UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

DECLARAÇÃO

LEANDRO ARAÚJO NOGUEIRA

INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO DE ESGOTO AFLUENTE À ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) LAGES EM APARECIDA DE GOIÂNIA – GO

Monografia apresentada no Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

Aprovado em: 07/04/2022.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Raviel Eurico Basso (Orientador) (UFG/EECA)

Prof. Dr. José Vicente Granato de Araújo (UFG/EECA)

Prof. Dr. Saulo Bruno Silveira e Souza (UFG/EECA)

Atesto que as revisões solicitadas foram feitas:

Prof. Dr. Raviel Eurico Basso

Em: 12/04/2022

OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

- **Todos os campos do presente documento são de preenchimento obrigatório, sendo os mesmos adequados a quantidade de examinadores;**

- **Após preenchido, o documento deve ser assinado por todos os examinadores e também pelo orientador do referido trabalho.**

Documento assinado eletronicamente por **Raviel Eurico Basso**, **Professor do Magistério Superior**, em 12/04/2022, às 11:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2776938** e o código CRC **8257F03C**.

Referência: Processo nº 23070.014602/2022-30 SEI nº 2776938

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO DE ESGOTO AFLUENTE À ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) LAGES EM APARECIDA DE GOIÂNIA – GO

LEANDRO ARAÚJO NOGUEIRA

GOIÂNIA
ABRIL/2022

LEANDRO ARAÚJO NOGUEIRA

INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA VAZÃO DE ESGOTO AFLUENTE À ESTAÇÃO DE TRATAMENTO (ETE) LAGES EM APARECIDA DE GOIÂNIA – GO

Monografia apresentada na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

Orientador: Prof. Dr. Raviel Eurico Basso.

Coorientadora: Ma. Carla Urbanek Teixeira Silva.

GOIÂNIA
ABRIL/2022

RESUMO

O tratamento adequado do esgoto sanitário tem suma importância na preservação do meio ambiente e na conservação dos nossos mananciais. Uma vez que, a coleta e transporte do mesmo previnem um grande número de doenças, além de trazer benefícios e dignidade à população. Por isso, a ampliação da coleta e tratamento de esgoto se tornou um dos pontos de atenção das políticas nacionais de saneamento, infraestrutura e indiretamente saúde. Visto que em nosso país a maior parte dos sistemas de esgotamento sanitário são projetados como separadores absolutos, que segrega águas pluviais e de esgotos domésticos em dois sistemas diferentes. Assim, o objetivo principal deste trabalho foi analisar a influência das precipitações na vazão afluente à uma estação de tratamento de esgoto (ETE), à partir de dados coletados em uma estação de tratamento em Aparecida de Goiânia-GO. Portanto, baseando-se em dados de vazão da estação de tratamento e dados pluviométricos, foi possível averiguar que existe um aumento da vazão afluente à ETE em dias chuvosos, quando comparados à dias secos, porém, que se tornaram quase insignificantes desde 2016. Possivelmente, por práticas como campanhas educativas e investimentos em manutenção de redes que buscam mitigar o número de contribuições indevidas, seja por ligações clandestinas ou danos físicos nas redes existentes. À partir dos índices calculados, ainda foi feita uma análise acerca da vida útil da ETE, constatando que a estação suporta um aumento de 73% da contribuição atual.

Palavras-chave: Esgoto sanitário. Águas pluviais. Contribuição Indevida.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Percentual de residências abastecidas, em relação ao total de domicílios particulares, segundo as Grandes Regiões - 2008/2017 11

Figura 2.2 – Índices do atendimento total de esgoto 12

Figura 2.3 – Sistema unitário de esgotamento 14

Figura 2.4 – Comparação de intensidade de chuva em cidades europeias e brasileiras 15

Figura 2.5 – Sistema separador absoluto 17

Figura 3.1 – Localização da ETE Lages 23

Figura 3.2 – Vista parcial do sistema de tratamento preliminar da ETE Lages 24

Figura 3.3 – Vista dos reatores da ETE Lages 24

Figura 3.4 – Vista aérea da ETE Lages 25

Figura 3.5 – Vista dos leitos de secagem de lodo da ETE Lages 25

Figura 3.6 – Representação esquemática das unidades da ETE Lages 26

Figura 4.1 – Contagem de eventos diários de chuva no período estudado 29

Figura 4.2 – Histograma de frequência das vazões médias e curva de distribuição normal . 30

Figura 4.3 – Variação do percentual de contribuição pluviométrica entre 2014 e 2020 32

Figura 4.4 – Comparação da vazão afluente à ETE Lages de dois domingos de 2019 33

Figura 4.5 – Comparação da vazão afluente à ETE Lages de dois domingos de 2020 33

Figura 4.6 – Comparação da vazão afluente à ETE Lages de dois domingos de 2021 34

Figura 4.7 – Correlação entre a precipitação e a vazão afluente à ETE Lages 35

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Classificação de eventos de chuva segundo Metcalf e Eddy 27

Quadro 4.1 – Parâmetros de contribuição pluviométrica calculados 31

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

EEE – Estação Elevatória de Esgoto

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

IBGE – Instituto Brasileira de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

OMS – Organização Mundial de Saúde

Plansab – Plano Nacional de Saneamento Básico

RAFA – Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente

SANEAGO – Saneamento de Goiás S.A.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

UASB – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO **8**
1.1. CONTEXTO E JUSTIFICATIVA DO TEMA **8**
1.2. OBJETIVOS **10**
1.2.1. Objetivo Geral 10
1.2.2. Objetivos Específicos 10
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **11**
2.1. SANEAMENTO BÁSICO **11**
2.2. SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO **13**
2.2.1. Sistema Unitário 15
2.2.2. Sistema Separador Parcial 17
2.2.3. Sistema Separador Absoluto 18
2.2.3.1. Dimensionamento de um Sistema Separador Absoluto 19
2.3. CONTRIBUIÇÕES INDEVIDAS NA REDE DE ESGOTO **21**
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA **22**
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO **22**
3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO **22**
3.3. COLETA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS E DE VAZÃO AFLUENTE **26**
3.4. CONTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA VAZÃO DA ETE LAGES **27**
3.5. AUMENTO DA CONTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA **28**
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES **29**
4.1. CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS **29**
4.2. CONTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA VAZÃO DA ETE **30**
4.3. VARIAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA ENTRE 2014 E 2020 ..... **31**
4.4. RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E A VAZÃO AFLUENTE À ETE **34**
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO **36**
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **38**

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A correta disposição final do esgoto sanitário é essencial para se preservar o meio ambiente e conservar a qualidade de nossos mananciais. Sendo assim, é necessária atenção aos projetos de sistemas de esgotamento sanitário, a fim de se garantir a correta disposição final, além de qualidade no tratamento.

Segundo o SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento) apenas 50,8% da população do nosso país tem seu esgoto tratado, por isso a Agência Nacional de Águas, através do Atlas Esgoto de 2017, espera altos investimentos no desenvolvimento de novos projetos de redes de esgotamento. Diante disso, torna-se imprescindível estudos quanto à conceituação e dimensionamentos desses sistemas, com o objetivo de torná-los mais eficientes e sustentáveis, garantindo uma melhor alocação de recursos, a qualidade de nossas águas, bem como a saúde pública.

Um dos maiores problemas da coleta e tratamento atual de esgotos sanitários no Brasil, é o lançamento indevido de águas pluviais nas redes de esgoto, superando os volumes previstos em projetos (TSUTIYA; BUENO, 2005). Essa contribuição indevida traz muitos problemas ao sistema, principalmente às estações de tratamento de esgoto (ETE), provocando uma grande variação de volume, causando perda na qualidade do esgoto tratado e lançamentos sem tratamento algum ao corpo receptor. Assim, faz-se necessário conhecer a influência das precipitações na vazão afluente às ETE's, com o objetivo de entender as causas e criar ações mitigadoras para o problema.

Dessa forma, o presente capítulo apresenta uma introdução ao tema que será abordado no trabalho, bem como a justificativa de sua escolha e a importância de seu estudo para a comunidade acadêmica e a sociedade como um todo.

1.1. CONTEXTO E JUSTIFICATIVA DO TEMA

O saneamento básico é um serviço previsto na constituição federal de 1988, e embora a mesma não defina saneamento básico, a Lei n° 14.026/2020, conhecida como o novo marco regulatório, define saneamento básico como os serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

Entre esses serviços, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento de 2020 (BRASIL, 2020), atualmente 84,1% da população brasileira possuem abastecimento de água, enquanto 55,0% é atendida pela coleta de esgoto, porém apenas 50,8% tem seu esgoto doméstico tratado antes de retorná-lo a um manancial. Em Goiás esse taxa é um pouco maior do que a média nacional, 90,9% da população era abastecida com rede de água, enquanto 58,5% é atendida por rede coletora de esgotamento sanitário.

A coleta, transporte, tratamento e disposição adequados do esgoto sanitário doméstico pode trazer inúmeros benefícios para uma comunidade, como a conservação dos recursos naturais, a melhoria das condições sanitárias locais, a eliminação de focos de contaminação e poluição, a erradicação de problemas estéticos desagradáveis, redução dos recursos aplicados no tratamento de doenças e a diminuição dos custos de tratamento de água para abastecimento (LEAL, 2008).

Sendo assim, desde épocas remotas há a tentativa de afastamento e tratamento do esgoto doméstico, sendo o primeiro sistema de esgoto construído em Roma, no século XI a.C. Posteriormente, principalmente no século XIX d.C., o sistema, que passou a ser chamado de sistema de esgotamento unitário, foi implementado de forma parecida em várias cidades da Europa, com o intuito de melhorar as condições sanitárias das cidades (TSUTIYA E ALEM SOBRINHO, 1999).

O sistema era responsável pela coleta de águas residuárias (esgoto doméstico e industrial) e de águas pluviais, o que tornou esse tipo de sistema ineficiente no Brasil. Uma vez que, as precipitações mais intensas nas cidades brasileiras, geram uma grande variação na vazão a ser tratada, além de grande parte do esgoto ser extravasado direto ao corpo receptor atrapalhando a correta disposição do esgoto sanitário (TSUTIYA; BUENO, 2005).

Dessa forma, foram desenvolvidos novos sistemas capazes de coletar e transportar os esgotos sanitários e as águas pluviais em sistemas distintos, melhorando assim, o tratamento e disposição das águas residuárias, proporcionando benefícios às comunidades brasileiras. Porém, como alertado por Tsutiya e Alem Sobrinho (1999) um problema dos sistemas separadores absolutos é o controle das ligações recebidas por esses sistemas, que podem receber contribuições indevidas prejudicando a eficiência do tratamento e do sistema de esgotamento sanitário, gerando refluxos e sobrecarga nas estações elevatórias e de tratamento de esgotos.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral analisar a influência das precipitações na vazão afluente à uma estação de tratamento de esgoto.

1.2.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos do trabalho, através da coleta e análise dos dados, buscou-se:

- Verificar a ocorrência de aumento da vazão afluente à estação de tratamento no período de chuvas;
- Analisar a influência das precipitações na estação de tratamento de esgoto Lages;
- Apurar causas dos lançamentos clandestinas de águas pluviais, bem como suas consequências operacionais;
- Propor medidas mitigadoras para reduzir o impacto das ligações clandestinas no sistema de esgotamento sanitário.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. SANEAMENTO BÁSICO

O saneamento básico é mais do que acesso à água, coleta e transporte de esgoto. É o conjunto de serviços, infraestrutura, abastecimento de água, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, esgotamento sanitário e drenagem das águas pluviais. O saneamento básico é um serviço previsto na Constituição Federal e envolve a atuação de diversos agentes (BRASIL, 2019).

Ademais, é essencial para garantir à população condições dignas de moradia, cuidado e manutenção de saúde, além da preservação do meio ambiente. Porém, no Brasil e no mundo, esses serviços básicos são restritos a parte da população. Além disso, a desigualdade na disponibilização dos mesmos faz com que sua carência ou inadequação esteja diretamente relacionada a uma série de outros fatores que também caracterizam situações de vulnerabilidade (BRASIL, 2017).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o saneamento é o gerenciamento ou controle dos fatores físicos que podem exercer efeitos nocivos ao homem, prejudicando seu bem-estar, seja físico, mental ou social.

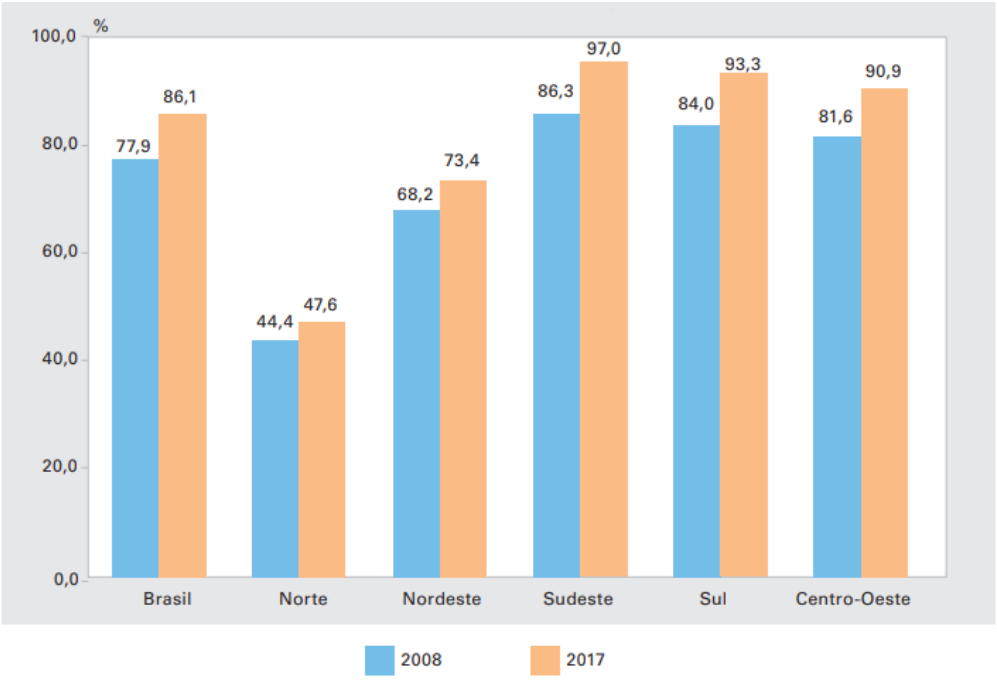
No Brasil, o saneamento básico recebeu maior atenção nas últimas décadas, com a Lei n° 11.445/2007, que determina as diretrizes nacionais para o saneamento básico e em conjunto com o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), aprovado em 2013 e retificado em 2014, o qual orienta as políticas públicas voltadas ao setor de saneamento nos 20 anos subsequentes. Além disso, o objetivo do Plansab era garantir que, até 2023, 100% dos domicílios brasileiros sejam abastecidos por água potável e, até 2033, 92% dos esgotos sanitários do país sejam coletados e tratados (BRASIL, 2017).

Além da aprovação do novo marco regulatório de saneamento básico (Lei n° 14.026/2020), que altera, entre outras coisas, as regras para prestação de serviços de saneamento, facilitando a entrada de empresas privadas no mercado e buscando universalizar o acesso no Brasil, atribuindo à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para criar e modificar normas de referência sobre os serviços de saneamento.

Porém, os serviços de saneamento básico seguem necessitando de atenção e investimentos público. O abastecimento de água por rede geral de distribuição, que apesar de amplo, mesmo

com os avanços que aconteceram no período de 2008 a 2017, ainda é caracterizado por um desequilíbrio regional, como mostra a Figura 2.1, que compara os dados de residências ativas abastecidas no país com dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 e 2017. O gráfico mostra que a região norte tem menos da metade dos domicílios abastecidos por rede de distribuição e sem grande progresso neste período.

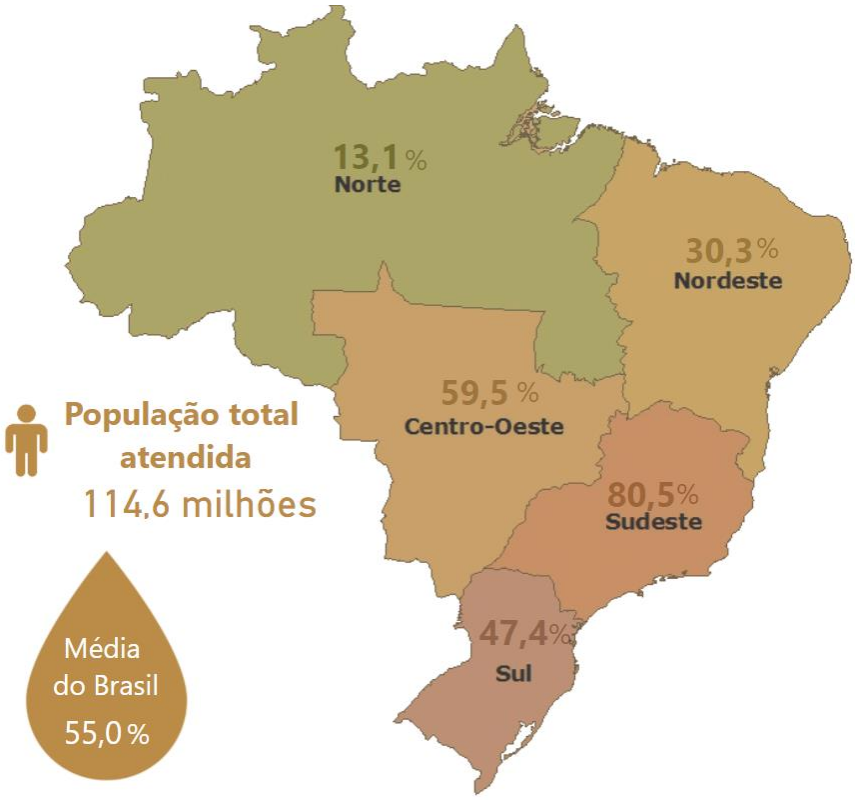
Figura 2.1 - Percentual de residências abastecidas, em relação ao total de domicílios particulares, segundo as Grandes Regiões - 2008/2017.



Fonte: IBGE, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017.

Além disso, estatísticas do ano de 2020 do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) mostram que 84,1% dos brasileiros possuíam acesso ao serviço de abastecimento de água. Contudo, em relação ao esgotamento sanitário, os números são drasticamente mais baixos, apenas 55,0% da população havia seu esgoto doméstico coletado, como mostra a Figura 2.2, enquanto 50,8% possuía tratamento antes da disposição final. Assim, com base em um horizonte de planejamento de 2035, para que o Brasil consiga universalizar os serviços de esgotamento sanitário, o Atlas Esgoto da ANA, estima um investimento de R$ 149,5 bilhões em obras de coleta e tratamento de esgotos.

Figura 2.2 – Índices do atendimento total de esgoto.



Fonte: ANA, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2019.

2.2. SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Conforme as comunidades e a concentração demográfica se tornam maiores, as soluções individuais para coleta e transporte de esgoto doméstico devem dar lugar às soluções coletivas denominadas sistema de esgotos (BRASIL, 2006).

Os sistemas coletivos são compostos por tubulações que coletam os esgotos, transportando-os ao seu destino final, de forma sanitariamente adequada. Porém, em situações onde a área a ser atendida é afastada do restante da comunidade, ou em altitudes inferiores, a solução coletiva para atendimento da população se torna o uso coletivo de fossa séptica seguida de sumidouto, que também atuará como sistema de tratamento de esgotos (VON SPERLING, 1995).

Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (1999), a Cloaca Máxima de Roma, construída no século 6 a.C., é considerado o primeiro sistema de esgoto planejado e implantado do mundo. Recebia

parte de esgotos domésticos e parte da drenagem superficial, o que foi essencial para o controle da malária.

Sistemas similares foram utilizados na Europa medieval, porém devido ao crescimento das comunidades, o lançamento de excretas humanos nos condutos era proibido. De acordo com Hammer (1979), os sistemas de drenagem serviam apenas para afastar águas pluviais, a fim de evitar alagamentos nas áreas edificadas. O lançamento de águas residuárias era feito nas ruas, aguardando as próximas chuvas ou lavagem das ruas, criando condições sanitárias deploráveis.

Somente no século 19 a coleta e afastamento de esgoto doméstico recebeu a devida atenção, principalmente devido à popularização do uso de descargas hídricas e à produção industrial de tubulações de ferro fundido, uma vez que os dejetos humanos não eram mais mantidos em valas nas próprias edificações e sim levados às ruas ou aos sistemas de esgotamentos existentes. Além disso, devido também às epidemias que ocorreram neste século. No Brasil, em 1857 foi construído no Rio de Janeiro um sistema de esgotamento baseado nos que vinham sendo feitos em cidades europeias, os quais recebiam contribuições pluviais, domésticas e eventualmente industriais, futuramente denominados como sistema unitário.

Porém, como na cidade haviam limitações financeiras, muitas áreas não pavimentadas e casas ocupando grandes áreas, dificultavam a drenagem pluvial, além das chuvas de grande intensidade, diferentemente das cidades as quais o sistema era baseado. Assim, o uso de sistemas de esgotamento desenvolvidos para cidades europeias se tornou inviável em cidades brasileiras, sendo necessário desenvolver uma série de modificações no conceito e dimensionamento da rede, criando assim um novo tipo de sistema de esgotamento sanitário. O sistema recebia e transportava águas pluviais, que eram coletadas nos interiores dos prédios, nas áreas pavimentadas e os esgotos domésticos, posteriormente chamado de sistema separador parcial (AZEVEDO NETTO *et al*, 1983).

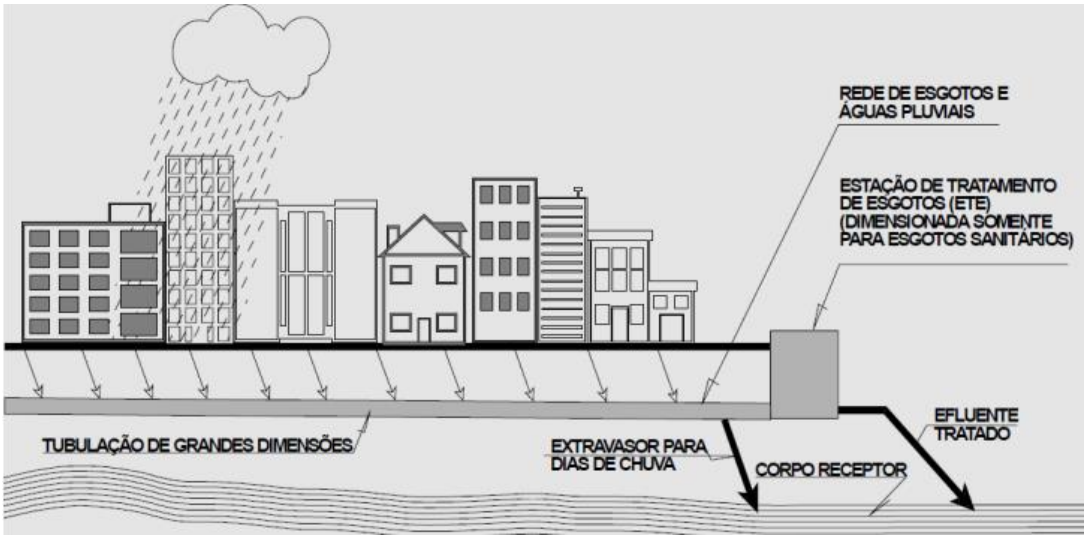
Em 1879, em Memphis nos Estados Unidos, o engenheiro George Waring propôs um sistema que seria mais viável economicamente para as condições locais, no qual as águas residuárias urbanas e as águas pluviais fossem coletadas e transportadas em sistemas totalmente separados, denominado de sistema separador absoluto. O sistema permitia o esgotamento das águas residuárias, com vazões significativamente menores, resolvendo o problema econômico da cidade. O sistema teve grande reconhecimento e desde então a maior parte das redes de esgotamento projetadas e implementadas no mundo são desse tipo (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 1999).

Conforme citado anteriormente, existem três tipos de sistema de esgotamento sanitário: o unitário, o separador parcial e o separador absoluto. Esse capítulo abordará cada um deles, os conceituando e comparando seus benefícios e desvantagens.

2.2.1. Sistema Unitário

O esgotamento unitário ou combinado como também é chamado, é o sistema em que as águas residuárias (domésticas e industriais), águas de infiltração (água de subsolo que penetra na tubulação e órgão acessórios do sistema) e águas pluviais escoam através de um único sistema, como mostra o esquema da Figura 2.3 (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 1999).

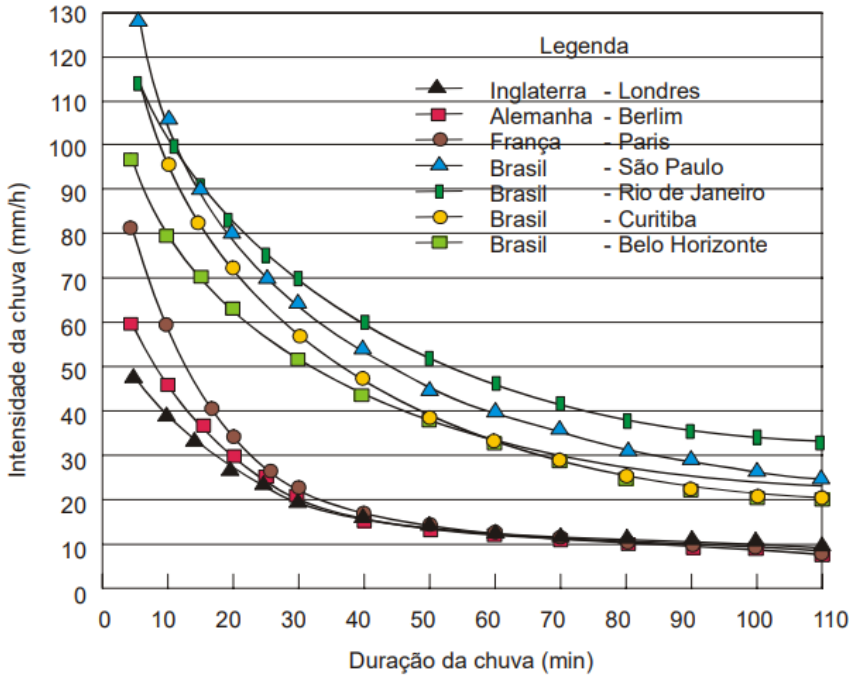
Figura 2.3 – Sistema unitário de esgotamento.



Fonte: BARROS et al, 1995.

Desenvolvido para os índices pluviométricos de cidades europeias, aproximadamente três vezes menor que de cidades brasileiras, como mostra a Figura 2.4, esse tipo de sistema é muito utilizado em países da Europa, entretanto, em sua maioria, foram construídos antes do desenvolvimento e da utilização dos sistemas separadores. Uma vez que, mesmo com uma vazão pluvial baixa, comparando com o Brasil, o pico durante chuvas intensas pode alcançar valores centenas de vezes maiores que a vazão de esgoto dessas cidades durante o período seco, o que sobrecarrega os sistemas (TSUTIYA; BUENO, 2005).

Figura 2.4 – Comparação de intensidade de chuva em cidades europeias e brasileiras.



Fonte: Tsutiya e Bueno (2005).

Esse tipo de sistema foi implementado na cidade do Rio de Janeiro (1857), Buenos Aires, e em cidades da época do império, porém foram substituídas pelo sistema separador absoluto (FESTI, 2005).

Para Tsutiya e Alem Sobrinho (1999) alguns fatores que prejudicam e oneram consideravelmente o tratamento de esgotos devem ser levados em consideração em relação ao sistema de esgotamento unitário:

- O sistema exige investimentos elevados desde o início, devido às grandes dimensões das tubulações e obras complementares;
- As galerias pluviais da rede de drenagem, que em cidades brasileiras são construídas em 50% ou menos das vias, nesse sistema devem ser executadas em todas as ruas;
- O sistema não funciona de forma adequada em vias não pavimentadas, que são numerosas em muitas cidades brasileiras;
- Em função das dimensões, as obras são de difícil e demorada execução.

Além disso, para Von Sperling (1995), o sistema unitário não é utilizado no Brasil, devido aos seguintes motivos:

- O risco de refluxo do esgoto sanitário para as residências, devido às cheias;
- No período de chuvas, as estações de tratamento não conseguiriam tratar toda a vazão, assim, parte dos esgotos sanitários iriam direto ao corpo receptor diluídos nas águas pluviais, sem tratamento algum.
- Ocorrência de mau cheiro em bocas de lobo e outros pontos do sistema de drenagem, o que exige manutenção frequente e bocas de lobo sifonadas.
- E a ociosidade da capacidade das grandes tubulações utilizadas por esse sistema em períodos de seca.

O dimensionamento da rede coletora, nesse tipo de esgotamento, é feito em função das vazões de escoamento pluvial de períodos chuvosos e da vazão de águas residuárias. A vazão considerada no dimensionamento da ETE leva em conta a vazão sanitária, usualmente adotada como 180L/hab.dia e um fator adimensional que insere a vazão inicial de águas pluviais encaminhadas à ETE, denominada *first flush* (VON SPERLING, 1995).

De acordo com Benetti e Gehling (2004), o *first flush*, ou primeira lavagem, é um acréscimo na concentração de sólidos suspensos e outros poluentes nas águas residuárias nos primeiros períodos de chuvas intensas. Isso ocorre devido ao escoamento de resíduos nas superfícies urbanas e no interior dos condutos ocasionados pela água das chuvas. Além da intensidade da chuva, eram considerados alguns fatores para seu dimensionamento, como a frequência de limpeza das ruas e a declividade dos condutos.

Bernades e Soares (2004), também definiram a vazão característica do sistema unitário para dimensionamento de condutos, como a soma da vazão de águas pluviais e a parcela de esgotos sanitários.

2.2.2. Sistema Separador Parcial

Sistema de esgotamento no qual parte das águas pluviais, oriundos de pátios e telhados das edificações, são transportadas junto às águas residuárias e as águas de infiltração do subsolo em um só sistema de coleta e transporte de esgotos (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 1999). Segundo Festi (2005), o sistema é composto por redes próprias de coleta e transporte, porém sendo permitido o lançamento das águas pluviais na rede coletora de esgoto.

Segundo o Manual de Saneamento (2006), da Fundação Nacional de Saúde, a coleta dessa parcela de águas pluviais varia de um país para outro. Enquanto em alguns países é coletado

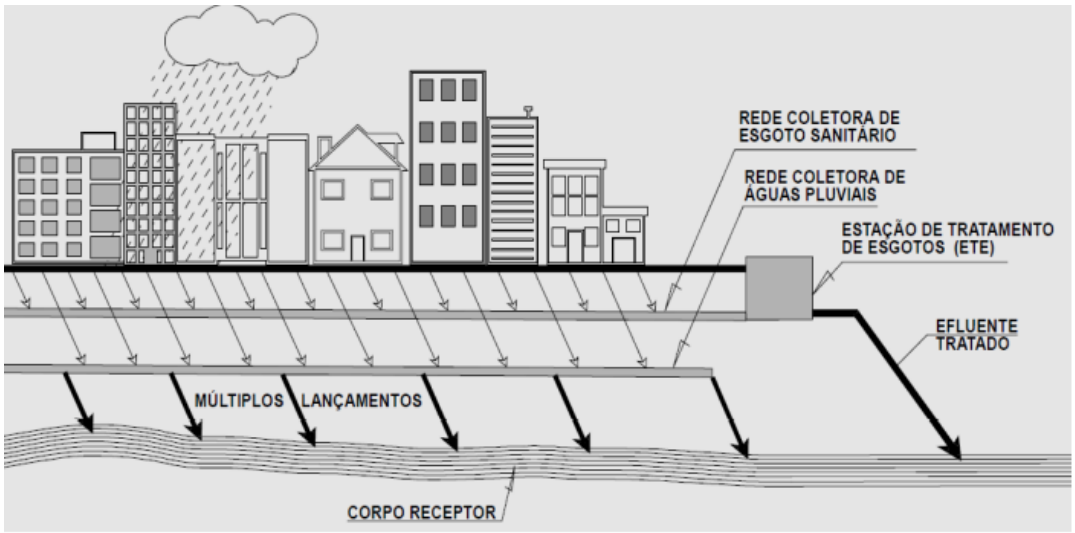
apenas as águas dos telhados, em outros, um dispositivo é instalado nas bocas de lobo para que sejam coletadas as águas das chuvas mínimas e limita a contribuição das chuvas de grande intensidade.

O sistema separador parcial tem como vantagem a possibilidade de instalação de tubulações de diâmetros menores em relação ao sistema unitário, entretanto, ainda há grande variação sazonal de vazões, causando assim os mesmos problemas de dimensionamento das partes do sistema.

2.2.3. Sistema Separador Absoluto

No sistema de esgotamento do tipo separador absoluto, segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (1999) as águas residuárias (domésticas e industriais) e pluviais são coletadas por sistemas diferentes, como mostra o esquema da Figura 2.5 as águas pluviais são transportadas por um sistema de drenagem independente. Assim, nesse tipo de sistema as contribuições indevidas de águas pluviais na rede de esgoto não são levadas em conta no dimensionamento do sistema de esgotamento sanitário em todas suas etapas.

Figura 2.5 – Sistema separador absoluto.



Fonte: BARROS et al, 1995.

A rede do sistema separador absoluto é dimensionada levando em conta apenas as vazões sanitárias, que é constituída da vazão de esgoto e certa parcela de infiltração freática que é estimada de acordo com índices locais (REDA et al, 2006). No Brasil, segundo Paiva (2018), desde 1912 recomenda-se a adoção do sistema separador absoluto nos sistemas de esgotamentos brasileiros, atualmente a recomendação é feita através da NBR 9649 da ABNT (1986).

Segundo Azevedo Netto et al (1973), algumas das vantagens reconhecidas do sistema separador absoluto são:

- Menor custo, já que utilizada tubos de diâmetros menores, de fabricação industrial;
- Mais flexível para a execução em etapas, podendo a rede sanitária ser priorizada;
- Reduz o custo da rede de drenagem de águas pluviais, uma vez que permite o seu lançamento no curso de água mais próximo, sem a necessidade de tratamento;
- Não é condicionado à pavimentação das vias;
- Não exige a construção de galerias pluviais em todas as ruas da cidade;
- E também não prejudica o tratamento de esgotos sanitários.

Porém, para a eficiência desse tipo de sistema de esgotamento se torna necessária um tipo de fiscalização, a fim de evitar que a água pluvial, principalmente proveniente de pátios e telhados de edificações, sejam encaminhadas à rede de esgoto junto às águas residuárias. E como no Brasil toda a rede de esgotamento sanitário, incluindo a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), é projetada para tratar somente esgoto sanitário, a interferência de águas pluviais pode prejudicar o tratamento e a qualidade do sistema.

2.2.3.1. Dimensionamento de um Sistema Separador Absoluto

Na concepção de um sistema de esgoto devem ser abordadas as seguintes partes (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2000):

- Rede coletora: tubulações que coletam e transportam os esgotos das edificações, as quais são ligadas à rede através do coletor predial. É composta por coletores tronco e secundários, sendo que os últimos são os que recebem ligações de coletores prediais. Enquanto o coletor tronco é o principal da bacia, recebendo contribuições dos coletores secundários;
- Interceptor: recebe vazão da rede coletora ao longo do seu comprimento. Não recebe ligações prediais;
- Emissário: apenas encaminha os efluentes ao destino final, seja ele uma ETE ou um corpo receptor;

- Sifão invertido: sistema hidráulico proposto a transpor obstáculos, funcionando sob pressão;
- Corpo de água receptor: corpo hídrico onde se lançam os esgotos;
- Estação elevatória de esgoto (EEE): instalações concebidas para transportar os esgotos de uma cota mais baixa para uma outra mais alta, através de uma linha de recalque;
- Estação de tratamento de esgoto (ETE): sistema de instalações que tem como objetivo a depuração dos esgotos, antes do seu lançamento ao corpo receptor.

O sistema deve ser projetado para funcionar como conduto livre. Com exceção dos sifões invertidos e linha de recalque de estações elevatórias, que funcionam como condutos forçados.

No projeto do sistema é de extrema importância a estimativa de vazões, principalmente as vazões médias (Equação 2.1) e máximas (Equação 2.2).

$$Q_{med} = C\frac{P\ \ q}{86400} + \ q_I L \tag{3.1}$$

$$Q_{máx} = C\frac{P\ \ q\ K_1\ K_2}{86400} + \ q_I L \tag{3.1}$$

Onde: Q_{med} é a vazão média de esgotos, em L/s; $Q_{máx}$ é a vazão máxima de esgotos, em L/s; C é o coeficiente de retorno de águas servida; P é a população a ser esgotada, em habitantes; q é o consumo *per capita* de água, em L/hab.dia; K_1 é o coeficiente de máxima contribuição diária; K_2 é o coeficiente de máxima contribuição horária; q_I é a taxa de infiltração dos coletores, em L/s.m; e L é a extensão total dos coletores, em metros.

Na falta de dados locais comprovados por pesquisas, a NBR 9649 da ABNT, adota alguns valores para os coeficientes: C = 0,80; K_1 = 1,2; K_2 = 1,5; e q_I variando de 0,0005 a 0,0010 l/s.m.

Segundo Mendonça (1990), a vazão de águas pluviais, que normalmente é encaminhada de forma indevida aos coletores prediais, pode ser acrescentada também às vazões médias e máximas. Porém essa vazão é muito difícil de ser estimada.

2.3. CONTRIBUIÇÕES INDEVIDAS NA REDE DE ESGOTO

Reda et al. (2006) mostra que interferências de águas pluviais tem causado interferências negativas nos sistemas de esgotamento sanitário, alterando a vazão, a concentração de poluentes, e outros problemas, fatores esses que atrapalham os processos de afastamento e tratamento das águas residuárias, prejudicando a qualidade do efluente que deságua no corpo receptor.

Seja qual for o tipo de esgotamento adotado, haverá contribuições de águas pluviais na rede, o que, quando não previstas em projeto, podem gerar problemas operacionais e de tratamento (SANTOS, 2013).

Estudos mostram que essa influência no sistema pode ser extremamente variável, com taxas de contribuição em relação a vazão máxima que vão de 26 a 283%, e taxa de infiltração que variam de 0,15 a 12 L/s.km. (TSUTIYA; BUENO, 2005). Enquanto a NBR 12207 da ABNT, de 2016, recomenda o limite máximo de 6 L/s.km para contribuição parasitária de águas pluviais em obras de interceptores, quando não houver medição local. Sendo assim, é notável que a interferência de águas pluviais pode causar danos ao sistema de esgotamento e à qualidade do efluente tratado.

Segundo Santos (2013), mesmo que os sistemas brasileiros tenham sido projetados e dimensionados para funcionarem como um sistema separador absoluto, ocorre a contribuição indevida de águas pluviais no sistema de esgotamento, bem como o inverso, a interferência de esgoto doméstico na rede pluvial urbana, alterando os parâmetros de qualidade e quantidade de ambos os sistemas. O mesmo sugere que isso ocorre pela falta de fiscalização adequada, bem como pelo crescimento acelerado e desordenado do meio urbano.

Santos (2013), concluiu em seu estudo que a interferência de águas parasitárias de chuva, ocorrem principalmente por ligações clandestinas, defeitos nas peças e tubulações, falta de manutenção preventiva e severidade nas fiscalizações, acarretando em extravasamentos frequentes, nos quais a vazão excedente é levada ao corpo receptor sem nenhum tipo de tratamento, causando impactos negativos ao meio ambiente.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

Este capítulo trata da caracterização da área estudada e dos métodos e dados utilizados para alcançar os resultados esperados. Todos os cálculos estatísticos serão realizados com o auxílio do *software* Excel, de forma que facilite a comparação e análise dos mesmos.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada realizada com os dados da Estação de Tratamento de Esgotos – ETE Lages, situada em Aparecida de Goiânia, Goiás, e operada por uma subdelegatária da Saneamento de Goiás S. A. (SANEAGO). A cidade de Aparecida de Goiânia faz parte da microrregião de Goiânia, capital do Estado, sendo a sua região central 18 km afastada pela rodovia BR 153, principal via de acesso. A sede do município tem como coordenadas geográficas 16° 49’ 19’’ de Latitude Sul, 49° 14’ 42’’ de Longitude Oeste e 808 metros de altitude.

A população do município, segundo o IBGE (2010), era de 455.657 pessoas em 2010 sendo estimada em 601.844 para 2021. É a segunda cidade mais populosa do Estado e a 44ª do país. A cidade tem uma estimativa de 53% da população beneficiada por serviços de esgoto em junho de 2021, sendo a taxa de universalização, taxa que compara a população atendida por esgoto em relação à atendida por água tratada, de 70%.

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Aw, ou seja, quente e semiúmido com estação seca bem definida, de maio a setembro, com um verão muito mais chuvoso que o inverno. Tem temperatura média anual de 23,6°C, com médias mínimas e máximas de 19,0°C e 28,8°C, e precipitação média anual aproximada de 1300 mm (Pimenta, 2008).

3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

O Sistema de Esgotos de Aparecida de Goiânia é definido segundo cinco bacias de esgotamento, englobadas atualmente por dois sistemas: o Lages e o Santo Antônio. O Sistema Lages contempla unicamente a bacia Lages, enquanto o Sistema Santo Antônio abrange as bacias Almeida, Tamanduá e Santo Antônio.

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Lages se localiza na margem direita do Ribeirão das Lages, à esquerda da BR-153, no sentido Aparecida de Goiânia para Hidrolândia, a cerca de 2 km da confluência do Ribeirão das Lages com o Córrego Pedra Branca, no município de Hidrolândia, a Figura 3.1 mostra a localização da ETE.

Figura 3.1 – Localização da ETE Lages.

Fonte: ROCHA, 2009.

A ETE Lages teve o início de sua operação em 2002, com capacidade instalada igual a 70Ll/s. Atualmente a unidade recebe uma vazão média anual de 46 L/s. O tratamento dos esgotos é de nível secundário, possui um sistema preliminar, mostrado parcialmente na Figura 3.2, composto por gradeamento e desarenador ciclônico com *air lift* e classificador de areia, seguido de um sistema secundário composto por um reator tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge* Blanket), também conhecido como RAFA (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente), mostrado na Figura 3.3, com capacidade volumétrica interna de 2.000 m³, seguido de dois módulos de Lagoas Facultativas operando em paralelo, sendo cada módulo composto por duas lagoas, como é possível ver na Figura 3.4.

Figura 3.2 – Vista parcial do sistema de tratamento preliminar da ETE Lages.

Fonte: Autor, 2021.

Figura 3.3 – Vista dos reatores UASB da ETE Lages.

Fonte: Autor, 2021.

Figura 3.4 – Vista aérea da ETE Lages.

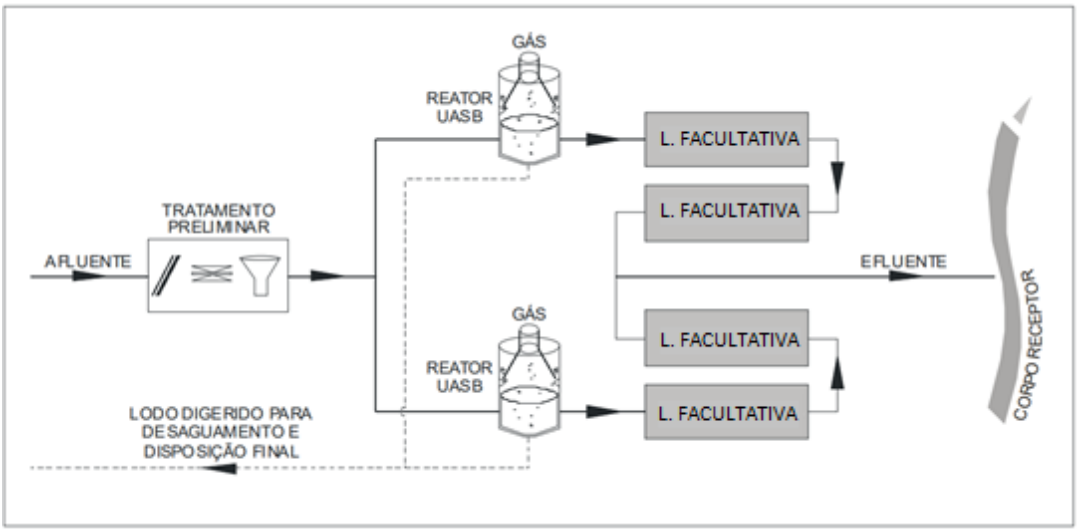
Fonte: Empresa responsável pela ETE, 2019.

O processo de desaguamento de lodo proveniente do Reator UASB/RAFA ocorre em leitos de secagem de lodo; a ETE conta com 18 células de leitos, mostrados na Figura 3.5. O sistema tem como corpo receptor do efluente tratado o Córrego Lages. A Figura 3.6 esquematiza todo o processo de tratamento de esgotos da estação.

Figura 3.5 – Vista dos leitos de secagem de lodo da ETE Lages.

Fonte: Autor, 2021.

Figura 3.6 – Representação esquemática das unidades de tratamento que compõem a ETE Lages.



Fonte: ROCHA, 2009.

Os esgotos coletados são em sua maioria domésticos, por não existirem atividades industriais na área contribuinte da bacia. De acordo com o memorial descritivo da Senha Engenharia, projetista desta ETE, estas unidades foram projetadas para tratar uma vazão média de 70 L/s e vazão máxima horária de 140 L/s.

3.3. COLETA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS E DE VAZÃO AFLUENTE

A coleta de dados teve início a partir da obtenção dos índices pluviométricos da região de estudo. Foram considerados os dados fornecidos por uma estação pluviométrica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada em Goiânia, nas coordenadas 16°38’34’’ de Latitude Sul e 49°13’12’’ de Longitude Oeste, a 24 km da ETE Lages. Os eventos de chuva serão classificados em períodos secos e chuvoso, conforme método utilizado por Metcalf e Eddy (1991 *apud* PAIVA et al, 2018).

Essa metodologia foi utilizada por ser um procedimento usualmente escolhido em diversas pesquisas similares realizadas no Brasil, como por exemplo Paiva *et al.* (2018), Festi (2006) e Ribeiro *et al*. (2003). Ela é necessária para que seja possível determinar a vazão média na área de estudo em duas situações, no tempo seco e no tempo chuvoso, a partir dos dados pluviométricos (TSUTYIA; BUENO, 2004). Metcalf e Eddy (1991 *apud* PAIVA et al, 2018) criaram uma classificação diária, dividindo em 4 possíveis eventos: dias chuvosos significativos, chuvosos não-significativos, úmidos e secos de acordo com a pluviometria registrada, como indica a Tabela 3.1.

Quadro 3.1 – Classificação de eventos de chuva segundo Metcalf e Eddy (1991 *apud* PAIVA et al, 2018).

Evento	Simbologia	Descrição
Chuvoso	C	Precipitação total diária superior a 10 mm.
Úmido	U	Dois dias subsequentes à ocorrência de qualquer evento chuvoso.
Chuvoso não-significativo	N	Precipitação total diária igual ou inferior a 10 mm.
Seco	S	Precipitação total diária igual ou inferior a 4 mm.

Já os dados de vazões afluentes à ETE Lages serão obtidas junto à empresa responsável pela ETE, através dos registros diários disponíveis. Os dados são registrados por um transmissor de nível ultrassônico, modelo *EasyTrek Nivetec*, instalado no tratamento preliminar da estação de tratamento, mostrado na Figura 3.7, e coletados pela equipe operacional à partir do controlador multiparâmetros modelo *MultiCont*.

Ambos os dados serão coletados em relação aos mesmos períodos, compreendidos entre 2014 e 2021. Em seguida, após tratados, será realizada uma associação entre os eventos de chuva registrados pela estação pluviométrica e os dados de vazão registrados na ETE.

3.4. CONTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA VAZÃO DA ETE LAGES

Para estimar a contribuição pluviométrica na vazão da ETE foi considerado o método de Tsutiya e Bueno (2004), que propõe que a contribuição pluviométrica pode ser obtida através da subtração das vazões médias obtidas no tempo chuvoso com as vazões decorrentes do tempo seco, conforme Equação 3.1 abaixo.

$$\bar{Q}cp = \bar{Q}c - \bar{Q}s \tag{3.1}$$

Onde: $\bar{Q}cp$ é a vazão média de contribuição pluviométrica na ETE, em L/s; $\bar{Q}c$ é a vazão média de dias chuvosos na estação de tratamento de esgoto, em L/s; e $\bar{Q}s$ a vazão média de dias secos na estação de tratamento de esgoto, em L/s.

Assim, a partir da Equação 3.1, os dados serão correlacionados para que seja possível calcular o percentual da contribuição pluviométrica em relação a vazão de tempo seco, pela

Equação 3.2, a taxa de contribuição pluvial por km de rede coletora, por meio da Equação 3.3, a taxa de contribuição pluvial por ligação predial ativa na rede coletora, através da Equação 3.4, e o coeficiente de variação de vazão, pela Equação 3.5.

$$Qcp\% = \frac{\bar{Q}cp}{\bar{Q}s}\ x\ 100 \tag{3.2}$$

$$Tcp_1 = \frac{\bar{Q}cp}{L} \tag{3.3}$$

$$Tcp_2 = \frac{\bar{Q}cp}{N°\ de\ Ligações} \tag{3.4}$$

Onde: $\bar{Q}cp\%$ é o valor percentual da contribuição pluviométrica em relação a vazão de tempo seco, em porcentagem; Tcp_1 é a taxa de contribuição pluvial por km de rede coletora, em L/s.km; Tcp_2 é a taxa de contribuição pluvial por ligação predial ativa na rede coletora, em L/s.ligação; e L a extensão da rede coletora, em km;

3.5. AUMENTO DA CONTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA

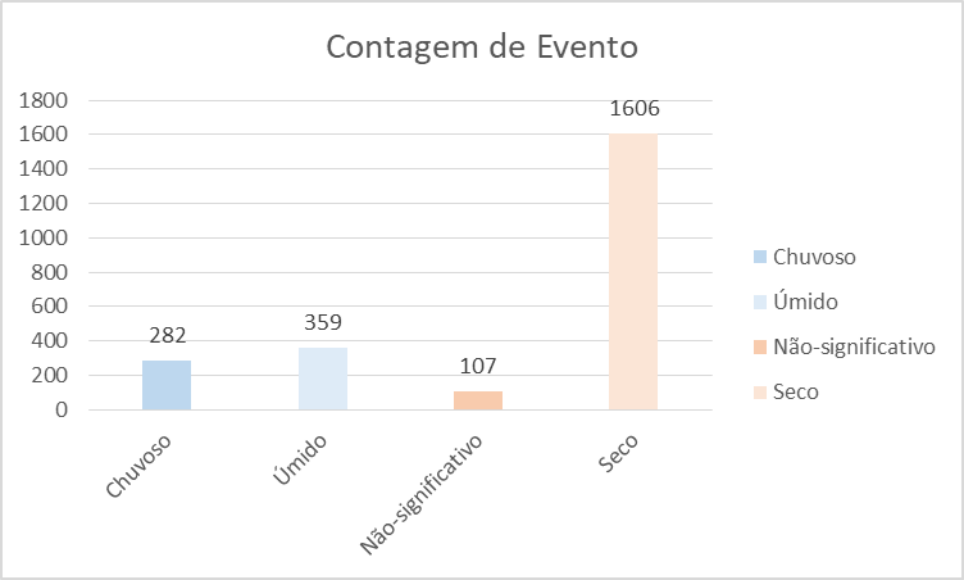
Através das vazões médias anuais de contribuição pluvial é possível verificar por meio de seu coeficiente angular o quanto a mesma vem aumentando com o passar dos anos. Além disso, com os dados de taxas de contribuição pluvial por extensão de rede e por número de ligações será possível calcular uma estimativa dessa contribuição para os próximos anos, utilizando os dados de obras previstas pela empresa responsável pela ETE, que aumentará as extensões de rede coletora, bem como o número de ligações ativas.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

A partir dos dados pluviométricos do período de estudos, foi realizada uma classificação diária com base na metodologia utilizada de Metcalf e Eddy, resumida anteriormente no Quadro 3.1. Foram classificados os dias compreendidos no período entre novembro de 2013 e março de 2021 baseados em seus índices pluviométricos, foram excluídos dias em que por alguma falha não foram coletados dados pluviométricos ou de vazão da ETE. A Figura 4.1 apresenta o levantamento quantitativo de cada um dos eventos pluviométricos.

Figura 4.1 – Contagem de eventos diários de chuva no período estudado.

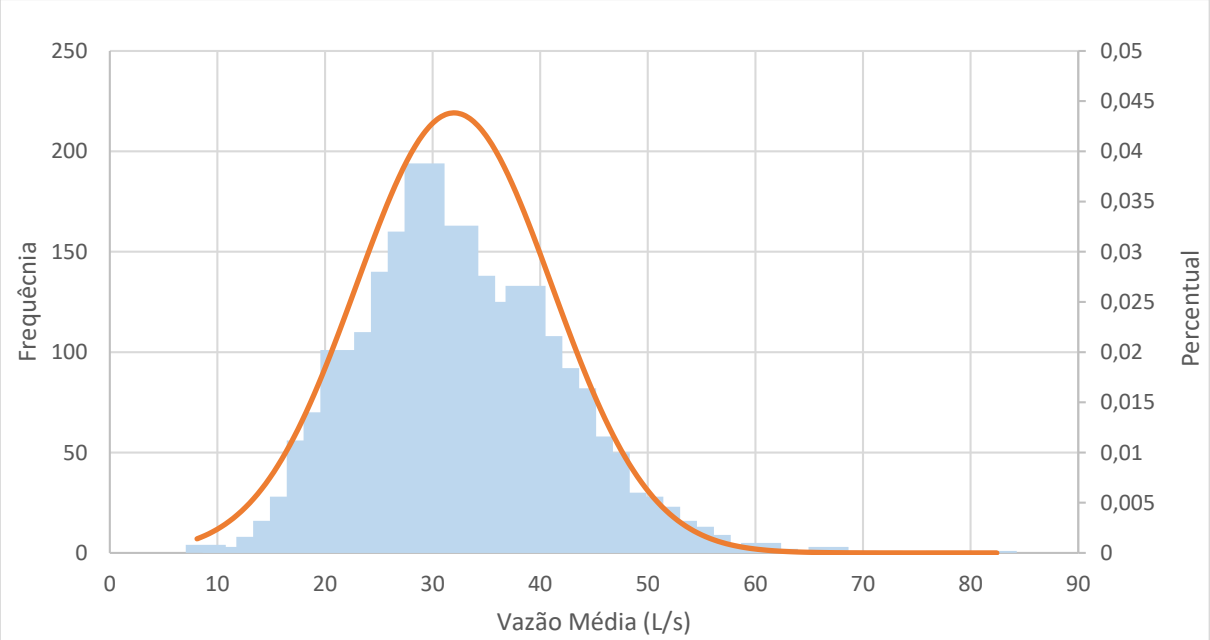


O período compreende 2708 dias e foram desconsiderados 354 destes por falta de dados, representando aproximadamente 13,1% dos dados. Sendo assim, foram estudados 2385 dias tendo sido 12,0% deles classificados como dias chuvosos, em que houve precipitação acumulada maior que 10 mm, e 68,2% como dias secos, que não houve precipitação ou uma precipitação acumulada menor que 4 mm. Tendo sido ainda, a maior precipitação acumulada no período de 131,4 mm, registrada no dia 12/02/2021.

Os dados de eventos diários foram correlacionados ainda à vazão média diária, atualmente coletada na estação de tratamento 12 vezes ao dia, entre as 07:30 da manhã e as 18:30 da noite. A estação de tratamento apresentou, no período estudado, vazão média de 32,20 L/s e

um desvio padrão de 9,36. A vazão média máxima registrada foi de 94,25 L/s, registrada em um dia úmido, e a mínima de 7,36 L/s, registrada em um dia seco. A Figura 4.1 mostra um histograma de frequência para cada faixa de vazões, além da curva de distribuição normal.

Figura 4.2 – Histograma de frequência das vazões médias e curva de distribuição normal.



4.2. CONTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA VAZÃO DA ETE

De acordo com as equações apresentadas anteriormente, foram calculadas a vazão média de contribuição de águas pluviais na vazão afluente à ETE e o seu percentual em comparação à vazão média do tempo seco, as taxas de contribuição pluviométrica por km de rede coletora e por ligações domiciliares ativas e o coeficiente de variação da vazão. Para o cálculo foram considerados 226,42 km de rede coletora atendidos pela ETE Lages e 18.233 ligações domiciliares ativas, os dados foram fornecidos pela empresa responsável pela ETE. Os índices de contribuição pluviométrica calculados são resumidos no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Índices de contribuição pluviométrica calculados.

Índice	Valor	Unidade
$\bar{Q}cp$	2,68	L/s
$Qcp\%$	8,51	%
Tcp_1	0,012	L/s.km
Tcp_2	0,00015	L/s.ligação

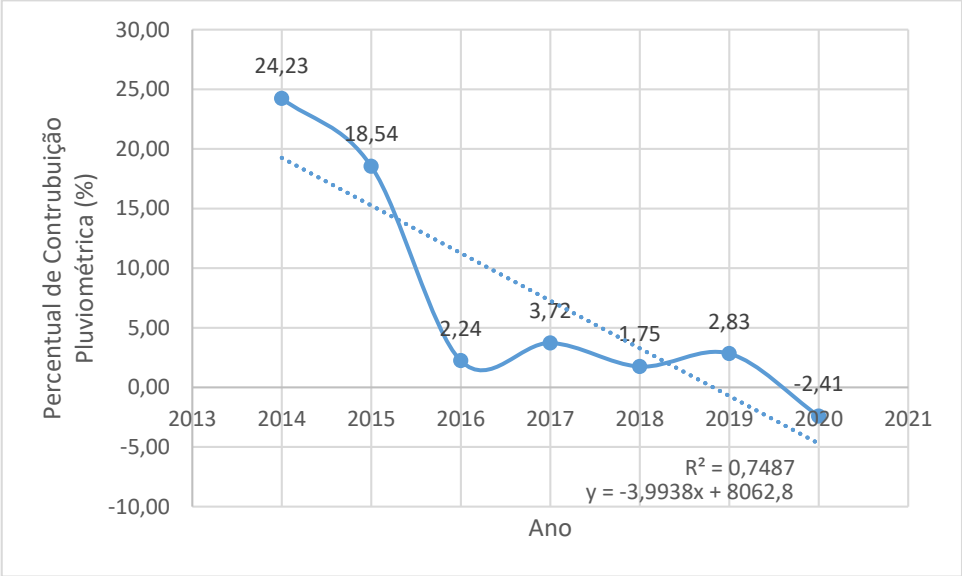
Com base nos dados calculados, é possível inferir que as águas pluviais causam, em média, o aumento de 8,51% da vazão afluente de esgoto sanitário na ETE Lages, que equivale a cerca de 2,68 L/s. Vazão essa que representa uma taxa média de 0,012 L/s por km de rede coletora e 0,00015 L/s por ligação domiciliar ativa na rede. No entanto, em uma análise dos parâmetros calculados durante todo o período estudado, observa-se vazões médias diárias até 157,67% maiores que a média de 31,99 L/s observada no período.

Considerando a capacidade instalada da estação de tratamento de 70 L/s e a última vazão anual média calculada de 40,46 L/s em 2020, pode-se considerar que a ETE suporta um aumento de 73,01% de contribuição na rede coletora da bacia Lages. Aumento esse que ao se considerar as taxas de contribuição por km de rede e por ligação ativa, significa dizer que a estação de tratamento suporta um aumento de 165,31 km em sua extensão ou de mais 13,31 mil ligações domiciliares.

4.3. VARIAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA ENTRE 2014 E 2020

Após calculados os índices de contribuição pluviométrica foi analisada a flutuação do percentual de contribuição pluviométrica ao longo dos anos, foram considerados apenas os anos completos em que se há dados consolidados, assim, foram considerados os dados de 2014 a 2020, a Figura 4.3 mostra essa flutuação.

Figura 4.3 – Variação do percentual de contribuição pluviométrica entre 2014 e 2020.



Analisando os dados, verifica-se que houve uma diminuição do percentual de contribuição pluviométrica ao longo dos anos. Em 2014 e 2015, as águas pluviais aumentaram consideravelmente a vazão afluente à ETE. Contudo, nos anos seguintes o percentual se manteve entre 1 e 3%, chegando, em 2021 a uma vazão 2,4% menor nos dias chuvosos.

Observa-se ainda, que há uma relação linear de diminuição do percentual de contribuição pluviométrica ao longo dos anos. Essa relação tem coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,7487, que significa que 74,87% da variável dependente (y) consegue ser explicada pelos regressores presentes na Equação 4.1, apresentada abaixo. Porém, apesar da diminuição do percentual, não é possível afirmar que será cada vez menor, sendo sua variação negativa resultado da inconstância diária de vazão na estação de tratamento.

$$y = -3{,}9938x + 8062{,}8 \tag{4.1}$$

Além disso, foram comparados histogramas de vazões horárias de diferentes dias. Para que não houvesse grandes divergências nas vazões registradas, foram consideradas as vazões de domingos, o dia da semana que apresenta o comportamento mais regular, devido à permanência da maioria da população em suas residências. E ainda, para uma melhor comparação, foram considerados domingos de um mesmo mês. O mês caracterizado foi janeiro, por ser um mês chuvoso em Aparecida de Goiânia, e assim ser possível comparar dias chuvosos e secos de um mesmo mês.

As Figuras 4.4, 4.5 e 4.6, mostram a vazão horária de domingos secos, em curvas laranjas, e a vazão horária de domingos chuvosos, em azul, nos meses de janeiro de 2019, 2020 e 2021. Houve acesso aos dados horários de vazão da ETE Lages apenas a partir do segundo semestre de 2018, por isso foram comparados apenas anos mais recentes.

Figura 4.4 – Comparação da vazão afluente à ETE Lages de dois domingos de 2019.

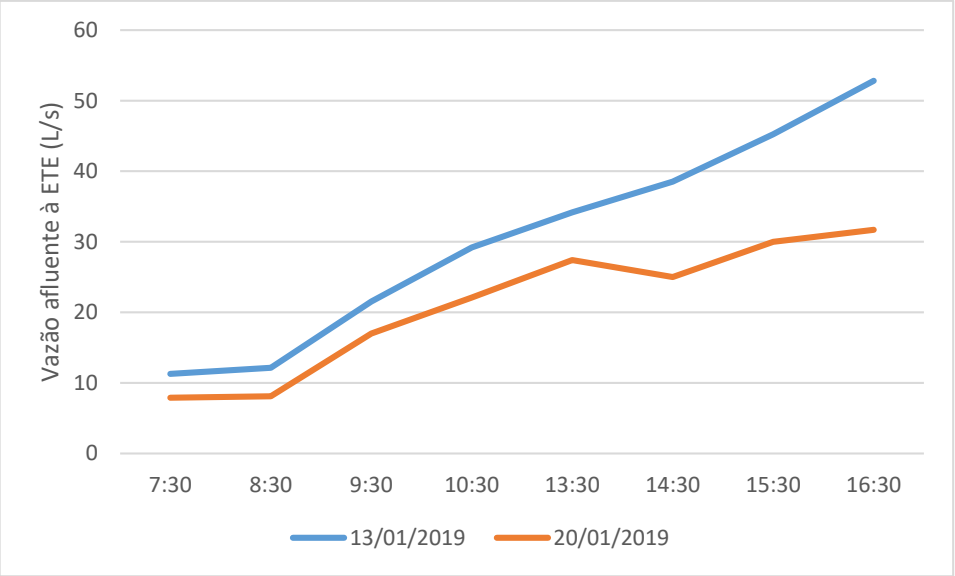


Figura 4.5 – Comparação da vazão afluente à ETE Lages de dois domingos de 2020.

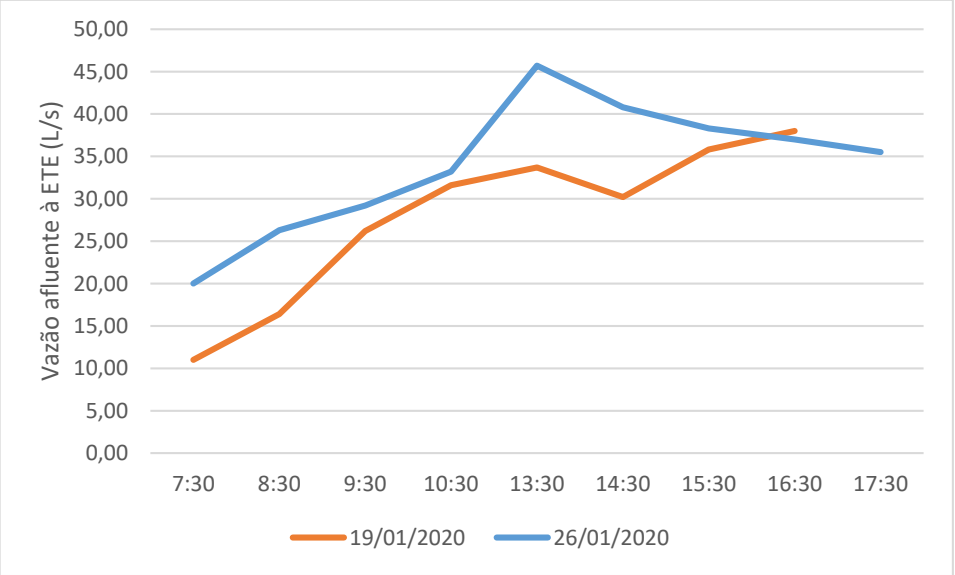
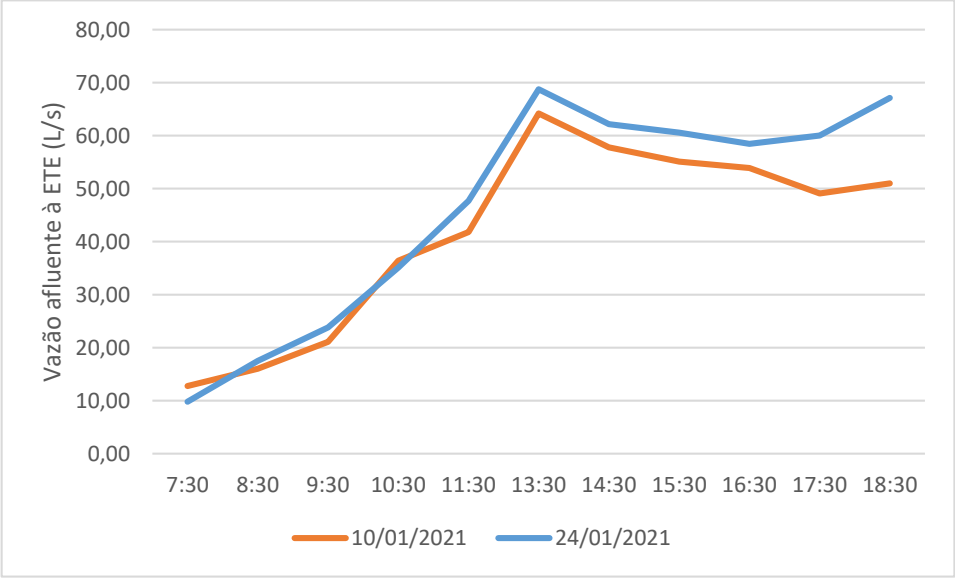


Figura 4.6 – Comparação da vazão afluente à ETE Lages de dois domingos de 2021

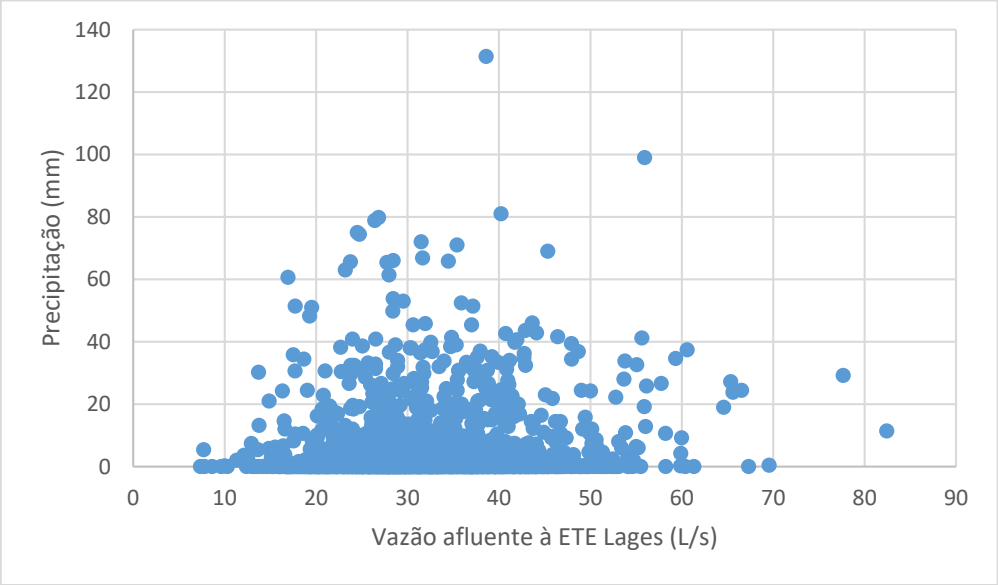


Os gráficos comparativos permitem-se ainda validar a análise de variação da taxa de contribuição pluviométrica, a partir da diminuição da contribuição de águas pluviais na vazão afluente à ETE Lages, as curvas de vazão horária estão a cada ano mais próximas e com picos menores.

4.4. RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E A VAZÃO AFLUENTE À ETE

Foram correlacionados através de um gráfico, apresentado na Figura 4.7 abaixo, a precipitação diária e a vazão média diária afluente à estação de tratamento de esgoto registrados no período estudado. Observa-se que parte dos dados apresenta uma correlação linear.

Figura 4.7 – Correlação entre a precipitação e a vazão afluente à ETE Lages.



Contudo, é possível notar que outra parte dos dados não apresentou uma relação linear, registrando vazões acima da média em dias com baixa ou nenhuma precipitação. Uma possível causa dessa não relação entre a pluviometria e a vazão média diária da estação de tratamento é a distância de 24 km entre a estação pluviométrica automática mais próxima à ETE, o que possibilita a ocorrência de precipitações na bacia da estação de tratamento que não foram registradas na estação pluviométrica. Ainda, uma outra possibilidade, é a média diária de vazões ter sido calculada considerando as coleta diurna de dados, sendo assim, parte da influência das precipitações que ocorreram no período noturno não foram levadas em conta.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

O estudo da contribuição indevida de águas pluviais na vazão de esgoto afluente à estações de tratamento demonstra grande relevância, uma vez que ligações clandestinas no sistema coletor de esgoto do país mostra ser um problema na maior parte dos estudos realizados no Brasil, trazendo perdas significadas à qualidade da operação dos sistemas, interferindo nas condições físicas e biológicas do tratamento.

A análise dos dados e a comparação dos histogramas permitiram que se comparasse as vazões da estação de tratamento em dias secos e chuvosos, que tiveram, em média, vazões de 31,45 L/s e 34,13 L/s, respectivamente. Também foram comparadas as vazões máximas de cada evento pluviométrico, sendo de 82,43 L/s em dias chuvosos e 69,55 L/s em dias secos. Essas comparações entre as vazões registradas permitiram confirmar um pequeno aumento de vazão em dias chuvosos na ETE Lages.

Porém, os resultados mostraram índices satisfatórios de contribuição pluviométrica na estação de tratamento estudada, com índices médios de 2,68 L/s, consistindo em uma taxa de aumento de 8,51% e picos 18,51% maiores, que são aumentos não tão significativos e que estão diminuindo ao longo dos anos. O que indica uma diminuição no número de ligações clandestinas e danos físicos que possibilitam a entrada de água da chuva na rede coletora da bacia estudada, principalmente a partir de 2016, possivelmente causadas por um aumento tanto no trabalho de manutenção de redes, que hoje conta com equipamentos modernos para inspeção estruturais da rede, quanto no atendimento de registros de irregularidades.

Além, da conscientização da população por meio de frequentes campanhas que orientam quanto ao lançamento de águas de chuvas na rede coletora de esgoto, divulgadas pela empresa responsável pela ETE e pela SANEAGO através de cartilhas, *outdoors* e campanhas através da televisão, redes sociais e sites das empresas.

A partir dos dados analisados, conclui-se que há um aumento da contribuição de esgoto afluente à ETE Lages nos dias chuvosos que, entretanto, desde 2016 representa no máximo 4% da vazão observada em dias secos. Mostrando que o sistema de esgotamento sanitário da ETE Lages de Aparecida de Goiânia, Goiás, projetado para funcionar como separador absoluto está, atualmente, trabalhando próximo da forma como foi dimensionado.

Além disso, o estudo mostrou que a ETE suporta uma aumento de 73,01% na extensão da sua rede coletora atendida ou do número de ligações ativas. Um resultado também satisfatório, uma vez que, como citado anteriormente, a cidade de Aparecida de Goiânia (GO) apresentava em junho de 2021 um índice de 53% dos domicílios atendidos com sistema de esgotamento sanitário.

Então, ressalta-se a importância do trabalho que vem sendo realizado para mitigação da interferência de águas pluviais no esgotamento sanitário, mostrando que a partir de métodos eficazes, como o uso de tecnologias para inspeção da rede, fiscalização em obras de construção civil, políticas para controle de irregularidades e campanhas de educação ambiental, é possível diminuir contribuições indevidas, melhorando a qualidade do tratamento e prolongando a vida útil dos sistemas projetados para funcionarem como sistemas separadores absolutos.

Por fim, sugere-se que sejam realizados outros trabalhos mais complexos, que permitam a coleta de dados pluviométricos mais próximos à estação de tratamento estudada, além da coleta de dados de vazão por 24 horas, a fim de se analisar picos durante precipitações noturnas. Além disso, sugere-se também estudos similares na ETE Santo Antônio, com o intuito de se obter um diagnóstico completo acerca da contribuição pluviométrica na cidade de Aparecida de Goiânia (GO).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR-9649, Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. 1986, 7p.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR-12207, Projeto de interceptores de esgoto sanitário.** 2016, 4p.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília, 2017.

AZEVEDO NETTO, J.M. de. (Coord.) **Sistemas de Esgotos Sanitários**. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, USP, CETESB. 1973, 418 p.

AZEVEDO NETTO, J. M. de; BOTELHO, MHC; GARCIA, M**. A Evolução dos Sistemas de Esgotos**. Rio de Janeiro: Engenharia Sanitária, v. 22, n. 2, p. 226-228, 1983.

AZEVEDO NETTO, J. M. de; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R. DE; ITO, A. E. **Manual de hidráulica**, v. 8a Ed., 669 p., 1998.

BENETTI, A. D.; GEHLING, G. R. **Sistema combinado de esgotos: possibilidades e limitações em sua utilização.** In: ASSEMBLÉIA DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS SERVIÇOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO, 34. 2004, Caxias do Sul, Anais..., Porto Alegre: IPH/UFRGS, 2004. p. 1-20.

BERNARDES, R. S.; SOARES, S. R. A. **Esgotos combinados e controle da poluição: estratégia para planejamento do tratamento da mistura de esgotos sanitários e águas pluviais.** Brasília, DF: CAIXA, 2004.

BRASIL. **Lei Federal Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: Outubro de 2021.

BRASIL. **Lei Federal Nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: Outubro de 2021.

BRASIL. **Manual de Saneamento**. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Brasília, 2006.

BRASIL. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico-2017**. IBGE, Rio de Janeiro, 2020. 124 p.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2020).** Ministério do Desenvolvimento Regional, Brasília, 2019.

BARROS, R. T. V. et al. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para Municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p.

FESTI, A.V. **Águas de chuva na rede de esgoto sanitário – suas origens, interferências e consequências**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Setembro, 2005.

FESTI, A. V**. Estimativa da infiltração e do afluxo devidos à precipitação na rede de esgoto sanitário em município de pequeno porte**. 2006.

HAMMER, M. J. **Sistemas de abastecimento de águas e esgotos.** Tradução de Sérgio A. S. Almeida. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

LEAL, F. C. T. Juiz de Fora. 2008. **Sistemas de saneamento ambiental. Faculdade de Engenharia da UFJF**. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Curso de Especialização em análise Ambiental. 4 ed. 2008. Notas de Aula.

MENDONÇA, S. R.; CEBALOS, B. S. de O. **Lagoas de estabilização e aeradas mecanicamente: novos conceitos**. João Pessoa, S. Rolim Mendonça, 1990.

PAIVA, M. A. de; BRACARENSE, D. C.; SOUSA, W. da S. V. de. **Avaliação do impacto da água de chuva na vazão afluente em uma estação de tratamento de esgoto da cidade de Palmas (TO).** Encontro Técnico AESABESP – 29º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. São Paulo, 2018.

PAIVA, M. A. **Avaliação do impacto da água de chuva na vazão afluente à ete norte na cidade de palmas (to)**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, Tocantins, 2018. Disponível em: <http://ulbra-to.br/bibliotecadigital/publico/home/documento/538>. Acesso em: 28 out. 2021

PIMENTA, S. M. et al. **Avaliação Físico-Química da Qualidade da água na bacia hidrográfica do Santo Antônio: Aparecida de Goiânia/GO**. 2008.

REDA, A. L. L.; PACHECO, C. V.; GIROLDO, F. Z. **Gestão de qualidade da água em sistema fluvial durante tormenta - Parte II: significância da simulação dinâmica em rios tropicais**. In: Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, 13. 6–8 nov. 2006, Bauru. Anais... Bauru: UNESP, 2006. 12p

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, páginas 144-155, 2018.

ROCHA, A. L. C. L. et al. **Higienização de lodo anaeróbio de esgoto por meio alcalino estudo de caso da ETE Lages Aparecida de Goiânia-GO**. 2009.

SANTOS, Q. R. **Avaliação da influência da precipitação na rede de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto.** Feira de Santana, 2013. p. 76.

TSUTIYA, M. T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. Esgoto Sanitário.** Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1999

TSUTIYA, M. T.; BUENO, R. C. R. **Contribuição de Águas Pluviais em Sistemas de Esgoto Sanitário no Estado de São Paulo**. In: 23° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, anais, Campo Grande, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Volume 1**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG. Belo Horizonte, 1995.