



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANALIZA CRISTINA FAGUNDES LEITE

**REDUÇÃO DO CUSTO OPERACIONAL EM PROCESSOS DE DESOBSTRUÇÃO
DE SISTEMAS SANITÁRIOS UTILIZANDO REUSO DE EFLUENTES DE
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO**

Recife

2022

ANALIZA CRISTINA FAGUNDES LEITE

**REDUÇÃO DO CUSTO OPERACIONAL EM PROCESSOS DE DESOBSTRUÇÃO
DE SISTEMAS SANITÁRIOS UTILIZANDO REUSO DE EFLUENTES DE
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva

Recife

2022

Catálogo na fonte
Bibliotecário Gabriel Luz CRB-4 / 2222

- L533r Leite, Analiza Cristina Fagundes.
Redução do custo operacional em processos de desobstrução de sistemas sanitários utilizando reuso de efluentes de estação de tratamento de esgoto sanitário / Analiza Cristina Fagundes. 2022.
70 f.; figs., tabs., abrev. e siglas.
- Orientador: Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Recife, 2022.
Inclui referências.
1. Engenharia civil. 2. Estação de tratamento de esgoto. 3. Reuso de efluente. 4. Desobstrução. 5. Custo operacional. I. Paiva, Anderson Luiz Ribeiro (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG / 2022-275

ANALIZA CRISTINA FAGUNDES LEITE

**REDUÇÃO DO CUSTO OPERACIONAL EM PROCESSOS DE DESOBSTRUÇÃO
DE SISTEMAS SANITÁRIOS UTILIZANDO REUSO DE EFLUENTES DE
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Aprovada em: 13/06/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva (orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Leidjane Maria Maciel de Oliveira (examinadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves (examinadora externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Fabrício Motteran (examinador externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus que me deu forças para finalizá-lo e à minha família que me apoiou nessa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter guiado meus caminhos e ter me dado a oportunidade de fazer meu mestrado.

À minha família, por sempre terem me apoiado nas minhas decisões e me incentivado durante todo o processo.

Ao meu namorado pelo apoio e pela paciência nos momentos difíceis.

Ao meu avô, que faleceu na pandemia, mas que sempre me apoiou e incentivou nas minhas escolhas.

Aos meus amigos que fiz durante o mestrado. Eles foram essenciais na minha caminhada, todos sempre muito solícitos e dispostos a ajudar.

Aos meus líderes da empresa onde trabalho, que me apoiaram desde o início e me deram a oportunidade de conciliar o mestrado com o meu trabalho.

Ao meu orientador, Professor Dr. Anderson Paiva, que me orientou no desenvolvimento da dissertação e me incentivou durante minha trajetória.

RESUMO

A água é um bem essencial para a vida de qualquer ser humano. O seu uso em desobstruções de rede de esgotamento sanitário é uma prática comum no Brasil. Por isso são necessárias soluções para que a água potável não seja utilizada para esse fim, pois a mesma deve ser reservada para usos mais nobres, não sendo interessante sua utilização em manutenções de rede coletora de esgoto. O objetivo deste trabalho foi a criação de um projeto piloto para utilização do reuso de efluente de estação de tratamento de esgoto (ETE), em serviços de desobstruções em rede de esgoto. Importante ressaltar que, neste trabalho, segundo a classificação da Organização Mundial de Saúde, o tipo de reuso utilizado é o direto, o qual consiste no uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, dentre outros. Foram estimados dados no projeto piloto, sendo o mesmo projetado para atender as legislações CONAMA 430/2011 e CPRH NT Nº 2002 e Nº 2007*, vigente no estado de Pernambuco, de forma que o efluente seja enquadrado como Classe 2 de água de reuso. A partir dos parâmetros estipulados no projeto piloto e com os dados obtidos de eficiência da ETE Centro Petrolina (ETE existente), foi verificada se a unidade se enquadrava para utilização do reuso do efluente em desobstruções no município de Petrolina. Após a verificação da viabilidade da ETE de estudo e com os dados de extravasamentos obtidos do SNIS entre os anos de 2016 e 2019, obteve-se que o custo de água potável em serviços de desobstruções nesses 4 anos foi de aproximadamente R\$873.784,00, o que tornou viável a utilização do reuso de esgoto tratado, pois o custo de implantação foi de aproximadamente R\$ 44.000,00. Também foi demonstrado que se o município de Petrolina tivesse optado pelo reuso de efluente de 2016 a 2019, haveria disponibilidade hídrica mensal para abastecimento de 280 residências na região, sendo este um grande avanço para os bairros periféricos do município que sofre com a falta d'água. Foram também elencados os benefícios ambientais da água de reuso, assim como os incentivos fiscais e melhoria da imagem institucional para as empresas que aderem a essa alternativa. Em síntese o estudo foi satisfatório para a utilização do reuso de efluente em desobstruções de rede de esgoto, contribuindo assim para que outras unidades adotem essa alternativa para redução do seu custo operacional e para viabilizarem a utilização da água para fins nobres, como abastecimento da população.

Palavras-chave: estação de tratamento de esgoto; reuso de efluente; desobstrução; custo operacional.

ABSTRACT

Water is an essential asset for the life of any human being. Its use in clearing the sanitary sewage network is a common practice in Brazil. Therefore, solutions are needed so that potable water is not used for this purpose, as it must be reserved for nobler uses, and its use in sewage collection network maintenance is not interesting. The objective of this work was to create a pilot project for the reuse of effluent from a sewage treatment plant (ETE) in services for unblocking the sewage network. It is important to emphasize that, in this work, according to the classification of the World Health Organization, the type of reuse used is direct, which consists of the planned and deliberate use of treated sewage for certain purposes such as irrigation, industrial use, among others. Data were estimated in the pilot project, which was designed to meet the CONAMA 430/2011 and CPRH NT legislations N°. 2002 and N°. 2007*, in force in the state of Pernambuco, so that the effluent is classified as Class 2 reuse water. Based on the parameters stipulated in the pilot project and with the efficiency data obtained from the ETE Centro Petrolina (existing ETE), it was verified whether the unit was suitable for the use of effluent reuse in unblocking in the municipality of Petrolina. After verifying the feasibility of the study ETE and with the extravasation data obtained from the SNIS between the years 2016 and 2019, it was found that the cost of drinking water in unblocking services in these 4 years was approximately R\$873,784.00, which made the reuse of treated sewage feasible, since the cost of implementation was approximately R\$ 44,000.00. It was also shown that if the municipality of Petrolina had opted for the reuse of effluent from 2016 to 2019, there would be monthly water availability to supply 280 homes in the region, which is a great advance for the peripheral neighborhoods of the municipality that suffer from a lack of water. Water. The environmental benefits of reused water were also listed, as well as tax incentives and improvement of the institutional image for companies that adhere to this alternative. In summary, the study was satisfactory for the use of effluent reuse in unblocking the sewage network, thus contributing to other units adopting this alternative to reduce their operating costs and to enable the use of water for noble purposes, such as supplying the population.

Keywords: sewage treatment station; effluent reuse; clearance; operational cost.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Formas potenciais de reuso de água.....	25
Figura 2 -	Etapas dos procedimentos metodológicos.....	32
Figura 3 -	Planta baixa do sistema de reuso, para o projeto piloto proposto.....	37
Figura 4 -	Curva da bomba 01.....	42
Figura 5 -	Curva da bomba 02.....	46
Figura 6 -	Locação da ETE Centro Petrolina.....	47
Figura 7 -	Registro fotográfico da ETE Centro Petrolina.....	48
Figura 8 -	DBO's (mg. L ⁻¹) de entrada e saída da ETE Centro em Petrolina.....	49
Figura 09 -	Caminhões utilizados para serviços de manutenção em rede coletora de esgoto.....	54
Figura 10 -	Extravasamentos de esgoto em Petrolina entre os anos de 2016 a 2019.....	57
Figura 11 -	Consumo mensal de água por desobstruções de esgoto e seu custo entre os anos de 2016 a 2019.....	57
Figura 12 -	Custo anual de água potável para desobstruções entre os anos de 2016 a 2019.....	58
Figura 13 -	Quantitativo de casas que poderiam ser abastecidas com a água utilizada nas desobstruções entre os anos de 2016 a 2019.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Benefícios do reuso de água sob diferentes aspectos.....	60
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Experiências de reuso aplicados em diferentes setores com diversas finalidades.....	20
Tabela 2 - Diretrizes da USEPA para usos urbanos de esgotos sanitários.....	27
Tabela 3 - Parâmetros estimados da população geradora do efluente para a ETE adotada no projeto piloto.....	33
Tabela 4 - Parâmetros de lançamento no corpo receptor.....	35
Tabela 5 - Características das bombas para o projeto piloto do sistema de reuso.....	37
Tabela 6 - Diâmetros, vazões e velocidades de sucção e recalque nas tubulações.....	38
Tabela 7 - Valores de perdas de cargas das peças na sucção.....	39
Tabela 8 - Valores de perdas de cargas das peças no recalque.....	40
Tabela 9 - Resultados das perdas de cargas e alturas manométricas versus vazões....	41
Tabela 10 - Diâmetros, vazões e velocidades de sucção e recalque nas tubulações.....	43
Tabela 11 - Valores de perdas de cargas das peças na sucção.....	43
Tabela 12 - Valores de perdas de cargas das peças no recalque.....	44
Tabela 13 - Resultados das perdas de cargas e alturas manométricas versus vazões....	45
Tabela 14 - Resultados das análises de esgoto tratado da ETE Centro, Petrolina, PE..	49
Tabela 15 - Verificação de atendimento ao CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011) na ETE Centro Petrolina.....	50
Tabela 16 - Quantidade de extravasamentos de esgotos registrados (QD011) e duração dos extravasamentos (QD012), segundo os municípios dos prestadores de serviços regionais participantes do SNIS, em 2019, que apresentam QD011 superior a 7.000 extravasamentos de esgotos/ano.....	52
Tabela 17 - Volumes de água (m ³) por diâmetro de tubo de esgoto.....	52
Tabela 18 - Parâmetros utilizados para calcular o volume total gasto/mês em serviços de desobstrução de rede de esgoto em Petrolina (PE).....	53
Tabela 19 - Estrutura tarifária Compesa em 2021.....	54
Tabela 20 - Volume mensal de água em desobstruções e seus respectivos custos.....	55
Tabela 21 - Parâmetros adotados para o cálculo do quantitativo de casas abastecidas com volume de água utilizado em desobstruções.....	56
Tabela 22 - Quantitativo de extravasamentos em Petrolina entre os anos de 2016 a 2019.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IICA	Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura
IIU	Indicador de Infraestrutura Urbana
WHO	World Health Organization
OPEX	Operational Expenditure
RMR	Região Metropolitana do Recife
SAAEs	Serviços Autônomos de Água e Esgoto
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A
SDA	Secretaria do Desenvolvimento Agrário
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
USEPA	United States Environmental Protection Agency

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivos	14
1.2.1	GERAL	14
1.2.2	ESPECÍFICOS.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Política Nacional de Recursos Hídricos	15
2.2	Definições e objetivos do reuso	16
2.3	Classificação do reuso.....	17
2.4	Aplicabilidades da água de reuso	20
2.5	Reuso no Brasil	22
2.6	Reuso de efluente para desobstruções de rede de esgoto	24
2.7	Parâmetros de utilização de água de reuso	26
3	METODOLOGIA.....	31
3.1	Projeto piloto de reuso.....	32
3.2	Padrões de qualidade e de emissão para o corpo receptor	34
3.3	Sistema de água de reuso	35
3.4	Dimensionamento das bombas 01 e 02.....	38
3.5	Adequação do projeto piloto na estação de tratamento Centro de Petrolina	47
3.6	Características do efluente da ETE Centro Petrolina.....	48
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
4.1	Dimensionamento das bombas 01 e 02 do projeto piloto	51
4.2	Análise de volume de água utilizado por diâmetro de tubulação nas desobstruções.....	52
4.3	Análise de frotas necessária na área de estudo	53
4.4	Custo de água potável para desobstruções	54
4.5	Custo de água entre 2016 e 2019 em Petrolina (PE).....	56
4.6	Benefícios ambientais da utilização da água de reuso	59
4.7	Melhoria na imagem institucional, gerando uma imagem mais positiva das empresas perante a população e possibilidade de incentivos fiscais	61
5	CONCLUSÃO.....	62
	REFERÊNCIAS.....	64

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

A disponibilidade de água potável é um dos grandes problemas que o mundo vem enfrentando. Por isso torna-se fulcral as ações emergenciais no âmbito da gestão de recursos hídricos para o atendimento das demandas futuras dessa água. Uma das alternativas sustentáveis é tratar e reusar os efluentes para complementar o abastecimento urbano (PAES *et al.*, 2010).

Vale ressaltar também que a água está no eixo central do desenvolvimento sustentável e das suas dimensões – ambiental, econômica e social. Sendo o acesso a ela e ao saneamento essenciais para os aspectos de dignidade humana: segurança alimentar e energética à saúde humana e ambiental. Nesse contexto, cabe mencionar a importância da Agenda 2030 da ONU para a sustentabilidade, onde aponta no seu item 12 a necessidade do consumo e produção responsável (ONU, 2021). Nesse mesmo contexto aponta a importância do reuso no desenvolvimento sustentável e no atingimento do ODS (Objetivo do Desenvolvimento Sustentável) supracitado.

De acordo com o SNIS (2021), o consumo médio per capita de água no Brasil consiste em 152,1 L.hab⁻¹.dia⁻¹, considerando apenas a região nordeste esse valor reduz para 120,3 L.hab⁻¹.dia⁻¹. Ademais, cerca de 175,5 milhões de pessoas no território nacional são completadas por um sistema de abastecimento de água completo ou simplificado, representando uma abrangência de atendimento de 84,2% da população total residente.

Nesse enfoque, percebe-se que o consumo humano de água doce vem crescendo durante os anos. Embora o colapso do abastecimento seja uma realidade em muitos lugares, sobretudo em bairros periféricos de grandes centros urbanos densamente povoados, ainda assim vive-se a ilusão de que a água é um recurso infinito. Como exemplo, é oportuno mencionar a utilização de água potável para desobstruções de rede coletora de esgoto, que é uma atividade comum em muitas companhias de saneamento do Brasil. Episódios como esse demonstra a necessidade da preservação do recurso hídrico, para que o mesmo seja utilizado para usos mais nobres, como abastecimento público.

Diante desse cenário, o reuso de efluente para desobstruções de rede de esgoto, torna-se viável para mitigar esse problema, pois faz com que a água seja utilizada em várias atividades e serviços de forma racional e sustentável. Dessa forma, há uma preservação da disponibilidade dos recursos hídricos naturais, aumento da disponibilidade de água potável à população e ao mesmo tempo uma redução de custo nas empresas que utilizam essa alternativa sustentável.

Importante mencionar também que a utilização de reuso de água é uma prática antiga, porém, ainda constitui uma alternativa excelente para suprir demandas hídricas, principalmente em regiões que apresentam escassez deste recurso, como por exemplo a RMR (Região Metropolitana do Recife), o sertão nordestino, dentre outros. O reuso de efluentes tem como principal objetivo a valorização de subprodutos do tratamento de esgoto, como por exemplo a utilização do efluente tratado das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) que podem ser utilizados na irrigação, o lodo que pode ser destinado para os aterros sanitários, dentre outros subprodutos que podem ser aproveitados e contribuem para mitigar os impactos negativos no meio ambiente e propiciar geração de lucros. Segundo Florêncio *et al.* (2006), apesar das oportunidades de natureza econômica, ambiental e social, em situações de escassez acentuada de recursos hídricos, a utilização de esgotos sanitários pode constituir uma necessidade.

Com base nos argumentos citados e da existência de múltiplos usos das águas de reuso das estações de tratamento, como: irrigação, descargas sanitárias, lavagens de pisos e calçadas, limpezas preventivas de rede de esgoto, dentre outros, no presente estudo, será abordado a utilização do reuso de efluente em serviços de desobstruções de redes de esgotos, como forma de minimizar as obstruções na mesma. Segundo o guia do profissional em treinamento da Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (RECESA, 2021) - Operação e Manutenção de Rede Coletora de Esgoto - Nível 2, um dos grandes problemas encontrados nas tubulações de esgoto consiste no entupimento, devido ao mau uso das pessoas que jogam objetos estranhos nos vasos sanitários e, em alguns casos, diretamente nos poços de visita.

O problema se agrava ainda mais quando ocorrem ligações clandestinas entre a rede de esgotos e a rede de drenagem de águas pluviais, uma prática que aumenta muito o risco de extravasamentos, pois sobrecarrega a capacidade das tubulações do sistema. E além disso, a situação torna-se mais crítica pela quantidade de lixo que é lançada na rede de drenagem, e com as ligações irregulares, acabam sendo direcionados para a rede de esgotamento sanitário. Importante destacar também que a falta de educação ambiental por parte da população, e até mesmo a precária infraestrutura das cidades, também contribuem negativamente nesse cenário.

Diante dessa problemática, o objetivo do trabalho é propor um projeto piloto de um sistema de reuso para desobstruções de rede coletora de esgoto, em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de pequeno porte, dimensionada para uma população de aproximadamente 12.000 habitantes, localizada numa área urbana, e adaptar esse projeto piloto de reuso de efluente em uma ETE existente: ETE Centro Petrolina. O município de Petrolina está inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, é considerada um dos maiores polos

de agricultura irrigada do país e foi escolhido pela importância da região para o estado de Pernambuco. Esse projeto objetiva redução de custo operacional (OPEX) nas ETE's e melhoria na gestão de recursos hídricos.

1.2 Objetivos

1.2.1 GERAL

Propor um projeto piloto de reuso de efluente tratado em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) com capacidade de atendimento de uma população de aproximadamente 12.000 habitantes, considerando uma ETE de pequeno porte, e aplicabilidade desse estudo em uma Estação de Tratamento de Esgoto já existente: ETE Centro Petrolina.

1.2.2 ESPECÍFICOS

- Definir parâmetros de concepção, do projeto até a operação, de reuso de efluente;
- Analisar a legislação de água de reuso para atendimento ao projeto piloto e sua utilização em desobstruções de rede coletora de esgoto;
- Dimensionar bombas e definir o volume dos reservatórios para uma população de 12.000 habitantes a partir de parâmetros arbitrados;
- Propor a implantação desse sistema de reuso na ETE Centro Petrolina;
- Analisar o efluente da ETE centro Petrolina e verificar o atendimento do mesmo as legislações federais e estaduais;
- Analisar o volume de água consumido nesses serviços por mês e ano, a partir do quantitativo de desobstruções de esgoto no município de Petrolina e verificar a frota necessária para transportar o efluente tratado, caso o reuso seja adotado;
- Analisar os custos do consumo de água potável nos serviços de desobstruções de rede coletora de esgoto e a estimativa de abastecimento de residências na localidade com adoção do reuso de afluente;
- Analisar viabilidade financeira do projeto piloto;
- Verificar os benefícios ambientais da transição da água potável para água de reuso de efluente nas desobstruções de rede coletora de esgoto, possibilitando melhorias na imagem institucional e incentivos fiscais na adoção do reuso.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Política Nacional de Recursos Hídricos

Nas últimas três décadas, houve uma notável mudança no padrão de gestão ambiental. A abordagem ao longo do período fordista circunscrevia os problemas ambientais como um subproduto do desenvolvimento e da riqueza. Havia otimismo quanto à capacidade dos governos em lidar com a poluição e prevenir problemas futuros, focalizando problemas pontuais. A atual perspectiva é mais cautelosa e busca uma visão holística das questões ambientais, vistas como um problema de países em desenvolvimento tanto quanto dos desenvolvidos. Diversos estudos enfatizam a necessidade de evoluir da noção de manejo de recursos hídricos para a noção de governança, ou seja, evoluir de uma visão das interações entre seres humanos e natureza com um objetivo de desenvolvimento normativo de regulação, procedimentos ou tecnologias, para uma gestão moldada pelas interações entre os diversos grupos de interesse que têm diferentes valores, representações, sensibilidade ao risco, etc. A governança, nesse sentido, passa a ser entendida como as normas e regras de interações entre grupos de atores e as relações de poder entre esses grupos, com suas consequências na produção de normas, regulações e tecnologias (MEADOWCROFT, 2002; RIST *et al.*, 2006).

No Brasil a Lei Nº 9433 de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), traz em seu Art. 1º os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I- A água é um bem de domínio público;
- II- A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III- Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV- A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V- A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI- A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

E em seu Art. 2º os objetivos:

- I - Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

II - A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;

III - A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

IV - Incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais (Incluído pela Lei nº 13.501, de 2017) (BRASIL, 2017).

Para alcançar esses objetivos a PNRH utiliza instrumentos como: Planos de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, a compensação a municípios e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Logo percebe-se que existem princípios norteadores das ações governamentais para o meio ambiente de forma a garantir uma economia e racionalização desses recursos. E que a gestão dos Recursos Hídricos está bem amparada no âmbito normativo e sempre em crescente implementação.

Em contrapartida, a Resolução CONAMA nº 357, 17 de março de 2005, relata os padrões de classificação dos corpos hídricos, bem como as condições e padrões de lançamento de efluentes, definindo os parâmetros toleráveis de lançamentos no corpo receptor (BRASIL, 2005).

Nesse contexto, percebe-se que existem vários dispositivos que ratificam a importância da economia e racionalização dos recursos hídricos, sendo o reuso uma alavanca poderosa nesse cenário.

2.2 Definições e objetivos do reuso

A conservação de água compreende o uso racional da água, que pressupõe o uso eficiente, e o uso de fontes alternativas de água. O reaproveitamento ou reuso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim. (GONÇALVES, 2006).

A reutilização de água de qualidade inferior em atividades menos exigente é imperativa nos dias de hoje, em primeiro lugar, como forma de preservar a água de melhor qualidade para o consumo humano e outros usos similares, proporcionando aumento da oferta e otimizando o uso dos recursos hídricos; e depois como barreira contra a contaminação dos corpos receptores e como forma de mitigar a poluição hídrica (CAIXETA, 2010).

O artigo 2º da Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH (CNRH, 2005), traz com um dos conceitos de reuso a utilização da água residuária, ou seja, esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não.

Essa prática objetiva evitar o desperdício, perdas de água e o uso inapropriado de água potável. Além de ser uma alternativa viável para proteção da disponibilidade hídrica natural proporciona crescimento econômico em vários setores, como: indústrias, comércio, agricultura, dentre outros.

Outro ponto importante a salientar é que o reuso de efluente, de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), reflete na mitigação do despejo do mesmo em corpos d'água, favorecendo assim a preservação e conservação do meio ambiente.

Dessa forma o reuso de água aparece como uma alternativa possível e viável para a frenagem desse processo de extração da água, utilizando águas residuárias das ETE's e da própria chuva para outras finalidades após passarem pelo primeiro uso. No entanto, vale ressaltar que o reuso não é a única maneira de garantir a vida às próximas gerações, mas sim sua associação a uma nova forma de utilizar a água, otimizando seu uso, não desperdiçando, reaproveitando-a e devolvendo seus resíduos finais de forma pura ou minimamente limpa à natureza, de forma a não contaminar as fontes primárias (MAURICIO, 2016).

2.3 Classificação do reuso

O reuso planejado da água faz parte de um programa global encabeçado pela Organização das Nações Unidas e pela Organização Mundial da Saúde com três importantes elementos: proteção da saúde pública, manutenção da integridade dos ecossistemas e uso sustentável da água (CAIXETA, 2010).

Apesar de o reuso no Brasil ainda ser uma prática incipiente, frente a outros países, percebe-se a importância dele na gestão dos recursos hídricos.

Segundo Braga Filho e Mancuso (2002), reuso de água subtende uma tecnologia desenvolvida segundo os fins a que a água se destina e de como a mesma tenha sido anteriormente utilizada. A conceituação precisa da expressão reuso de água está condicionada ao exato momento a partir do qual se admite que o reuso tenha sido feito.

por exemplo, entre uma comunidade que capta água de um rio contendo esgotos de uma grande metrópole e outra cidade às margens de outro grande rio onde apenas algumas pessoas despejam esgotos, existem diferenças em termos de diluição, distâncias percorridas pelos efluentes e fatores naturais referentes à recuperação da qualidade desses rios. Neste caso é impossível determinar o preciso instante em que foi iniciado o reúso de água.

A prática de descarregar esgotos, tratados ou não, em corpos de água superficiais é a solução normalmente adotada pelas comunidades no mundo inteiro, para afastamento de resíduos líquidos. Geralmente esses corpos de água servem como fonte de abastecimento a mais de uma comunidade, havendo casos em que a mesma cidade lança seus esgotos e faz uso do mesmo corpo hídrico como manancial para potabilização. A comunidade, a indústria ou o agricultor que coleta a água, em verdade, está utilizando-a pela segunda terceira ou mais vezes.

É clássico o caso da cidade de Londres que capta água dos rios Tâmsa e Lea, este último usado pela cidade de Stevenage para afastamento de seus esgotos, onde são lançados após tratamento.

No Brasil, é bastante conhecido o caso das cidades no vale do rio Paraíba, onde existe uma sucessão de cidades que captam água e dispõem os seus esgotos no mesmo rio. (MANCUSO e SANTOS, 2003, p. 22)

Neste sentido, segundo Braga Filho e Mancuso (2002), a caracterização de reúso deve considerar o volume de esgoto recebido pelo corpo de água, em relação ao volume de água inicialmente existente no rio. No caso de comunidades que utilizam água de um rio que recebe quantidades crescentes de esgoto, não se deve falar em reúso para a situação da comunidade que capta água cuja diluição pode ser caracterizada, na prática, como infinita. O oposto seria a reutilização do esgoto para fins potáveis, sem devolvê-lo antes ao meio ambiente, o que para alguns seria classificado como reúso potável direto.

A literatura é ampla na terminologia reúso de água, e existem diferenças consideráveis entre vários autores sobre seu conceito. De maneira geral, o reúso de água pode acontecer de forma direta ou indireta, podendo ser planejada ou não (NUVOLARI, 2003). Entretanto, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO, 1973 BRAGA FILHO; MANCUSO, 2002), o reúso de água se define nas seguintes categorias:

- 1- Reuso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída.
- 2- Reuso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável. Importante destacar que esse é o tipo de reúso que se enquadra no estudo em questão.
- 3- Reciclagem interna: é o reúso de água internamente em instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Nesse contexto, de acordo com as categorias de reuso, o estudo em questão se enquadra no reuso direto.

Já na análise de Lavrador Filho (1987), há um maior detalhamento conforme as definições abaixo:

- 1- Reuso de água: para designar o aproveitamento de águas já utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para o atendimento das necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Podendo ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas.
- 2- Reuso indireto não planejado de água: decorre da reutilização da água uma ou mais vezes em alguma atividade humana e a mesma é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Nesta situação, o reuso da água é um subproduto não intencional da descarga de montante. Após sua descarga no meio ambiente, o efluente será diluído e sujeito a processos como autodepuração, sedimentação, dentre outros, além de eventuais misturas com outros despejos advindos de diferentes atividades humanas.
- 3- Reuso planejado de água: o reuso acontece como resultado de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta. Esta categoria pressupõe a existência de um sistema de tratamento de efluentes que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água. O reuso planejado também pode ser denominado Reuso Intencional da Água.
- 4- Reuso indireto planejado de água: para este tipo, os efluentes, após receber o devido tratamento, são descarregados de forma planejada nos corpos de água superficiais ou subterrâneos, para ser utilizados a jusante em sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum uso benéfico.
- 5- Reuso direto planejado de água: os efluentes, após os tratamentos necessários, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, sendo submetidos aos tratamentos adicionais e armazenamentos necessários, mas não sendo, em nenhum momento, descarregado no meio ambiente, durante o seu transcurso.
- 6- Reciclagem de água: trata-se de reuso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição, para servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original. É um caso particular do reuso direto.

2.4 Aplicabilidades da água de reuso

Devido à falta de infraestrutura adequada da coleta e tratamento de esgotos, os países que estão em desenvolvimento, não praticam amplamente o reuso urbano. Em vez disso, são utilizadas águas superficiais dos corpos hídricos, notadamente poluídas, de forma não planejada (WOLTERSDORF *et al.*, 2017).

Porém, em outros países essa prática já é utilizada amplamente. Sem dúvida, o país pioneiro na reutilização de águas foi Estados Unidos. Em Israel, 70% do efluente tratado é reutilizado no setor agrícola e na Califórnia, EUA, 29% (ESTADOS UNIDOS, 2012); Existem vários exemplos pelo mundo de aplicação de reuso de águas. Na tabela 1 foram demonstrados alguns casos:

Tabela 1 – Experiências de reuso aplicados em diferentes setores com diversas finalidades

LOCAL	APLICAÇÃO	OBSERVAÇÃO
Cidade do México - México	Irrigação de 90.000 ha	90% do esgoto sanitário é utilizado para irrigação de áreas com baixa pluviosidade e solo pobre em nutrientes
Virgínia - Austrália	Irrigação de plantações	Parte da água reutilizada provém do tratamento de 43,8M m ³ /ano por tecnologias de flotação por ar dissolvido e filtração
Rouse Hill, Sidney - Austrália	Descarga de vasos sanitários e rega de jardim	A água de reuso abastecerá, por meio de sistema paralelo, 300.000 habitantes
Los Angeles, Califórnia - USA	Recarga de aquífero subterrâneo para abastecimento de água potável.	A água de reuso previamente tratada é filtrada e desinfetada. A quantidade de água de reuso varia de 0 a 23%

Fonte: Moruzzi (2008).

No entanto, o resto do mundo continua no caminho de não desperdiçar a água que já teve uma primeira utilização, para voltar a usá-la em sanitários, limpeza de ruas ou em irrigação de jardins urbanos, assim como na agricultura ou na indústria (BLANCO, 2012).

No reuso planejado as águas residuárias tratadas podem ser utilizadas para inúmeros fins: geração de energia; refrigeração de equipamentos; em diversos processos industriais; em prefeituras e entidades que usam a água para lavagem de ruas e pátios; no setor hoteleiro; irrigação/rega de áreas verdes; desobstrução de rede de esgotos e águas pluviais; lavagem de veículos; combate a incêndios, descarga de sanitários; irrigação de culturas, de áreas de parques e de campos esportivos; dessedentação de animais; uso recreacional; aquicultura; recarga de aquífero subterrâneos; manutenção de vazões mínimas em cursos de água. Dentre esses, destacam-se o reuso para fins urbanos, na área industrial, no setor agrícola e na aquicultura (CAIXETA, 2010).

Diante disso, abaixo seguem alguns exemplos de aplicabilidades da água de reuso no Brasil:

Na região nordeste cabe mencionar o projeto piloto de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para produção de hortaliças no município de Itapipoca. Projeto este, do Governo do Ceará através da Secretaria do Desenvolvimento Agrário (SDA) e em parceria com o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). O mesmo, consiste na instalação de uma ETE compacta, dimensionada para tratar efluentes de aproximadamente 500 pessoas, o que equivale a um volume diário de 50 m³ (50 mil litros) a um custo de implementação estimado em R\$ 80.000,00 (cerca de US\$ 15.100). O projeto, instalado em escala real nos campos experimentais da Embrapa Hortaliças, o protótipo foi desenvolvido para, além de permitir a reutilização do efluente tratado na irrigação de cultivos de hortaliças, oferecer um sistema de tratamento eficiente e de baixo custo que possa ser construído com materiais de fácil acesso e adotado por comunidades rurais e populações originárias, como indígenas e quilombolas (descendentes de escravos), os quais, na maioria dos casos, não dispõem de serviços básicos de saneamento (SDA, 2021).

Vale destacar também que no Ceará, a falta de legislação específica é um dos fatores que afeta a pouca utilização do reuso de águas residuárias. Outro fator que dificulta a adoção do reuso no Estado é a falta de informação e o desconhecimento dos benefícios gerados pela prática, o que gera desconfiança e rejeição por parte da grande maioria da população (Caixeta, 2010).

O aeroporto de Guarulhos (SP) demonstrou ser possível realizar um trabalho de reciclagem para a utilização em descargas, lavagem de pista e aeronaves e sistema de resfriamento (BLANCO, 2012).

Outro empreendimento que utiliza água de reuso é o do Parque de diversões Hopi Hari, em São Paulo, o qual possui dois poços profundos de água que servem para o abastecimento do parque, com uma vazão média de 60 m³ /h. Para a reutilização de toda água usada no parque, há um moderno sistema de tratamento de efluentes que é processado em uma estação compacta de tecnologia canadense, a primeira a ser instalada no país, com uma pequena área de 300 m², processando o efluente em contêineres fechados, reduzindo a área ocupada e evitando problemas de odor. Todo esse processo é automatizado e o esgoto tratado, já denominado água de reuso, é bombeado para um reservatório no ponto mais alto do parque, sendo essa água utilizada para fins sanitários e de irrigação dos jardins (CAPRILES, 2008).

Já na Região Metropolitana do Recife (RMR), um exemplo de aplicabilidade do reuso é o Shopping Recife. Com a medida, o Shopping Recife faz uma economia de R\$ 50 mil anuais, que são abatidos na taxa de condomínio. A ETE foi criada em 2015, e gradativamente vem potencializando seus resultados. Os 500 mil litros de água para reuso, são utilizados na irrigação dos mais de 37 mil metros quadrados de área verde do shopping. Com a ampliação do sistema, a capacidade de tratamento chega a 27,2 metros cúbicos (27,2 mil litros) por hora. O resultado diminui o impacto na rede pública de esgoto do Recife, onde o serviço de saneamento atende a apenas 30 por cento do total de domicílios. A ETE trata 100% do efluente gerado dentro da estrutura. Segundo o Shopping, atende a todos os parâmetros exigidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) (OXE RECIFE, 2021).

2.5 Reuso no Brasil

Embora as águas residuais sejam um componente essencial do ciclo de gestão hídrica, a água, depois de ter sido usada, é muitas vezes vista como um fardo a ser descartado ou um incômodo a ser ignorado (BATISTA, 2019).

Para Olivo e Ishiki (2012), a necessidade da conscientização é inevitável, quando o contexto é a água, a escassez deste recurso não pode ser considerada apenas atributo exclusivo das regiões áridas e semiáridas. Atualmente, nos conglomerados urbanos a demanda é tão elevada que, mesmo possuindo recursos hídricos em abundância, existe o problema da escassez, fato este que atinge diretamente o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida da população.

Nas regiões áridas e semiáridas, a água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos, procuram, continuamente, novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica ainda disponível. No polígono das secas do nosso Nordeste, a dimensão do problema é ressaltada por um anseio, que já existe há 75 anos, para a transposição do rio São Francisco, visando o atendimento da demanda dos Estados não riparianos, da região semiárida, situados ao norte e a leste de sua bacia de drenagem (HESPANHOL, 2002).

Segundo a Revista *Águas no Brasil* (2020), o reuso no Brasil ainda se apresenta de maneira tímida e receosa, a não ser por alguns casos de sucesso e mais arrojados, operados pelas empresas de saneamento do estado de São Paulo e do município de Campinas, SABESP e SANASA, respectivamente. Atualmente, as companhias de saneamento e as prefeituras com seus SAAEs (Serviços Autônomos de Água e Esgoto) vêm mostrando o desejo de implantar o reuso para diversos fins aplicáveis às distintas realidades locais (ÁGUAS DO BRASIL, 2020).

O desconforto hídrico vivido nos últimos anos em regiões com alto desenvolvimento socioeconômico reforçou a intensão dos órgãos competentes para a aplicação do reuso. Porém, os passos mais ousados não estão sendo dados em função de diversos fatores, tais como: I) grandes entraves burocráticos; II) falta de regulamentação (aspectos legais e norteadores); III) receio em relação à receptividade da sociedade e desconhecimento da melhor forma de alcançá-la com o tema; IV) falta de disposição para enfrentar novos desafios tecnológicos e de gestão estratégica; V) falta de articulação técnico política para viabilização dos projetos; VI) falta de definição de responsabilidades, e VII) corpo técnico com baixa qualificação no tema.

De acordo com o *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*, publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), estima-se uma vazão de reuso de águas no país, de aproximadamente 2 m³/s (equivalente ao abastecimento de aproximadamente 800.000 habitantes), podendo alcançar um potencial de médio prazo (em 2030), de 10 a 15 m³/s e de longo prazo de até 175 m³/s. Porém, para que essas estimativas sejam alcançadas, muitos desafios devem ser vencidos. Um deles trata-se da regulamentação da prática (BRASIL, 2020).

Em São Paulo, com taxas de água e esgoto cada vez mais elevadas e a utilização pelo poder público de instrumentos de penalização (multas) pelo uso de água em excesso, o Reuso passou a ser cada vez mais atrativo economicamente para as empresas que consomem mais água, sendo o mesmo incentivado e incorporado ao processo industrial, especialmente no próprio local onde o efluente tratado é gerado (OBRACZKA *et al.*, 2017).

No Rio de Janeiro, a água de reuso possui vocação predominantemente industrial, pois é a opção mais viável, considerando que a potabilização ainda é em muitos casos proibitiva, devido aos custos que envolve e a falta de normatização sobre o tema. Algumas indústrias fluminenses já adotaram o reuso, uma vez que a utilização de água potável da rede pública gera custos tais que justificam a implantação de um sistema próprio de reaproveitamento e retorno da água tratada para o processo (OBRACZKA *et al.*, 2017).

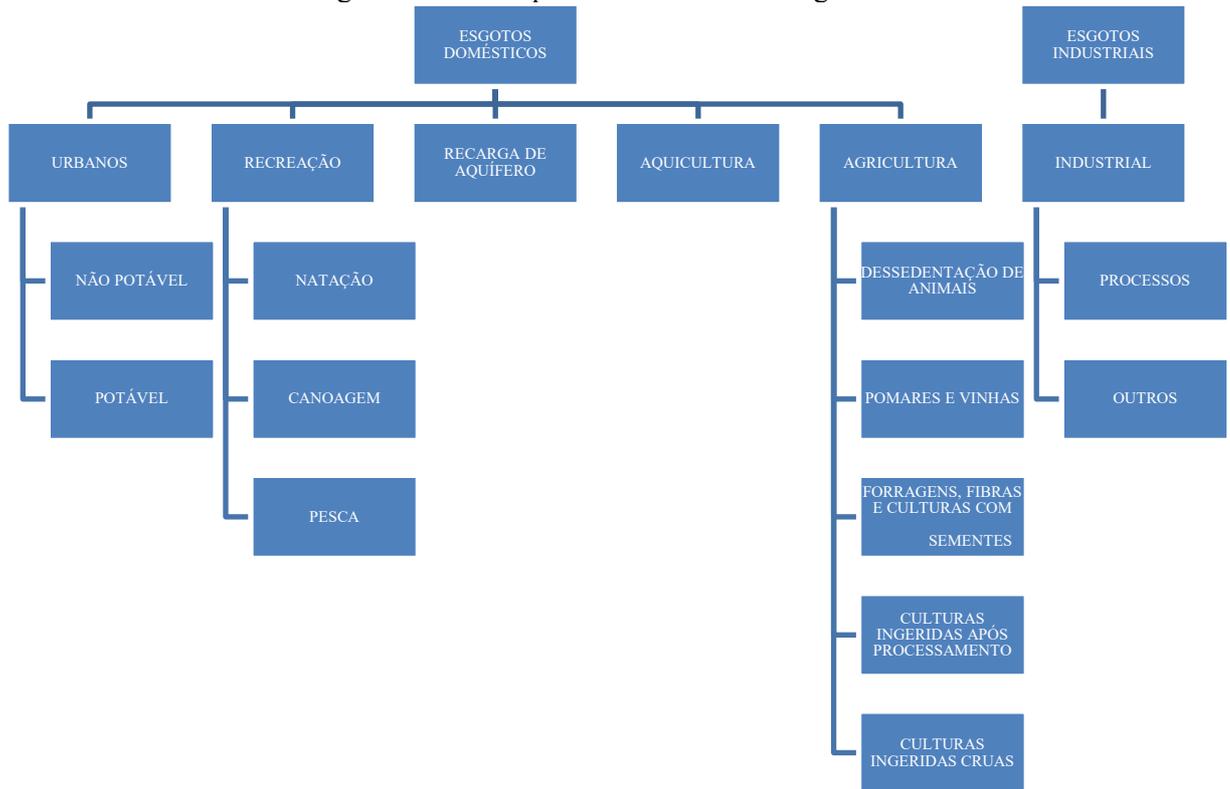
Na Região Metropolitana de São Paulo existe um grande potencial para uso de efluentes das estações de tratamento de esgotos em operação, para fins industriais. A estação de tratamento de esgotos de Barueri poderia abastecer, com efluentes tratados, uma área industrial relativamente importante, distribuída em Barueri, Carapicuíba, Osasco, e o setor industrial, ao longo do Rio Cotia, nas imediações da rodovia Raposo Tavares. Da mesma maneira, a estação de Suzano poderia abastecer indústrias concentradas nas regiões de Poá, Suzano e, eventualmente, de Itaquaquecetuba e Mogí das Cruzes (HESPANHOL, 2002).

2.6 Reuso de efluente para desobstruções e limpeza preventiva de rede de esgoto

Atualmente, fala-se muito sobre o reuso da água originária dos processos de tratamento dos esgotos. Entretanto, o reuso dessas águas deve atender parâmetros de qualidade, para garantir o seu uso com segurança (OLIVEIRA; SILVA; CARNEIRO, 2013)

A Figura 1 apresenta, esquematicamente, os tipos básicos de usos potenciais de esgotos tratados, que podem ser implementados, tanto em áreas urbanas como em áreas rurais (HESPANHOL, 1997).

Figura 1 - Formas potenciais de reuso de água



Fonte: Hespanhol (1997)

No estudo em questão, o reuso de efluente será utilizado para fins urbanos e não potáveis, ou seja, nos serviços de desobstruções de rede coletora de esgoto. Nesse contexto, cabe ressaltar que a manutenção das redes coletoras de esgoto é essencial para mantê-las em bom funcionamento, garantindo a eficiência do sistema de coleta e tratamento de esgoto da cidade. Além disso, evita que ocorram obstruções (entupimentos) que podem gerar riscos à saúde e impactos ambientais.

Porém para execução desses serviços há um consumo elevado de água potável. Logo a utilização de água de reuso torna-se uma excelente alternativa para racionalização dos recursos hídricos. Em virtude disso, algumas companhias vêm adotando a tecnologia do reuso como alternativa para o consumo sustentável da água.

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) iniciou de forma pioneira a prática de produção de água de reuso a partir de 1998, com a transformação da Estação de Tratamento de Esgotos convencional, ETE Jesus Netto, em uma estação para produção de água de reuso (SABESP, 2021).

Em São Paulo, a SABESP fornece efluente tratado de estação de tratamento de esgotos para a lavagem de ruas pela Prefeitura e para limpeza e desobstrução das canalizações de esgoto.

Segundo dados da Sabesp, atualmente são produzidos, em média, 502 litros de água por segundo para fornecimento externo ou uso interno da Sabesp nas estações Jesus Netto, Barueri, Parque Novo Mundo, São Miguel e ABC, por meio do Aquapolo Ambiental. O empreendimento, parceria da Sabesp com o setor privado, utiliza os esgotos tratados da estação de tratamento ABC e, após processo adicional, produz água de reuso customizada para utilização no Polo Petroquímico da Região do Grande ABC, transportada por uma rede de aproximadamente 17 km.

Já em Pernambuco, segundo informações da Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), a Região Metropolitana do Recife (RMR) está utilizando o esgoto tratado para manutenção das redes do sistema de esgotamento sanitário. Chamado de água de reúso, o efluente é utilizado em ações de desobstrução e limpeza de tubulações, gerando uma economia de quase 100mil litros de água potável por dia, o que equivale ao consumo diário de cerca de 700 pessoas no município do Recife.

2.7 Parâmetros de utilização de água de reuso

O conceito de qualidade de água está vinculado à padrões estabelecidos pelas agências reguladoras sanitárias. Dessa forma, a qualidade de uma determinada porção de água pode ser analisada a partir de uma comparação direta com os padrões de qualidade determinados pela legislação. Tratando-se do reuso de água, esse fator é de suma importância, uma vez que águas de esgoto estão sendo reutilizadas. Assim, tornam de extrema responsabilidade os testes de qualidade dos sistemas implantados em função dos destinos finais do produto de reuso (MAURICIO, 2016).

De acordo com Olivo e Ishiki (2012), há alguns anos atrás, o reuso era uma opção exótica, entretanto hoje é uma alternativa necessária para garantir uma expectativa positiva para um futuro próximo, no que se refere aos recursos hídricos. Desta forma, as práticas conservacionistas como o uso eficiente e o reuso da água, mostram que este é um dos principais meios de se ampliar os pontos de abastecimento, sem lançar mão de grandiosos investimentos na ampliação ou construção de plantas de abastecimento urbano de água.

Nesse contexto, o uso de esgotos, particularmente no setor agrícola, se constitui em um importante elemento das políticas e estratégias de gestão de recursos hídricos. Muitos países, situados em regiões áridas e semiáridas, tais como os do norte da África e do oriente médio, consideram esgotos e águas de baixa qualidade, como parte integrante dos recursos hídricos nacionais, equacionando a sua utilização junto a seus sistemas de gestão, urbanos e rurais. Uma

política criteriosa de reuso, transforma a problemática poluidora e agressiva dos esgotos, em um recurso econômico e ambientalmente seguro (HESPANHOL, 2002).

A USEPA (2004), considera as categorias de reuso urbano restrito e irrestrito, de acordo com grau de restrição de acesso ao público (controle da exposição) e, conseqüentemente, com distintas exigências de tratamento e de padrão de qualidade de efluentes (Tabela 2). As exigências de remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) para matéria orgânica e sólidos (SST), dependendo do tipo de uso, são justificadas em termos de inconvenientes estéticos (aparência, maus odores), disponibilidade de nutrientes para o crescimento microbiano e comprometimento da desinfecção.

Tabela 2 - Diretrizes da USEPA para usos urbanos de esgotos sanitários

<i>Tipo de irrigação e cultura</i>	<i>Processo de tratamento</i>	<i>Qualidade do efluente</i>
<p>Usos urbanos irrestritos</p> <p><i>irrigação (campos de esporte, parques, jardins e cemitérios, etc) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso irrestrito ao público, descarga de toaletes, combate a incêndios, lavagem de veículos, limpeza de ruas e outros usos com exposição similar</i></p>	<p>Secundário + filtração + desinfecção (1)</p>	<p><i>pH 6 a 9</i></p> <p><i>DBO ≤ 10 mg L⁻¹.</i></p> <p><i>Turbidez ≤ 2 uT (2)</i></p> <p><i>CRT ≥ 1 mg L⁻¹. (3)</i></p> <p><i>CTer ND (4)</i></p> <p><i>Organismos patogênicos ND</i></p>
<p>Usos urbanos restritos</p> <p><i>irrigação (parques, canteiros de rodovias, etc.) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso controlado ou restrito ao público, abatimento de poeira em estradas vicinais, usos na construção (compactação do solo, abatimento de poeira, preparação de argamassa e concreto, etc.)</i></p>	<p>Secundário + desinfecção (1)</p>	<p><i>pH 6 a 9</i></p> <p><i>DBO ≤ 30 mg L⁻¹.</i></p> <p><i>SST ≤ 30 mg L⁻¹ CRT ≥ 1 mg L⁻¹. (3)</i></p> <p><i>CTer ≤ 200 por 100 mL (5)</i></p>

(1) O efluente tratado deve apresentar aparência e odores não objetáveis. (2) Turbidez pré-desinfecção, média diária; nenhuma amostra > 5 uT (ou 5 mgL SST L-1). (3) CRT: cloro residual total após tempo de contato mínimo de trinta minutos; residuais ou tempos de contato mais elevados podem ser necessários para a garantia de inativação de vírus e parasitas; em sistemas de distribuição CRT ≥ 0,5 mg L-1 para prevenir o desprendimento de odores e a formação de biofilmes. (4) CTer: coliformes termotolerantes; ND: não detectável; média móvel de sete dias; nenhuma amostra > 14 CTer por 100 mL; em situações de maior controle da exposição admite-se tratamento secundário + desinfecção e CTer < 14 por 100 mL. (5) Média móvel de sete dias; nenhuma amostra > 800 CTer por 100 mL; lagoas de estabilização podem alcançar o critério de qualidade sem a necessidade de desinfecção; desinfecção mais rigorosa (< 14 CTer por 100 mL) em situações de menor controle da exposição.

Fonte: Adaptado de USEPA (2004).

O tipo de processos de tratamento a que o esgoto será submetido para se praticar este tipo de reuso vai depender do padrão de qualidade do efluente bruto e das aplicações da água de reuso. Contudo, é preciso que os padrões de qualidade sanitária das águas residuárias

destinadas ao reuso para fins urbanos sejam atendidos, a fim de se evitar possíveis problemas ambientais e de risco para a saúde da população (CAIXETA, 2010).

De acordo com os parâmetros da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR nº 13.969 / 1997 (ABNT, 1997), podem ser definidos as seguintes classificações e respectivos valores de parâmetros para esgotos, conforme o reuso:

Classe 1 – Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes:

- turbidez - inferior a 5;
- coliforme fecal – inferior a 200 NMP/100 mL;
- sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg. L⁻¹;
- pH entre 6.0 e 8.0;
- cloro residual entre 0,5 mg. L⁻¹ e 1,5 mg. L⁻¹.

Nesse nível, serão geralmente necessários tratamentos aeróbios (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguidos por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração.

Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante.

Classe 2 – Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes:

- turbidez - inferior a 5;
- coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100 mL;
- cloro residual superior a 0,5 mg. L⁻¹.

Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção.

Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes;

Classe 3 – Reuso nas descargas dos vasos sanitários:

- turbidez - inferior a 10;
- coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100 mL;

Normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão.

Classe 4 – Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

- coliforme fecal – inferior a 5.000 NMP/100 mL;
- oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg. L⁻¹.

As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Na Serra Ambiental, concessionária que opera o sistema de esgotamento sanitário do Município de Serra no Espírito Santo, é adotada classe 2 para reuso de efluente em manutenções de rede coletora (POLEZ *et al.*, 2018). Outro ponto a observar é que a lavagem de calçadas (serviço enquadrado na classe 2 de reuso) pode se assemelhar com o processo de desobstrução de rede coletora de esgoto, pois haverá um contato entre o profissional que vai realizar o serviço com a água de reuso. Nesse contexto, com base nessas referências, no estudo em questão, será enquadrada a atividade de manutenção de rede coletora como classe 2. Portanto, será necessário sistema de desinfecção para um tratamento satisfatório.

E para adequação do tratamento a um sistema de desinfecção, como padrão da água fonte para o reuso, o efluente da ETE do estudo deverá atender os parâmetros da Classe 02 para ser reutilizado nos serviços de manutenção de rede coletora de esgoto. Com isso serão atendidas, no projeto piloto, as legislações CONAMA 430/2011, na qual dispõe de condições e padrões de lançamento de efluente e as legislações estaduais: CPRH NT N° 2002 (controle de carga orgânica não industrial) e N° 2007* (coliformes fecais – padrão de lançamento para efluentes domésticos e/ou industriais), na qual estabelece o máximo de coliformes fecais permitidos para lançamento de efluentes (CPRH, 2002; CPRH, 2007; CONAMA, 2011).

Nessa análise é oportuno comentar que, geralmente as legislações estaduais que aplicam eficiência mínima de remoção são mais restritivas do que as federais, a qual estabelece um mínimo de remoção de 60%, enquanto o estado de Pernambuco exige valores superiores a 90%. Já em relação aos coliformes termotolerantes, Pernambuco apresenta parâmetros menos restritivos (≤ 1000 NMP/100 mL), em relação a outros estados, como por exemplo o Ceará, que adota 5000 NMP/100mL (MORAIS; SANTOS, 2019).

Importante salientar também que não haverá contato primário dos operadores com o esgoto tratado, pois os mesmos estarão utilizando equipamentos de proteção individual (EPI), mitigando assim os riscos de contato com o efluente.

É válido ratificar também, que as normas técnicas de atendimento CPRH são exigidas no estado de Pernambuco. No entanto, não necessariamente, para replicar esse tipo de projeto em outras estações de tratamento será necessário o atendimento a todas essas legislações. Pode haver situações que só precise atender ao CONAMA 430/2011 (CONAMA, 2011) no território

brasileiro. Para isso, dependendo da destinação da água de reuso, ou seja, se for para lavagem de pisos e irrigação, por exemplo, seria necessário atendimento também as legislações de cada estado. Entretanto, se for apenas para desobstrução de rede de esgoto, basta atendimento ao CONAMA 430/2011 (CONAMA, 2011), pois o serviço de desobstrução de rede coletora de esgoto não está inserido em nenhuma das classes, elencadas na NBR n° 13.969/1997 (ABNT, 1997).

3 METODOLOGIA

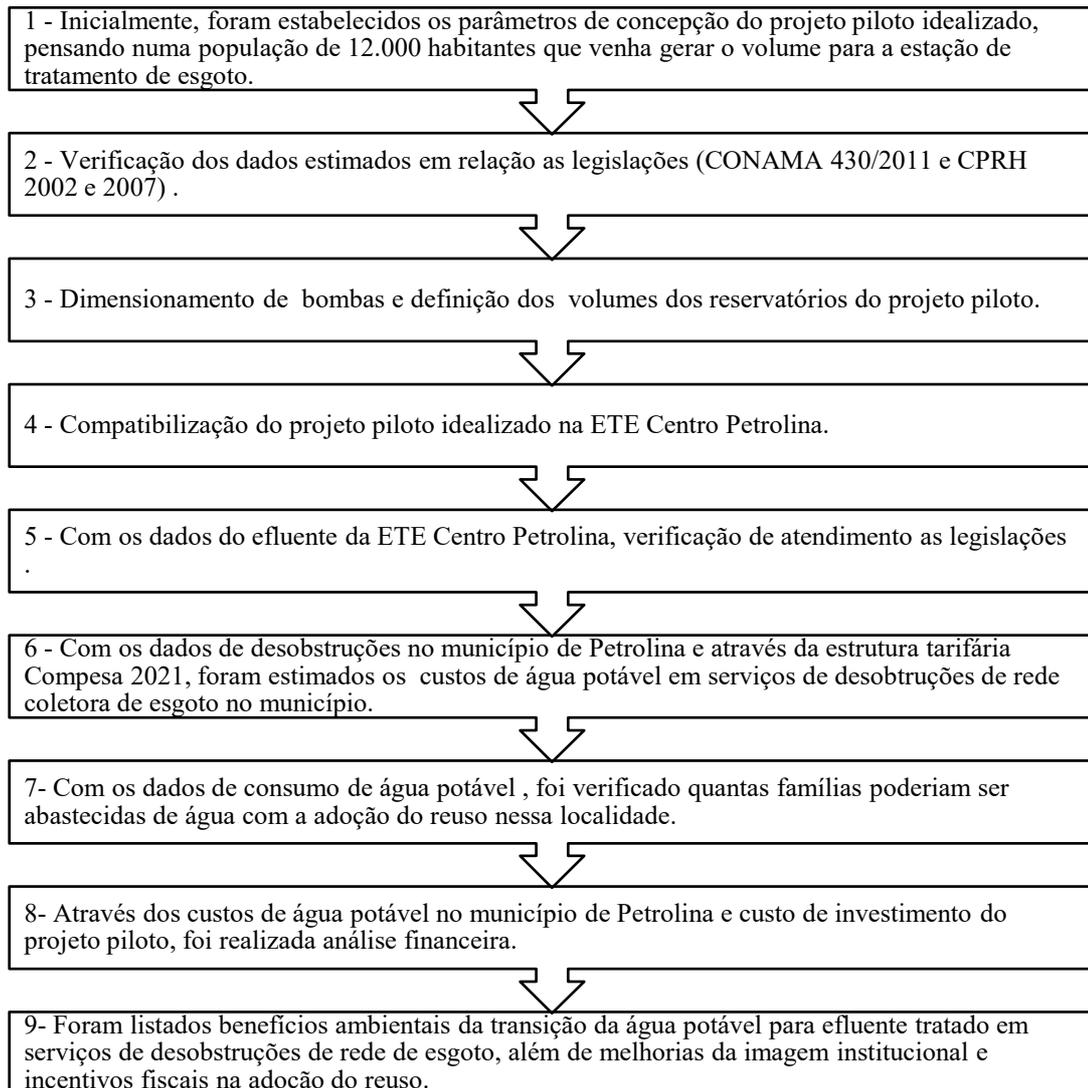
A metodologia desta pesquisa está descrita no fluxograma apresentado na Figura 2. Nesse sentido, foram premissados dados para o projeto piloto, mas também foram utilizados dados da Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. (SNIS), para coleta de informações da área de estudo.

De acordo com o Glossário do SNIS, as reclamações ou solicitações de serviços correspondem a todas as queixas de clientes e pedidos de serviços dirigidos ao prestador de serviços, pessoalmente ou por meio de telefone, fax, correio, e-mail, internet ou qualquer outra forma (SNIS, 2019).

Nesse contexto, quando o usuário faz uma reclamação é gerada uma ordem de serviço e acionada uma equipe de diagnóstico das redes coletoras, onde é realizada uma análise preliminar da situação no campo, visando identificar se a origem da reclamação é de responsabilidade da Concessionária, o tipo de veículo/equipamento que pode ser utilizado no local e, em caso de constatação de obstrução, o ponto em que a equipe de execução deverá atuar para resolver o problema. Atua também na execução de desobstruções em ramais e redes de esgoto, com uso de equipamentos mecânicos e manuais; e nos serviços de cunho preventivo, como a execução de vistorias de redes coletoras e realização de limpezas preventivas.

Com os dados, foi possível realizar um estudo de viabilidade da implantação do projeto piloto proposto. Para visualização dos consumos de água potável para desobstruções de rede coletora de esgoto e seus respectivos custos, foram elaborados gráficos.

Figura 2 - Etapas dos procedimentos metodológicos



Fonte: A Autora (2022).

3.1 Projeto piloto de reuso

Primeiramente, foram realizadas consultas em dados operacionais da Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), referentes as informações acerca dos serviços de manutenção de rede coletora de esgoto. Entretanto, a informação obtida foi em relação ao consumo de água utilizado em serviços de desobstruções de rede coletora de esgoto.

Nesse contexto, foram considerados dados hipotéticos de população para uma Estação de Tratamento de pequeno porte e dados operacionais da ETE Centro Centro Petrolina, a qual é operada pela Compesa, para o dimensionamento do projeto. Neste sentido, foram obtidos também os dados de desobstruções de rede coletora de esgoto do município de Petrolina – PE,

com o qual foi possível calcular o consumo de água potável nos serviços de manutenção de rede de esgoto na localidade.

Em contato com a Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), verificou-se que o volume médio de água potável utilizado em 01 serviço de desobstrução de rede coletora de esgoto é de aproximadamente 1,3 m³. Vale salientar que o referido projeto consiste na modalidade de reuso direto, segundo a classificação da Organização Mundial de Saúde (WHO, 1973 *apud* BRAGA FILHO; MANCUSO, 2002).

Adotando o referido consumo mensal como parâmetro do estudo e, visando redução de água potável nestes fins, propõe-se a viabilidade de um projeto piloto de reuso de efluente numa estação de tratamento de esgoto de pequeno porte, localizada no estado de Pernambuco, com aproximadamente 12.000 habitantes, na qual a estação de tratamento de esgoto (ETE) tenha capacidade de atender a população referida. No estudo, foram estimados parâmetros, conforme Tabela 3, no qual pretendeu-se verificar a viabilidade do reuso de efluente para o atendimento as legislações CONAMA 430/2011 e as CPRH NT N° 2002 e N° 2007 (legislações estaduais), ou apenas a CONAMA 430/2011 (CPRH, 2002; CPRH, 2007; CONAMA, 2011).

Tabela 3 - Parâmetros estimados da população geradora do efluente para a ETE adotada no projeto piloto

PARÂMETRO	VALOR REF.
População atendida (habitantes)	12.000 *
Consumo per capita de água potável (L/habitante/dia)	250
Coefficiente de retorno esgoto/água	0,8
Concentração de DBO afluente (mg. L ⁻¹)	267
Concentração de DBO no efluente tratado (mg. L ⁻¹)	15
Vazão média diária (L.s ⁻¹)	28*
Vazão máxima horária (L.s ⁻¹)	50*
Eficiência de remoção de DBO	94%

Fonte: Dados baseados em Von Sperling (2014) e dados estimados (*).

Ressalta-se que, em relação ao consumo per capita de água potável, o valor de projeto adotado é $250 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ respeitando as faixas de consumo adotadas por Von Sperling (2014).

Cabe mencionar que segundo Von Sperling (2014), a faixa típica de concentração de DBO afluente para esgotos domésticos varia entre 250 e 400 mg.L^{-1} . Porém foi aplicado no projeto a média do ano de 2016 da Concentração de DBO afluente da ETE Centro Petrolina. Com isso foi adotado como parâmetro, no estudo em questão, 267 mg.L^{-1} . Nesse contexto, com esse valor adotado e com a concentração de DBO no efluente tratado foi calculada a eficiência de remoção de DBO, conforme Equação 1:

$$E = \frac{C_o - C_e}{C_o} \cdot 100 \quad (1)$$

onde:

E = eficiência de remoção (%)

Co = concentração afluente do poluente (mg/L)

Ce = concentração efluente do poluente (mg/L)

3.2 Padrões de qualidade e de emissão para o corpo receptor

No projeto piloto adotado, admite-se que a ETE em estudo tenha os processos de tratamento a nível secundário utilizando a tecnologia de lodos ativados, na qual se obtém uma alta eficiência na remoção de DBO em um único processo, atendendo a legislação estadual CPRH (2002).

Nesse contexto, Von Sperling (2016) relata que o sistema de lodos ativados é amplamente utilizado, em nível mundial, para o tratamento de despejos domésticos e industriais, em situações em que são necessários uma elevada qualidade do efluente e reduzidos requisitos de área.

Com o tratamento adotado acima e atendimento as legislações cabíveis o efluente tratado deverá atingir os parâmetros de qualidade indicados na Tabela 4 (valores exigidos para águas dos cursos d'água classificados como de Classe 2).

Tabela 4 - Parâmetros de lançamento no corpo receptor

PARÂMETRO	VALOR REF.	FONTE
<i>DBO (mg. L⁻¹)</i>	≥ 90% (≤ 30 mg. L ⁻¹)	NT CPRH N° 2002
<i>Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)</i>	≤ 10 ³	NT CPRH N° 2007*
<i>Temperatura (°C)</i>	< 40	CONAMA N° 430/2011
<i>pH</i>	Entre 5 e 9	CONAMA N° 430/2011
<i>Sólidos Sedimentáveis (mg. L⁻¹)</i>	≤ 1	CONAMA N° 430/2011
<i>Óleos e Graxas (mg. L⁻¹)</i>	≤ 100	CONAMA N° 430/2011
<i>Materiais flutuantes</i>	Ausente	CONAMA N° 430/2011

Fonte: A Autora (2022)

E para atendimento a Classe 02, para que a ETE do estudo atenda aos requisitos do CONAMA (2011) e CPRH (2002; 2007), será necessário um sistema de desinfecção do efluente para obtenção de coliformes fecais ≤ 1.000 coliformes fecais/ 100 mL, conforme a Tabela 3.

Porém, como não exige nas legislações estaduais nenhum enquadramento do reuso para desobstrução de rede coletora de esgoto e não haverá contato humano direto com o efluente, pois os funcionários que realizam o serviço irão estar com os equipamentos de proteção individual, logo não seria necessário o sistema de desinfecção. Com isso a ETE poderá atender apenas a legislação CONAMA (2011).

3.3 Sistema de água de reuso

Segundo Florêncio *et al.* (2006), as tecnologias de tratamento de esgotos são desenvolvidas tendo por principal referência o lançamento em corpos d'água. As exigências para atender aos padrões de qualidade dos corpos receptores / mananciais de abastecimento são restritivas, em decorrência da fragilidade dos ecossistemas aquáticos e da necessidade de preservação dos usos múltiplos da água. Assim, necessita-se de substancial redução da carga de matéria orgânica biodegradável e de sólidos em suspensão, de macronutrientes como o nitrogênio e o fósforo, de remoção ou inativação de diversos grupos de organismos patogênicos, além do controle das concentrações de inúmeros constituintes químicos com propriedades tóxicas à saúde humana e à biota aquática.

Primeiramente, analisando o sistema de tratamento da ETE proposta que vai até o nível secundário, será necessário para atendimento aos padrões de coliformes exigidos na legislação do estadual, CPRH NT N° 2007*, a implementação do tratamento terciário. Vale ressaltar que o efluente ao ser direcionado para o tratamento terciário, deverá estar clarificado (baixa

concentração de sólidos suspensos), de forma a não prejudicar a eficiência da desinfecção ou formar os organoclorados.

Na desinfecção será utilizada a cloração, onde o cloro líquido é o agente inativador de organismos patogênicos presentes em esgotos sanitários. O cloro líquido tem um custo menor que outros produtos do mercado e é bastante difundido e utilizado nesse processo. Sendo muito eficiente na inativação de bactérias e vírus. Segundo a NBR 13969 (ABNT, 1997), faz-se isto em um tanque de contato que deve ser construído com volume suficiente para reter o esgoto por tempo maior. A seguir são apresentadas as unidades que formam o sistema de desinfecção:

- Tanques de armazenamento – têm a função de armazenar a solução de hipoclorito de sódio;
- Bombas de dosagem – têm a função de dosar a solução de hipoclorito de sódio na entrada do tanque de contato;
- Tanque de contato – tem a função de garantir a mistura e o tempo suficiente para ação da solução de hipoclorito de sódio no efluente, de maneira a assegurar a eliminação dos organismos patogênicos.

Importante salientar que, na prática, nos processos de desinfecção de esgotos, o cloro é utilizado na forma de hipoclorito de sódio. A quantidade relativa de cloro presente nessas fontes alternativa de cloro é expressa em termos de “cloro disponível”. Estequiometricamente, compostos puros de hipoclorito de sódio contêm 95,2% de cloro disponível.

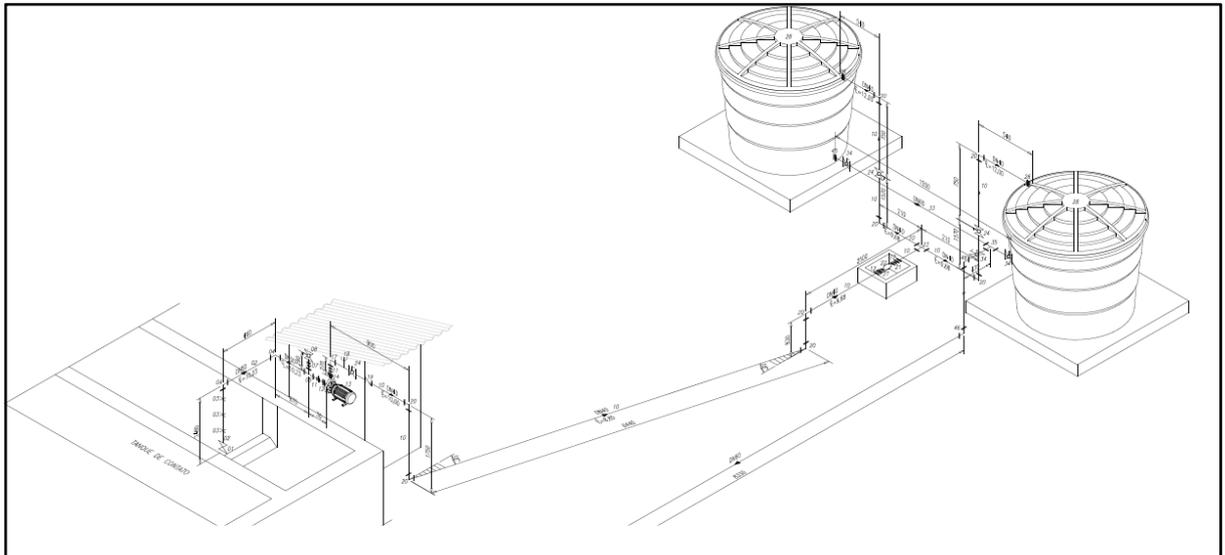
O hipoclorito de sódio (NaOCl) é o produto mais adequado para cloração em sistemas simples e de pequeno porte, em virtude da facilidade de aplicação em pequenas vazões operacionais, do baixo risco de manuseio e armazenamento e do baixo custo.

Após a desinfecção inicia-se o processo de reuso, o qual consiste no transporte do efluente tratado até os caminhões para posterior reutilização nas desobstruções de rede coletora de esgoto.

Do tanque de contato para abastecimento dos caminhões são necessárias 2 bombas, uma para enchimento dos 2 reservatórios e outra para enchimento dos caminhões, conforme Figura 3.

O sistema de reuso, no geral, consiste no efluente tratado após a cloração no tanque de contato, que será bombeado através da bomba 01 para os reservatórios. Desses reservatórios há a bomba 02, que auxiliará no enchimento dos caminhões, otimizando o tempo de abastecimento do efluente tratado.

Figura 3 - Planta baixa do sistema de reuso, para o projeto piloto proposto



Fonte: A Autora (2022).

Neste contexto, o sistema de reuso apresentará a seguinte composição:

- 2 reservatórios (caixa d'água em polietileno) de 10.000 litros cada;
- Bomba 01 (tipo centrífuga radial) para enchimento dos reservatórios;
- Bomba 02 (tipo centrífuga radial) para enchimento dos caminhões;

A vazão da Bomba 01 foi adotada em $3 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$; possibilitando que o sistema de água reuso seja utilizado mesmo com a vazão média afluyente adotada. Logo, o tempo de enchimento dos dois reservatórios é de aproximadamente 1 h e 50 minutos.

As características das bombas selecionadas são:

Tabela 5 - Características das bombas para o projeto piloto do sistema de reuso

BOMBAS	CARACTERÍSTICAS
Bomba 01	Vazão de recalque $3 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$; Altura manométrica máxima 16,48 mca; Número de conjuntos: 1 conjunto motobomba; Tipo de bomba :Centrífuga em poço seco;
Bomba 02	Vazão de recalque $6 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$; Altura manométrica máxima 12,30 mca; Número de conjuntos: 1 conjunto motobomba; Tipo de bomba: Centrífuga em poço seco;

Fonte: A Autora (2022).

Com estes equipamentos e as instalações hidráulicas para o projeto piloto com finalidade de reuso, estimou-se um valor de investimento inicial de aproximadamente R\$ 44.000,00 baseado em tabelas de materiais e serviços, além de cotações a empresas específicas para alguns dos equipamentos.

Estimou-se também que os caminhões que irão realizar o transporte da água de reuso tenham capacidade para 3600 litros cada e irão ser abastecidos 3 vezes ao dia, logo levarão 20 minutos para serem abastecidos. Esses caminhões, comumente, utilizados para execução de serviços de manutenção de rede coletora de esgoto em sua composição possuem mangueira de aproximadamente 120 metros de comprimento com alta pressão de água, na qual a mesma é introduzida na rede de esgoto para o serviço de desobstrução. A água, em alta pressão, quebra as placas de gordura que se acumulam nas redes e todo o lixo e a gordura são removidos das tubulações.

3.4 Dimensionamento das bombas 01 e 02

Bomba 01

Diâmetros das tubulações de barrilete e recalque estão definidos conforme consta na Tabela 6.

Tabela 6 - Diâmetros, vazões e velocidades de sucção e recalque nas tubulações

Tubulação	DN (mm)	DI (mm)	Vazão Veiculada(L.S ⁻¹)	Velocidade (m/s)
Sucção	50	44	3,0	1,97
Recalque	32	27,8	3,0	4,94

Fonte: A Autora (2022).

- Perdas de carga

As perdas de carga localizadas foram calculadas pelo método de Borda- Bélanger com base no coeficiente "k" de cada peça, por meio da Equação 2:

$$h_L = \frac{k_{total} \cdot v^2}{2 \cdot g} \quad (2)$$

Em que:

h_L = perda de carga localizada (m);

k_{total} = soma dos coeficientes de perda de carga de cada peça;

v = velocidade (m/s);

g = aceleração da gravidade (m/s²).

As perdas de carga distribuídas foram calculadas por meio da fórmula de Hazen-Williams, Equação 3:

$$J = 10,643 * Q^{1,95} * C^{-1,95} * D^{-4,87} \quad (3)$$

Em que:

J = perda de carga unitária (m/m);

Q = vazão (m³/s);

C = coeficiente adimensional;

D = diâmetro (m).

Foi adotado o seguinte coeficiente de Hazen-Williams (C):

Tubulação em PVC.....140

- Perdas de carga localizadas

- *Perdas de carga na sucção*

A relação de peças previstas na sucção é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores de perdas de cargas das peças na sucção

Peça	DN	DI	Quantidade	kparcial	ktotal
Cotovelo de 90°	50	44	2	0,90	1,80
Redução gradual			1	0,15	0,15
Tê, passagem direta			1	0,60	0,60
Válvula-de-pé			1	1,75	1,75
ktotal					4,30

Fonte: A Autora (2022).

$h_L = 0,85$ m.

- *Perdas de carga na linha de recalque*

A relação de peças previstas na linha de recalque é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores de perdas de cargas das peças no recalque

Peça	DE	DI	Quantidade	kparcial	ktotal
Cotovelo de 90°	32	27,8	1	0,90	0,90
Curva de 90°			6	0,40	2,40
Saída de canalização			1	1,00	1,00
Tê, saída de lado			1	1,30	1,30
ktotal					5,60

Fonte: A Autora (2022).

- Perdas de carga distribuídas

- *Perdas de carga na sucção*

As perdas de carga na sucção podem ser calculadas pela Equação 4.

$$J = 10,643 * 0,003^{1,85} * 140^{-1,85} * 0,044^{-4,87} \quad (4)$$

Onde:

$$J = 0,09903 \text{ m/m};$$

$$L = 4,00 \text{ m};$$

$$h_D = 0,40 \text{ m}.$$

- Perdas de carga na linha de recalque

As perdas de carga na linha de recalque podem ser calculadas pela Equação 5.

$$J = 10,643 * 0,003^{1,85} * 140^{-1,85} * 0,0278^{-4,87} \quad (5)$$

Onde:

$$J = 0,92662 \text{ m/m};$$

$$L = 15,80 \text{ m};$$

$$h_D = 14,60 \text{ m}.$$

- Perdas de carga totais

- Perdas de Carga na Sucção: $h_r = 1,25m$
- Perdas de Carga na Linha de Recalque: $h_r = 21,58m$
- Perda de Carga Total no Sistema: $h_r = 22,83m$

- Altura manométrica

- Desnível geométrico mínimo..... 3,00m
- Desnível geométrico máximo..... 3,75m
- Altura manométrica mínima..... 25,83m
- Altura manométrica máxima..... 26,58m

- Curva do sistema

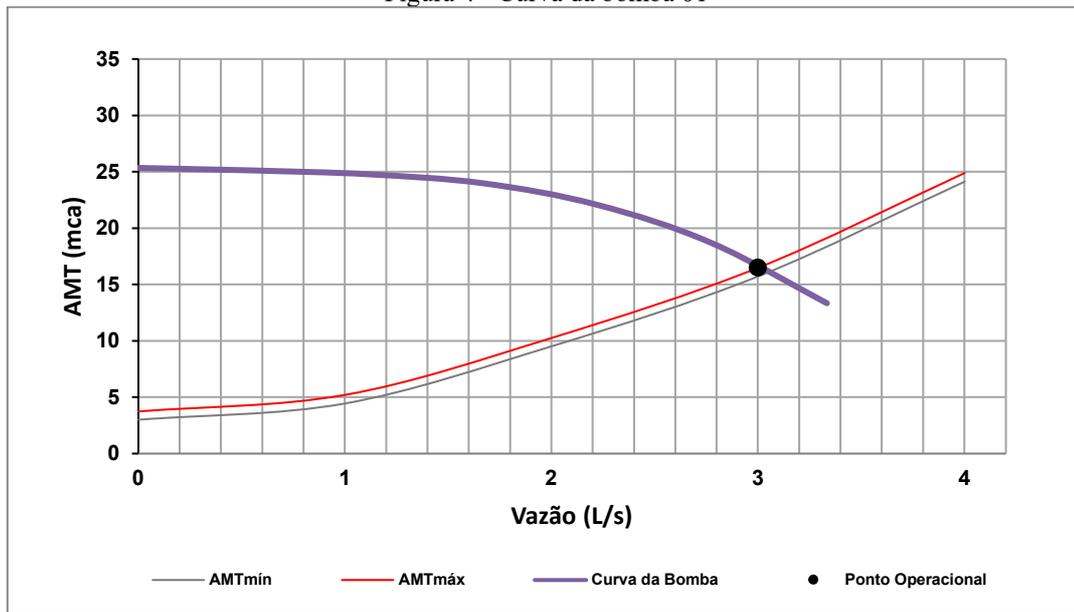
Na Tabela 9 são apresentados os resultados de 'perdas de carga' e 'alturas manométricas máximas' versus 'vazão' e, na sequência, constam as curvas características do sistema elevatório e da bomba considerada para o projeto, respectivamente.

Tabela 9 - Resultados das perdas de cargas e alturas manométricas versus vazões

Vazão (L.S ⁻¹)	Perda de Carga Localiz. (m)		Perda de Carga Distrib. (m)		AMTmín. (mca)	AMTmáx. (mca)
	Barrilete	Recalque	Barrilete	Recalque		
0	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	3,75
1	0,09	0,77	0,05	1,91	5,83	6,58
2	0,38	3,10	0,19	6,90	13,56	14,31
3	0,85	6,97	0,40	14,60	25,83	26,58
4	1,52	12,40	0,67	24,87	42,45	43,20
5	2,37	19,37	1,02	37,57	63,33	64,08

Fonte: A Autora (2022).

Figura 4 - Curva da bomba 01



Fonte: A Autora (2022)

- Verificação do NPSH

$$NPSH_{disponível} = \pm H + \frac{Pa}{\gamma} - \frac{Pv}{\gamma} - h_{sucção}$$

Em que:

H = altura estática de sucção - positiva para bomba afogada e negativa em caso contrário

(m); Pa = pressão atmosférica (N/m^2);

Pv = pressão de vapor (N/m^2);

γ = peso específico da água (N/m^3);

$h_{sucção}$ = soma de todas as perdas de carga na sucção (m).

Para:

$$Pa/\gamma = 10,33mca$$

$$Pv/\gamma = 0,323mca$$

$$H = 1,23m$$

$$NPSH_{disponível} = 7,53$$

- Estimativa da potência

Para estimativa da potência foi utilizada a seguinte Equação 6.

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{man}}{75 \cdot \eta} \quad (6)$$

Em que:

γ = peso específico (1000 kgf/m³);

Q = vazão de recalque no ponto operacional (m³/s);

H_{man} = altura manométrica no ponto operacional (mca);

η = rendimento total da bomba no ponto operacional (%).

Bomba 02

Diâmetros das tubulações de barrilete e recalque adotados podem ser visualizados na Tabela 10.

Tabela 10 - Diâmetros, vazões e velocidades de sucção e recalque nas tubulações

Tubulação	DN (mm)	DI (mm)	Vazão Veiculada (L.s ⁻¹)	Velocidade (m/s)
Sucção	75	66,6	6,0	1,72
Recalque	50	44	6,0	3,95

Fonte: A Autora (2022).

- Perdas de carga localizadas

- *Perdas de carga na sucção*

A relação de peças previstas na sucção é apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 - Valores de perdas de cargas das peças na sucção

Peça	DN	DI	Quantidade	kparcial	ktotal
Curva de 90°	75	66,6	1	0,40	0,40
Redução gradual			1	0,15	0,15
Tê, passagem direta			1	0,60	0,60
ktotal					1,15

Fonte: A Autora (2022).

$$h_L = 0,17 \text{ m.}$$

- *Perdas de carga no recalque*

A relação de peças previstas na linha de recalque é apresentada na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores de perdas de cargas das peças no recalque

Peça	DE	DI	Quantidade	kparcial	ktotal
Ampliação gradual	50	44	2	0,30	0,60
Cotovelo de 90°			2	0,90	1,80
Curva de 90°			3	0,40	1,20
Saída de canalização			1	1,00	1,00
Válvula de ângulo aberta			1	5,00	5,00
ktotal					9,60

Fonte: A Autora (2022).

$$h_L = 7,62 \text{ m.}$$

- Perdas de carga distribuídas

- Para perdas de carga na sucção foi utilizada a seguinte equação 7.

$$J = 10,643 * 0,006^{1,85} * 140^{-1,85} * 0,0666^{-4,87} \quad (7)$$

Onde:

$$J = 0,04742 \text{ m/m;}$$

$$L = 6,50 \text{ m;}$$

$$h_D = 0,31 \text{ m.}$$

- Para perdas de carga na linha de recalque foi utilizada a seguinte equação 8.

$$J = 10,643 * 0,006^{1,85} * 140^{-1,85} * 0,044^{-4,87} \quad (8)$$

Onde:

$$J = 0,35702 \text{ m/m};$$

$$L = 6,20 \text{ m};$$

$$h_D = 2,20 \text{ m}.$$

- Perdas de carga totais

- Perdas de carga na sucção: $h_T = 0,48 \text{ m}$;
- Perdas de carga na linha de recalque: $h_T = 9,81 \text{ m}$;
- Perda de carga total no sistema: $h_T = 10,30 \text{ m}$.

- Altura manométrica

Desnível geométrico mínimo.....	1,00 m;
Desnível geométrico máximo.....	2,00 m;
Altura manométrica mínima.....	11,30 m;
Altura manométrica máxima.....	12,30 m.

- Curva do sistema

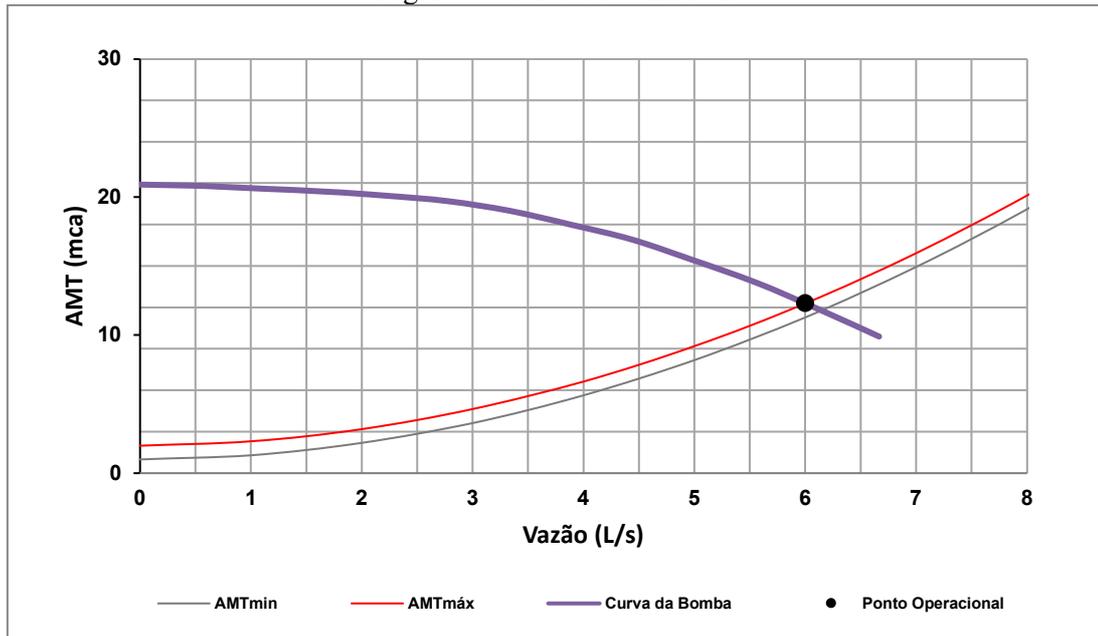
A seguir são apresentados os resultados de 'perdas de carga' e 'alturas manométricas máximas' versus 'vazão' e, na sequência, constam as curvas características do sistema elevatório e da bomba considerada para o projeto, respectivamente.

Tabela 13 - Resultados das perdas de cargas e alturas manométricas versus vazões

Vazão (L.s ⁻¹)	Perda de Carga Localiz. (m)		Perda de Carga Distrib. (m)		AMTmín. (mca)	AMTmáx. (mca)
	Barrilete	Recalque	Barrilete	Recalque		
0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00
1	0,00	0,21	0,01	0,08	1,31	2,31
2	0,02	0,85	0,04	0,29	2,19	3,19
3	0,04	1,90	0,09	0,61	3,64	4,64
4	0,08	3,39	0,15	1,04	5,65	6,65
5	0,12	5,29	0,22	1,57	8,20	9,20
6	0,17	7,62	0,31	2,20	11,30	12,30
7	0,24	10,37	0,41	2,92	14,94	15,94
8	0,31	13,54	0,52	3,74	19,12	20,12
9	0,39	17,14	0,65	4,65	23,83	24,83
10	0,48	21,16	0,79	5,65	29,09	30,09

Fonte: A Autora (2022).

Figura 5 - Curva da bomba 02



Fonte: A Autora (2022).

- Verificação do NPSH

$$NPSH_{disponível} = \pm H + \frac{Pa}{\gamma} - \frac{Pv}{\gamma} - h_{sucção}$$

Em que:

H = altura estática de sucção - positiva para bomba afogada e negativa em caso contrário

(m); Pa = pressão atmosférica (N/m^2);

Pv = pressão de vapor (N/m^2);

γ = peso específico da água (N/m^3);

$h_{sucção}$ = soma de todas as perdas de carga na sucção (m).

Para:

$$Pa/\gamma = 10,33mca$$

$$Pv/\gamma = 0,323mca$$

$$H = 0,10m$$

$$NPSH_{disponível} = 9,6m$$

- Para estimativa da Potência foi utilizada a seguinte equação 9.

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{man}}{75 \cdot \eta} \quad (9)$$

Em que:

γ = peso específico (1000 kgf/m³);

Q = vazão de recalque no ponto operacional (m³/s);

H_{man} = altura manométrica no ponto operacional (mca);

η = rendimento total da bomba no ponto operacional (%).

3.5 Adequação do projeto piloto na estação de tratamento Centro de Petrolina

No índice de Água Limpa e Saneamento, que tem o objetivo de garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos, Petrolina atingiu 100% da população com serviço de água. Já em relação ao esgotamento sanitário, o levantamento mostrou que o município tem 83,6% de cobertura de esgoto. O estudo também apontou que 85% do esgoto de Petrolina é tratado antes de chegar aos rios, córregos e mares (Compesa,2021).

No presente estudo, escolheu-se a ETE Centro, localizada no município de Petrolina (Figura 6 e 7), para análise de viabilidade do projeto piloto do sistema de reuso. Essa ETE é operada pela Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa) e segundo a mesma, a unidade foi modernizada, no ano de 2014, e tornou-se referência em todo Nordeste. A unidade garantiu um aumento de 60% no tratamento de esgoto gerado pela cidade, colaborando para elevar o índice de cobertura de esgotamento em 80% (Compesa, 2017).

Figura 6 - Localização da ETE Centro Petrolina



Fonte: Google earth (2022).

Figura 7 - Registro fotográfico da ETE Centro Petrolina



Fonte: Compesa (2018).

A ETE Centro utiliza a combinação dos processos unitários físicos, químicos e biológicos para remoção de sólidos grosseiros, matéria orgânica e inorgânica, através de gradeamento, caixa de areia, reatores UASB, filtros biológicos aerados submersos, decantadores secundários e tanque de contato para aplicação de cloro gasoso (PAIVA *et al.*, 2017).

Segundo informações obtidas da Companhia de Saneamento de Pernambuco (Compesa), as unidades do processo de tratamento da ETE Centro são:

- Gradeamento de barras mecanizadas;
- 4 reatores anaeróbios UASB;
- 3 filtros aeróbios submersos;
- 3 decantadores secundários;
- Tanque de contato;
- Sistema de desidratação e inertização do lodo (centrífuga e inertização com cal).

3.6 Características do efluente da ETE Centro Petrolina

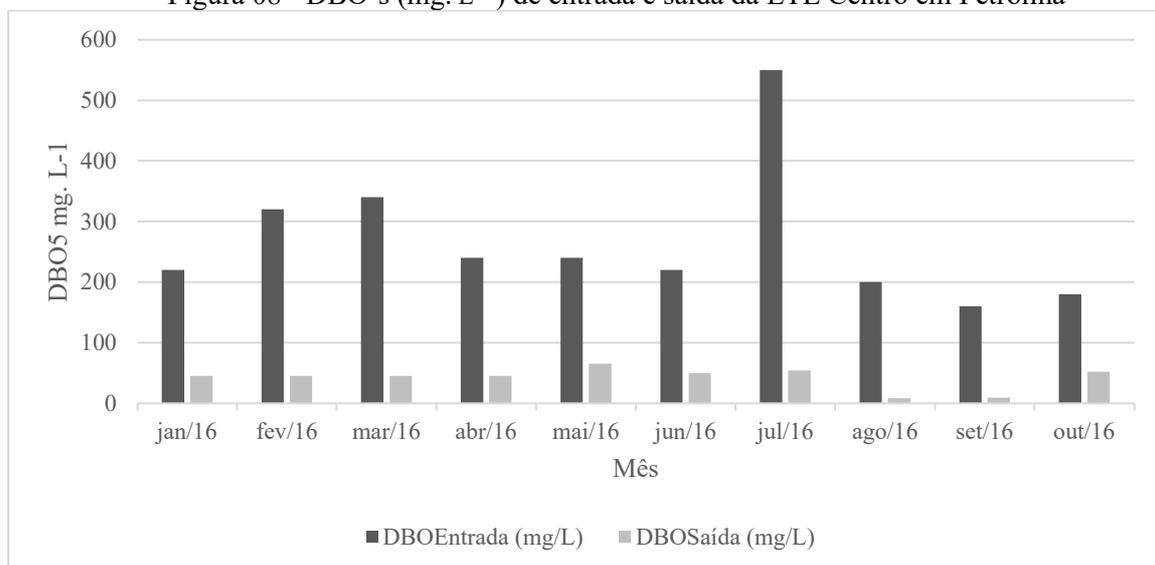
Os dados apresentados do efluente foram obtidos conforme Paiva *et al.* (2017). Primeiramente, a Tabela 14 resume os resultados obtidos das análises de esgoto da Estação de Tratamento Centro em Petrolina, de janeiro a outubro de 2016, conforme os parâmetros elencados na resolução CONAMA Nº 430 (2011).

Tabela 14 - Resultados das análises de esgoto tratado da ETE Centro, Petrolina, PE

PARÂMETROS	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16
pH	7,70	7,90	7,40	7,70	8,00	8,20	8,10	7,70	7,10	7,30
Temperatura	28,40	28,80	33,20	28,10	28,30	25,10	28,90	27,00	29,60	32,60
Materiais sedimentáveis (mg. L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) (mg. L ⁻¹)	4,40	14,20	1,80	5,00	3,30	3,90	7,80	3,20	4,90	3,90
DBO 5 dias, 20° C (mg. L ⁻¹)	45,00	45,00	45,00	45,00	65,00	50,00	54,00	8,00	9,00	52,00

Fonte: Paiva *et al.* (2017).

Em segundo lugar, na Figura 08 visualizam-se os valores de DBO de entrada e saída da estação de tratamento de esgoto do estudo. Nela a DBO afluente (entrada) variou entre 550 e 160 mg. L⁻¹, tendo como média 267 mg. L⁻¹. A ETE Centro foi projetada para atender a uma DBO afluente média de 400 mg. L⁻¹, dessa forma, os valores de DBO afluente (entrada) nos meses analisados ficaram abaixo do valor utilizado para o dimensionamento da unidade. A DBO efluente (saída) apresentou valor máximo de 65 mg. L⁻¹ e valor mínimo de 8 mg. L⁻¹, tendo como média 41,8 mg. L⁻¹ (PAIVA *et al.*, 2017).

Figura 08 - DBO's (mg. L⁻¹) de entrada e saída da ETE Centro em Petrolina

Fonte: Paiva *et al.* (2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, vale ressaltar que no projeto piloto proposto foi realizada a análise da viabilidade do reuso de efluente numa Estação de Tratamento de Esgoto existente, no caso a ETE Centro Petrolina. Com os dados do efluente da ETE de janeiro à outubro de 2016, sendo esta operada pela Compesa, foi verificado se a mesma tem condições de atender as legislações ambientais para reuso tanto nacional como estadual. Sendo assim essa referência serve de modelo e motivação para os interessados.

Em segundo lugar, a partir dos dados apresentados das análises de laboratório da ETE Centro Petrolina e considerando que a água de reuso será utilizada apenas para desobstrução de rede coletora de esgoto, percebe-se que o projeto piloto é viável e compatível na ETE Centro, pois os parâmetros da mesma atendem os requisitos da legislação CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011), conforme Tabela 15. Como não foi possível a obtenção dos dados de vazão para saber se o efluente atende as legislações estaduais, logo não podemos afirmar que o efluente se enquadre na classe 2 de reuso, pois não foi possível obter os valores de coliformes termotolerantes que a legislação estadual CPRH 2007 exige. Porém, como não existe enquadramento das desobstruções de rede coletora de esgoto em nenhuma classe de reuso, logo, bastaria atendimento a legislação CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011), já que não haveria contato entre o efluente e o funcionário que irá executar a desobstrução. Vale ressaltar também que é essencial que os funcionários que executarão os serviços utilizem os equipamentos de proteção individual (custo já incorporado na própria operação das Companhias de Saneamento), para que não haja contato do efluente com o mesmo.

Tabela 15 -Verificação de atendimento ao CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011) na ETE Centro Petrolina

	pH	Temperatura (°C)	Materiais sedimentáveis (mL/L)	Óleos e graxas (mg. L ⁻¹)	DBOEntrada (mg. L ⁻¹)	DBOSaída (mg. L ⁻¹)	Eficiência a Remoção (%)	CONAMA 430/2011
jan/16	7,7	28,4	0	4,4	220	45	79,5%	Atende
fev/16	7,9	28,8	0	14,2	320	45	85,9%	Atende
mar/16	7,4	33,2	0	1,8	340	45	86,8%	Atende
abr/16	7,7	28,1	0	5	240	45	81,3%	Atende
mai/16	8	28,3	0	3,3	240	65	72,9%	Atende
jun/16	8,2	25,1	0	3,9	220	50	77,3%	Atende
jul/16	8,1	28,9	0	7,8	550	54	90,2%	Atende
ago/16	7,7	27	0	3,2	200	8	96,0%	Atende
set/16	7,1	29,6	0	4,9	160	9	94,4%	Atende
out/16	7,3	32,6	0	3,9	180	52	71,1%	Atende

Fonte: A Autora (2022).

Constata-se que todas as legislações estaduais que aplicam eficiência mínima de remoção de DBO são mais restritivas do que a legislação federal, a qual estabelece remoção mínima de 60%, enquanto os estados exigem valores na faixa de 75% a 95% (MORAIS; SANTOS, 2019). Com isso percebe-se pela Tabela 15 que a ETE Centro Petrolina atende a legislação CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011).

Outro ponto a comentar também é que nesse estudo aplicamos o projeto piloto apenas na ETE Centro, mas o mesmo pode ser aplicado para outras Estações de Tratamento que tenham parâmetros parecidos.

É oportuno também ressaltar que para verificação da ETE Centro Petrolina no atendimento as legislações estaduais, CPRH (2002; 2007), seriam necessários os dados de vazão e coliformes termotolerantes do efluente no período de janeiro à outubro de 2016. Porém esses dados não foram disponibilizados pela Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa).

4.1 Dimensionamento das bombas 01 e 02 do projeto piloto

No dimensionamento da Bomba 1, conforme equação 6, a estimada da potência foi 2,13 *cv*. Nesse contexto, considerando um incremento de 30% sobre a potência consumida, foi obtida uma potência do motor igual a 2,7 *cv*, sendo utilizada no projeto piloto o valor aproximado de 3,0 *cv*. Já em relação a bomba 2, conforme equação 9, a potência foi 1,64 *cv* e com os 30% de incremento sobre a potência consumida chegou num valor de 2,46 *cv*, sendo aproximado para 3,0 *cv* no projeto em estudo. Logo, no projeto piloto serão necessárias 02 bombas com potência equivalentes a 3 *cv*.

4.2 Análise de volume de água utilizado por diâmetro de tubulação nas desobstruções

Com os dados do SNIS (2019) de extravasamentos anuais em vários municípios brasileiros, foi possível obter o valor de desobstruções necessárias do município de Petrolina.

Tabela 16 - Quantidade de extravasamentos de esgotos registrados (QD011) e duração dos extravasamentos (QD012), segundo os municípios dos prestadores de serviços regionais participantes do SNIS, em 2019, que apresentam QD011 superior a 7.000 extravasamentos de esgotos/ano

Municípios	Prestador de Serviços	QD011 (Extravasamentos/ano)	QD012 (horas /ano)
São Bernardo do Campo / SP	SABESP	7136	261.637
Ipatinga /MG	COPASA	7729	66.816
Betim/ MG	COPASA	7762	110.314
Petrolina /PE	COMPESA	7899	408.408
Montes Claros /MG	COPASA	7928	145.317
Guarulhos /SPs	SABESP	8632	249.109
Natal/RN	CAERN	8762	490.656
Vitória /ES	CESAN	8959	59.938
Contagem /MG	COPASA	11466	239.053
Serra /ES	CESAN	12242	168.043
Belo Horizonte /MG	COPASA	27157	213.470
Rio de Janeiro /RJ	CEDAE	36481	336
Brasília /DF	CAESB	42523	525.027
São Paulo /SP	SABESP	64638	1.425.058

Fonte: SNIS (2019).

Considerando que cada extravasamento gere uma ordem de serviço (OS) de desobstrução e adotando o município de Petrolina, pode-se supor que no ano de 2019 foram geradas 7899 OS's de desobstrução, o que equivale a aproximadamente 658 OS's mensais.

Com os dados de desobstruções obtidos pelo SNIS e através de informações de Companhias de Saneamento de outros estados, pode-se observar, na Tabela 17, os volumes de água necessários para desobstruções de rede coletora de esgoto por diâmetro de tubulação. Como no estudo em questão não foi possível a obtenção do mapeamento da rede de esgoto de Petrolina, logo será considerado nos cálculos a média do volume de água de todos os diâmetros.

Tabela 17 - Volumes de água (m³) por diâmetro de tubo de esgoto

Diâmetros	Volume de água utilizado (m³) para desobstrução de rede
150	1
200	1,2
250	1,4
300	1,6
Média	1,3

Fonte: A Autora (2022).

Nesse contexto, a partir das informações acima, e considerando os dados obtidos da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), que o volume médio de água utilizado em 01 serviço de desobstrução de rede coletora de esgoto é em média 1,3 m³, foi possível estimar que o volume total de água gasto mensal equivale a 855.725 litros no município de Petrolina, conforme tabela 18 abaixo:

Tabela 18 - Parâmetros utilizados para calcular o volume total gasto/mês em serviços de desobstrução de rede de esgoto em Petrolina (PE)

Desobs mensal média em Petrolina	658
Volume médio de água gasto(litros)/desobstrução	1300
Volume de água gasto em desobstrução/ mês (litros)	855725

Fonte: A Autora (2022).

4.3 Análise de frotas necessária na área de estudo

Segundo informações da Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), os equipamentos de vácuo e hidrojato, chamados de Combinados, associam duas funções essenciais para a limpeza de redes de esgoto: succionar o efluente da tubulação (vácuo) e lançar a água de reuso para limpá-la (hidrojato). Os caminhões do Programa Cidade Saneada que utilizam água de reuso em suas atividades podem ser facilmente identificados pela população. Todos possuem uma sinalização em sua lateral indicando que o veículo é abastecido com a água de reuso.

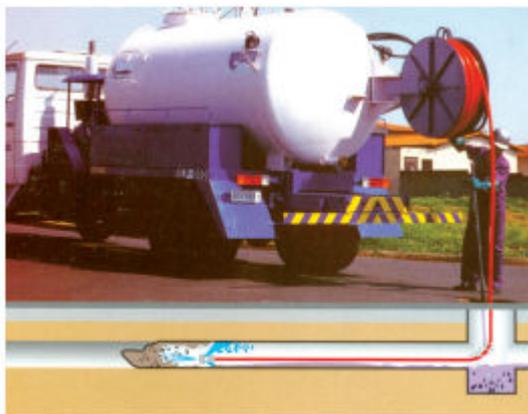
Para execução desses serviços é utilizada uma mangueira de aproximadamente 120 metros de comprimento com alta pressão de água, na qual a mesma é introduzida na rede de esgoto. Essa água, em alta pressão, quebra as placas de gordura que se acumulam nas redes e todo o lixo e a gordura são removidos das tubulações.

Na Figura 09, observa-se alguns equipamentos utilizados para desobstruções e limpeza preventiva de rede de esgoto, extraídos do Guia do Profissional em Treinamento da RECESA – Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento (ANO).

Considerando esse cenário, no estudo em questão foi adotado que cada caminhão tenha capacidade de armazenamento de 3.600 litros de água de reuso e como a ETE tem vazão média de 250 L.s⁻¹ e serão necessários 855.725 litros para os serviços mensais de desobstruções, então serão necessários aproximadamente 237 abastecimentos de caminhões com essa água de reuso para desobstrução das redes de esgoto do município de estudo. Considerando que tenha 2

caminhões em cada turno, totalizando 6, e que cada caminhão faça 2 viagens por dia, logo será possível atender as demandas de desobstruções do município.

Figura 09 - Caminhões utilizados para serviços de manutenção em rede coletora de esgoto



Sewer jet ou hidrojateamento



Vácuo



Vac all



Combinado (sewer jet e vácuo jet)

Fonte: Brasil (2008).

4.4 Custo de água potável para desobstruções

Primeiramente, foi considerado no estudo a estrutura tarifária Compesa (2021) para consumidores da indústria, conforme Tabela 19.

Tabela 19 - Estrutura tarifária Compesa em 2021

Consumo	Valor (R\$)
Até 10.000 litros / mês	93,1
10.001 a 999999.000 litros	19,73

Fonte: A Autora (2022).

A partir dos dados da Tabela 19 e do número de desobstruções do município de Petrolina no ano de 2019, foram calculados os custos gastos com água potável mensal e anual, podendo esse custo ser reduzido com a utilização da técnica de reuso, conforme Tabela 20.

Dessa forma, como o valor de investimento inicial considerado foi de aproximadamente R\$ 44.000,00 e o custo mensal de consumo de água foi de R\$ 16.883,45, obtém-se um período de retorno financeiro de aproximadamente 3 meses em relação ao investimento inicial. Nesse mesmo contexto, segundo a pesquisa de Santos *et al.* (2010), é possível ratificar, através do projeto de reuso de efluente do Instituto Federal do Ceará (IFCE)-Campus Limoeiro do Norte, que o reuso se mostrou viável financeiramente, pois o investimento inicial foi de R\$4.800,00 e a economia foi de R\$ 4.350,00 gerando um payback em menos de 2 meses.

E partindo do princípio de que a água é um bem essencial e que precisa ser usada para fins nobres, o resultado acima demonstra que existe um custo elevado de água potável anual em desobstruções de rede coletora de esgoto no município de Petrolina. E nesse cenário o reuso seria uma alternativa eficaz, tanto para minimizar os custos operacionais (OPEX) nas empresas como para aumentar a demanda hídrica destinada à população.

Tabela 20 - Volume mensal de água em desobstruções e seus respectivos custos

Volume de água utilizado/mês em desobstruções (litro)	Custo Unitário > 10 m³	Custo Total /mês	Redução de Opex /mês	Redução de Opex /ano
855725	19,73	R\$ 16.883,45	R\$ 16.883,45	R\$ 202.601,45

Fonte: A Autora (2022).

Com as informações expostas acima e de acordo com os dados da Organização das Nações Unidas (ONU) que o consumo médio por pessoa de água deve ser de 110 litros por dia (SABESP, 2021), pode-se estimar que o volume de água potável gasto no mês seria suficiente para abastecer 65 residências, naquele mesmo mês, com aproximadamente 4 moradores, conforme Tabela 21.

Tabela 21 - Parâmetros adotados para o cálculo do quantitativo de casas abastecidas com volume de água utilizado em desobstruções

Consumo médio por pessoa de água /dia	110
Consumo médio de 1 residência com 4 pessoas/dia	440
Consumo médio de 1 residência com 4 pessoas/mês	13200
Consumo médio de água/mês em desobstrução	855725
Quantidade de casas que poderiam ser abastecidas com o volume médio de água utilizado nas desobstruções mensais	65

Fonte: A Autora (2022).

4.5 Custo de água entre 2016 e 2019 em Petrolina (PE)

Partindo dos dados obtidos do SNIS e explicitados na tabela 22, foram feitos gráficos entre os anos de 2016 a 2019, que demonstram os custos anuais de água para desobstrução no município de Petrolina e a quantidade de residências que poderiam ser abastecidas com essa água, caso houvesse a utilização do reuso do efluente da ETE para os serviços de desobstrução de rede coletora de esgoto.

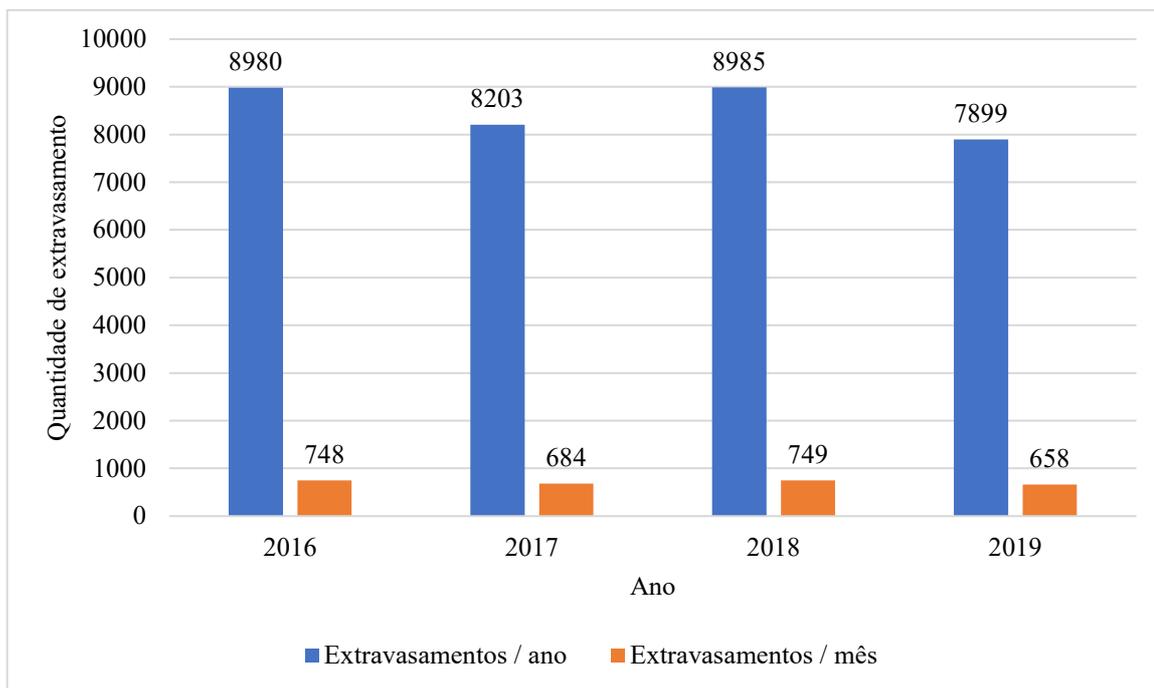
Vale ressaltar que foram considerados 1.300 litros, equivalente ao volume médio de água por desobstrução, assim como custo unitário de R\$ 19,73 (Tarifa Compesa 2021) por cada 1.000 litros de água e consumo médio de água por residência com 4 moradores de 13.200 litros de água / mês. A seguir são apresentados os gráficos com os dados obtidos, Figuras 10 a 13.

Tabela 22 - Quantitativo de extravasamentos em Petrolina entre os anos de 2016 a 2019

Ano	Extravasamentos / ano	Fonte
2016	8980	SNIS 2016
2017	8203	SNIS 2017
2018	8985	SNIS 2018
2019	7899	SNIS 2019

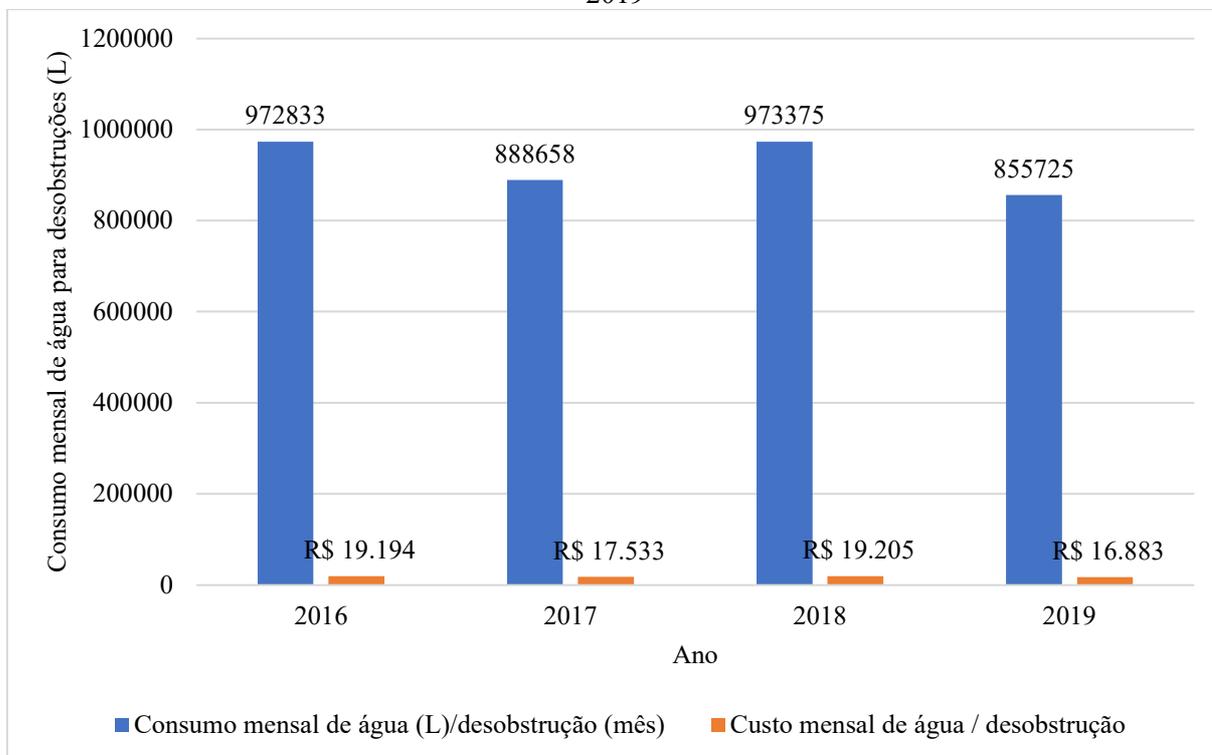
Fonte: A Autora (2022).

Figura 10 - Extravasamentos de esgoto em Petrolina entre os anos de 2016 a 2019



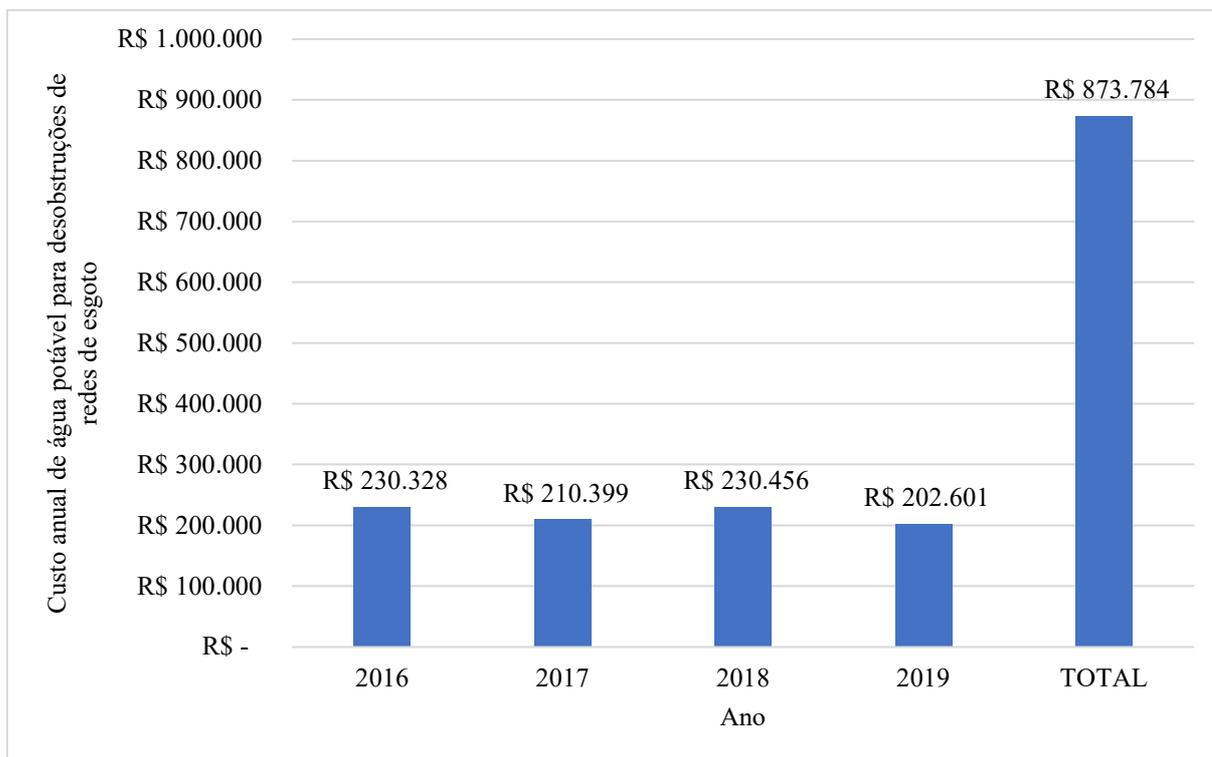
Fonte: A Autora (2022).

Figura 11 - Consumo mensal de água por desobstruções de esgoto e seu custo entre os anos de 2016 a 2019



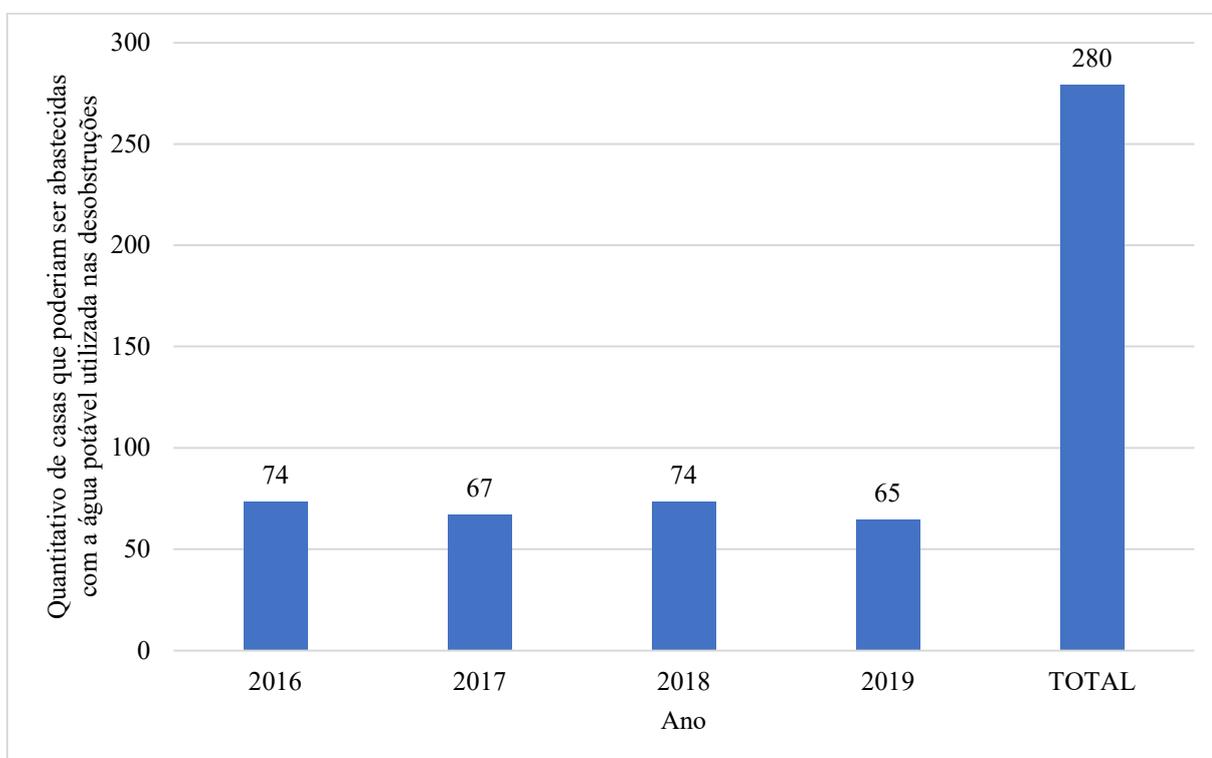
Fonte: A Autora (2022).

Figura 12 - Custo anual de água potável para desobstruções entre os anos de 2016 a 2019



Fonte: A Autora (2022).

Figura 13 - Quantitativo de casas que poderiam ser abastecidas com a água utilizada nas desobstruções entre os anos de 2016 a 2019



Fonte: A Autora (2022).

A partir dos dados das Figuras 10 a 13, percebe-se que se nesses 4 anos fossem utilizados o reuso haveria redução de R\$ 873.784,00 em custo operacional (OPEX) e ao mesmo tempo haveria disponibilidade hídrica mensal para abastecimento de 280 residências no município.

Segundo Mota *et al.* (2007), a utilização de esgotos tratados constitui uma medida efetiva de controle da poluição da água e uma alternativa para o aumento da oferta de água em regiões carentes de recursos hídricos. Ou seja, a partir da utilização do reuso de efluente, as ETE's reduzirão seu consumo de água tratada nos serviços de desobstrução de rede coletora de esgoto, conseqüentemente a água potável economizada será destinada a fins nobres, como o abastecimento da população, comprovando assim a viabilidade ambiental.

No mesmo enfoque, segundo Giordano (2016) no caso específico da água, insumo cada vez mais escasso e custoso, sua substituição através do reaproveitamento de águas servidas vem sendo efetivada de maneira crescente para diversas tipologias de aplicação.

Com isso percebe-se que a reutilização do efluente tratado gera uma redução do custo operacional nas unidades de tratamento. Salienta-se que o payback é aproximadamente de 3 meses, ratificando a viabilidade econômica do projeto de reuso de efluente na ETE Centro Petrolina.

4.6 Benefícios ambientais da utilização da água de reuso

Em relação aos benefícios ambientais do reuso, é oportuno destacar que o reuso é uma alternativa que visa diminuir as pressões de demanda hídrica, possibilitando que a água seja utilizada para fins nobres, como abastecimento da população.

A esse respeito, a Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005 do CNRH (CNRH, 2005) esclarece no Manual de Conservação e Reuso de Água para a Indústria (FIESP/CIESP, 2004) destacando os benefícios do reuso da água, como exposto no Quadro 1.

Quadro 1 - Benefícios do reuso de água sob diferentes aspectos

AMBIENTAIS	SOCIAIS	ECONÔMICOS
Redução do lançamento de efluentes industriais em cursos d'água, possibilitando melhorar a qualidade das águas interiores das regiões mais industrializadas das grandes cidades;	Ampliação da oportunidade de negócios para as empresas fornecedoras de serviços e equipamentos, e em toda a cadeia produtiva;	Mudança nos padrões de produção e consumo;
Redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, possibilitando uma situação ecológica mais equilibrada;	Ampliação na geração de empregos diretos e indiretos, devido ao desenvolvimento de sistemas de tratamento;	Redução dos custos de produção;
Aumento da disponibilidade de água para usos mais exigentes, como abastecimento público.	Melhoria da imagem do setor produtivo junto à sociedade, com reconhecimento.	Aumento da competitividade do setor.

Fonte: Manual de Conservação e Reuso de água para a Indústria (FIESP/CIESP, 2004)

4.7 Melhoria na imagem institucional, gerando uma imagem mais positiva das empresas perante a população e possibilidade de incentivos fiscais

Os benefícios em decorrência da implantação da prática de reuso é o aspecto mais motivador para todas as partes envolvidas seja elas, os entes públicos, empreendedores do segmento agroindustrial, usuários, meio ambiente e banco financiador. Na verdade, todos irão se beneficiar nos termos da lei específica a ser criada pela casa legislativa local.

Além disso, as vantagens de um efetivo gerenciamento dos recursos hídricos de uma empresa pode ser econômicas, ambientais e sociais (ANDRADE, 2014). As empresas que aderem esse sistema, além de contribuírem para preservação do meio ambiente, há possibilidade de incentivos fiscais.

Um exemplo a mencionar é Las Vegas, localizada em Nevada, um dos sete estados que dependem do já sobrecarregado Rio Colorado para o seu abastecimento. E conforme OPERSAN (2014), os cassinos de Vegas, considerados os vilões da conservação da água na região, utilizavam 3% da água da cidade. Porém, em 2005, o legislativo aprovou um pacote de incentivos financeiros para que os empresários adotassem alternativas sustentáveis em seus modelos de negócios. Com isso, a cidade criou mecanismos mais sustentáveis, modificando sua imagem de desperdício (OPERSAN, 2014).

No final de 2017, a Comissão de Desenvolvimento Urbano da Câmara dos Deputados da cidade de Brasília, aprovou uma proposta autorizando incentivos fiscais para quem adere ao reuso de água. Essa medida alcança tanto edifícios públicos quanto privados, seja em áreas urbanas ou rurais. Aos poucos, os municípios também estão regulamentando novos incentivos fiscais, a fim de estimular adesões (OPERSAN, 2019).

A esse respeito, o Banco do Nordeste-BNB através do Projeto FNE-Água oferece bons investimentos financeiros, como linha de crédito para custear a implantação do sistema de reuso de água residual na agroindústria dentro dos padrões de tecnologia e qualidade, além de profissionais capacitados para instalação e acompanhamento do processo de reutilização de água (BATISTA, 2019).

Outro benefício a comentar é a melhoria da imagem institucional, pois a empresa passa a aderir uma postura mais sustentável, o que gera uma imagem mais positiva perante a população, pois demonstra a sua preocupação com os recursos hídricos e o bem-estar do planeta.

5 CONCLUSÃO

Diante da análise dos dados, tanto os premissados como os da ETE existente, pode-se concluir que existe viabilidade de reuso do efluente (enquadrado na modalidade de reuso direto) para desobstruções de rede coletora de esgoto, tanto do projeto piloto como da ETE Centro Petrolina, no caso de Petrolina, atendendo a legislação CONAMA (2011) e no projeto piloto além dessa, atenderia também CPRH (2002; 2007).

Em relação ao sistema de bombeamento foram obtidos como resultado do dimensionamento, tanto a bomba 1 como a 2, a potência de 3cv. Logo foram utilizados no projeto piloto 2 conjuntos motobomba, sendo a tipologia das bombas utilizadas: centrífuga em poço seco.

O estudo também demonstrou que no município de Petrolina o reuso é uma excelente alternativa de redução de custo operacional, pois de 2016 a 2019, se houvesse adesão a essa prática, haveria redução de custo operacional em aproximadamente R\$873.784,00, sendo o custo de implantação em torno de R\$ 44.000,00, ratificando a viabilidade financeira do reuso do efluente tratado para serviços de desobstruções de rede coletora de esgoto. E além disso, o mesmo ainda contribui para mitigar os impactos ocasionados pela escassez de água e também contribui no combate ao desperdício e redução das pressões nos mananciais.

Importante destacar que, como na ETE Centro já possui um sistema de desinfecção, logo não seriam necessárias adaptações no sistema de tratamento e o retorno financeiro do investimento seria em menos de 1 ano.

E, vale ratificar que, caso o reuso seja apenas para desobstrução de rede coletora de esgoto, não havendo contato humano, supondo a utilização dos equipamentos de proteção individual pelos funcionários que realizarão o serviço de desobstrução, não será necessário o sistema de desinfecção. E outro ponto a relatar é que, como o efluente tratado é conduzido do local de produção para o ponto de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos, a reutilização do efluente tratado do estudo foi enquadrado na modalidade de reuso direto.

Vale ressaltar também que apesar de o reuso no Brasil ainda ser uma prática incipiente, frente a outros países, percebe-se a importância dele na gestão dos recursos hídricos.

O cenário é um pouco alarmante, pois percebe-se que ainda existem empresas que utilizam água potável para realizar serviços de desobstrução de rede coletora de esgoto, por exemplo. A água é um bem precioso e precisa ser usado de forma consciente e racional, pois ainda há uma escassez hídrica significativa no país. E foi pensando nisso que a pesquisa

objetivou também evidenciar os ganhos oferecidos para quem adere essa prática, seja em incentivos fiscais, em avanços tecnológicos e na conservação dos recursos hídricos. E com isso espera-se uma adesão maior por parte das empresas e um incentivo dos órgãos públicos em investir nessas alternativas.

Além disso, considerando o aumento dos investimentos na área do Saneamento Básico no país e suas conquistas recentes, verifica-se que o tratamento de esgotos sanitários é uma realidade em algumas cidades brasileiras. Sendo assim, pode-se em função da qualidade do efluente requerida, difundir a adoção de alternativas sustentáveis como o Reuso para usos não potáveis visando mitigar a pressão nas fontes naturais.

E nesse contexto torna-se essencial que as empresas estejam comprometidas na busca pela melhoria contínua da operação dos Sistemas, focando no planejamento e execução dos serviços preventivos, na implantação de novas tecnologias e no acompanhamento sistemático dos resultados dos serviços solicitados.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 60 p.
- ANDRADE, B. A. S. **Reuso de efluentes industriais gerados durante a produção de água purificada na Central de Tratamento de Água do Centro Tecnológico de Vacinas de Bio-Manguinhos/FIOCRUZ.** 2014. Dissertação (Mestrado em Gestão, Pesquisa e Desenvolvimento na Indústria Farmacêutica) - Instituto de Tecnologia em Fármacos/Farmanguinhos, Rio de Janeiro, 2014.
- ÁGUAS DO BRASIL. **INSTRUMENTO DE UM NOVO MODELO DE GESTÃO DE ÁGUAS.** ÁGUAS DO BRASIL, 2020. Disponível em: <<https://aguasdobrasil.org/artigo/reuso/>>. Acesso em: 01 de dez. 2021.
- BATISTA, L. M. O. **O Reuso de Água Residual: uma análise legal das possibilidades e desafios para o setor agroindustrial de Sousa: PB.** 2019. 37 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2019.
- BASTOS, R. K. X.; KIPERSTOK, A.; CHERNICHARO, C. A. L.; FLORENCIO, L.; MONTEGGIA, L. O.; VON SPERLING, M.; AISSE, M. M.; BEVILACQUA, P. D.; PIVELI, R. P. Subsídios à regulamentação do reuso da água no Brasil-Utilização de esgotos sanitários tratados para fins agrícolas, urbanos e pisciculturais. **Revista DAE**, v. 177, n. 122, p. 50-62, 2008.
- BLANCO, M. Água Reciclada, Economia para o Futuro. **Revista Aqua Vitae Online**, ano 3, n. 04, mar. 2008. Disponível em: <http://www.aquavitae.com/materia/ler/agua_reciclada_economia_para_o_futuro>. Acesso em 14 out. 2021.
- BRASIL. **Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019.** Brasília: SNS/MDR, 2020. 183 p.: il.
- BRASIL. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Ministério do Desenvolvimento Regional - Secretaria Nacional de Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Águas e Esgotos - 2019.** 25. ed. Brasília: SNS/MDR, 2019. 190 p.
- BRASIL. RECESA - Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Operação e manutenção de redes coletoras de esgotos: guia do profissional em treinamento: nível 2.** Brasília: Ministério das Cidades, 2008.
- BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011.** Estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646.html>>. Acesso em 01 out. 2021

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 01 out. 2021

BRAGA FILHO, DARCY; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reuso de água. *In*: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (org.). **Reuso de Água**. Barueri: Manole, 2003. p. 21-36.

CAIXETA, C. E. T. **Avaliação do atual potencial de reúso de água no Estado do Ceará e propostas para um sistema de gestão**. 2010. 324 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

CAPRILES, R. **Meio século de lutas: Uma visão histórica da água**. 2008. Disponível em: <<https://ambientes.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em: 10 de jan. 2022.

COMPESA (Pernambuco). **Esgotamento Sanitário: companhia pernambucana de saneamento**. Companhia Pernambucana de Saneamento. 2021. Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/compesa-anda-lado-a-lado-com-o-desenvolvimento-de-petrolina/>. Acesso em: 17 nov. 2021.

CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução Nº 54, de 28 de novembro de 2005 -Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direito não potável de água, e dá outras providências. Brasília, 2005. Acesso em: 02 out. 2021.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. **Guidelines for water reuse**. EPA/600-R-12-618. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency, 2012, 643 p.

FERNANDES, A. C. A. **Avaliação do potencial de reúso de água residuária da ETE Dom Nivaldo Monte para fins não potáveis**. 2018. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional em Uso Sustentável dos Recursos Naturais) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (org.). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

FIESP/CIESP. Conservação e Reúso de Água – Manual de orientações para o setor empresarial. São Paulo: FIESP/CIESP, 2004 v. 1.

GIORDANO, G. Conservação e reúso de água. Curso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES. Capítulo Nacional da AIDIS, Vitória. ABES, 2016.

GONÇALVES, R.F. Uso Racional da Água em Edificações. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

INTERÁGUAS - PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DO SETOR ÁGUAS. **Elaboração de proposta de plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil.** Produto III – Critérios de qualidade de água. 2018. Brasília. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/downloads/publicacoes-acertar/reuso/1.1-Projeto-Reuso.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2022.

LAVRADOR FILHO, J.; NUCCI, N. L. R. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil.** 1987. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

MAURICIO, C. C. **Estudo de Caso: Sistema de Reuso de Águas Servidas e Pluviais em uma Estrutura Sanitária Móvel para Parque ou área Pública.** Relatório final de pesquisa de iniciação científica PIBITI apresentado à assessoria de pós-graduação e pesquisa faculdade de tecnologia e ciências sociais aplicadas – FATECS, Brasília, 2016.

MEADOWCROFT, J. Politics and scale: some implications for environmental governance. **Landscape and urban planning**, v. 61, n. 2-4, p. 169-179, 2002.

MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B; Análise dos padrões de lançamento de efluente em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados de Brasil. **Revista DAE**, núm.215, vol. 67, janeiro a março de 2019.

MOTA, S.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. (Organizadores). **Reuso de águas em irrigação e piscicultura.** Fortaleza: UFC. 2007.

NUVOLARI, A. (coordenação). **Esgoto sanitário: coleta transporte tratamento e reúso agrícola.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 520 p.

OBRACZKA, M.; CAMPOS, A. M. S.; SILVA, D. R.; ALVES, S. R.; FERREIRA, G. S. Estado da Arte e Perspectivas de Reuso de Efluente de Tratamento Secundário de Esgotos Sanitários na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. *In*: Congresso ABES, FENASAN, São Paulo, 2017. **Anais...** São Paulo: ABES/AESABESP, 2017. 15p.

OLIVEIRA, Naiane Mota de; SILVA, Marcos Pedro da; CARNEIRO, Valdervilson Alves. Reúso da água: um novo paradigma de sustentabilidade. **Elisee: Revista de geografia da UEG**, v. 2, n. 1, p. 146-157, 2013.

OLIVO, A. M.; ISHIKI, H. M. O. Reuso da água sob aspectos da aplicabilidade e determinações legais. **VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista**, ANAP, v. 8, n.2, 2012, p. 15-30. ISSN: 19810-0827.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivo 12: Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.** Nações Unidas Brasil, 2021. Disponível em: < <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/12>>. Acesso em: 10 de set. 2021.

PERNAMBUCO. Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH). **Norma Técnica nº 2.002.** Avaliação de parâmetros para descarga de efluentes líquidos industriais e domésticos. PE. 2002.

OPERSAN. **LAS VEGAS - UM CASE DE SUCESSO NO REÚSO DA ÁGUA**. Grupo OPERSAN, 2014. Disponível em: <<http://info.opersan.com.br/bid/196934/las-vegas-um-case-de-sucesso-no-re-so-da-gua>>. Acesso em: 18 de jan. 2022.

OPERSAN. **6 MOTIVOS PARA EMPRESAS OPTAR EM PELO REUSO DE ÁGUA**. Grupo OPERSAN, 2019. Disponível em: <<http://info.opersan.com.br/6-motivos-para-empresas-optarem-pelo-reuso-de-agua>>. Acesso em: 05 de jan. 2022.

OXE RECIFE. **Água de reuso no Shopping Recife irriga jardins e rende economia a lojistas**. Grupo Oxe Recife, 2021. Disponível em: <<http://oxerecife.com.br/2021/06/03/a-agua-de-reuso-no-shopping-recife>>. Acesso em: 05 de set. 2021.

PAES, R. P.; SILVA, G. C. O.; PRIANTE, J. C. R.; LIMA, E. B. N. R.; PRIANTE FILHO, N. Aplicação de tecnologias de conservação do uso da água através do reuso - Estudo de Caso Cuiaba, MT. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [S.l.], v. 15, n. 3, jul./set. 2010, p. 97-107.

PAIVA, M. V. C.; SOUZA, T. A.; SOUZA, E. L.; BARBOSA, S. M. S.; RIBEIRO, B. Avaliação da Eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto -ETE Centro, Município de Petrolina -PE, Brasil. In: Congresso ABES FENASAN, 2017. **Anais...** São Paulo, 2017.

PAZ, S. da P. V.; TEODORO, F. E. R.; MENDONÇA, C. F. Recursos Hídricos, Agricultura Irrigada e Meio Ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, set./dez. 2000.

PERNAMBUCO. Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH). **Norma Técnica nº 2.007**. Coliformes termotolerantes – Padrões de Lançamento para efluentes domésticos e/ou industriais – estabelecer o NMP máximo de coliformes termotolerantes (CTer) permitidos para lançamento de efluentes domésticos ou industriais nos corpos de água receptores. PE. 2007.

PLANOWSKI, E. H.; JANLSSEK, P. R. Desinfecção de efluentes sanitários com uso do cloro: avaliação da formação de trihalometanos. **Revista Técnica da Sanepar**. Sanare, Curitiba: v.20, n.20, p. 6-17, jul./dez. 2003.

POLEZ, B. B.; GOMES, A. S. S.; GUIMARÃES, R. A.; PAIXÃO, L. S. R.; MARQUESINI, M. Reuso de Efluente Sanitário Tratado na Manutenção de Rede Coletora de Esgoto. In: 48º Congresso Nacional de Saneamento da Assemae, 2018. **Anais...** Fortaleza: ASSEMAE, 2018.

RIST, S.; CHIDAMBARANATHAN, M.; ESCOBAR, C.; WIESMANN, U.; ZIMMERMANNE, A. Moving from sustainable management to sustainable governance of natural resources: The role of social learning processes in rural India, Bolivia and Mali. **Journal of rural studies**, v. 23, n. 1, p. 23-37, 2007.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Em casa**. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=595>>. 2021. Acesso em: 01 de out.2021.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Dicas de economia.** Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna>>. 2021. Acesso em: 15 de out.2021.

SANTOS, S. L.; BARROS, A. R. M.; CHAVES, J. R.; FILHO, H. A. S.; SANTOS, E. V. M. Avaliação de custo / benefício do projeto de reuso de águas do IFCE – Limoeiro do Norte, Município de Limoeiro do Norte -CE, Brasil. In: Congresso CONNEPI / IFAL, 2010. **Anais...** Maceió, 2017.

SDA. Secretaria do Desenvolvimento Agrário. **Secretário da SDA anuncia piloto de sistema de reuso coletivo para 643 famílias de Itapipoca.** SDA, 2021. Disponível em: <<https://www.sda.ce.gov.br/2021/07/12/secretario-da-sda-anuncia-piloto-de-sistema-de-reuso-coletivo-para-643-familias-de-itapipoca/>>. Acesso em: 23 de dez. 2021.

SNIS- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2016.** Brasília: Ministério das Cidades, 2018.

SNIS- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2017.** Brasília: Ministério das Cidades, 2018.

SNIS- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2018.** Brasília: Ministério das Cidades, 2018.

SNIS- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2019.** Brasília: Ministério das Cidades, 2018.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR (Brasil). Secretaria Nacional de Saneamento - SNS. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021.** Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional. Brasília/DF, 2021. 223p. : il.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency. Office Of Wastewater Management. **Guidelines for Water Reuse.** Washington: EPA, 2012. 643 p. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-08/documents/2012-guidelines-water-reuse.pdf>. Acesso em: 13 out. 2021.

VERGINE, P.; LONIGRO, A.; RUBINO, P.; LOPEZ, A. **Sustaining irrigated agriculture in Mediterranean Countries with treated municipal wastewater: A case study.** Procedia Engineering, v. 89, p. 773-779. 2014.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Vol. 1, 4ª Ed., p 315- 325, 2014.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Vol. 4, Lodos ativados. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, Belo Horizonte 4ª Ed., 461p, 2016.

WOLTERS DORF, L.; ZIMMERMANN, M.; DEFFNER, J.; GERLACH, M. Benefits of an integrated water and nutrient reuse system for urban areas in semi-arid developing countries.

Resources Conservation and Recycling, 2017. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.11.019>>. Acesso em: 19 dez 2021.