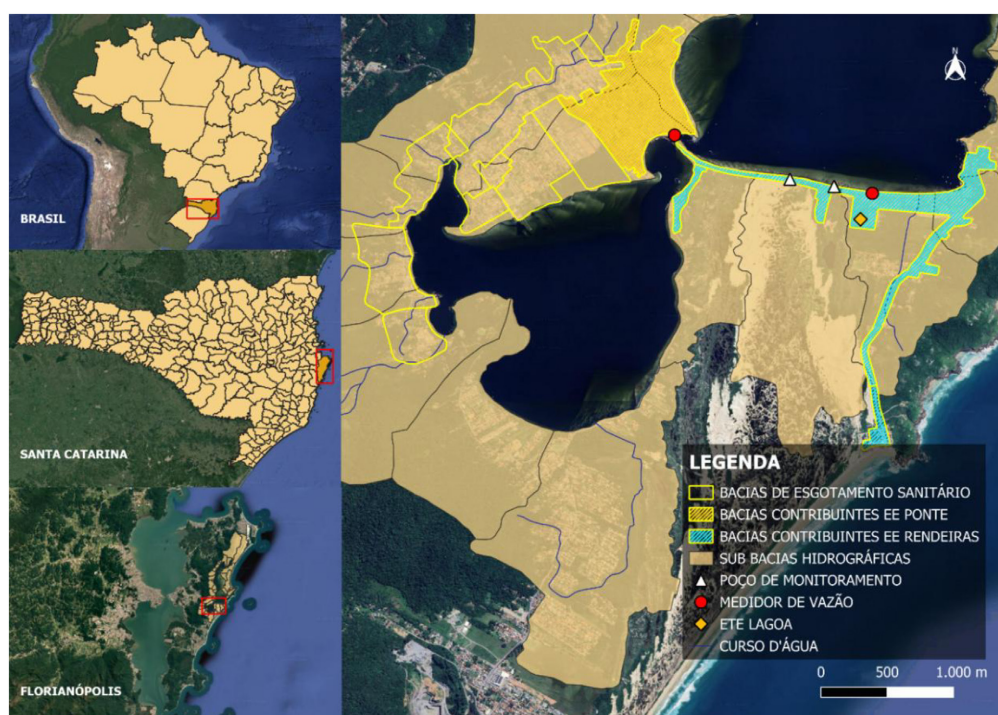


Figura 3 - Sub bacias hidrográficas e bacias de esgoto do SES Lagoa da Conceição.

Fonte: Laboratório de Águas Pluviais Urbanas e Técnicas Compensatórias (LAUTEC/UFSC).

ESTIMATIVA DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A infiltração de base, proveniente da entrada contínua de água subterrânea na rede, foi estimada pelo método das vazões mínimas noturnas (Equação 1). Esse método parte do princípio que, durante a madrugada, o consumo de água e a geração de esgoto são mínimos, de modo que a vazão residual observada no sistema corresponde majoritariamente à parcela de infiltração (Hanai & Campos, 1997).

$$Q_{inf} = \frac{Q_{noturna} * (DQO_{med\ not} - DQO_{esg})}{(DQO_{inf} - DQO_{esg})} \quad (1)$$

Onde, Q_{inf} é a vazão de infiltração (L/s), $Q_{noturna}$ é a mínima vazão média horária noturna (L/s), $DQO_{med\ not}$ é a concentração média de DQO no esgoto no período noturno de menor vazão (mg/L), DQO_{esg} é a concentração média de DQO no esgoto no período diurno de maior vazão (mg/L) e DQO_{inf} é a concentração de DQO nas águas de infiltração (mg/L).

Este método foi escolhido pela baixa complexidade de aplicação, podendo ser replicado por concessionárias de saneamento. Além de ter sido o método utilizado anteriormente nos trabalhos de Lamin & Sezerino (2012) e Broering & Finotti (2024), que foram aplicados no estado de Santa Catarina

A DQO foi medida através de análises químicas em amostras de esgoto coletadas nos poços de bombeamento das elevatórias de esgoto e de águas subterrâneas coletadas em três poços de monitoramento localizados na Lagoa da Conceição (Figura 2). As análises de DQO foram feitas pelo método de digestão ácida em cromato de potássio e realizadas no Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA), do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, da UFSC.

Para aplicar a metodologia, identificaram-se períodos de tempo seco prolongado, definidos como no mínimo 6 dias consecutivos sem chuva significativa (precipitação diária inferior à 4 mm), critérios alinhados a recomendações de estudos prévios em Florianópolis (Broering, 2023), com o objetivo de reduzir a influência de afluxo tardio, pois conforme descrito a seguir nos resultados, verificou-se que o afluxo tardio no SES Lagoa da Conceição é percebido por até 6 dias após um evento chuvoso significativo. A partir da seleção dos eventos, foram realizadas três campanhas de medição de vazão e concentração de esgoto nos períodos de maior e menor vazão, que foram determinadas através da avaliação prévia do comportamento do SES durante um ano em períodos de tempo seco (Figura 4). A partir da análise dos gráficos foi possível identificar que o intervalo diário de menor vazão ocorre entre 3h e 6h da manhã, enquanto que o período de maior vazão ocorre entre 9h e 13h para o SES Lagoa da Conceição (Figura 4).

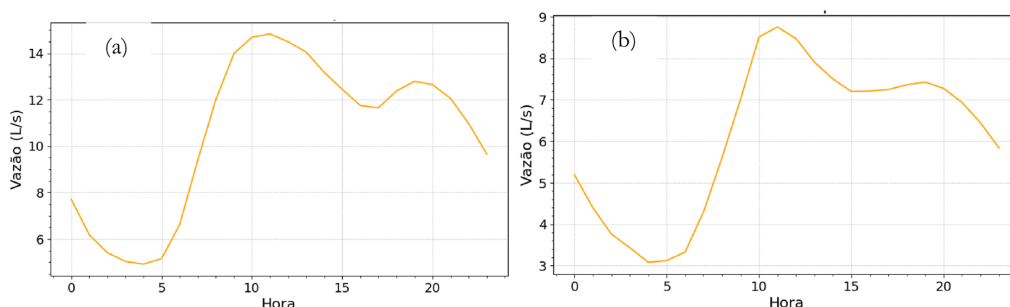


Figura 4 - vazão média horária de tempo seco do Subsistema Ponte (a) e Subsistema Rendeiras (b).

Fonte: LAUTEC/UFSC.

Com o valor da vazão de infiltração e a extensão de rede coletora dos subsistemas, foi determinada a taxa de infiltração a partir da Equação 2.

$$i = \frac{Q_{inf}}{L} \quad (2)$$

Onde i é a taxa de infiltração (L/s·km), Q_{inf} é a vazão de infiltração (L/s) e L é o comprimento (km) da rede coletora da sub-bacia considerada. Esse coeficiente permite comparar o grau de infiltração entre diferentes sistemas, independentemente do porte da bacia.

ESTIMATIVA DA INFILTRAÇÃO E AFLUXO DEVIDO À PRECIPITAÇÃO

A contribuição de águas pluviais à rede, chamada aqui de infiltração e afluxo devido à precipitação, foi determinada pela diferença entre os volumes de esgoto bombeados em dias chuvosos e o volume

médio de esgoto dos 3 dias sem chuva que antecederam o evento. Adotou-se metodologia baseada em Metcalf & Eddy (1991), adaptada em estudos nacionais (Festi, 2006; Lamin & Sezerino, 2012; Broering, 2023), que classifica eventos chuvosos conforme sua intensidade e define critérios para seleção de eventos comparáveis. Para poder correlacionar de forma direta à altura precipitada com o respectivo volume de infiltração e afluxo devido à precipitação específico para o evento, inicialmente avaliou-se o comportamento dos dois subsistemas para todos os eventos chuvosos significativos precedidos de 1 até 8 dias sem chuva, para que fosse possível avaliar a possível influência de afluxo tardio nos eventos de precipitação, ou seja, quando o comportamento do sistema ainda está sobre efeito de sobrecarga de IADP relacionada à um outro evento anterior de precipitação. O afluxo tardio poderia ser considerado como a propagação de um hidrograma de escoamento superficial ocorrendo dentro do sistema de esgoto. Após o pico, tem-se a recessão. A partir desta avaliação determinou-se o número mínimo de dias sem chuva que antecederam o evento de chuva significativa, de forma a isolar a influência do afluxo tardio. Definiu-se como “chuva significativa” aquela com precipitação total diária superior a 10 mm. Para cada evento selecionado, calculou-se o **volume total bombeado diário** na elevatória durante o dia chuvoso e comparou-se com o volume diário médio em condições secas imediatamente anteriores. Para o volume de tempo seco, convencionou-se como sendo o volume médio de 3 dias de tempo seco que antecederam o evento chuvoso, de forma a minimizar variações pontuais de volume bombeado que podem ocorrer, caso se considerasse como referência apenas um dia seco. A diferença entre esses volumes representa o volume de infiltração e afluxo devido à precipitação absorvido pelo sistema durante o evento. De modo análogo à infiltração de água subterrânea, expressou-se a intensidade de IADP em termos de taxa por extensão de rede (L/s.km) para fins comparativos. Além disso, calculou-se o incremento percentual de vazão em relação à vazão média de tempo seco, indicando o grau de sobrecarga imposto à rede em cada evento. Para este cálculo considerou-se o volume incrementado durante o período de 24 horas.

A metodologia deste trabalho pode ser sintetizada no fluxograma apresentado na Figura 5.

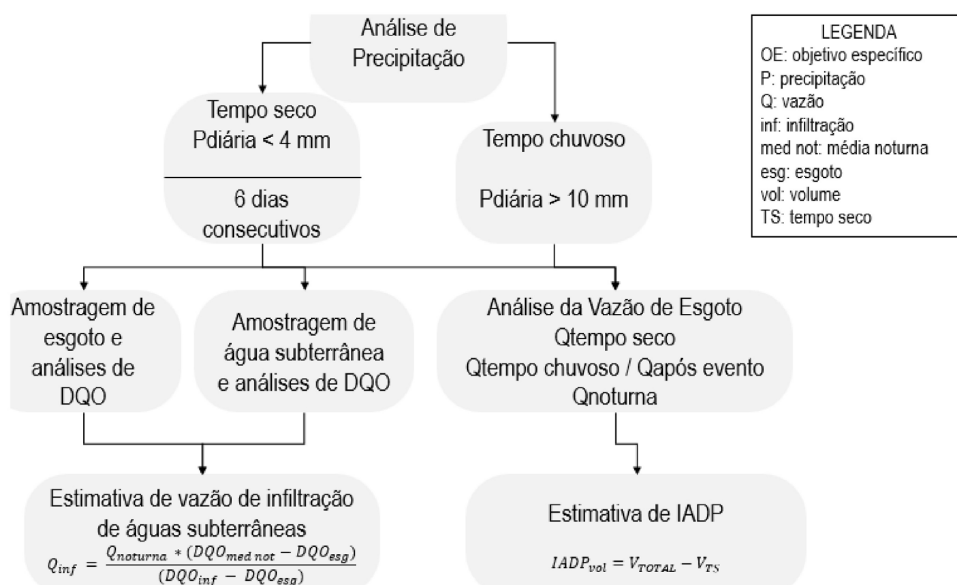


Figura 5 - Fluxograma metodológico.

ANÁLISE DE DADOS

A partir da série de precipitações foram selecionados os eventos de tempo seco (mínimo de 6 dias consecutivos com Pdiária < 4mm) e os eventos de precipitação significativa (Pdiária > 10mm). A partir da identificação dos eventos de precipitação foram tomadas as séries de vazões instantâneas medidas nos macromedidores e calculados os volumes de bombeamento do sistema através da soma dos volumes instantâneos, resultados do produto das vazões instantâneas e o período de tempo em que se observou aquela vazão. Esses dados foram usados para calcular o IADP como descrito anteriormente. Os coeficientes obtidos de infiltração e afluxo foram confrontados com valores de referência da literatura e de normas técnicas. Por exemplo, comparou-se as taxas medidas com aquelas recomendadas em manuais de concessionárias nacionais e com faixas reportadas em estudos anteriores no Brasil. Também foi investigada a correlação entre a magnitude do evento chuvoso (mm de chuva) e a resposta de vazão (% de aumento).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

COMPORTAMENTO GERAL DAS VAZÕES DE ESGOTO EM RELAÇÃO ÀS PRECIPITAÇÕES

Os resultados dos volumes diários calculados para cada subsistema foram plotados nos gráficos das Figuras 6 e 7, juntamente com a altura precipitada correspondente a cada dia da série avaliada, bem como os valores médios de volume de esgoto em tempo seco, para cada estação do ano. É relevante fazer esta análise por estação do ano, considerando que a região é caracterizada por variação de ocupação ao longo do ano em razão do turismo, principal atividade econômica da região, e consequentemente variações no volume de esgoto produzido em cada período. Em alguns períodos houve falha na transmissão dos dados de vazão medida pelos macromedidores, com ocorrência de alguns períodos do dia em que as informações não foram transmitidas, ou até mesmo períodos de mais de 24h sem a transmissão. Por conta disso, a série de dados foi refinada e essas datas foram excluídas da análise por não representarem o volume total de esgoto bombeado nestes períodos, o que explica as lacunas na série de dados de volumes diários bombeados.

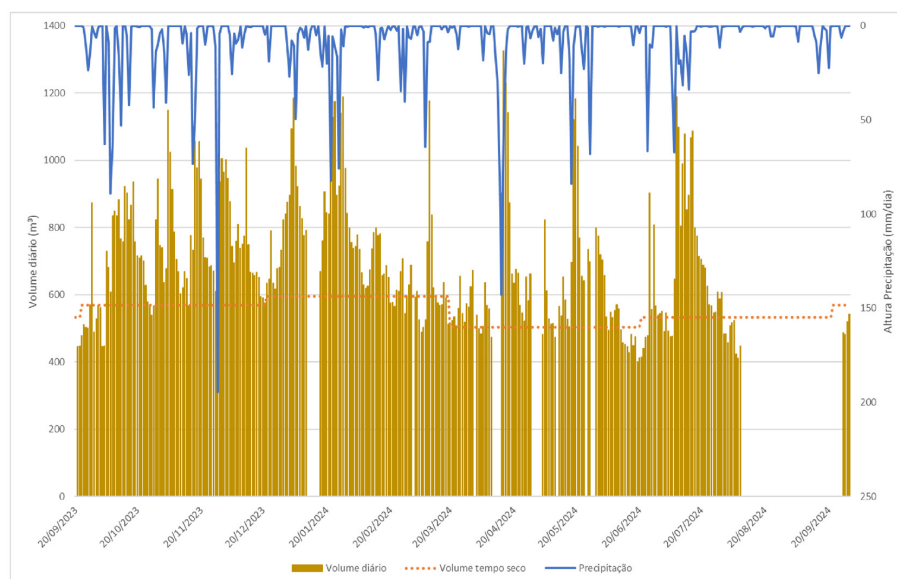


Figura 6 - Volume diário de esgoto produzido, volume médio de esgoto de tempo seco por estação do ano e precipitação diária equivalente – EE-Rendeiras.

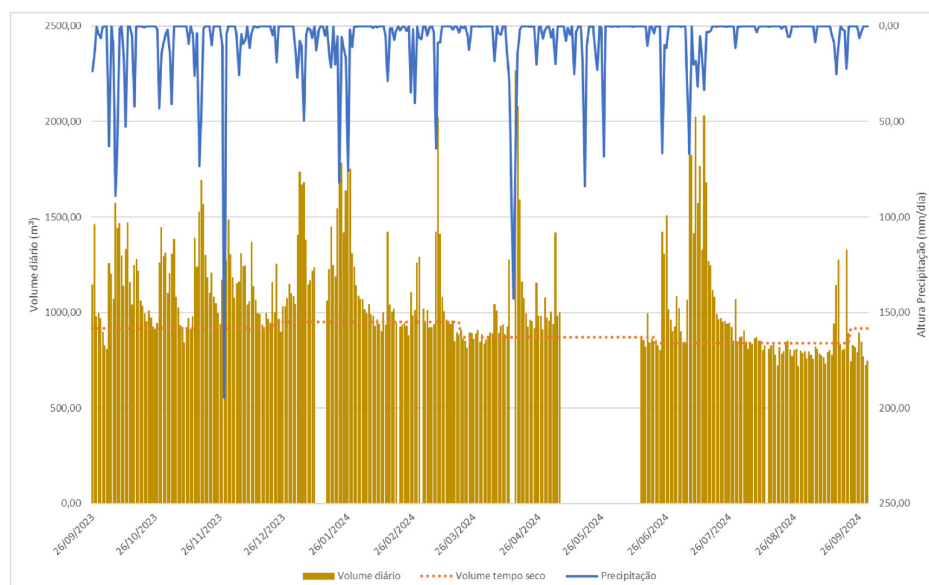


Figura 7 - Volume diário de esgoto produzido, volume médio de esgoto de tempo seco por estação do ano e precipitação diária equivalente – EE-Ponte.

A partir dos gráficos é possível perceber que os subsistemas apresentam comportamentos semelhantes de incremento de vazão ao longo do período observado. Nos eventos de sequência de dias chuvosos nos dias consecutivos o volume bombeado segue por vários dias com volumes acima da vazão de tempo seco. O que indica a contribuição de afluxo tardio nos dias seguintes ao evento chuvoso. Esse comportamento é bem claro nos meses de setembro de 2023 até meados de fevereiro de 2024. Nos meses de outubro, novembro de 2023 e janeiro de 2024 foram registrados precipitação total acumulada acima de 400mm/mês (a média mensal é em torno de 100mm). Nos meses de junho, agosto e setembro de 2024 em que a pluviosidade mensal não ultrapassa dos 100mm os sistemas se comportaram com volumes bombeados próximos ao volume médio de tempo seco, em termos de volume total diário bombeado.

INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NAS SUB-BACIAS MONITORADAS

A EE-Ponte, que atende a uma área maior que a área atendida pela EE-Rendeiras, apresentou vazões de infiltração entre 2,6 e 4,3 L/s ao longo das campanhas. Já na EE-Rendeiras, de área menor, as vazões de infiltração oscilaram entre ~2,2 e 2,5 L/s. Convertendo esses valores em coeficientes por extensão de rede, obteve-se um **coeficiente médio de infiltração** de aproximadamente 0,3 L/s·km em ambas as bacias, com variações de 0,26 a 0,43 L/s·km na bacia da Ponte e 0,29 a 0,33 L/s·km na das Rendeiras. Esses intervalos indicam que, para cada quilômetro de tubulação, ingressam em média 260 a 430 mL de água subterrânea por segundo (EE-Ponte) e 290 a 330 mL/s (EE-Rendeiras).

Esses valores situam-se dentro da faixa reportada na literatura nacional para infiltração (tipicamente 0,01 a 1,7 L/s·km, segundo) e mostram-se coerentes com práticas de projeto locais. Por exemplo, a CASAN – companhia responsável pelo sistema em estudo – adota em seus projetos um valor de $I = 0,4 \text{ L/s}\cdot\text{km}$ para áreas litorâneas, justamente para representar essa infiltração difusa permanente. No caso da Lagoa da Conceição, confirma-se que a infiltração real está em torno desse patamar (0,3–0,4 L/s·km). Em comparação, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (2025), concessionária em diversas cidades do estado de São Paulo, recomenda 0,1 L/s·km para redes acima do nível freático e 0,5 L/s·km para redes abaixo dele, enquanto a Companhia Riograndense de Saneamento (2016), concessionária em municípios do Rio Grande do Sul sugere até 0,5 L/s·km genericamente. Portanto, os resultados encontrados não excedem os limites superiores de projeto comumente utilizados, mas sinalizam uma contribuição significativa e constante que precisa ser gerenciada. Este resultado reforça a importância de manutenção contínua, pois trechos extensos de rede antiga em zona saturada tendem a agregar infiltração ao longo do tempo. Conforme Diogo et al (2018) a infiltração é mais problemática em redes de esgoto instaladas em regiões costeiras com nível freático elevado, em redes mal executadas ou em mau estado de conservação ou antigas.

INFILTRAÇÃO E AFLUXO DEVIDO À PRECIPITAÇÃO

Na Tabela 3 é apresentado o comportamento dos dois subsistemas para todos os eventos chuvosos significativos precedidos de 1 até 8 dias sem chuva, através da correlação entre a altura precipitada e o respectivo volume de IADP para os diferentes cenários avaliados.

Tabela 3 – Correlação entre a altura precipitada e o volume de IADP nos dois subsistemas avaliados para os eventos chuvosos em diferentes cenários de dias anteriores sem precipitação.

Número de dias sem chuva que antecederam os eventos chuvosos significativos	Subsistema Ponte		Subsistema Rendeiras	
	Número de eventos chuvosos significativos no período da pesquisa	Correlação entre a altura precipitada e IADP (R ²)	Número de eventos chuvosos significativos no período da pesquisa	Correlação entre a altura precipitada e IADP (R ²)
1 dia	23	0,323	25	0,421
2 dias	14	0,674	15	0,655
3 dias	11	0,805	13	0,695
4 dias	9	0,728	9	0,776
5 dias	8	0,771	8	0,787
6 dias	8	0,771	8	0,787
7 dias	7	0,535	7	0,501
8 dias	7	0,535	7	0,501

Em uma análise da Tabela 3, é possível perceber que para os dois subsistemas a correlação entre a altura precipitada e o volume de infiltração e afluxo correspondente é mais forte a medida em que os eventos se baseiam em um maior número de dias sem chuva antes do evento chuvoso significativo, o que corrobora a hipótese de ocorrência de afluxo tardio nos eventos. Para o subsistema Ponte a melhor correlação observada foi no cenário de 3 dias sem chuva antes do evento, porém para o cenário seguinte de 4 dias sem chuva a correlação diminui e volta a aumentar a medida que se consideram mais dias anteriores sem chuva, até que se atinja o cenário de 5 e 6 dias sem chuva com uma correlação de 0,77, que decai bastante para os próximos cenários, o que pode ser explicado por um número reduzido de pontos amostrais nos cenários com mais de 7 dias anteriores sem chuva. Já para o subsistema Rendeiras a melhor correlação observada foi nos cenários de 5 e 6 dias sem chuva antes do evento.

Diante do comportamento observado nos cenários avaliados para os dois subsistemas, é possível constatar que a influência do afluxo tardio no volume bombeado pelos subsistemas do SES Lagoa da Conceição ocorre por até 5 a 6 dias após um evento chuvoso. Desta forma, para seleção dos eventos para estimativa de IADP, adotou-se como critério um mínimo de seis dias consecutivos sem chuva, ou seja, com precipitação diária inferior a 4 mm, antes do evento chuvoso significativo (precipitação diária superior a 10 mm). Na Tabela 4 estão apresentados os eventos selecionados para o período de setembro de 2023 a setembro de 2024, com os respectivos valores de precipitação diária, total de dias anteriores sem chuva, precipitação máxima ocorrida nos dias sem chuva que antecederam cada evento, e os volumes de IADP correspondentes para cada evento chuvoso significativo, bem como o percentual de sobrecarga em relação ao volume médio de tempo seco.

Tabela 4 – Características de cada evento, volume de IADP e percentual de sobrecarga correspondente.

Evento	Data	Precipitação (mm/dia)	Precipitação Máxima antes do evento (mm/dia)	Dias anteriores sem chuva	EE-Rendeiras		EE-Ponte	
					Volume de IADP (m³/dia)	% IADP	Volume de IADP (m³/dia)	% IADP
Evento 1	25/10/2023	0,0	2,0	11	256,02	31%	333,10	36%
	26/10/2023	0,0						
	27/10/2023	2,0						
	28/10/2023	43,2						
Evento 2	22/02/2024	0,0	2,6	7	76,52	11%	187,04	20%
	23/02/2024	2,4						
	24/02/2024	0,0						
	25/02/2024	34,6						
Evento 3	02/04/2024	0,0	0,2	11	149,80	23%	157,39	18%
	03/04/2024	0,0						
	04/04/2024	0,0						
	05/04/2024	18,4						
Evento 4	22/04/2024	0,2	1,8	8	108,67	17%	210,96	22%
	23/04/2024	0,0						
	24/04/2024	0,0						
	25/04/2024	20,0						
Evento 5	14/06/2024	0,0	0,4	20	26,97	6%	96,23	11%
	15/06/2024	0,0						
	16/06/2024	0,4						
	17/06/2024	10,2						
Evento 6	21/06/2024	0,0	3,8	6	361,44	40%	645,07	78%
	22/06/2024	0,0						
	23/06/2024	0,0						
	24/06/2024	66,6						
Evento 7	03/07/2024	0,2	0,2	9	161,98	25%	152,88	17%
	04/07/2024	0,0						
	05/07/2024	0,0						
	06/07/2024	37,6						
Evento 8	26/07/2024	0,0	0,4	11	26,64	4%	216,46	24%
	27/07/2024	0,0						
	28/07/2024	0,4						
	29/07/2024	11,4						

Em praticamente todos os eventos pluviométricos analisados houve algum incremento de vazão nas elevatórias, proporcional à intensidade da chuva e às condições antecedentes. Chuvas relativamente moderadas, na ordem de 10–15 mm/dia, já foram suficientes para gerar acréscimos notáveis nas vazões bombeadas: por exemplo, verificou-se um caso de 11 mm em 24h que elevou em **24%** o volume diário bombeado no subsistema Ponte, em comparação ao período seco precedente. De maneira geral, chuvas nessa faixa (10–20 mm) acarretaram aumentos de 20% a 30% nas vazões, caracterizando um afluxo pluvial moderado. Por outro lado, eventos mais intensos resultaram em sobrecargas significativas. O maior evento registrado durante o monitoramento – com 66,6 mm acumulados em um dia – praticamente dobrou a vazão no subsistema da Ponte: houve incremento de +78% em relação à vazão média de base (seca), enquanto na Rendeiras o aumento foi de +40%, dado seu porte menor. Esses picos representam volumes substanciais de água pluvial contribuindo para a rede de esgoto, volumes esses para os quais o sistema não foi dimensionado.

Na Figuras de 8 a 15 estão representados os volumes de infiltração e afluxo em decorrência da precipitação nos eventos selecionados e o comportamento do sistema em até dois dias após o evento.

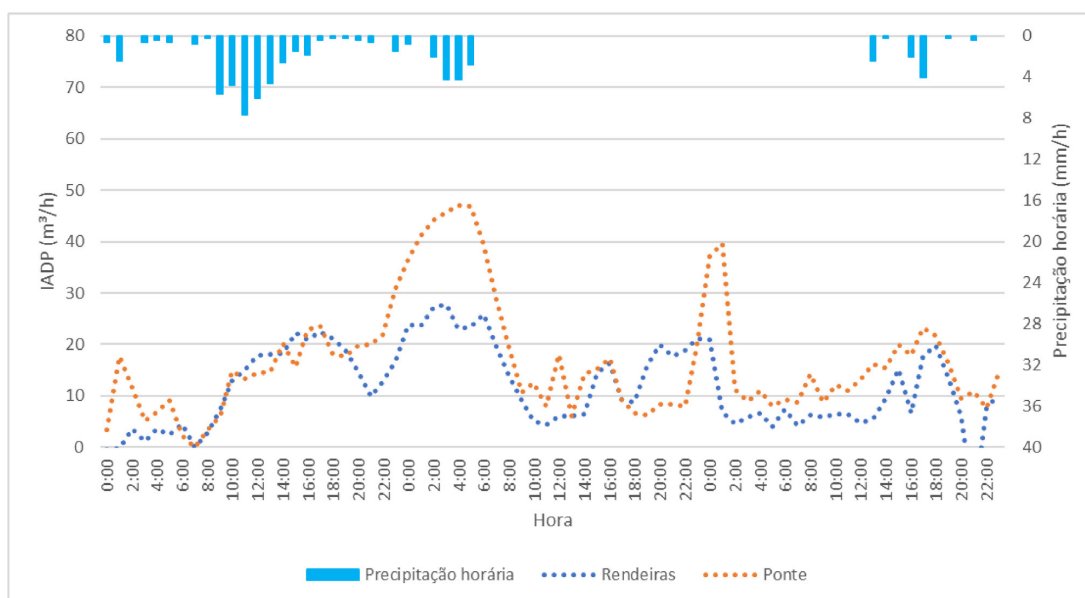


Figura 8 - Infiltração e afluxo devido à precipitação após evento chuvoso de 43,2mm em 28/10/2023.

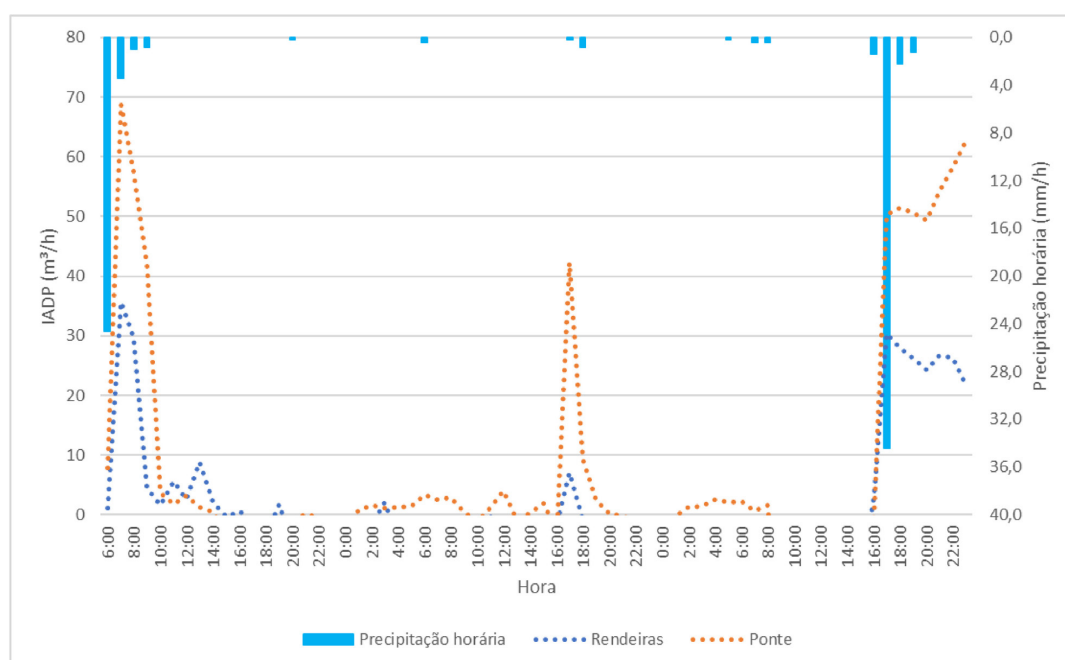


Figura 9 - Infiltração e afluxo devido à precipitação após evento chuvoso de 34,6mm em 25/02/2024.

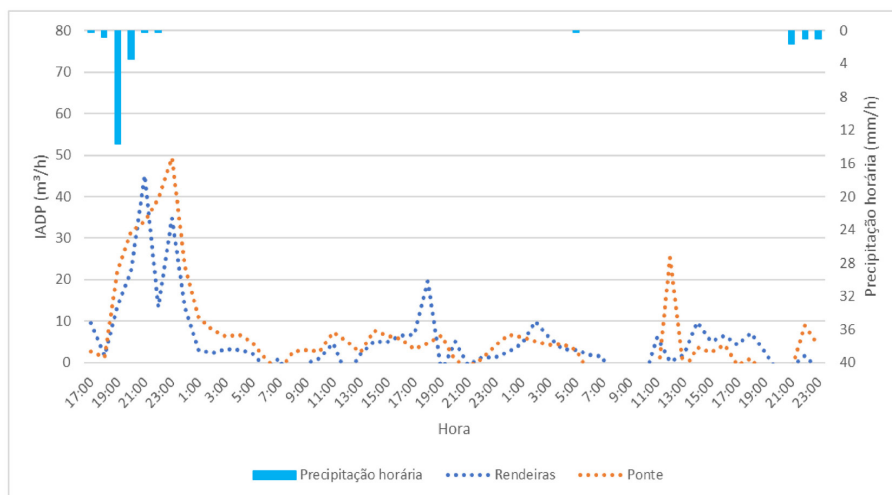


Figura 10 - Infiltração e afluência devido à precipitação após evento chuvoso de 18,4 mm em 05/04/2024.

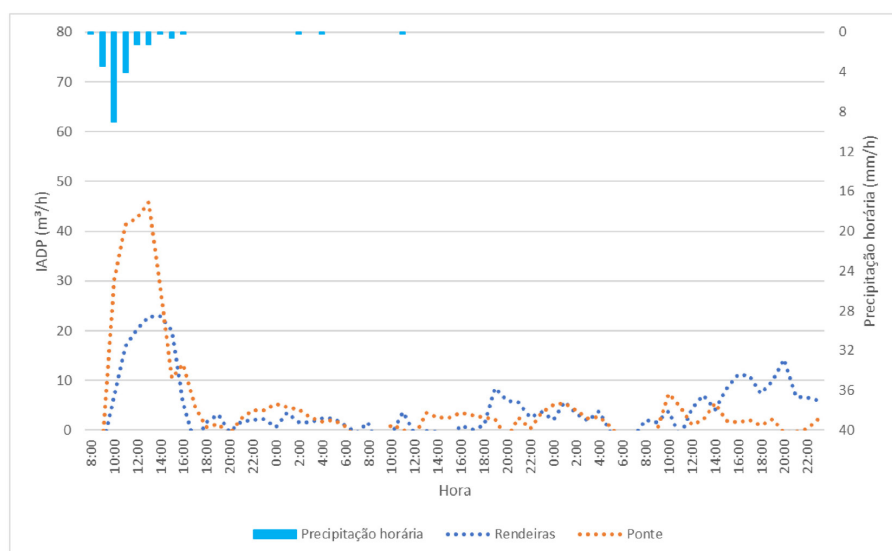


Figura 11 - Infiltração e afluência devido à precipitação após evento chuvoso de 20,0 mm em 25/04/2024.

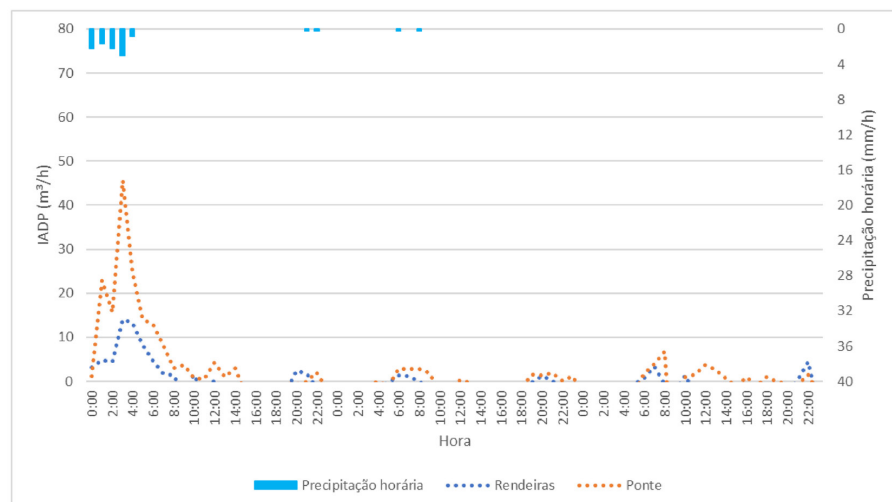


Figura 12 - Infiltração e afluência devido à precipitação após evento chuvoso de 10,2 mm em 17/06/2024.

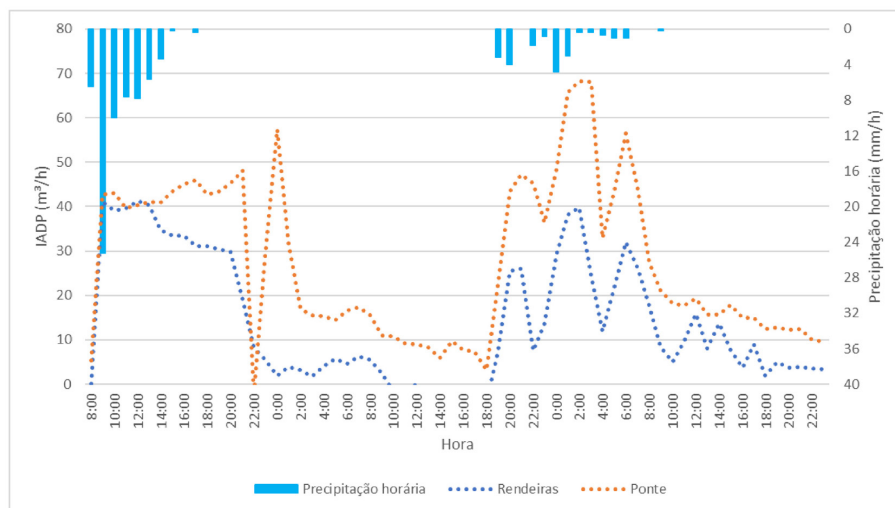


Figura 13 - Infiltração e fluxo devido à precipitação após evento chuvoso de 66,6 mm em 24/06/2024.

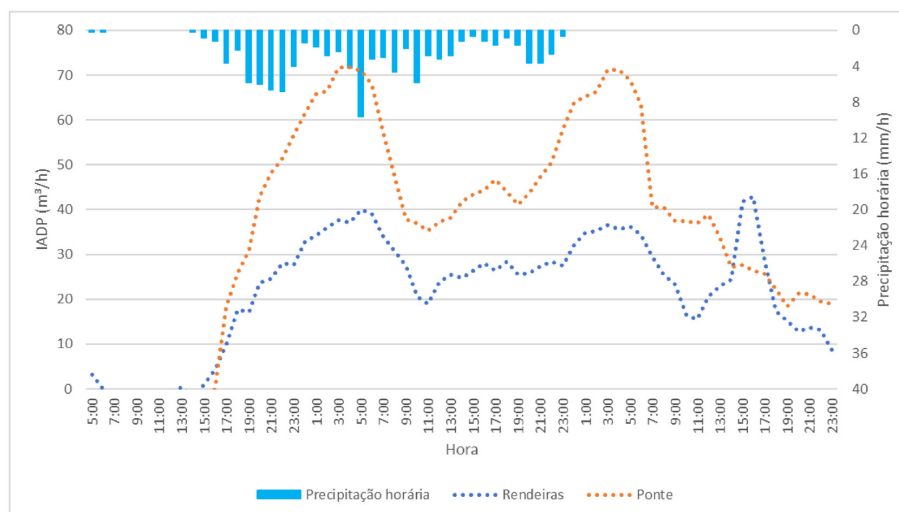


Figura 14 - Infiltração e fluxo devido à precipitação após evento chuvoso de 37,6 mm em 06/07/2024.

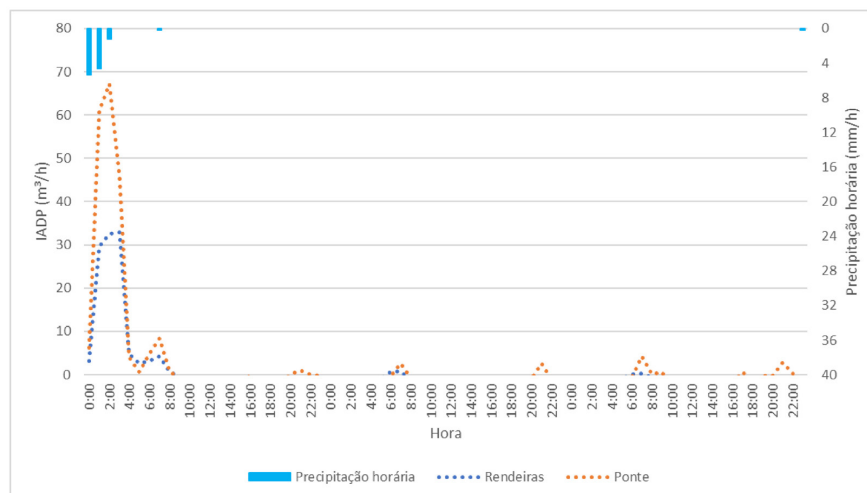


Figura 15 - Infiltração e fluxo devido à precipitação após evento chuvoso de 11,4 mm em 29/07/2024.

Os gráficos de IADP mostram que o comportamento dos dois subsistemas foi semelhante ao comportamento do gráfico das variações de vazões bombeadas com a diferença de que no subsistema Ponte em todos os eventos ocorreram volumes mais elevados de IADP.

Para os eventos de 28/10/23 e 25/02/24 observou-se um comportamento atípico de aumento no valor de IADP um tempo após o evento chuvoso, que pode estar relacionada a alguma variação pontual no consumo de água ou problema operacional no SES, ou então pelo fato de terem ocorrido respectivamente em um sábado e domingo, ou seja, dias em que o consumo de água costuma ser maior, por conta da característica turística do local.

Em termos acumulados, as taxas de IADP estimadas nos eventos variaram de aproximadamente 0,11 até 0,74 L/s-km na bacia da Ponte, e 0,04 a 0,55 L/s-km na das Rendeiras – intervalos bastante amplos que refletem desde chuvas mais amenas a eventos de precipitação mais elevada. Em percentuais, os incrementos de vazão diária ficaram entre +4% e +78% dos volumes de tempo seco, dependendo da intensidade do evento.

Em comparação com resultados de trabalhos anteriores verifica-se que os valores encontrados estão dentro da faixa de variação da Tabela 5 que traz alguns valores de IADP medidos em outros sistemas. O trabalho de Broering (2023) é bastante interessante porque foi realizado no mesmo município que esta pesquisa, e é possível notar uma grande diferença de faixa de valores de IADP, uma vez que seu coeficiente variou de 0,7 a 1,86 L/s.km, enquanto que para os eventos avaliados nesta pesquisa a variação foi de 0,04 a 0,74 L/s.km. Os volumes de IADP por altura precipitada foram bem parecidos com os volumes obtidos para a EE-Ponte, a diferença é que a extensão de rede no sistema da Ponte (10.073 m) é bem maior que a rede avaliada na pesquisa de Broering (3.301 m).

Tabela 5 - Comparação dos valores obtidos de IADP para esta pesquisa com outros trabalhos.

Autor	Local	Ano	Percentual de sobrecarga sobre vazão média de tempo seco (%)	Taxa de contribuição de IADP (L/s.km)
ABNT	Brasil	1992	-	até 6,0
Hanai e Campos	Araraquara	1997	-	0,16 a 0,19
Festi	Borborema	2006	1,42 a 251,2	0,08 a 12,15
Lamin e Sezerino	Joaçaba e Herval d'Oeste	2011	-	0,12 a 0,54
Broering	Florianópolis - bairro Santa Mônica	2018	69,3 a 182,6	0,70 a 1,86
Este trabalho	Florianópolis - bairro Lagoa da Conceição	2023/2024	4 a 78	0,04 a 0,74

Apesar do valor máximo obtido nesta análise ser inferior ao obtido em outras pesquisas, uma contribuição não contabilizada de 0,74 L/s.km de rede assentada ao sistema de esgoto é representativa. Considerando os possíveis efeitos somados de afluxo tardio, há uma grande chance de coeficientes muito superiores a essa taxa de 0,74 L/s.km, que podem levar aos limites operacionais do sistema de esgoto analisado. Isso reforça a necessidade de controle de fontes indevidas de água de chuva no sistema: por exemplo, intensificar a fiscalização de ligações cruzadas (por exemplo calhas de telhado, ralos externos, rede de drenagem interligada na rede de esgoto) e melhorias em tampões de poço de visita para evitar infiltração direta de escoamento superficial. A CASAN já vem implementando programas de inspeção e conscientização nesse sentido, e os dados deste estudo oferecem parâmetros quantitativos locais para orientar essas ações.

VALIDAÇÃO E IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS

Os valores de infiltração e afluxo obtidos para o SES Lagoa da Conceição representam dados inéditos para a realidade litorânea brasileira, até então pouco estudada. Além de servirem para calibração de modelos e diagnóstico local, esses resultados permitem discutir melhorias nas práticas de projeto e gestão de sistemas de esgoto em cenários semelhantes. Por exemplo, constatou-se que a parcela de vazão de esgoto em dias chuvosos pode conter cerca de metade de água não prevista em projeto (no evento extremo, quase 45% do

volume diário era contribuição pluvial). Assim, dimensionamentos baseados apenas em contribuições per capita e infiltração de água subterrânea tendem a subdimensionar as unidades do sistema de esgotamento sanitário, elevando o risco de colapso em eventos extremos. Este trabalho fornece subsídios numéricos para que normas técnicas e modelos de cálculo sejam revisados no sentido de incluir, ao menos para regiões de alta pluviosidade ou lençol raso, fatores de IADP adicionais. Da mesma forma, no âmbito da operação, os gestores podem usar as taxas locais de infiltração (0,3 L/s-km) aqui identificadas como referências para planejamento. Ademais, a metodologia empregada demonstrou-se eficaz e relativamente simples, podendo ser replicada por outras companhias de saneamento interessadas em diagnosticar infiltração e afluxo em seus sistemas. O uso de medidores de vazão temporários ou permanentes aliado a dados pluviométricos acessíveis é viável e traz grande contribuição para a gestão proativa dos sistemas.

Por fim, cabe mencionar as limitações do estudo: (i) a análise concentrou-se em dois subsistemas, não englobando toda a área da Lagoa da Conceição – os resultados, portanto, não cobrem possíveis variabilidades espaciais maiores no sistema, devendo ser extrapolados com cautela; (ii) o período de monitoramento, embora abrangente (um ano), pode não ter capturado todas as combinações de condições meteorológicas, especialmente eventos extremos menos frequentes; e (iii) o método de vazão mínima noturna para inferir infiltração carrega incertezas, dependendo de amostragem em momentos específicos e dependendo do funcionamento adequado do sistema nos dias específicos das campanhas. Trabalhos futuros poderiam complementar a abordagem com outras técnicas, como traçadores químicos e inspeção com vídeo em trechos críticos, para identificar pontos exatos de entrada de água e quantificar a contribuição individual de infiltração e afluxo de forma ainda mais específica.

CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que as águas indevidas – infiltração de águas subterrâneas e a parcela de infiltração e afluxo devido à precipitação – exercem influência determinante no desempenho de um sistema de esgotamento sanitário em região litorânea. No caso da Lagoa da Conceição (Florianópolis), essas contribuições representam uma parcela significativa do volume transportado, chegando a elevar em até 78% as vazões durante eventos de chuva mais intensa. Quantificar separadamente essas duas parcelas permitiu evidenciar que há tanto uma carga base permanente de origem subterrânea (~0,3 L/s-km) quanto picos transitórios associados às chuvas (até 0,7 L/s-km em eventos extremos). Esses valores, alinhados com a faixa esperada na literatura, confirmam que mesmo sistemas concebidos como separadores podem operar frequentemente em regime misto. As implicações são claras: ignorar o IADP nos projetos e na operação pode levar a subdimensionamentos e falhas, especialmente em áreas costeiras de elevada pluviosidade. Por outro lado, incorporar parâmetros locais de IADP na gestão – como os obtidos neste trabalho – viabiliza um planejamento mais resiliente, orientando ações como reabilitação de redes, combate à ligações irregulares. Em suma, a pesquisa cumpriu seu objetivo de oferecer uma análise quantitativa inédita do impacto das águas indevidas no sistema de esgoto da Lagoa da Conceição, preenchendo uma lacuna de conhecimento no contexto brasileiro. Os resultados fornecem base técnica para revisão de diretrizes de engenharia sanitária em cenários semelhantes e reforçam a importância de monitoramento contínuo e gestão integrada de águas pluviais e esgoto – uma prática alinhada com a promoção de cidades mais sustentáveis e resilientes frente às mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

À Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), pelo financiamento da pesquisa através do termo de convênio UFSC/CASAN/FEESC n. 23080.032572/2022-24 e pelo apoio técnico na instalação dos medidores e concessão de dados. Às bolsistas de Iniciação Científica, Gabriela Libioda e Vitoria Bulhões, que auxiliaram nas coletas de campo e no processamento dos dados. À Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina (FEESC), pela coordenação executiva dos recursos financeiros; À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), pela concessão de dados pluviométricos. Ao CNPQ e à CAPES pela concessão de bolsa de doutorado cotas do programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFSC. À PROPG/PROAF/UFSC pela concessão de cota de bolsa CAPES para Ações Afirmativas cota racial.

REFERÊNCIAS

Alem Sobrinho, P., & Tsutiya, M. T. (2011). *Coleta e transporte de esgoto sanitário* (3. ed.). Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (1986). *ABNT NBR 9649: projetos de redes coletoras de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (1992). *ABNT NBR 12207: projeto de interceptores de esgotos sanitários*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Azevedo Netto, J. M. (1979). Contribuições indevidas para a rede de esgotos. *Revista DAE*, (120), 30-34.
- Broering, S. B. (2023). *Estimativa da infiltração e do afluxo devido à precipitação pluviométrica em uma bacia de esgotamento sanitário em região costeira* (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Broering, S. B., & Finotti, A. R. (2024). Estimativa da infiltração e afluxo devido à precipitação em uma bacia de esgotamento sanitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 29, e20230093. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220230093>
- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP. (2025). *Norma técnica SABESP NTS0025-Ver 5 - redes coletoras de esgotos: elaboração de projetos*. São Paulo.
- Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN. (2016). *Manual de procedimentos para projeto e execução de parcelamento de solo*. Porto Alegre.
- De Bénédittis, J., & Bertrand-Krajewski, J.-L. (2005). Infiltration in sewer systems: comparison of measurement methods. *Water Science and Technology*, 52(3), 219-227. <https://doi.org/10.2166/wst.2005.0079>
- Diogo, A. F., Barros, L. T., Santos, J., & Temido, J. S. (2018). An effective and comprehensive model for optimal rehabilitation of separate sanitary sewer system. *The Science of the Total Environment*, 612, 1042-1057. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.315>
- Dirckx, G., Verdonck, L., De Gueldre, G., & De Wilde, W. (2019). Dilution of sewage: is it, after all, really worth the bother? *Journal of Hydrology*, 571, 437-447. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.01.065>
- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI. (2024). *Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina*. Florianópolis.
- Festi, A. V. (2006). *Estimativa da infiltração e do afluxo devidos à precipitação na rede coletora de esgoto sanitário em município de pequeno porte* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Hanai, F. Y., & Campos, J. R. (1997). Avaliação da infiltração na rede coletora de esgoto na bacia do Ribeirão do Ouro, Araraquara - SP. In *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Curitiba, PR. Rio de Janeiro: ABES.
- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. (2025). *Base de dados de normais climatológicas*. Recuperado em 14 de maio de 2025, de <https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas>
- Karpf, C., & Krebs, P. (2011). Quantification of groundwater infiltration and surface water inflows in urban sewer networks based on a multiple model approach. *Water Research*, 45(10), 3129-3136. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.03.022>
- Kretschmer, F., Ertl, T., & Koch, F. (2008). Discharge monitoring and determination of infiltration water in sewer systems. In *Proceedings of the 11th International Conference on Urban Drainage*, Edinburgh.
- Lamin, P. C., & Sezerino, P. H. (2012). Estimativas das infiltrações e afluxo devido à precipitação em uma rede coletora de esgoto. In *Anais da XVI Exposição de Experiências Municipais em Saneamento (EEMS)*, Maringá.
- Luo, H., Oberg, N., Landry, B. J., & García, M. H. (2021). Assessing the system performance of an evolving and integrated urban drainage system to control combined sewer overflows using a multiple-layer based coupled modeling approach. *Journal of Hydrology*, 603, 127-130. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127130>
- Metcalf, L., & Eddy, H. P. (1991). *Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Owolabi, T. A., Mohandes, S. R., & Zayed, T. (2022). Investigating the impact of sewer overflow on the environment: a comprehensive literature review. *Journal of Environmental Management*, 301, 113810. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113810>
- Petrie, B. (2021). A review of combined sewer overflows as a source of wastewater-derived emerging contaminants in the environment and their management. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(25), 32095-32110. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14103-1>
- Rezaee, M., & Tabesh, M. (2022). Effects of inflow, infiltration, and exfiltration on water footprint increase of a sewer system: a case study of Tehran. *Sustainable Cities and Society*, 79, 103707. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103707>
- Sojobi, A. O., & Zayed, T. (2022). Impact of sewer overflow on public health: a scientometric analysis and systematic review. *Environmental Research*, 203, 111609. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111609>
- Tsutiya, M. T., & Bueno, R. C. R. (2004). Contribuição de águas pluviais em sistema de esgoto sanitário no Brasil. In *Anais do Congresso Interamericano AIDIS* (pp. 20-25), São Paulo.
- Zhang, M., Liu, Y., Cheng, X., Zhu, D. Z., Shi, H., & Yuan, Z. (2018). Quantifying rainfall-derived inflow and infiltration in sanitary sewer systems based on conductivity monitoring. *Journal of Hydrology*, 558, 174-183. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.01.002>
- Zhao, Z., Yin, H., Xu, Z., Peng, J., & Yu, Z. (2020). Pin-pointing groundwater infiltration into urban sewers using a chemical tracer coupled with a physically based model. *Water Research*, 175, 115689. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115689>

Contribuições dos autores:

Priscila Batista de Campos: elaborou o artigo, contribuiu na elaboração do projeto, coleta e manipulação dos dados, análise formal, escrita e revisão.

Alexandra Rodrigues Finotti: coordenou o projeto, orientação e supervisão do trabalho, contribuiu na metodologia e revisão crítica do trabalho escrito e do artigo.

Paula Lidia Santana: contribuiu na coleta e manipulação de dados e na revisão crítica do artigo

Saman Belizario Broering: contribui na definição da metodologia do trabalho e na revisão crítica do artigo.