

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

SANDRA MORGANA DE FREITAS PIMENTEL

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO PARA FINS
AGRÍCOLA ATRAVÉS DA QUANTIFICAÇÃO DO ESGOTO
TRATADO NO MUNICÍPIO DE TACAIMBÓ - PE

RECIFE – PE
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AMBIENTAL

SANDRA MORGANA DE FREITAS PIMENTEL

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO PARA FINS
AGRÍCOLA ATRAVÉS DA QUANTIFICAÇÃO DO ESGOTO
TRATADO NO MUNICÍPIO DE TACAIMBÓ - PE

RECIFE – PE
OUTUBRO/2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P644a PIMENTEL, SANDRA
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO PARA FINS AGRÍCOLAS ATRAVÉS DA QUANTIFICAÇÃO DO
ESGOTO TRATADO NO MUNICÍPIO DE TACAIMBÓ - PE / SANDRA PIMENTEL. - 2023.
82 f. : il.

Orientador: Valmir Cristiano Marques de Arruda.
Coorientador: Vicente de Paulo Silva.
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, 2023.

1. Sustentabilidade. 2. Planejamento. 3. Reúso. 4. Esgoto tratado. 5. Irrigação. I. Arruda, Valmir Cristiano Marques de, orient. II. Silva, Vicente de Paulo, coorient. III. Título

CDD 620.8

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO PARA FINS AGRÍCOLA ATRAVÉS DA QUANTIFICAÇÃO DO ESGOTO TRATADO NO MUNICÍPIO DE TACAIMBÓ - PE

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Área de concentração: Tecnologia e Gestão do Meio Ambiente - Linha de Pesquisa: Controle e Remediação da Poluição

Orientador: Prof. Dr. Valmir Cristiano Marques de Arruda

Coorientador: Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva

Confirmando que as alterações foram realizadas conforme sugestões recebidas da banca avaliadora.

Recife, 24 de outubro de 2023.

Prof. Orientador: Prof. Dr. Valmir Cristiano Marques de Arruda

SANDRA MORGANA DE FREITAS PIMENTEL

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO PARA FINS
AGRÍCOLA ATRAVÉS DA QUANTIFICAÇÃO DO ESGOTO
TRATADO NO MUNICÍPIO DE TACAIMBÓ - PE

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na Tecnologia e Gestão do Meio Ambiente – Linha de Pesquisa: Controle e Remediação da Poluição

Aprovada em ___/___/_____

Orientador: Prof. Dr. Valmir Cristiano Marques de Arruda
Presidente da Banca e Orientador/Coorientador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. (Membro Externo)
(Instituição)

Prof. Dr. (Membro Interno)
(Instituição)

Dedico este trabalho ao nosso senhor Deus, senhor do meu propósito de vida, por ter me dado força e coragem. A minha mãe Dilma de Freitas Lima, por todo apoio, incentivo, motivação e amor incondicional, por nunca ter medido esforços para que eu chegasse até aqui. A minha família e amigos pelo apoio sempre!

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à Deus, que me acompanha e me guia em todos os momentos da minha vida e me deu forças para superar as dificuldades e persistir durante o curso e a fase final de escrita, chegando até aqui...

A minha mãe, que é meu porto seguro e minha base. Por todo o sacrifício, carinho e amor. Por ser minha inspiração e exemplo desde sempre. Obrigada por sempre acreditar em mim e me apoiar. Obrigada por cada palavra e momento de conforto ao longo desse tempo. Sem você, eu não seria nada e nada disso seria possível.

As minhas irmãs, Mayara Freitas e Laianny Pimentel, obrigada por cada palavra e momento de conforto, afinal nos últimos meses foram bem turbulentos na minha vida e vocês estavam comigo. A minha sobrinha, Anny por tudo que fez pela sua “melhor tia”, risos, você só tem uma.... Mais você é muito importante pra mim... Titia te ama!!! E quando ela ler isso, vai querer me matar!!

À minha família e amigos, por compreender os momentos de ausência e pelo apoio ao longo de toda a minha jornada de estudos. Obrigada por todas as reuniões calorosas e momentos felizes. Amo cada um de vocês!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Valmir Cristiano Marques de Arruda, pela preocupação, disponibilidade e dedicação desde o início do trabalho, e ao meu coorientador, Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva, por toda paciência e orientação ao longo da elaboração, principalmente na fase final onde mais precisei... (Eles sabem!!!).

À banca avaliadora composta pelos professores: Ronaldo Faustino da Silva e Rosangela Gomes Tavares, muito obrigada pela contribuição!

Aos amigos que fiz durante a pós-graduação e que agora fazem parte da minha vida (Não vou citar nomes para não esquecer alguém!). Obrigado por todos os momentos de descontração e força diante dos momentos de dificuldade que só nós passamos! Somente nós sabemos o que vivemos durante a jornada da pós-graduação na UFRPE e, com certeza, tudo foi mais leve e só foi possível graças a vocês. Em especial, agradeço a Vanessa Lemos de Lima pela ajuda com a pesquisa bibliométrica. Ao amigo Rannilson Cabral Pavi, que também me ajudou muito com o uso do sistema de georreferenciamento, muito obrigada!

Um agradecimento especial aos professores do programa de pós-graduação, todos vocês, além de ótimos profissionais, são pessoas admiráveis. Agradeço aos demais professores por todo o conhecimento passado. A todos que colaboraram direta ou indiretamente e torceram para que eu conseguisse alcançar meus objetivos, muito obrigada.

Até cortar os próprios defeitos pode ser perigoso. Nunca se sabe qual é o defeito que sustenta nosso edifício inteiro.

(Clarice Lispector)

PIMENTEL, Sandra Morgana de Freitas. **AValiação DO POTENCIAL DE REÚSO PARA FINS AGRÍCOLA ATRAVÉS DA QUANTIFICAÇÃO DO ESGOTO TRATADO NO MUNICÍPIO DE TACAIMBÓ – PE.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2023.

RESUMO

O crescimento acelerado da população urbana e da industrialização está provocando uma iminente pressão nos recursos hídricos e na capacidade de proteção ambiental de muitas cidades. Nas regiões áridas e semiáridas no Nordeste brasileiro esse fenômeno tem se intensificado, pois são consideradas regiões onde a água é mal distribuída, com pouca disponibilidade e com elevado desperdício. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de reúso agrícola através da quantificação do esgoto produzido e tratado no município de Tacaimbó – PE. Para tal, analisou-se o planejamento produtivo local para que águas residuárias tenham um destino alternativo, objetivando diminuir problemas hídricos enfrentados com os desperdícios observados no manejo de águas, com ênfase em práticas agrícolas como, forma de remedia-los em solução viável. Este estudo foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliométrica, bibliográfica e documental. O fornecimento, coleta, sistematização e interpretação dos dados se deram sob a supervisão dos técnicos da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) após a realização de visitas técnicas para verificação da existência de atividades de irrigação em algum tipo de cultivo com a água pós-tratamento. Foram utilizadas, também, as bases de dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Portanto, com o levantamento de informações fez-se uma estimativa baseada em 3 percentuais de eficiência de aplicação da irrigação, sendo 50% para uma área de 6,51 ha e 38,57 ha; 70% para uma área de 9,11 ha e 54,14 ha; e 85% para uma área de 11,06 ha e 65,74 ha. Com a pesquisa foi possível concluir que, quando priorizado um método de irrigação com maior eficiência de aplicação como o gotejamento, obtém-se resultados significativamente melhores com a vazão mínima na ETE (19,35 l/s) e os valores das áreas irrigadas, mínima e máxima, encontrados foram de 11,06 ha e 65,74 ha, respectivamente; enquanto que, para a vazão máxima na ETE (33,03 l/s), as áreas irrigadas, mínima e máxima, encontradas foram de 18,88 ha e 112,22 ha, respectivamente. A solução proposta tem grande potencial sustentável, alterando pouco as características do local, produzindo um efluente de acordo com a exigência do corpo receptor e proporcionando a viabilidade do reúso na área agrícola para o município.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Planejamento; Reúso; Esgoto tratado; Irrigação.

PIMENTEL, Sandra Morgana de Freitas. **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO PARA FINS AGRÍCOLA ATRAVÉS DA QUANTIFICAÇÃO DO ESGOTO TRATADO NO MUNICÍPIO DE TACAIMBÓ – PE.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2023.

ABSTRACT

The accelerated growth of the urban population and industrialization is causing an imminent pressure on water resources in the environmental protection capacity of many cities. In the arid and semi-arid regions in the Brazilian Northeast this phenomenon has intensified, as they are considered regions where water is poorly distributed, with low availability and high waste. The objective of this work is to evaluate the potential for agricultural reuse through the quantification of sewage produced and treated in the municipality of Tacaimbó - PE. To this end, local productive planning is analyzed so that wastewater has an alternative destination, aiming to reduce water problems faced with the waste observed in water management, with emphasis on agricultural practices as a way to remedy them in a viable solution. This study was developed through bibliometric, bibliographic and documentary research. The supply, collection, systematization and interpretation of data took place under the supervision of technicians from Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) after technical visits to verify the existence of irrigation activities in some type of cultivation with post-treatment water. The databases of the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA) SOLOS and the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) were also used. Therefore, with the information survey, an estimate was made based on 3 percentages of irrigation application efficiency, being 50% for an area of 6.51 ha and 38.57 ha; 70% for an area of 9.11 ha and 54.14 ha; and 85% for an area of 11.06 ha and 65.74 ha. With the research it was possible to conclude that, when prioritizing an irrigation method with greater application efficiency, significantly better results are obtained with the minimum flow rate in the WWTP (19.35 l/s) and the values of the minimum and maximum irrigated areas found to be 11.06 ha and 65.74 ha, respectively; while for the maximum flow rate in the WWTP (33.03 l/s), the minimum and maximum irrigated areas found were 18.88 ha and 112.22 ha, respectively. The proposed solution has great sustainable potential, changing little the characteristics of the site, producing an effluent according to the requirement of the receiving body and providing the feasibility of reuse in the agricultural area for the municipality.

Keywords: Sustainability; Planning; Reuse; treated sewage; irrigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do município e da ETE da COMPESA em Tacaimbó.....	37
Figura 2 – Mapa climático do município de TacaimbóL	56
Figura 3 – Mapa da hipsometria do município de Tacaimbó-PE.....	57
Figura 4 – Tipos de vegetação no município de Tacaimbó.....	58
Figura 5 – Mapa da hidrogeologia do município de Tacaimbó.....	59
Figura 6 – Caracterização geológica do município de Tacaimbó	60
Figura 7 – Classificação dos solos encontrados no município de	61
Figura 8 – Uso e ocupação do solo no município de Tacaimbó.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Culturas no município de Tacaimbó no ano de 2021.	42
Tabela 2 – Base Científica de dados x número de publicações encontradas.....	45
Tabela 3 – Número de publicações encontradas x Seleção inicial através das palavras chaves	45
Tabela 4 – Relação de periódicos encontrados na base de dados web of Science	45
Tabela 5 – Relação de periódicos encontrados na base de dados Scopus	50
Tabela 6 – Tabela de estimativa de atendimento de coleta de esgoto	63
Tabela 7 – Características pretendidas do Esgoto tratado - ETE Tacaimbó.....	66
Tabela 8 – Necessidade de Água para Irrigação das culturas de Feijão Vigna, Milho e Pimentão para método de irrigação que possa ser adotado no município de Tacaimbó com eficiência aplicação de 50% (cinquenta por cento).....	71
Tabela 9 – Necessidade de Água para Irrigação das culturas de Feijão Vigna, Milho e Pimentão para método de irrigação que possa ser adotado no município de Tacaimbó com eficiência aplicação de 70% (setenta por cento).....	72
Tabela 10 – Necessidade de Água para Irrigação das culturas de Feijão Vigna, Milho e Pimentão para método de irrigação que possa ser adotado no município de Tacaimbó com eficiência aplicação de 85% (oitenta e cinco por cento).....	73
Tabela 11 – Valores de vazão unitária e vazão mínima, áreas irrigadas estimadas com as vazões mínima e máxima da ETE, respectivamente, para um método de irrigação com eficiência de aplicação de 50%.....	74
Tabela 12 – Valores de vazão unitária e vazão mínima, áreas irrigadas estimadas com as vazões mínima e máxima da ETE, respectivamente, para um método de irrigação com eficiência de aplicação de 75%.....	74
Tabela 13 – Valores de vazão unitária e vazão mínima, áreas irrigadas estimadas com as vazões mínima e máxima da ETE, respectivamente, para um método de irrigação com eficiência de aplicação de 75%.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Evolução Histórica da Legislação para Águas Residuárias	26
Quadro 2 – Descrição De Possíveis Impactos Ambientais	29

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Quadro geral sobre a bibliometria	43
Gráfico 2 – Quantidades x Títulos.....	44
Gráfico 3 – Frequência de Publicações em Periódicos.....	46
Gráfico 4 – Frequência de publicações em periódicos em percentual.....	47
Gráfico 5 – Frequência x País.....	47
Gráfico 6 – Frequência x País (%).....	48
Gráfico 7 – Frequência x Ano de publicação	49
Gráfico 8 – Frequência de publicações por língua	49
Gráfico 9 – Frequência de Publicações em Periódicos.....	50
Gráfico 10 – Frequência de publicações em periódicos em percentual.....	51
Gráfico 11 – Frequência x País.....	51
Gráfico 12 – Frequência de publicações (%).....	52
Gráfico 13 – Frequência x Ano de publicação	53
Gráfico 14 – Frequência x Língua.....	53
Gráfico 15 – Demonstração da média anual de vazão entre junho de 2022 à junho de 2023 ..	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ANA	Agência Nacional de Águas
APHA	American Public Health Association
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Climas
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
SABESP	Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CPRH	Companhia Pernambucana do Meio Ambiente
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
DBO	Demanda bioquímica de Oxigênio
DQO	Química 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
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NIB	Necessidade de Irrigação Bruta
NIL	Necessidade de Irrigação Líquida
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
OECD	<i>Organisation For Economic Cooperation And Development</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
PROSAB	Programa de Pesquisas em Saneamento Básico
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
<i>Scielo</i>	<i>Scientific Electronic Library Online</i>
SIBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
USEPA	Especialistas da Agência Ambiental dos Estados Unidos
WoS	<i>Web of Science</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 OBJETIVO.....	19
2.1 OBJETIVO GERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3 REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 PANORAMA DA ÁGUA	20
3.2 SANEAMENTO E POLUIÇÃO AMBIENTAL	21
3.3 REÚSO DE ÁGUA	22
3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	24
3.5 IMPACTOS AMBIENTAIS: RISCOS À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE	28
3.6 SUSTENTABILIDADE, DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	29
3.7 SUSTENTABILIDADE RELACIONADA À ÁGUA.....	31
3.7.1 Diferentes formas de reúso	32
3.7.2 Reúso na Agricultura	33
3.7.3 Riscos Associados ao Reúso	33
3.8 BIBLIOMETRIA DO ESTUDO	34
4 MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1 LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO E BIBLIOGRÁFICO	35
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – O MUNICÍPIO DE TACAIMBÓ	37
4.2.1 CARACTERIZAÇÃO POR MEIO DE GEOTECNOLOGIAS DA REGIÃO NO ENTORNO DA ETE COM POTENCIAL PARA APROVEITAMENTO HIDRO-AGRÍCOLA COM ESGOTO TRATADO	38
4.2.2 A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES E SUAS CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	39
4.3 DETERMINAR AS CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS DO ESGOTO PRODUZIDO	40
4.3.1 Caracterização quantitativa e qualitativa do esgoto	40
4.4 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NO INCREMENTO DE ÁREAS A SEREM USADAS COM REÚSO AGRÍCOLA	41
4.4.1 Avaliação do potencial produtivo na agricultura	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	43

5.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA POR MEIO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO DEDUTIVO SOBRE REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA.....	43
5.1.1 Base <i>Web of Science</i>	44
5.1.2 Base <i>Scopus</i>	49
5.2 CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA SIMPLIFICADA DA ÁREA DE ESTUDO	54
5.2.1 Clima.....	55
5.2.2 Hipsometria.....	56
5.2.3 Vegetação.....	57
5.2.4 Hidrogeologia.....	58
5.2.5 Caracterização e Classificação do Solo.....	59
5.2.6 Uso e ocupação do Solo	61
5.3 DETERMINAR AS CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS DO ESGOTO TRATADO	63
5.3.1 Características quantitativas do esgoto	63
5.3.2 Características qualitativas do esgoto.....	65
5.4 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NO INCREMENTO DE ÁREAS A SEREM USADAS COM REÚSO AGRÍCOLA	67
5.4.1 Importância do Reúso Agrícola no Município de Tacaimbó.....	67
5.4.2 Critérios para escolha da Cultura e da Área a ser irrigada	68
5.4.3 Planejamento Agrônômico de Irrigação.....	69
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país considerado continental e o semiárido nordestino possui regiões que tem dificuldades no abastecimento de água devido ao baixo nível de precipitação que vem acontecendo cada vez mais devido as mudanças climáticas, a falta de tratamento de águas residuárias que tem acarretado no lançamento de águas servidas não tratadas em corpos hídricos, comprometendo a qualidade dos mananciais, tornando inviável o aproveitamento desses cursos d'água para o abastecimento público e usos menos nobres. Pois, acabam se tornando fonte de descartes diversos como: esgotos domésticos e industrial, resíduos sólidos, trazendo risco de inúmeras doenças que são de veiculação hídrica (SANTOS; SILVA; REIS, 2019).

O Agreste pernambucano onde se localiza o município de Tacaimbó, é uma mesorregião de transição entre o litoral e o sertão do estado. Essa região está delimitada e convive com as recorrentes e cada vez mais intensas secas que atingem o nordeste brasileiro. A ausência das chuvas pode provocar impactos não só ambientais como sociais e econômicos, como por exemplo o abandono das áreas rurais pelos produtores, devido à falta de água para consumo, dificuldades nas produções ou diminuição das mesmas, principalmente em áreas consideradas mais críticas e atingidas pela seca (SANTOS; SILVA; REIS, 2019).

A irregularidade pluvial que é uma das principais características do município, por sua distribuição irregular espacial e temporal concentra quase todo o volume de chuva apenas em cinco meses do ano, sendo de fevereiro a junho. De acordo com esse cenário a alternativa de reúso do esgoto tratado é pertinente ao problema da escassez da água e principalmente para as atividades agrícolas (SANTOS; SILVA; REIS, 2019).

Na maior parte das cidades do Brasil não há sistema de tratamento de esgoto completo, com coleta, transporte, tratamento e disposição final do esgoto produzido. Tendo em vista que já exista redes coletoras de esgotos, estes por sua vez seguem direto para os canais ou galerias de águas pluviais e não recebem tratamento antes de chegar aos cursos d'água (ANA, 2017).

Deve-se considerar muito importante o fornecimento do conjunto de serviços adequados de saneamento. Porém, o saneamento encontra-se sob a responsabilidade da esfera pública, que demanda formulação, avaliação, organização institucional e participação da população como cidadãos (ãs) e usuários (as), podendo tornar a concretização mais lenta (GOMES, 2019).

Dessa forma, a implantação do sistema de esgotamento sanitário no município de Tacaimbó, desempenha um papel de grande importância ambiental para melhoramento da qualidade de vida da população, proporciona a minimização dos impactos ambientais, uma vez diminuindo a poluição do rio com o tratamento adequado do esgoto e também minimiza os riscos de doenças de veiculação hídrica.

Por essa razão, são necessárias medidas que visam combater os processos que intensificam a escassez hídrica no município de Tacaimbó, bem como aumentar a oferta hídrica nessa região, identificando o potencial de reúso do esgoto tratado e mostrando se essa alternativa seria uma prática de uso sustentável da água para a região, principalmente para a agricultura local. Ainda, dentro desse contexto, faz-se necessário o aprimoramento dos estudos referentes ao uso de águas residuárias para irrigação de áreas produtivas.

Assim, o presente estudo pretende avaliar o potencial de reúso agrícola, considerando o esgoto produzido e tratado no município, avaliando a área no entorno da estação de tratamento de esgoto da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) na busca pelo desenvolvimento do uso do esgoto tratado, incentivando a produção agrícola no município de Tacaimbó - PE.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial de reúso agrícola, através da quantificação do esgoto produzido e tratado no município de Tacaimbó - PE, com vista ao planejamento produtivo local.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisão sistemática da literatura por meio de aplicação do método dedutivo sobre reúso de água na agricultura
- Caracterizar por meio de geotecnologias a região no entorno da ETE com potencial para aproveitamento hidroagrícola com esgoto tratado;
- Determinar as características quantitativas e qualitativas do esgoto tratado;
- Avaliação do potencial do esgoto doméstico tratado no incremento de áreas a serem usadas com reúso agrícola

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PANORAMA DA ÁGUA

É sabido que as mudanças climáticas trazem consequências, e tem sido um dos maiores desafios para a população mundial no século XXI. Os impactos causados vão desde riscos de inundações, o aumento dos níveis dos mares e a baixa qualidade de produção alimentar e isso é refletido diretamente nas culturas, no crescimento da população, industrialização e o aumento do consumo dos recursos naturais. Assim, estudiosos apontam para a escassez hídrica como mais uma das consequências das mudanças climáticas (CAMARGO; BERTUSSI, 2018). Portanto, essas mudanças climáticas vêm representando uma grande ameaça em se tratando de segurança hídrica, pois notam-se alterações na precipitação e outras variações climáticas que podem levar a mudanças significativas no abastecimento de água em muitas regiões (CAMARGO; BERTUSSI, 2018)

Pela estimativa de escassez investigada na escala do país, as mudanças climáticas podem agravar substancialmente esse problema, somando-se as taxas de crescimento populacional, de aquecimento global e a falta de saneamento. O Brasil tem uma vasta dimensão de terra, e já é considerado um país vulnerável às mudanças climáticas globais e podem dificultar a criação de políticas públicas para minimizar os impactos ambientais e sociais causados por todos esses fatores conjuntos (CAMARGO; BERTUSSI, 2018).

Dentro desse território brasileiro, as regiões áridas e semiáridas tomam parte da superfície continental do globo, necessitando de uma atenção mais específica, no tocante ao recurso hídrico, pois aí apresenta uma alta propensão à escassez (MONTE; PEREIRA; BARRANCO, 2019).

O semiárido do nordeste do Brasil possui um clima característico com altas taxas de evaporação e baixos volumes de precipitação irregular, pois isso acontecem secas severas e de longo período e é um fenômeno natural ocasionado pelas condições climáticas, onde se criam situações de extrema criticidade (MONTE; PEREIRA; BARRANCO, 2019).

Segundo o relatório da Agência Nacional de Água, 48 milhões de pessoas distribuídas em 4.824 localidades do Brasil, foram afetadas por secas entre 2013 e 2016, com severos danos (ANA, 2019).

Já no que se refere ao déficit no acesso aos serviços básicos de saneamento no Brasil, chega a atingir principalmente as populações mais carentes, que se encontram nas periferias das

idades e nas áreas rurais devido ao difícil acesso aos mesmos. A indisponibilização ou ineficácia destes serviços de saneamento contribuem com a infestação de doenças e complicações na saúde e na qualidade de vida da população. Assim, a precariedade nos investimentos nesta área, chega a interferir de forma negativa no sistema socioeconômico, elevando os gastos no combate às enfermidades propagadas devido às condições sanitárias inadequadas (TRATA BRASIL, 2018).

E assim, o saneamento no país vem se arrastando, ao longo das décadas, sem muita evolução. Durante uma década (de 80 a 90) o saneamento não evoluiu, sem investimentos, acarretando um sério déficit em praticamente todo o país (CARLOS, 2019). Ainda no século XXI prevalecem no país grandes deficiências no atendimento aos serviços de saneamento, principalmente na coleta e tratamento de esgotos sanitários e à disposição de resíduos sólidos (CARLOS, 2019).

A escassez de água que vem afetando o país também tem conduzido à implantação de muitos projetos voltados ao desenvolvimento da gestão dos recursos hídricos no semiárido, pois revela o desafio e a busca constante de alternativas de adaptação em relação à seca que possam vir a conduzir as melhorias socioambientais. Com este cenário, a utilização de águas residuárias de um modo planejado vem a apresentar-se como uma das oportunidades de valorização das atividades agrícolas. Os efluentes tratados de esgoto de acordo com norma chegam a representar uma fonte de água composta de nutrientes disponíveis para uso em irrigação, até mesmo em períodos de estiagem prolongada (BALASSIANO, 2018).

3.2 SANEAMENTO E POLUIÇÃO AMBIENTAL

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) a abrangência da cobertura e o serviço de tratamento são considerados baixos ainda, pois apenas 49% do esgoto produzido é tratado e no segundo caso, 78,5% do que é coletado recebe tratamento apropriado. Isto considerando que entre 2018 e 2019, o volume de esgoto tratado foi de 4,30 bilhões de metros cúbicos (m^3) para 4,52 bilhões de metros cúbicos (m^3), sendo um percentual de 5,1%. (SNIS, 2019). Quando se compara apenas com os esgotos gerados, o país chega a um índice de 49,1%. Portanto, é considerado um grande problema, pois se torna um jogo de coleta, mas não tratamento envolvendo o Ministério do Meio Ambiente, ou seja, na verdade os corpos hídricos estão sendo degradados.

Dessa forma, é indispensável a implantação de um sistema de tratamento de esgoto em uma cidade, pois através deste se desenvolvem três pilares: Econômico, Social e Ambiental. Então, pode-se dizer que vai existir o aumento dos rendimentos industriais com a melhoria da qualidade ambiental dos rios e mares. Já a visão social é de prevenção, controle e erradicação das mais diversas doenças veiculadas pela água e por fim, a visão ambiental, a preservação do recurso natural (SNIS, 2019).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), o Brasil é um país rico em água doce comparado a outros no Mundo sendo 12%, mas a contaminação da água pelos usos múltiplos e a falta de gestão desse recurso contribuem para o aumento da poluição. Em 2019, foi relatado que cerca de 52% dos 2.082,7 m³/s que são retirados dos corpos hídricos são utilizados primeiro na irrigação, segundo no abastecimento público (23,8%) e por fim, nas indústrias (9,1%) (ANA, 2019).

3.3 REÚSO DE ÁGUA

O reúso planejado de água de esgoto tratada é uma realidade já estabelecida internacionalmente e tem sido amplamente utilizado, considerando-se segura e bem controlada, até mesmo para diminuir o consumo de água potável, como ocorre na Namíbia, desde 1968 (LUCENA, 2018). Assim, entende-se que o reúso de água é uma prática importante e deve compor os métodos de gestão dos recursos hídricos, mas no Brasil é considerado inicial e sua regulação ainda está incompleta, tanto no âmbito estadual como no nacional.

Segundo a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) de nº 54/2005, descreve as águas residuárias como: são os esgotos, a água descartada na rede de coleta ou descartada no rio, os efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não. Assim, pode-se dizer que as águas residuárias são as águas descartadas resultantes da utilização em diversos processos e que atingem um grau de impureza que pode ser muito variado e elevado. Geralmente, essa água chega a transportar grandes quantidades de materiais poluentes que quando não são removidos, podem chegar a prejudicar a qualidade das águas dos rios quando ocorre o lançamento desse efluente, comprometendo não só o bioma, mas também o potencial de uso das águas superficiais e subterrâneas.

A origem dessas águas segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2021) pode ser:

- Águas residuais domésticas: provenientes de banhos; provenientes de cozinhas;
- Águas residuais industriais: resultantes de processos de fabricação;
- Águas de infiltração: resultam da infiltração nos coletores de água existentes nos terrenos;
- Águas urbanas: resultam de chuvas, lavagem de pavimentos, regas e etc.

O entendimento social em relação ao reúso é um agente determinante para que seja aceito e viabilizado, isso se relaciona primeiramente ao grau de confiança que deve existir da população para com as instituições responsáveis pelo seu gerenciamento e a outras questões relacionadas à forma como projetos são apresentados (Audiências Públicas) e percebidos pela sociedade em si. Então, a relação seria a seguinte: uma boa comunicação entre todos os envolvidos (BRAGA; RIBEIRO JÚNIOR, 2017).

Quando o reúso não é de forma estudada previamente e planejada, pode acontecer metodicamente como se por imposição das condições socioeconômicas e socioambientais pelas áreas menos favorecidas das grandes cidades brasileiras, particularmente no Nordeste. Usualmente o reúso quer dizer sanear e regulamentar uma prática que já existe, pode significar a viabilização da sustentabilidade nas comunidades existentes na região do Semiárido brasileiro, pois sua convivência é permanente com rios intermitentes e degradados muitas vezes pelo lançamento de esgotos não tratados. Para Fernandes et al. (2008), o entendimento dessas comunidades em relação ao reúso está diretamente ligado ao nível de informações que tenham acesso, à forma como se relacionam com os mananciais hídricos locais e o seu conhecimento sobre o problema da seca.

Atualmente a demanda por água tratada vem crescendo, assim, o reúso planejado de água vem se tornando uma temática de grande importância, sobretudo com a nova política instituída de recursos hídricos. Portanto, as águas residuárias têm sido fundamentais no processo de planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos, pois tem substituído o uso de água potável com fins agrícolas e de irrigação, entre outros (TEIXEIRA et al., 2019).

A água deve estar adequada à irrigação, mas essa qualidade em sua composição ainda é muito subjetiva, deve-se tentar identificar e avaliar parâmetros que podem conduzir efeitos desagradáveis na relação água-planta-solo. Entretanto, é importante realizar uma análise físico-química para identificar características para definir a qualidade sanitária da água, as características do solo, e qual a tolerância das culturas, os parâmetros do clima local e por fim o manejo da irrigação e drenagem (COSTA, 2017).

Na literatura estão os estudos cheios de considerações no tocante ao que permitem o auxílio às atividades voltadas ao planejamento e também à possibilidade do reúso das águas tratadas que são muito úteis e necessários às tomadas de decisões futuras em relação à utilização desse recurso na irrigação agrícola. O manejo para irrigação de uma cultura deve estar baseado em parâmetros que viabilizem o uso de água no solo de forma a promover um bom desenvolvimento, conseqüentemente, a produção “perfeita”. E de acordo com os estudos, a irrigação vai repor ao solo a água retirada pela cultura ali manuseada, e o momento de se irrigar pode ser identificado quando a disponibilidade de água no solo assumir valor mínimo, abaixo do qual a planta começa a sentir os efeitos da restrição de água (COSTA, 2017).

Uma das formas de planejar a irrigação significa estimar a deficiência de água de acordo com o balanço hídrico dos solos, calculando-se a disponibilidade hídrica por meio das entradas e saídas de água no sistema solo-água-planta (LIBUTTI, 2018).

Ainda de acordo com Libutti (2018), existem alguns métodos e processos para se utilizar águas residuárias, assim, podemos referenciar um dos processos de balanço hídrico climatológico mais utilizados na literatura e este é o apresentado por Thornthwaite e Mather em 1955, sua metodologia possibilita quantificar os valores das deficiências e seus excedentes hídricos em uma dada região, medido em milímetros, e este, tem se apresentado eficiente para programar e definir as irrigações necessárias a diferentes culturas.

3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A legislação brasileira vem se apresentando de uma forma geral mais restritiva e cautelosa quando se refere a utilização de água potável na indústria. Os consumidores vêm se tornando cada vez mais exigentes quanto às técnicas de conservação ambiental e a necessidade de adaptação faz com que o setor industrial e a sociedade contribuam cada dia mais com práticas de conservação de recursos hídricos e energias, a fim de reduzir custos, ganhar produtividade e por fim, agregar valor à imagem através do desenvolvimento de uma regulamentação mais específica e sólida (GONÇALVES et al., 2018).

De acordo com a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) deve ser ofertado a todos o meio ambiente sadio e ecologicamente equilibrado, sendo este, bem de interesse comum, que pertence à categoria dos direitos difusos, no intuito de garantir a qualidade e permanência dos recursos naturais e da diversidade biológica para estas e para as futuras gerações. Em seu Art. 225:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988)

Quando se trata de recursos hídricos significa que se deve proteger e utilizá-los de forma racional não só por esta geração, mais também pelas outras gerações que estão por vir, ou seja, este recurso natural não é infinito, deve ser controlado tanto qualitativa quanto quantitativamente, garantindo o suprimento das necessidades das futuras gerações. Portanto, consentir ou viabilizar o desequilíbrio ecológico, é desobedecer a Constituição. Onde é permitida a licitude em anular um ato lesivo ao ambiente, como descrito no Art. 5º, inciso LXXIII, CF/88, a partir da Ação Popular. Foi assegurando assim, o controle ao Direito ambiental que se desenvolveram os princípios do usuário-pagador e do poluidor-pagador, ligando o uso poluidor dos recursos naturais a uma punição monetária, sendo assim, o poluidor é obrigado a restabelecer o bem ambiental, e a indenizar pelos danos causados. Estes princípios estão inerentemente relacionados, podendo se confundir. Portanto, um bem ambiental, como os recursos hídricos estão sendo usados para um determinado empreendimento, este empreendedor terá que pagar pelas ações que possibilitam a possível utilização, ou “pagar a poluição que pode estar causando ou que já foi causada” (BRASIL, 1988).

O combate à poluição e a proteção ao meio ambiente, da fauna e da flora que discorre no Art. 23 da Constituição Federal, nos incisos VI e VII, são dados como os fundamentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Assim, o reúso das águas residuárias está em consonância com o desenvolvimento socioeconômico e com o equilíbrio ecológico, conseqüentemente com a preservação dos recursos naturais, que são os objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente, disposto na Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 (Art. 4º, incisos I, IV, V). A prática do reúso estabelece, ainda, a afirmação do objetivo da referida Lei, expresso em seu Art. 4º, inciso III, pois, devem obedecer, a critérios e normativas de qualidade ambiental, guias no uso dos recursos hídricos (BRASIL, 1988). Pode-se encontrar nas legislações pelo mundo uma necessidade de se adaptar cultural e ambientalmente. Mesmo com a evolução dos critérios usados no reúso de águas residuárias, pode-se entender como uma revisão histórica dos principais marcos no mundo e no Brasil.

O equilíbrio é necessário entre os aspectos econômico, sociais e ecológicos, de tal maneira que as necessidades materiais básicas de cada indivíduo possam ser satisfeitas, controlando o consumo para que não haja desperdícios, e igual acesso por todos ao

desenvolvimento dos próprios potenciais e até mesmo sua corresponsabilidade na preservação dos recursos naturais e na prevenção de doenças veiculadas pela água, assim foi estruturada a (Quadro 1) abaixo que demonstra a evolução e o desenvolvimento das legislações mundiais e brasileiras de forma ordenada pelo seu ano de surgimento (BRASIL, 1998).

Quadro 1 – Evolução Histórica da Legislação para Águas Residuárias

	ANO	FATOS E CRITÉRIOS DE QUALIDADE
N O M U N D O	1918	Departamento de Saúde Pública do Estado da Califórnia estabelece os “Primeiros Regulamentos para utilização de esgotos com propósito de irrigação na Califórnia”
	1952	Primeiras regras editadas por Israel
	1973	WHO 100 CF/100ml. em 80% das amostras
	1978	Critério sobre reúso de águas residuárias do Estado da Califórnia: 2,2 CT/100ml
	1978	Israel: 12 CF/100ml em 80% das amostras; 2,2 CT/100ml em 50% das amostras
	1983	Relatório do Banco Mundial
	1983	Estado da Flórida: nenhuma detecção de E.coli em 100ml
	1984	Estado do Arizona: padrões para vírus (1 vírus/40 L) e Giárdia (1 cist/40 L)
	1985	Relatório de Feachen et al,1983
	1985	Relatório de Engelberg (IRCWD,1985)
	1989	Recomendações da OMS para reúso de águas residuárias: 1000 CF/100ml, < 1 ovo de nematóide/L
	1990	Estado do Texas: 75 CF/100ml.
	1991	França: Recomendações sanitárias baseadas nas da OMS
	1992	Guia da USEPA para reúso de águas: Nenhuma detecção de CF em 100ml (7 d em média, não mais de 14 CF/100ml em qualquer amostra)
	N O B R A S I L	1934
1979		Lei federal nº 6.662 que dispõe sobre a política Nacional de Irrigação.
1986		CONAMA nº 20 já indica e define os usos preponderantes, definindo conseqüentemente, o reúso indireto.
1988		Constituição Federal
1997		Lei nº 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.
2000		Lei Federal nº 9.984 que dispõe sobre a criação da Agencia Nacional de Águas (ANA)
	2005	Publicação da Resolução CNRH nº 54, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providencias.

2010	Publicação da Resolução CNRH n° 121 que estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal.
2011	CONAMA n° 357 orientando ao automonitoramento e lançamento de esgoto doméstico tratado em corpos receptores.
2011	CONAMA n° 430 Complementa e altera a Resolução n° 357/2005, <i>dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes</i>
2012	Lei n° 12.651 que institui o Código Florestal

Fonte: Adaptado de Arruda (2011, p. 25).

Com essa demonstração da situação mundial, implantar um sistema de reúso de águas no Brasil é considerado primário, porém devido à crise hídrica, alguns estados e municípios tiveram que implementar seus projetos. A partir desta verificação pode-se destacar que a prática do reúso de águas de esgoto tratado é de grande importância no que se refere à preservação do meio ambiente, a medida em que se reduz a pressão sobre os recursos, tanto do ponto de vista da captação, como do ponto de vista da disposição final dos seus subprodutos. Porém, no âmbito de uma bacia hidrográfica, tal prática pode ser causadora de conflitos de direitos dos usuários, caso as questões ligadas à outorga não sejam efetivamente administradas e contempladas na legislação (MONTE; PEREIRA; BARRANCO, 2019).

De acordo com a CETESB (2021), as diretrizes para reúso abrangem o reúso urbano restrito e irrestrito; agrícola para culturas alimentícias, processadas e não alimentícias; reúso ambiental; industrial; recarga de aquíferos; e reúso potável direto e indireto. A OMS, por sua vez, fornece diretrizes gerais para o reúso de esgoto concentrando-se nos aspectos de política e regulamentação, no uso de águas residuárias na agricultura, no uso das excretas na aquicultura, e no uso das excretas e águas cinzas aplicados na agricultura.

O reúso de esgoto tratado já é uma técnica praticada no mundo. Segundo Jimenez e Asano (2008), havia cerca de 50 milhões m³/d de água de esgoto sendo reutilizados mundialmente, dos quais 21 milhões m³/d eram de esgoto tratado, utilizado em 43 países, sendo os EUA o maior utilizador em volume. Os outros 29 milhões m³/d eram de esgoto não tratado, usados principalmente na irrigação no México e China. Contudo, nos Estados Unidos, cada estado tem adotado normas e critérios específicos de qualidade.

O reúso de efluentes, independente da sua modalidade, visa minimizar os impactos resultantes da escassez hídrica, pois permite que a água de maior qualidade seja destinada aos usos mais nobres. Porém, um fator limitante ao crescimento dessas práticas são os entraves estabelecidos pela falta de legislação. Também, é importante ressaltar que a prática de reúso

pode muitas vezes ser aplicada indefinidamente, principalmente devido à necessidade imposta pela escassez de recursos hídricos. Isso nos países menos desenvolvidos traz um risco associado porque as legislações são frágeis ou inexistentes. Esse cenário se aplica ao Brasil, que não apresenta legislação federal que determine a qualidade da água requerida para as diversas práticas de reúso (MENEZES; SALOMON, 2019).

Existe apenas a resolução nº54/2005 do CNRH, citada anteriormente, a qual estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais e, define no § 2º do art. 3º, que as diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as modalidades de reúso deverão ser estabelecidos pelos órgãos competentes (CNRH, 2005).

No estado de Pernambuco, a Lei nº 15.630, de 29 de outubro de 2015 torna obrigatória a instalação de sistema de captação de água de chuva para tratamento e reutilização da água empregada na lavagem de veículos pelos estabelecimentos comerciais que prestem este serviço e dá outras providências. Além das legislações, algumas instituições de grande importância e referência no Brasil na área de saneamento propõe alguns critérios de qualidade da água para reúso.

A Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP) pratica de forma pioneira a produção da água de reúso desde 1998. Ainda hoje a SABESP continua seu pioneirismo no Brasil, de forma que em parceria com o setor privado produz, através do Projeto Aquapolo, água industrial a partir do esgoto tratado do sistema ABC para 10 clientes do Polo Petroquímico de Capuava. A água industrial é aplicada em torres de resfriamento e reposição de água de caldeira para geração de energia.

O PROSAB, através da publicação intitulada “Reúso das águas de esgoto sanitário, inclusive desenvolvimento de tecnologias de tratamento para este fim”, sugere diretrizes para uso agrícola, urbano e em piscicultura de esgotos sanitários (MENEZES; SALOMON, 2019).

3.5 IMPACTOS AMBIENTAIS: RISCOS À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE

Considerando o reúso de águas residuárias, seus principais impactos podem ser: Contaminação das águas quando descartadas em corpos hídricos, contaminação do solo por matéria orgânica, química ou metais pesados e por fim o comprometimento de fauna e flora. A seguir um exemplo, como mostra a (Quadro 2).

Quadro 2 – Descrição De Possíveis Impactos Ambientais

O QUE?	COMO?	CONSEQUÊNCIA
Solo	Acúmulo de compostos tóxicos, orgânicos e inorgânicos e o aumentando a salinidade nas camadas insaturadas do solo.	A salinização do solo afeta a germinação e a densidade das culturas, assim com seu desenvolvimento vegetativo, promovendo a redução de produtividade e, em processos mais avançados, levando à morte generalizada das plantas.
Água	Redução da vazão de lançamento de efluentes nos corpos hídricos, podendo acarretar redução da disponibilidade hídrica, de forma a comprometer a vazão ecológica devido a retirada de água de um determinado corpo hídrico e, em seguida, lançar seus efluentes em outro corpo receptor.	De modo geral, a contaminação das águas superficiais não se apresenta de forma significativa, Já as águas subterrâneas podem sofrer consequências danosas em função do emprego do reúso de forma inadequada.
SAÚDE	Transmissão de doenças veiculadas pela água e solo.	Doenças transmitidas: Leptospirose, Disenteria Bacteriana, Esquistossomose, Febre Tifóide, Cólera, Parasitóides, além do agravamento das epidemias tais como a Dengue. Algumas podem levar a morte.

Fonte: Elaborado pelo autor(a) (2023).

3.6 SUSTENTABILIDADE, DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

“O conceito de sustentabilidade está em construção há pouco tempo na sociedade civil, de forma que existem diversas compreensões sobre seu significado” (NEIMAN; BARROS-FREIRE; LEITÃO, 2020, p. 13). Assim, no final dos anos 1970, sustentabilidade era uma palavra usada apenas no estudo da biologia pelos pesquisadores especialistas em biologia populacional.

Na década de 1990, Elkington deu destaque ao Tripé da sustentabilidade (tripé Bottom Line), que trata dos pilares da sustentabilidade, sendo: ambiental, econômica e social. Segundo Roma (2019), sustentabilidade é conceituada como princípio que pode assegurar que as ações antrópicas de hoje não extingiram os recursos econômicos, sociais e ambientais disponíveis para as futuras gerações. Entretanto, existe uma variedade de dimensões, sendo: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional e internacional. Na agenda 21 brasileira considera-se as seguintes dimensões: social, econômica, político-institucional e informação e conhecimento. Assim, para a avaliação da sustentabilidade considera-se uma ação pertinente para coordenar decisões orientadas que possam permitir o alcance dos objetivos do Desenvolvimento Sustentável (IBGE, 2020).

É da relação entre a sociedade e o meio ambiente que trata o desenvolvimento sustentável, assim surgiram os relatórios de Metas a serem cumpridas até 2015 com os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), que tem como objetivos principais erradicação da pobreza extrema, qualidade ambiental, indicadores de sustentabilidade, entre outros (ROMA, 2019).

E, ainda, com todas as ações iniciadas, os desafios da erradicação da pobreza, incentivo a igualdade e redução da mortalidade infantil persistem. Então, no ano de 2012, ocorreu na cidade do Rio de Janeiro a conferência Rio+20, convenção que reúne diversos países, no ano de 2013 se deu início as mais diversas negociações entre os governos, empresas e comunidades, no intuito da promoção do desenvolvimento sustentável. Em consonância as atividades desse encontro no ano de 2015, na cidade de Nova Iorque, Estados Unidos, a Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, foram estabelecidos 17 Objetivos que foram as ODS. Estas ODS's são para direcionar as políticas nacionais e as atividades de cooperação internacional até 2030 através da Agenda 2030, levando-se em consideração cinco dimensões: pessoas, planeta, prosperidade, paz e parceria (ROMA, 2019).

De fato, descrito por Roma (2019), a Declaração da Agenda 2030 instituiu os seguintes 17 objetivos e suas metas, sendo dezesseis de natureza material e um, de nº 17, de natureza processual, sendo:

- Objetivo 1: Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares;
- Objetivo 2: Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e a melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável;
- Objetivo 3: Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades;
- Objetivo 4: Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos;
- Objetivo 5: Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas;
- Objetivo 6: Assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e o saneamento para todos;
- Objetivo 7: Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos;
- Objetivo 8: Promover o crescimento econômico constante, inclusivo e sustentável, produtivo e pleno emprego e trabalho digno para todos;

- Objetivo 9: Construir infra estruturas sólidas, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação;
- Objetivo 10: Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles;
- Objetivo 11: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, estruturadas e sustentáveis;
- Objetivo 12: Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis;
- Objetivo 13: Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos;(9)
- Objetivo 14: Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável;
- Objetivo 15: Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade;
- Objetivo 16: Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis; e, finalmente,
- Objetivo 17: Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Observando-se que os objetivos declarados são todos relativos à definição do desenvolvimento sustentável, que é considerado intrínseco a questão econômica, a qual integra o pilar transversal de toda a Agenda 2030.

3.7 SUSTENTABILIDADE RELACIONADA À ÁGUA

No Brasil, a crise hídrica de 2014 e 2015 revelou fragilidades no tocante à gestão de recursos hídricos e a importância de incluir a segurança hídrica nas agendas setoriais, segundo o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS, 2015).

Neste contexto, o CEBDS tem a finalidade de colaborar com o gerenciamento dos riscos hídricos no ambiente empresarial. Para tanto, defende a adoção de um processo organizado de gestão de riscos hídricos com o intuito de minimizar as “vulnerabilidades das organizações em relação ao suprimento de água, conflitos com as comunidades locais e com os demais usuários

de recursos hídricos, bem como problemas com o fornecimento de matérias-primas com o ciclo de vida intensivo em água” (CEBDS, 2015, p. 9).

De modo semelhante, a “*Organisation for Economic Cooperation and Development*” publicado pela “*Organisation For Economic Cooperation And Development*” (OECD, 2015) propõe um conjunto de ações para as questões hídricas no Brasil (escassez, acesso à água de qualidade, disponibilidade hídrica, proteção às fontes de água, entre outras), que podem incitar o debate de questões políticas sobre a água no âmbito da sustentabilidade. A contribuição do documento é extremamente positiva ao mostrar o que precisa ser realizado para superar os desafios da água para o desenvolvimento no Brasil.

3.7.1 Diferentes formas de reúso

O reúso pode ser definido como o reaproveitamento de água residuária ou água de qualidade inferior tratada ou não. O artigo 2º da Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2005) define água de reúso como: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas e define água residuária como: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não.

De acordo com a CETESB (2001) ele pode ser classificado basicamente em três modalidades:

- (i) **Reúso indireto não planejado da água:** ocorre quando a água utilizada é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante de maneira não intencional e não controlada, estando sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração);
- (ii) **Reúso indireto planejado da água:** quando os efluentes logo após tratado, são devolvidos aos corpos de águas de forma planejada, para serem utilizados a jusante, de maneira controlada;
- (iii) **Reúso direto planejado das águas:** os efluentes, depois de tratados, são levados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso. Este caso costuma ser o mais usado principalmente pelas indústrias e para irrigação

Dentro das modalidades de reúso citadas, existe a divisão entre o reúso potável e não potável, que vai depender dos parâmetros exigidos de acordo com a finalidade do uso. O reúso potável, por exemplo, deve seguir o padrão de qualidade estabelecido na Portaria de Consolidação nº5/2017 – Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde em seu Anexo XX – Padrão de Potabilidade.

3.7.2 Reúso na Agricultura

A reutilização de efluentes tratados ou até mesmo não tratados destacam-se quando aplicados na agricultura. Pois, para estarem em consonância com a legislação teriam que passar por um processo de tratamento específico e, muitas vezes, de alto custo. Já quando se dispõem na agricultura pode-se usufruir dos nutrientes, e conseqüentemente, reduz-se o custo de produção com fertilizantes.

Segundo Ferreira (2019), até 2050, espera-se que o aumento da população e da renda exija 70% a mais de produção, em comparação com os níveis de 2009, ou seja, ocorrerá a intensificação das terras cultivadas existentes, com o aumento da demanda por irrigação. Por isso, a aplicação de esgotos no solo é uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica, principalmente, em regiões áridas e semiáridas, que são as que mais sofrem com a escassez. Os maiores benefícios dessa forma de reúso são associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública. No mundo, alguns países ganham destaque quando se trata de reúso agrícola.

Segundo Rocha, Silva e Barros (2010), em Israel 80% da água destinada a agricultura israelense é proveniente de sistemas de reúso. A Arábia Saudita visa aumentar em mais de 90% seu potencial de reúso, provocando um aumento de 1,3 vezes desse recurso no setor agrícola em 2035 em comparação a 2012. Na Austrália mais de 92% das águas residuais são tratadas, sendo que, 21% é destinada ao reúso, incluindo 14% para fins de irrigação.

3.7.3 Riscos Associados ao Reúso

Mesmo com tantos aspectos positivos, onde observamos a importância da aplicação do reúso na prática, ainda há um risco associado à saúde, tanto de consumidores quanto das populações localizadas nas proximidades de campos irrigados. A irrigação pode causar alguns problemas potenciais, como a lixiviação de nitratos e sais para as águas subterrâneas ou alterar

a química do solo com o acúmulo de sódio, sais, patógenos e vestígios de contaminantes no solo (HESPAHOL, 2015).

Doenças causadas por fungos, bactérias, vírus, helmintos e protozoários podem ser transmitidas direta ou indiretamente ao homem, sobretudo na irrigação de culturas consumidas cruas. Logo, devem ser observados alguns aspectos, como: tipo de tratamento do efluente, compreender as restrições de aplicação da água de reúso de acordo com cada cultura, cuidado no manejo da água residuária de acordo com cada técnica de irrigação, e controle da exposição humana (BRAGA; JUNIOR, 2017).

Para se alcançar uma maior capacidade de reúso no futuro, algumas ações precisam ser tomadas ao longo do tempo, tais como cita a produção da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, 2015). Essas ações vão desde governança, políticas e liderança; passando por incentivos fiscais através de subsídios e empréstimos oferecidos pelo governo; regulamentações, através de agências que regulam e fiscalizam os sistemas de reúso; e até a aceitação popular, que conforme o aumento da confiança da população é possível que essas práticas sejam aplicadas em outros ramos.

3.8 BIBLIOMETRIA DO ESTUDO

A pesquisa bibliométrica é considerada um método para análise quantitativa em pesquisa científica. Os dados levantados através dos estudos bibliométricos conseguem mensurar a contribuição oferecida pelo conhecimento científico por meio das publicações nas mais diversas áreas do conhecimento. E sua finalidade é o auxílio em avaliar objetivamente os resultados das produções científicas sobre um determinado assunto. Assim, identificando o desenvolvimento e crescimento de determinada disciplina, instituições e outros, ou até mesmo a obsolescência de campos científicos ou periódicos mais utilizados (MARTINS, 2016).

A utilização de um método bibliométrico facilita a investigação da relação entre a colaboração da pesquisa e as variáveis relacionadas ao problema de pesquisa e do ambiente de pesquisa, por meio da aplicação de técnicas estatísticas, como a regressão, correlação e análise fatorial (SUBRAMANYAM, 1982).

Esse método surgiu com o objetivo de avaliar as atividades de produção científica no início do século. O marco histórico foi o estudo de leis empíricas sobre o comportamento da literatura. Foi identificado assim, que em algum dado momento da história, surgiu esta necessidade de estudo relacionada à produção acadêmico-científica de caráter quantitativo e

também qualitativo, relacionando-as diretamente. A partir daí os dados foram estabelecidos e os indicadores importantes para a ciência surgindo, sendo que a bibliometria é mais utilizada para estudos quantitativos de dados e conseqüentemente para a extração de informações.

De acordo com (ARAÚJO, 2006, p. 11 a 32):

A medição de produção científica, também conhecida como bibliometria, é a técnica de medir o desempenho de um pesquisador, de uma coleção de artigos selecionados, de um periódico ou de um instituto. Em teoria, o desempenho de pesquisa é uma avaliação abrangente que leva em consideração várias métricas quantitativas e as combina com dados qualitativos.

Geralmente, a bibliometria pode ser usada em métodos estatísticos e matemáticos que tem o intuito de mapear a produtividade científica de periódicos, de autores e representação da informação. E a partir daí, podem ser adotadas as respectivas leis de Bradford, de Lotka e de Zipf. Estas por sua vez, podem ser resumidas de forma que: Bradford tinha como objetivo conhecer o núcleo de periódicos produzido em determinado tema, Lotka, definir quais as maiores contribuições de pesquisadores em determinadas áreas do conhecimento e Zipf identifica a frequência com a qual certas palavras aparecem nos textos científicos de forma que seja definida sua representatividade neste contexto (GIL, 2017).

Segundo Araújo (2006), a Bibliometria tem como foco, desde o início dos primeiros estudos, analisar produções científicas existentes sobre determinados assuntos. Esse método de estudo tem se tornado cada vez mais popular no meio acadêmico em função da grande quantidade de material bibliográfico que é produzido e disponibilizado atualmente na área de pesquisa. Mostrando uma visão sistematizada e resumida podendo facilitar os novos caminhos a serem seguidos pela área de pesquisa e facilitar o entendimento da direção a se seguir. Os resultados de um estudo bibliométrico, se tornam um auxílio aos pesquisadores, mesmo aqueles mais experientes que obtém em sua pesquisa uma nova temática.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO E BIBLIOGRÁFICO

Para o desenvolvimento e efetivação deste trabalho foi realizado um extenso levantamento bibliométrico, concentrado nas bases “*Web of Science*” (WoS) e “*Scopus*”, dando início a realização do reconhecimento do estado atual da literatura científica sobre o reúso de água tratada na agricultura.

A definição das palavras-chaves foi antecedida por uma pesquisa preliminar, visando identificar a combinação mais adequada para responder ao problema e alcançar os objetivos. A pesquisa foi realizada utilizando os campos "título" e "palavras-chaves", tendo como referência o período de publicação de 2018 até 2022 e foram encontrados um total inicial de 377 publicações nestas bases de dados. Os filtros de pesquisa foram aplicados da mesma forma nas bases de dados, obtendo uma significativa refino na pesquisa, podendo-se visualizar um resultado preliminar, como as categorias relacionadas como países, periódicos e por fim o tipo de documento, sendo artigos e artigos de revisão.

Foi estruturada uma metodologia para obtenção dos resultados, foi aplicada a regra de Pareto (A regra é 80/20), seguindo etapas que melhor atendiam este estudo, refinando a seleção de material, assim, realizando-se uma atividade complementar ao processo de seleção dos artigos que foi um procedimento manual, com o intuito de identificação não só qualitativa das publicações mais também quantitativas da frequência de publicações por ano, por país, por periódico, e por fim, em que língua foi escrita a pesquisa científica.

E foi através do levantamento bibliométrico que foi realizado a leitura e construção da revisão literária, sendo de forma exploratória, com abordagem qualitativa, utilizando-se ainda a pesquisa literária complementar, por meio de plataformas digitais como o Portal Capes Periódicos, "*Scientific Electronic Library Online*" (*Scielo*), a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), *Google Scholar*, IBGE, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Solos, sobre a agricultura na região, por fim, a última fonte de consulta para sistematização de informações foi a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

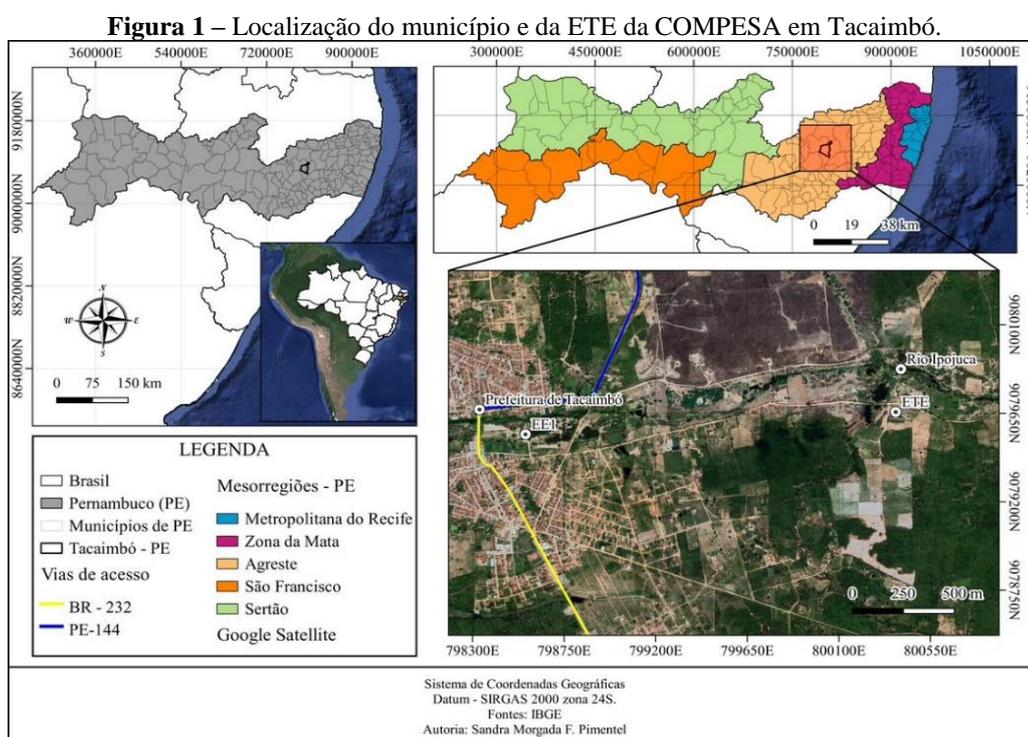
As palavras-chaves utilizadas foram: sustentabilidade, reúso, esgoto tratado e irrigação, priorizando-se o uso de artigos de revisão publicados nos últimos cinco anos, leis, documentos oficiais/ governamentais e a literatura clássica. Por fim, foi solicitada a autorização para obtenção das informações da rede de saneamento COMPESA, onde foi possível obter informações sobre o sistema completo de tratamento de esgoto existente no município de Tacaimbó e seus respectivos dados de monitoramento quantitativos e qualitativos, assim, foram realizadas visitas técnicas a estação, verificando seu entorno, averiguando as condições que poderiam vir a viabilizar o reúso da água tratada pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na agricultura, assim, podemos dizer que o estudo se trata de uma pesquisa descritiva e observacional.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – O MUNICÍPIO DE TACAIMBÓ

Tacaimbó é um município brasileiro do estado de Pernambuco, compõe-se dos distritos sede e do distrito Riacho Fechado. Localiza-se à latitude 08°18'58" sul e à longitude 36°17'36" oeste e tem altitude de 601 metros, a cidade apresenta uma população estimada de 12.859 habitantes, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020). A densidade demográfica é de 56,6 habitantes por km² no território do município.

Tacaimbó até o ano de 2017 apresentava a seguinte situação, 1.522 (38,95%) da população possuíam rede geral de esgoto ou pluvial, 606 (15,51%) possuíam fossa séptica e 1.240 (31,73%) possuíam outra forma de coleta e 540 (13,82%) não apresentavam qualquer forma de destinação de suas águas residuárias segundo dados do Relatório Ambiental Preliminar (RAP, 2014).

A cidade não possuía um sistema completo de esgotamento sanitário munido de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotos até o ano de 2018, quando se deu o início da atividade do sistema. Apresentando hoje, após instalação do sistema, 68,76% de atendimento à população urbana com esgotamento sanitário adequado (SNIS, 2019). A seguir, na Figura 1, foi representado através de um mapa georreferenciado da ETE com um sistema de coordenadas e através do sistema IBGE.



Fonte: IBGE (2021).

4.2.1 CARACTERIZAÇÃO POR MEIO DE GEOTECNOLOGIAS DA REGIÃO NO ENTORNO DA ETE COM POTENCIAL PARA APROVEITAMENTO HIDRO-AGRÍCOLA COM ESGOTO TRATADO

No intuito de obter uma melhor interpretação de dados, foram desenvolvidos mapas referentes ao relevo, hidrologia, clima, demografia, pedologia, geologia, e referente ao uso e ocupação do solo da região de Tacaimbó. Além de melhor caracterizar a área de estudo, estes mapas serviram de base para compreensão e análise dos principais componentes para o reúso de água. Foi delimitado uma área de abrangência de 5km no entorno da estação de tratamento de esgoto de Tacaimbó, os dados iniciais levantados foram coletados em bases de dados oficiais, foram gerados mapas temáticos no “*software Qgis*” 3.22. Dando início a caracterização pelo clima, sendo realizado conforme proposto por Köppen-Geiger, os metadados para os mapas temáticos foram provenientes dos produtos de Beck et al. (2018).

Os mapas foram obtidos com o auxílio das informações dos *sites* do IBGE e Embrapa Solos. Para a geração do mapa hipsométrico, foi utilizado o modelo digital de elevação do MDE, proveniente do satélite “*Alos Palsar*”. Os dados foram baixados na plataforma da Earth Data oriundos da “*National Aeronautics and Space Administration*” (NASA) para posteriormente serem processados e elaborados os mapas temáticos no mesmo *software*.

Já a classificação do solo da região no entorno da ETE, foi realizada conforme o mapa de reconhecimento de baixa e média intensidade de solos do estado de Pernambuco (ZAPE) o qual foi construído de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, 2018). Os dados para a formulação dos mapas foram provenientes da Embrapa Solos. E no que se trata do uso e ocupação do solo no município de Tacaimbó- PE foi realizado por meio de dados espaciais fornecidos pela mesma plataforma. Os dados são datados do ano de 2021, foram processados, gerando os mapas temáticos no “*software Qgis 3.22.*” Os tipos de solos encontrados foram 06, estes por sua vez, em categorias de solo e afloramentos rochosos. Os tipos de solos são: Argissolo Amarelo, Argissolo vermelho-Amarelo, Neossolo Litólico. Neossolo Regolítico, Neossolo Flúvico e Neossolo Háptico.

4.2.2 A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES E SUAS CARACTERÍSTICAS GERAIS

No Estudo de Concepção e Projeto Básico do Sistema de Esgotamento Sanitário de Tacaimbó, elaborado no âmbito do Programa PSA Ipojuca, foram avaliados os aspectos técnicos, econômicos, sociais, ambientais e institucionais para as alternativas de concepção. Os estudos analisaram também a projeção populacional da sede do município para um horizonte de 15 anos, com crescimento populacional de 2,8% aa e uma taxa de ocupação de 3,19 hab./domicílio (MANUAL DE OPERAÇÕES DO SES - TACAIMBÓ, 2017).

As alternativas estudadas basearam-se nos seguintes parâmetros principais: consumo per capita de 150 l/hab. dia, coeficiente de retorno $c = 0,8$, $K1 = 1,2eK2 = 1,5$. Desta forma, o sistema foi dimensionado para atender a uma população de final de plano de 13.928hab (MANUAL DE OPERAÇÕES DO SES - TACAIMBÓ, 2017) .

Assim, o Sistema de Esgotamento Sanitário de Tacaimbó é composto das seguintes unidades: redes coletoras, estações elevatórias-EEE, Sifão Invertido, Emissários de Recalque, Estação de Tratamento-ETE, emissário final e dispositivo de acomodação do efluente (COMPESA, 2021). Funcionando da seguinte forma: Os esgotos sanitários do município são encaminhados por meio de uma estação elevatória até a estação de tratamento de esgoto localizada próxima ao Rio Ipojuca. A estação elevatória ainda conta com um sistema convencional, de poço seco, e tem um abrigo para fixar os conjuntos de moto-bombas selecionados, incluindo seus elementos de montagem e os elementos hidráulicos complementares (MANUAL DE OPERAÇÕES DO SES - TACAIMBÓ, 2017).

A ETE contempla etapas de pré-tratamento nas quais ocorre a remoção de sólidos grosseiros, que ficam retidos na grade e caixa de areia, prevenindo a abrasão das bombas da estação elevatória de esgoto bruto. Seguindo para o tratamento primário, que acontece no reator anaeróbio com fluxo ascendente e segue para o tratamento secundário, que é composto de filtro biológico aerado com decantador secundário acoplado, com sistema de geração de ar e é interligado ao filtro aerado para introdução de oxigênio e realização do processo de digestão aeróbia. A etapa de desinfecção, antes de ser lançado no Rio Ipojuca, o efluente da estação de tratamento é submetido à desinfecção por meio de Raios Ultravioleta por aproximadamente 10,0 s, e logo em seguida o efluente tratado é lançado ao corpo hídrico que fica a menos de 1 km nas proximidades da ETE. Ainda, dentro do processo existe o adensamento do lodo e por

fim o leito de secagem que recebe o lodo adensado, para que depois de desidratado, este possa ter uma destinação adequada (COMPESA, 2021).

4.3 DETERMINAR AS CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS DO ESGOTO PRODUZIDO

4.3.1 Caracterização quantitativa e qualitativa do esgoto

4.3.1.1 Caracterização quantitativa do esgoto

De acordo com o Projeto do SES Tacaimbó (RAP, 2014), a estimativa de produção de esgoto foi dimensionada através do quantitativo populacional do município e proporcional ao período de seu desenvolvimento, ou seja, relacionando-se a taxa de desenvolvimento populacional. Assim, foi feita uma análise da vazão do esgoto produzido tomando-se como referência as coletas do ano de 2022 até 2023, verificando-se a média mensal e a média anual, comparando com os valores de estimativa do projeto final. O projeto inicial foi estruturado em 2010, sendo que o mesmo passou por modificações em 2014 e sua projeção de atendimento é de um período de 15 anos e o início do seu funcionamento foi em 2018, projeção de atendimento máximo final até 2033. Portanto, foi selecionado o período de funcionamento para essa correlação: junho de 2022 a junho de 2023, verifica-se a evolução para podermos comparar com a vazão projetada para daqui 10 anos.

4.3.1.2 Caracterização qualitativa do esgoto

Para análise do potencial de reúso da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município de Tacaimbó, foram avaliadas também as características qualitativas através de alguns parâmetros, normativos já avaliados em outras pesquisas científicas, foram observadas as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS), Especialistas da Agência Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) para padrões de qualidade de água de reúso de esgotamento para agricultura, sendo: físico-químicos e microbiológicos, avaliados em laboratório próprio, este por sua vez, utiliza método

específico que é o “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” publicada pela “*American Public Health Association*” (APHA, 2005).

A COMPESA ainda considerou as características de águas provenientes de estações de tratamento que denunciam os usos aos quais foram sujeitos, tendo sido também influenciada pelo clima, área econômica e hábito populacional.

4.4 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NO INCREMENTO DE ÁREAS A SEREM USADAS COM REÚSO AGRÍCOLA

4.4.1 Avaliação do potencial produtivo na agricultura

A avaliação foi feita para o sistema de esgotamento sanitário do município, onde o volume de esgoto foi estimado considerando a população atendida por esse serviço, com o consumo per capita de água, apresentado pelo SNIS (2019), variando entre 20-148 L/hab.dia. A proposta para obtenção das informações necessárias a avaliação do potencial produtivo foi verificando-se plataformas de informações nacionais, sendo uma delas a plataforma, Observatório da Agropecuária Brasileira, onde é sistematizado, integrado e disponibilizado um gigantesco conjunto de dados e informações da agricultura e pecuária do país, tornando-se, assim, uma inovadora solução tecnológica. A segunda plataforma foi a Cidades IBGE.

Na plataforma Cidades IBGE os dados encontrados foram mais detalhados, com os tipos de culturas trabalhadas o ano que foram registrados os dados na plataforma, os dados da plataforma Observatório da Agropecuária Brasileira, se trata de registros dos agricultores e seu enquadramento, o porte de sua área de produção e as declarações de aptidão ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF). Portanto, vamos utilizar os dados da plataforma Cidades IBGE e em caso de necessidade será utilizado os dados do Observatório. Segue abaixo a tabela 01 que nos mostra a realidade do cultivo em Tacaimbó no ano de 2021.

Para avaliar o potencial de cultivo local podem ser consideradas as culturas de milho e feijão, que são culturas comuns no município e são as principais avaliadas nesta pesquisa por fim, a cultura do pimentão como sugestão alternativa de produção e com a metodologia de espaldeirada (Cultivo vertical) (CIDADES IBGE, 2021).

O método de espaldeira acontece da seguinte forma: é um sistema de condução existente que desenvolve a cultura de forma vertical e obtém bons resultados em relação a produção,

sendo a facilidade na colheita e a organização do espaço para movimentação dos agricultores e para irrigação, ou seja, é de fácil construção sem oneração em custos, proporcionando boas condições para realização do trato da cultura (SANTOS, 2019).

Para avaliar o potencial de produção hidroagrícola da região, utilizou-se as culturas de referência utilizadas na região, mais a cultura sugerida como 3º alternativa, considerando suas demandas hídricas, conforme indica a Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Culturas no município de Tacaimbó no ano de 2021.

Cultura	Demanda Hídrica	Ciclo
Milho	600mm	120 dias
Feijão	400mm	90 dias
Pimentão	650mm	130 dias

Fonte: IBGE cidades (2021)

Para a avaliação desse potencial produtivo deve-se considerar a seguinte situação:

- Esgoto produzido pela população urbana atendida no município.

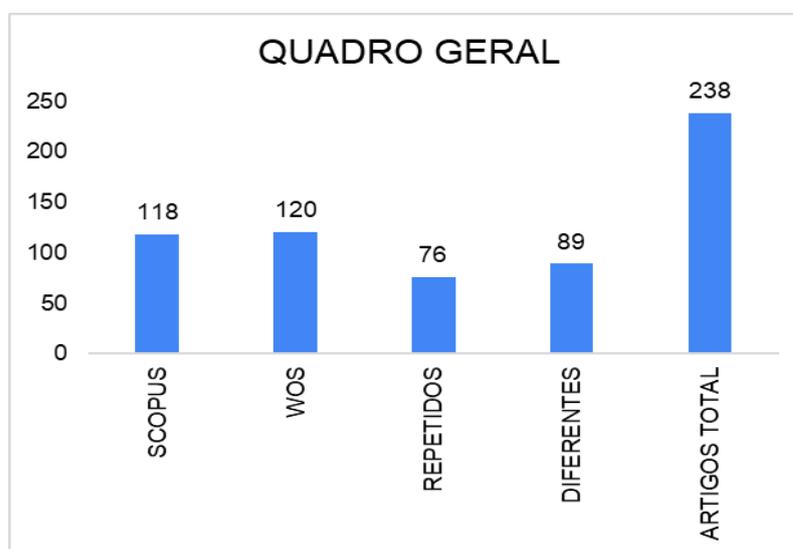
A avaliação do potencial de reúso agrícola do sistema de tratamento de esgoto existente, foi tomada como base a população urbana atendida, os dados do monitoramento do município no período de um ano, sendo possível usá-los devido seu acompanhamento diário feito pela COMPESA, permitindo uma avaliação preliminar da eficiência de tratamento e qualidade dos efluentes gerados que estão sendo descartados no leito do rio e poderiam ser disponibilizados no reúso agrícola. E devido ao estado de Pernambuco ainda não estar munido de Instruções Normativas para essas avaliações propostas no estudo, comparou-se com as diretrizes preestabelecidas da OMS, USEPA e PROSAB, segundo o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA, 2017). Além da comparação dos parâmetros avaliados, de acordo com o lançamento em corpos receptores, também foram utilizadas as normas técnicas nº 2002 e 2007 da Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (CPRH) e a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2011) nº 430 de 13 de maio de 2011.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA POR MEIO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO DEDUTIVO SOBRE REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA

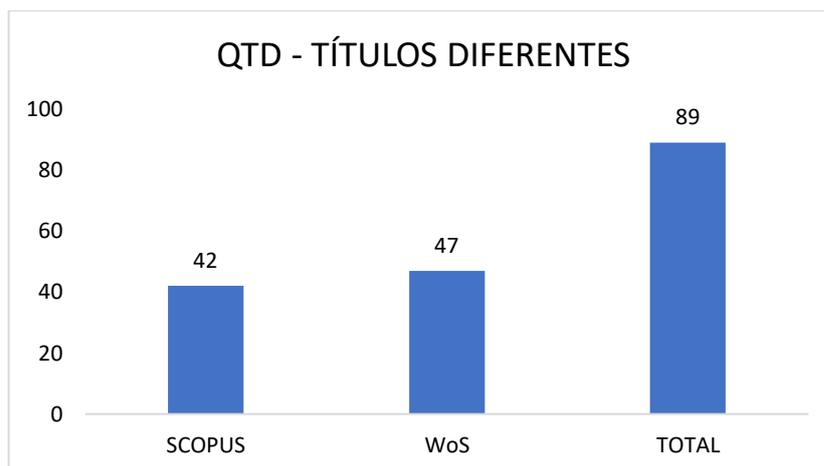
O Gráfico 1 abaixo é uma demonstração geral dos dados quantitativos dessa revisão sistêmica. Foram selecionados 120 artigos na base de dados WoS e 118 na *Scopus*, a partir das palavras-chaves: Sustentabilidade; Planejamento; Reúso; Esgoto tratado; Irrigação. Visto na análise manual que 76 dos 238 são repetidos e 89 são diferentes. Assim, pode-se dizer que através dessa avaliação houve uma significativa repetição de publicações na pesquisa e através da análise bibliométrica foi feita a identificação agilizando a leitura dos trabalhos e evitando a duplicidade de artigos para leitura de acordo com o Gráfico 1 a seguir:

Gráfico 1 – Quadro geral sobre a bibliometria



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Estratificando ainda mais essa leitura para a bibliometria, a distribuição dos títulos para as duas bases usadas para pesquisa foi a seguinte: 47 artigos publicados somente na base de dados WoS e 42 publicados somente na base *Scopus*, totalizando 89 publicações diferentes, a seguir demonstrado no Gráfico 2 abaixo:

Gráfico 2 – Quantidades x Títulos

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

5.1.1 Base *Web of Science*

Para a bibliometria é importante o fornecimento primário de dados, tornando a pesquisa bem direcionada, comparando-se as bases de dados *Web of Science* e *Scopus* pode-se observar que a pesquisa sobre o tema deste projeto é bem desenvolvida mais pouco aplicada. Ainda comparando as bases de dados, as duas tem se utilizado de filtros para busca de informações e documentos e apresentações gráficas para demonstrar os resultados, sejam quanto a quantidade de arquivos encontrados, quantos pontos percentuais um autor tem de citações dentro de uma pesquisa realizada, entre outros pontos correlatos aos indicadores bibliométricos, como a correlação entre os autores e os temas de trabalho no Brasil e no mundo.

Existem resultados mais analíticos para comparação entre as bases de dados, que podem ser realizados para o projeto mais a frente caso sejam aplicáveis dentro do estudo.

O filtro utilizado para pesquisa foi definido pelas palavras-chave: (“*reuse*” AND “*treated wastewater*” AND “*irrigation*”), na tradução livre: reúso, água residual tratada e irrigação, considerando o período de busca entre os anos de 2018 e 2022, como foco nas tipologias de documentos: artigos e artigos de revisão.

Após a busca, foi possível a identificação das quantidades de documentos disponíveis em 02 bases científicas distintas preestabelecidas anteriormente antes de se iniciar a pesquisa (Tabela 2).

Tabela 2 – Base Científica de dados x número de publicações encontradas

Base Científica	Número de Documentos
<i>Web of science</i>	377
<i>Scopus</i>	271

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

De acordo com os dados relacionados na Tabela 2, constata-se uma pequena variação dos quantitativos de documentos encontrados, as bases acima citadas denotam muita facilidade de fornecimento de informações sobre documentos científicos, as bases tem uma alta padronização de registro que auxilia na recuperação dos documentos literários científicos no mundo, em campos diversos e diversas áreas de pesquisa, foi primordial para a primeira busca sobre o tema.

Logo mais foi elaborada a Tabela 3, após a aplicação do filtro de palavras-chaves, reduzindo a quantidade dos documentos para as duas bases de dados.

Tabela 3 – Número de publicações encontradas x Seleção inicial através das palavras chaves

Base Científica	Número de documentos	Seleção com as palavras-chaves
<i>Web of Science</i>	377	120
<i>Scopus</i>	271	118

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

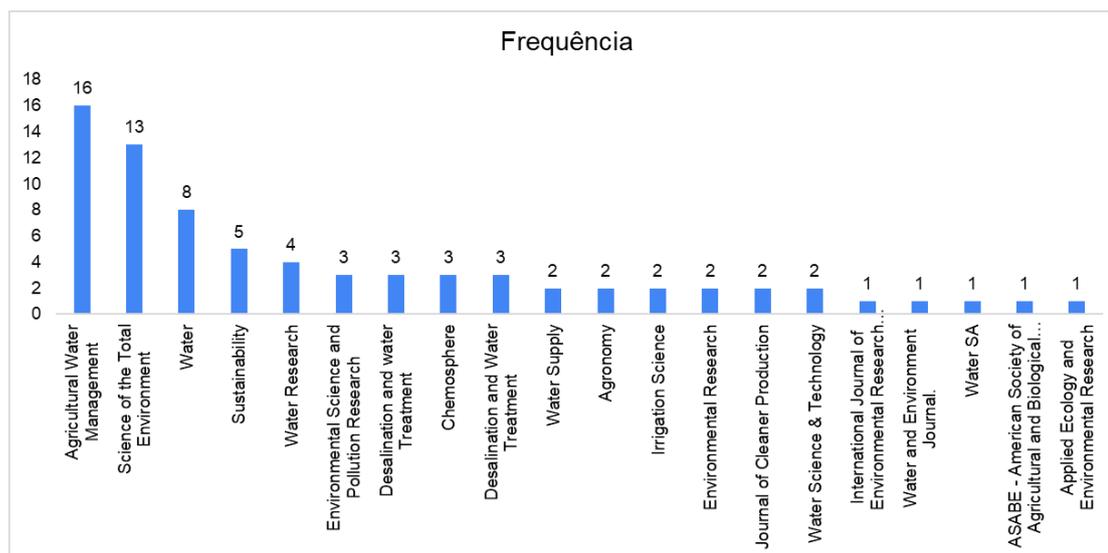
Dando continuidade ao estudo, foi realizada uma etapa de trabalho manual para verificação dos periódicos onde foram publicados e também foi relacionada a frequência de publicações. Foram encontrados 65 periódicos no total de acordo com a Tabela 4 abaixo:

Tabela 4 – Relação de periódicos encontrados na base de dados web of Science

WEB OF SCIENCE	65
-----------------------	----

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

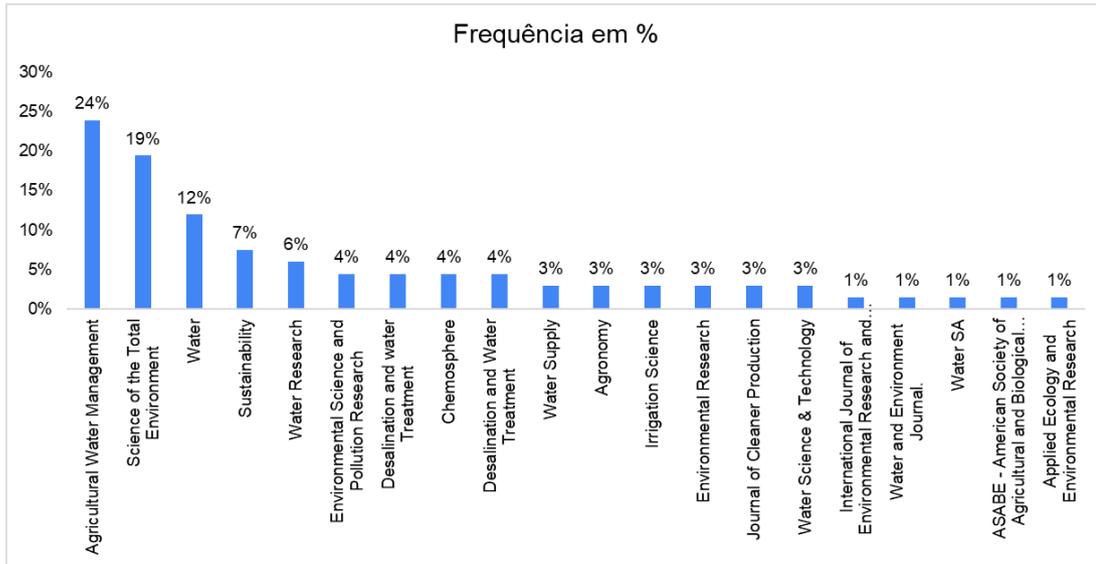
A partir da Tabela 4, foi aplicado um filtro com a ajuda da regra de Pareto 80/20, permitindo a seleção de 20 periódicos, pode-se verificar um levantamento inicial, uma leitura sobre a constância de publicações sobre a bibliometria proposta, nesse resultado obtivemos a demonstração no Gráfico 3 a seguir.

Gráfico 3 – Frequência de Publicações em Periódicos

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

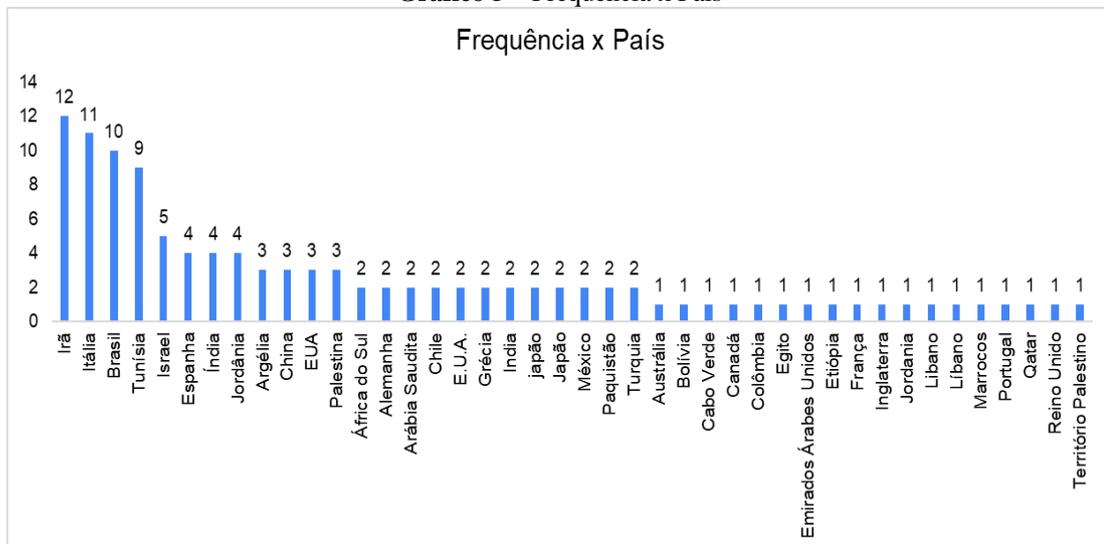
No Gráfico 3 acima, foram relacionados apenas 20 dos 65 periódicos, considerando os de maior frequência de publicações, pois o restante só teve 01 ocorrência, sendo ainda de grande relevância, pois são periódicos reconhecidos na área acadêmica.

Os 20 periódicos selecionados para o gráfico 03 somam 61 ocorrências de publicações, convergindo para percentuais ficaria da seguinte forma: No periódico “*Agricultural Water Management*”, foram encontradas 16 publicações (24%) do total, destacando-se pela maior ocorrência de publicações, a seguir, “*Science of The Total Environment*” com 13 publicações (19%) de ocorrência, “*Water*” com 8 (12%), “*Sustainability*” com 5 (7%), “*Water Research*” com 4 ocorrências (6%), a partir do 4º periódico são menos ocorrências variando entre 4% e 1% dentre os 20 periódicos selecionados para uma leitura inicial dos resultados da pesquisa, como no Gráfico 4 abaixo:

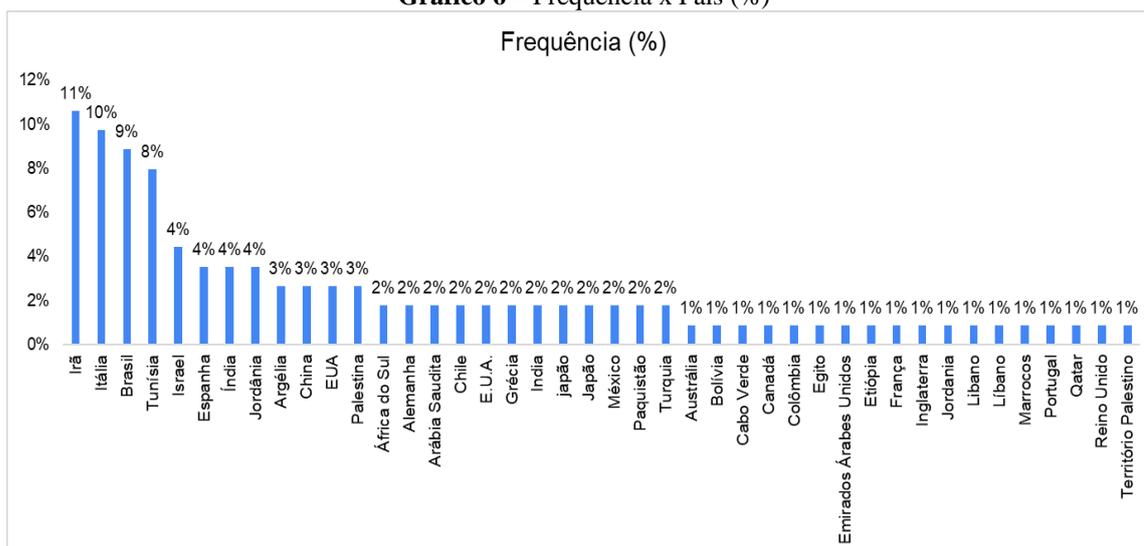
Gráfico 4 – Frequência de publicações em periódicos em percentual

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

A segunda etapa do processo manual de seleção foi o seguinte, foi desenvolvido um gráfico de frequência de publicações por países e logo a seguir o gráfico em percentual para essa distribuição encontrada, sendo os Gráficos 5 e 6. Havendo uma certa variação, sendo: 12 no Irã (11%); 11 na Itália (10%); 10 no Brasil (9%); 09 na Tunísia (8%); 05 em Israel (4%), Espanha, Jordânia, e Índia com 04 (4%) cada país, Argélia, China, EUA e Palestina com 3 publicações cada um e seu percentual de 3% para cada um, o restante dos países com duas e uma publicação.

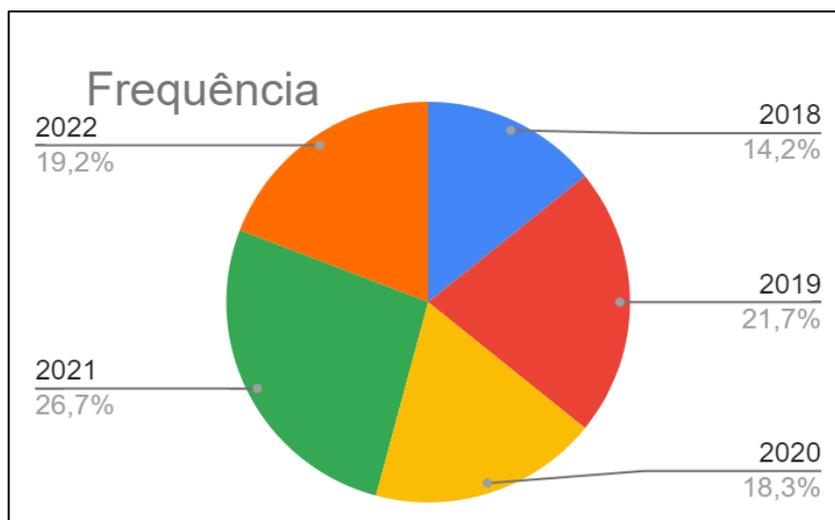
Gráfico 5 – Frequência x País

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Gráfico 6 – Frequência x País (%)

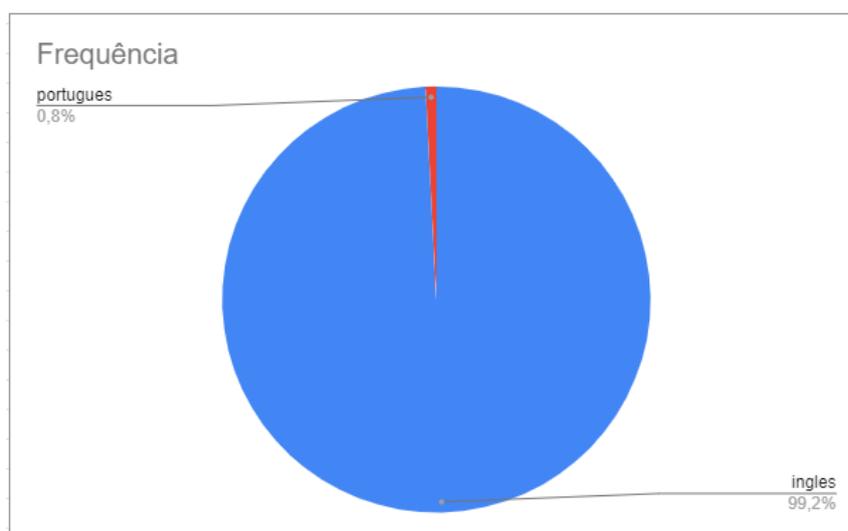
Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Por fim, uma última seleção de filtros foi feita manualmente gerando o Gráfico 7 abaixo que é sobre a frequência de publicações por ano. Através desse filtro podemos identificar que no ano de 2021 houve uma elevada frequência de publicações sobre o tema, (26,7%), nos levando a acreditar que o mesmo vem sendo estudado e que nesse período de 5 anos entre 2018 e 2022 houve um significativo aumento nas publicações nos últimos dois anos do período. Essa variação pode significar a não aplicação das tecnologias já existentes para dar continuidade ao estudo e reúso de água tratada na agricultura, pode significar também que existe a busca pelo desenvolvimento e aplicabilidade do reúso agrícola de água tratada, mas ainda existem algumas considerações sobre a qualidade da água a longo prazo, tanto para o solo quanto para a cultura onde será reutilizada.

Gráfico 7 – Frequência x Ano de publicação

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

E como última análise de informações verificou-se a língua de predominância das publicações sendo feitas nesses periódicos no período de 5 anos. Como demonstrado no Gráfico 8 abaixo foi identificado que de 120 publicações, somente uma foi em português, representando a necessidade de atingir um número maior de leitores no mundo.

Gráfico 8 – Frequência de publicações por língua

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

5.1.2 Base Scopus

Na base de dados *Scopus*, foram realizados os mesmos procedimentos pré-estabelecidos pela bibliometria do estudo. Foram verificados os periódicos, onde foram publicados e também

foi relacionada a frequência de publicações. Foram encontrados 70 periódicos no total de acordo com a Tabela 5 abaixo:

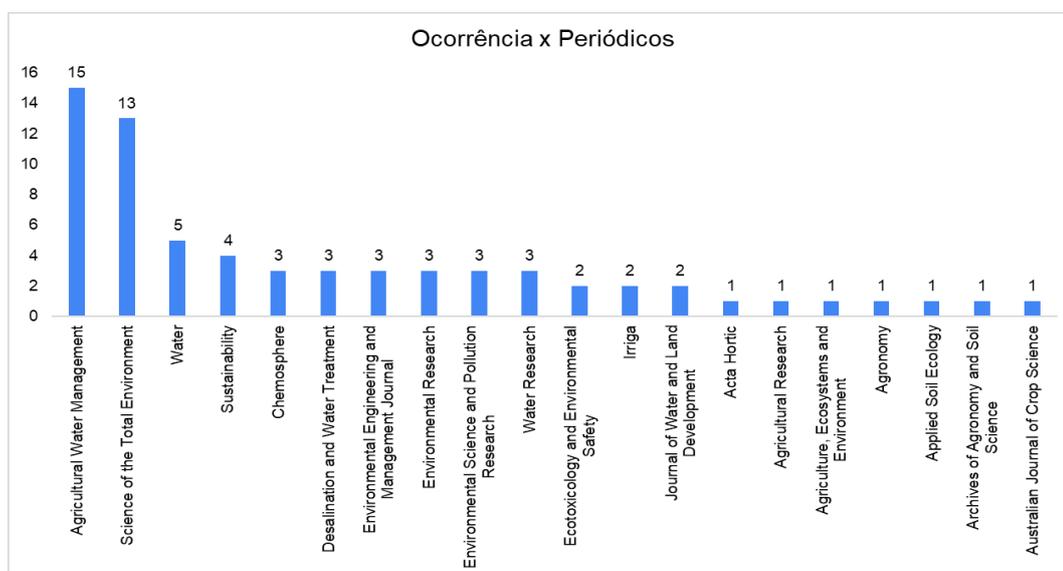
Tabela 5 – Relação de periódicos encontrados na base de dados Scopus

SCOPUS	70
---------------	-----------

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

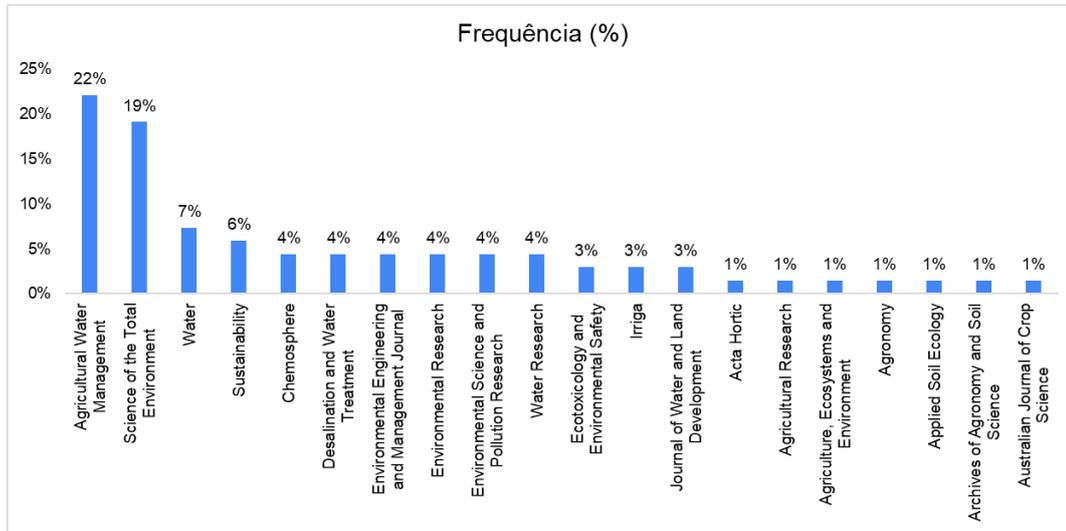
A partir da Tabela 5, foi mais uma vez aplicada a regra de Pareto 80/20, permitindo a seleção de 20 periódicos, já nessa coleta de informações obteve-se o seguinte resultado, apresentado no Gráfico 9 a seguir.

Gráfico 9 – Frequência de Publicações em Periódicos



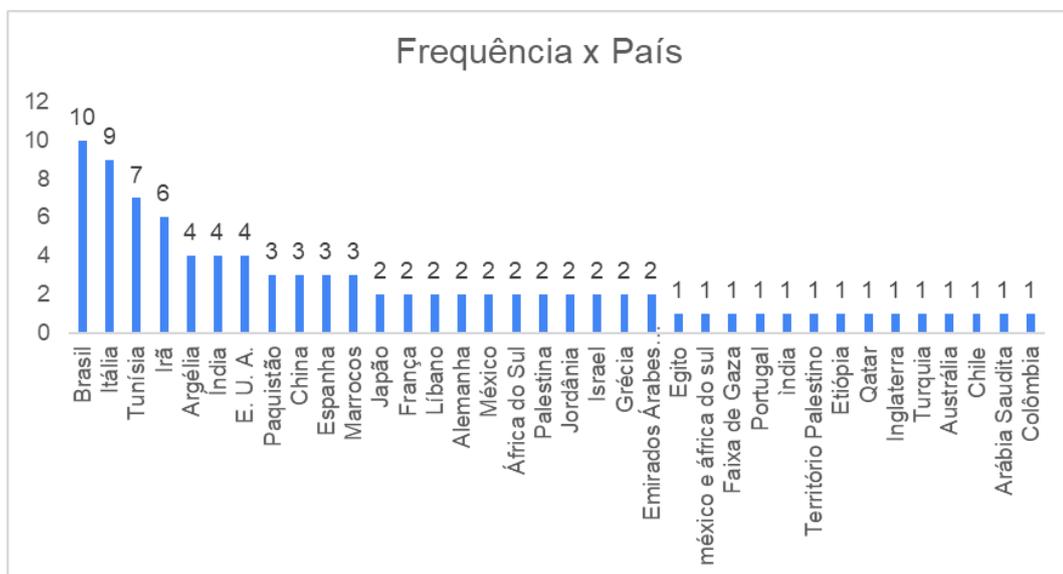
Fonte: Dados da pesquisa (2023)

No Gráfico 9 acima, foram relacionados apenas 20 dos 70 periódicos, considerando os de maior frequência de publicações, como já proposto pelo uso da teoria 80/20. Os 20 periódicos selecionados para o gráfico 07 e 08 na base de dados *Scopus* somam 68 ocorrências de publicações que são: No periódico *Agricultural Water Management* foram encontradas 15 publicações, (22%), destacando-se pela maior ocorrência de publicações nessa base de dados, a seguir, “*Science of The Total Environment*” com 13 publicações (19%) de ocorrência, “*Water*” com 5 (7%), “*Sustainability*” com 4 (6%), “*Chemosphere*” com 3 publicações (4%) da ocorrência, a partir do 11º periódico são menos ocorrências variando entre 3% e 1% dentre os 20 periódicos selecionados para uma leitura inicial dos resultados, como demonstrado no Gráfico 10 abaixo:

Gráfico 10 – Frequência de publicações em periódicos em percentual

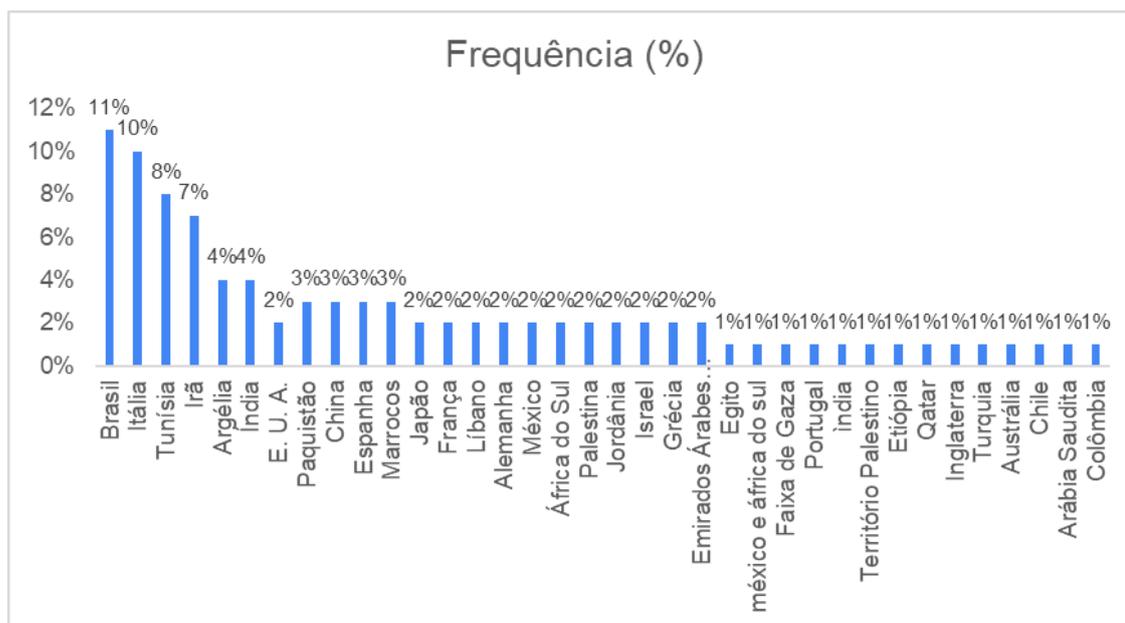
Fonte: Dados da pesquisa (2023)

A segunda etapa para esta base foi a mesma usada para o processo de seleção, foi feito um gráfico sobre a frequência de publicações por país e logo a seguir o gráfico em percentual para essa distribuição encontrada, sendo os Gráficos 11 e 12. Havendo uma certa variação, sendo: Brasil com 10 publicações (11%); Itália com 9 (10%); Tunísia com 7 (8%) dessas ocorrências; Irã com 6 (7%); o restante com 4 e com quantidades menores de publicações.

Gráfico 11 – Frequência x País

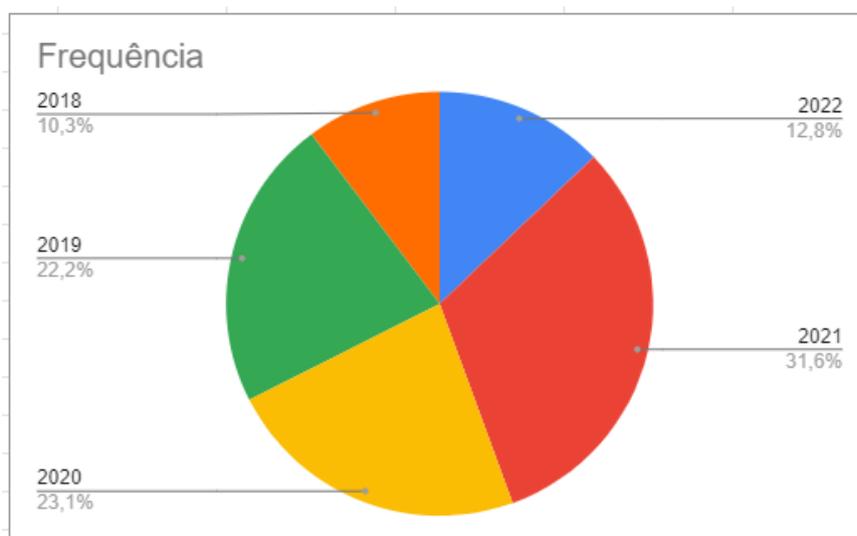
Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Gráfico 12 – Frequência de publicações (%)



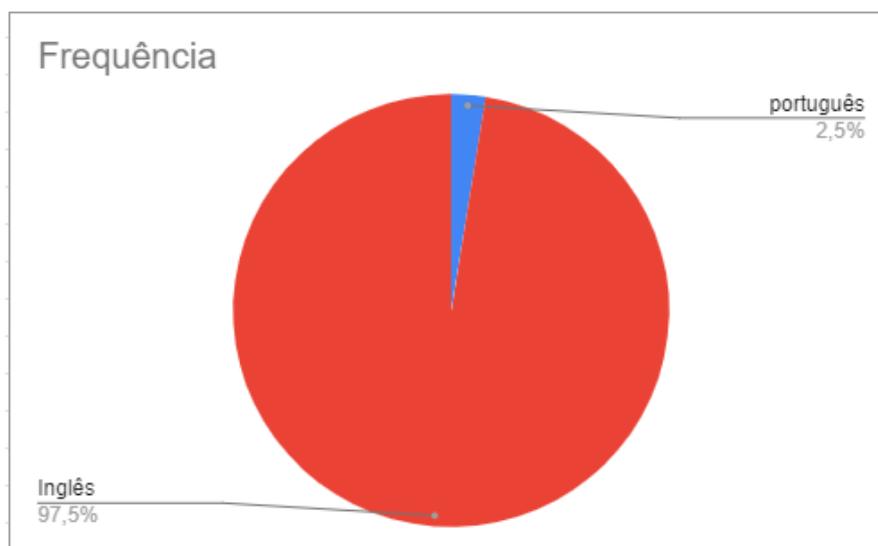
Fonte: Dados da pesquisa (2023)

A última etapa de seleção feita no *Scopus* gerando resultados é sobre a frequência de publicações por ano. Através desse levantamento identificou-se que no ano de 2021 a frequência de publicações foi de 31,6%, considerando-se o ano de 2021 o ano de mais frequência de pesquisa e publicações sobre reúso, águas residuais tratadas e irrigação. É demonstrado no Gráfico 13 que os anos de 2020 teve (23,1%) das ocorrências, 2019 na sequência (22,2%), 2022 (12,8%) e 2018 (10,3%) das ocorrências. Essa variação de ocorrências por ano pode representar o desenvolvimento dos estudos e busca por soluções mais eficazes para a área, pode significar também que existe a busca pelo desenvolvimento e aplicabilidade do reúso agrícola de água tratada, mas ainda existem algumas considerações sobre a aplicabilidade dessa água.

Gráfico 13 – Frequência x Ano de publicação

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

E como feito na base WoS, a última verificação foi a escrita, qual a língua de predominância das publicações sendo feitas nesses periódicos encontrados na base *Scopus* durante esse período de 5 anos. No Gráfico 14 abaixo destacou-se que de 118 publicações, 3 foram escritas em português, também representando a necessidade de atingir um número maior de leitores.

Gráfico 14 – Frequência x Língua

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Com toda a exploração dos resultados expostos anteriormente, vê-se que a evolução da tecnologia de informação trouxe a pesquisa científica um aumento significativo tanto em

quantidade como em qualidade, e muito se atribui as plataformas de pesquisa utilizadas atualmente, que facilitaram o processo de produção científica e de sua publicação.

Em meio ao volume de publicações, vem as dificuldades que os pesquisadores podem enfrentar para desenvolver seus estudos, considerando o grande volume de artigos a serem lidos e analisados. Assim, tornando-se um trabalho extenso e lento para decidir quais artigos são de relevância para a pesquisa. O exemplo prático do uso das plataformas WoS e Scopus neste trabalho foi para auxílio nessa seleção e a partir das etapas seguidas como o uso do método de Pareto (80/20).

A realização da pesquisa nas bases científicas WoS e Scopus mostrou uma visão sobre as publicações, inicialmente sua distribuição geográfica no caso da base de dados WoS foi identificado 42 países entre essas publicações, com destaque para a Irã, Itália, Brasil, Tunísia, Israel, Espanha e outros, totalizando 12 países que possuem a partir de 3 ocorrências e que juntos refletem em 29% dos países mapeados, porém com 63% de representatividade dos documentos publicados no universo pesquisado.

Na base Scopus em comparação com a WoS os dados são: 36 países, com destaque para Brasil, Itália, Tunísia, Irã, Argélia Índia e EUA e outros, também analisados 12 países, que refletem 36% dos países mapeados, com 60% de representatividade dos documentos publicados.

Alguns dos países citados têm desenvolvido trabalhos na área de reuso agrícola, pois as crises hídricas vêm demonstrando sua fragilidade na gestão do mesmo, isso é característico das variações climáticas decorrentes das ações antrópicas, essa falha, vem causando impactos na saúde e no desenvolvimento da população mundial, pois o uso de águas contaminadas leva a doenças, poluição ambiental entre outros.

Em relação ao intervalo pesquisado, entre os anos de 2018 a 2022, é possível evidenciar que nos anos de 2019, 2020 e 2021 são responsáveis por mais de 65% das publicações associadas ao tema de reuso de água tratada no período para as duas bases de pesquisa.

5.2 CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA SIMPLIFICADA DA ÁREA DE ESTUDO

É comum a utilização de *softwares* livres e gratuitos com as características de sua funcionalidade baseada em SIGs, como o ArcGis e o QGIS. Existem também o Quantum GIS (QGIS), que por sua vez vem se destacando ao longo do tempo, sendo aplicado em pesquisas na área de análise espacial territorial. Segundo Ito et al. (2017), estes *softwares* livres

proporcionam uma ampliação das competências acadêmicas, podem proporcionar grande economia financeira e/ou propicia o redirecionamento de investidores em pesquisa ou serviços prestados pela instituição diretamente.

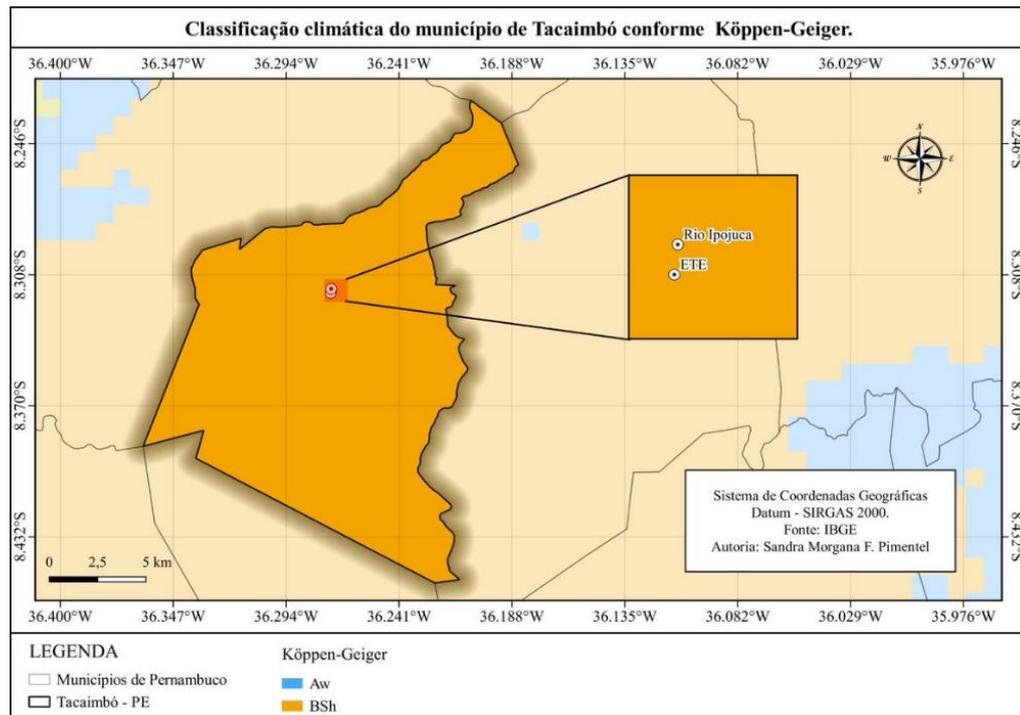
Os *softwares* privados e/ou pagos demandam uma relação de dependência tecnológica e alto custo, além de restrições de uso, pois estes programas são limitados e seus algoritmos não estão disponíveis. Assim, em todos os mapas elaborados a seguir, foi utilizado um sistema de livre acesso, sendo somado ao mesmo os dados da Embrapa solos e IBGE, que são bases de dados seguras com informações verídicas.

5.2.1 Clima

O clima é do tipo *Bs'h* da classificação de *Köppen*, demonstrado na Figura 2, árido ou semiárido, muito quente, com chuvas no outono e inverno. O período normal de chuva inicia-se em fevereiro/março e pode estender-se até agosto, tendo entre os meses de setembro e janeiro um período de estiagem. Dados históricos de precipitação revelam uma média anual de 625,8mm.

As temperaturas variam, segundo a época das precipitações pluviométricas. A média anual fica em torno de 26 °C. O período compreendido entre março e abril é caracterizado por noites amenas, com temperaturas em torno de 20°C. Como descrito em outras referências, outras metodologias podem ser usadas para o desenvolvimento de mapas, como por exemplo com suporte do *software* ARCGIS 9.3, acontecendo a pesquisa em laboratório (SANTOS A; SANTOS M, 2020).

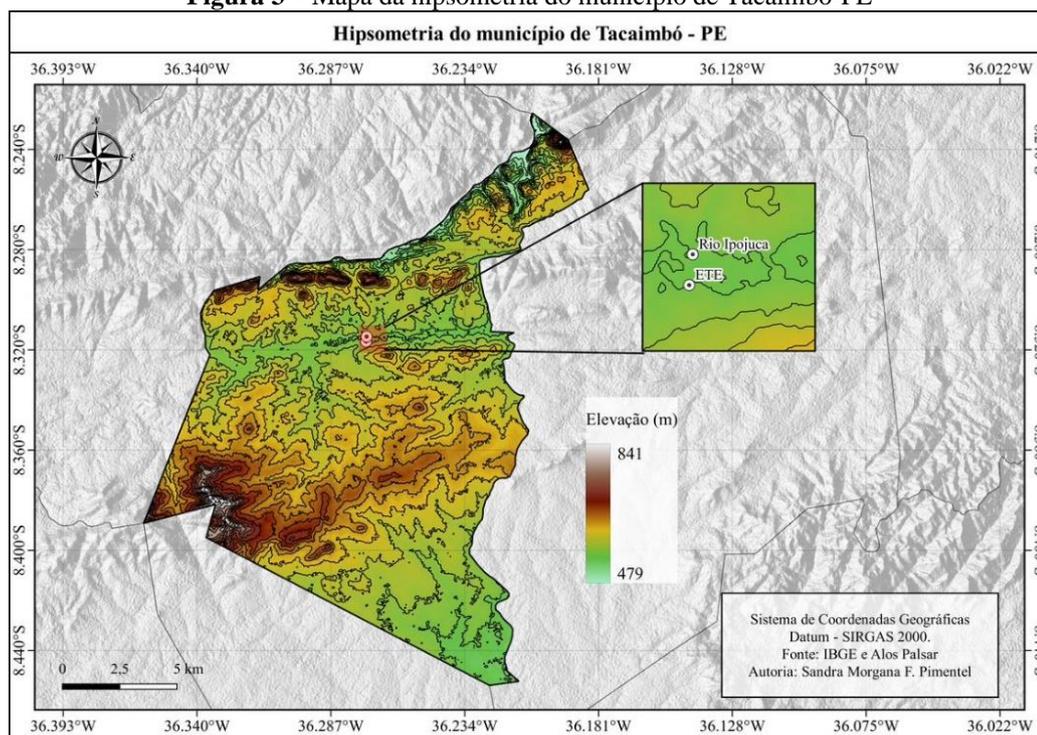
Figura 2 – Mapa climático do município de Tacaimbó



Fonte: IBGE (2021)

5.2.2 Hipsometria

O relevo do estado é formado basicamente por três tipos: planície costeira, planalto e depressão. Grande parte do território estadual, cerca de 76%, possui um relevo relativamente plano, não ultrapassa os 600 metros de altitude. As planícies se encontram em áreas próximas ao litoral. No caso do município de Tacaimbó sua altitude é de 601 metros, encontra-se inserido, geologicamente, na Província Borborema, Planalto bastante antigo e erodido que abrange vários sistemas de dobramentos lineares que se separam por altos do embasamento, relacionados ou não a falhas, como demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Mapa da hipsometria do município de Tacaimbó-PE

Fonte: IBGE (2021)

“O mapa apresenta a possibilidade de representar o espaço. É importante saber ler o espaço, e uma das formas é através dele” (CALLAI, 2000, p. 92). Por meio das representações cartográficas é possível conhecer as diversidades espaciais.

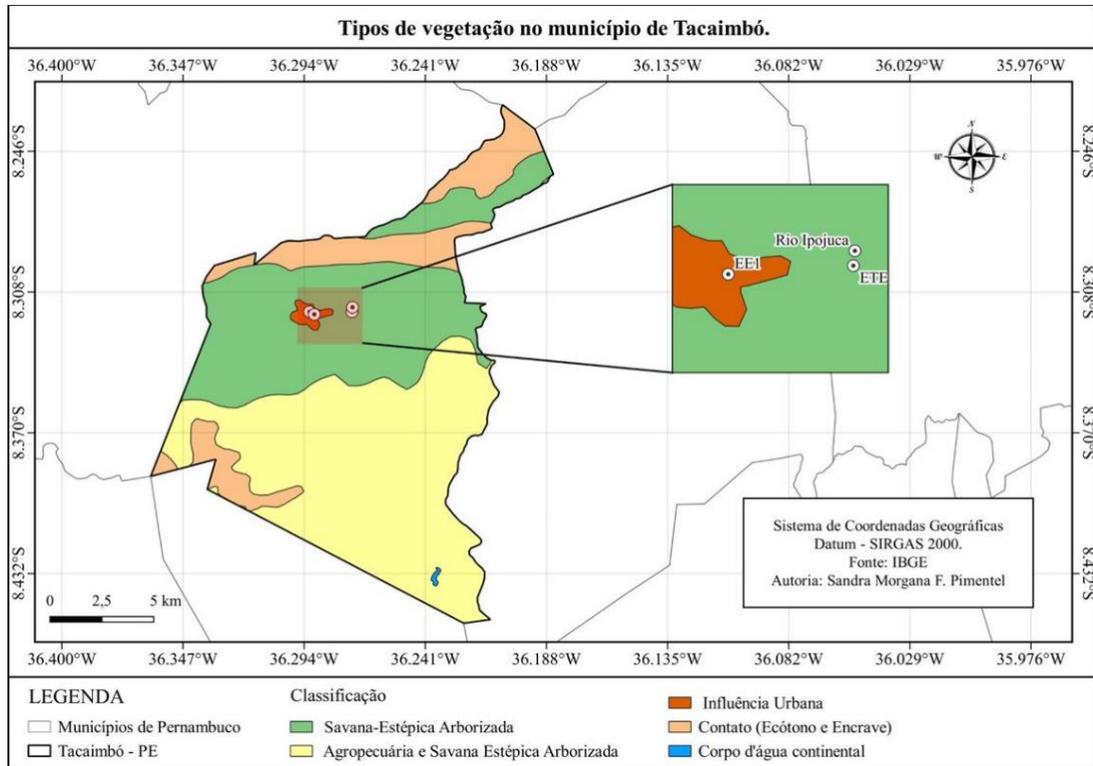
5.2.3 Vegetação

A Caatinga é caracterizada como um complexo vegetacional onde os tipos de vegetação dominantes são constituídos de arbustos e árvores, os quais são decíduos durante o período de seca e frequentemente providos de espinhos e /ou acúleos. Há ainda a presença de cactáceas, bromeliáceas e de plantas herbáceas. A cobertura vegetal é hiperxerófila, em grande parte endêmica. No Nordeste brasileiro grandes extensões territoriais são dominadas pela Caatinga, notadamente na faixa semiárida.

Na área em estudo a vegetação é representada por uma caatinga de porte arbustivo aberto, tendo como principais espécies a caatingueira *Caesalpinia pyramidalis* Tul; favela, *Cuidoscolus phyllacanthus* (Muel. Arg.) Pax & Hoffm.; xique-xique, *Pilocereus gounelli* Weber; macambira, *Bromelia laciniosa*; mandacaru, *Cereus jamacuru* D.C. e algumas espécies de maior porte como a braúna e o angico.

A caracterização da vegetação foi realizada por meio de dados obtidos da plataforma de geociências do IBGE (2021). Os dados foram Baixados e tratados no *software Qgis 3.22*. Segue abaixo a Figura 4.

Figura 4 – Tipos de vegetação no município de Tacaimbó



Fonte: IBGE (2021)

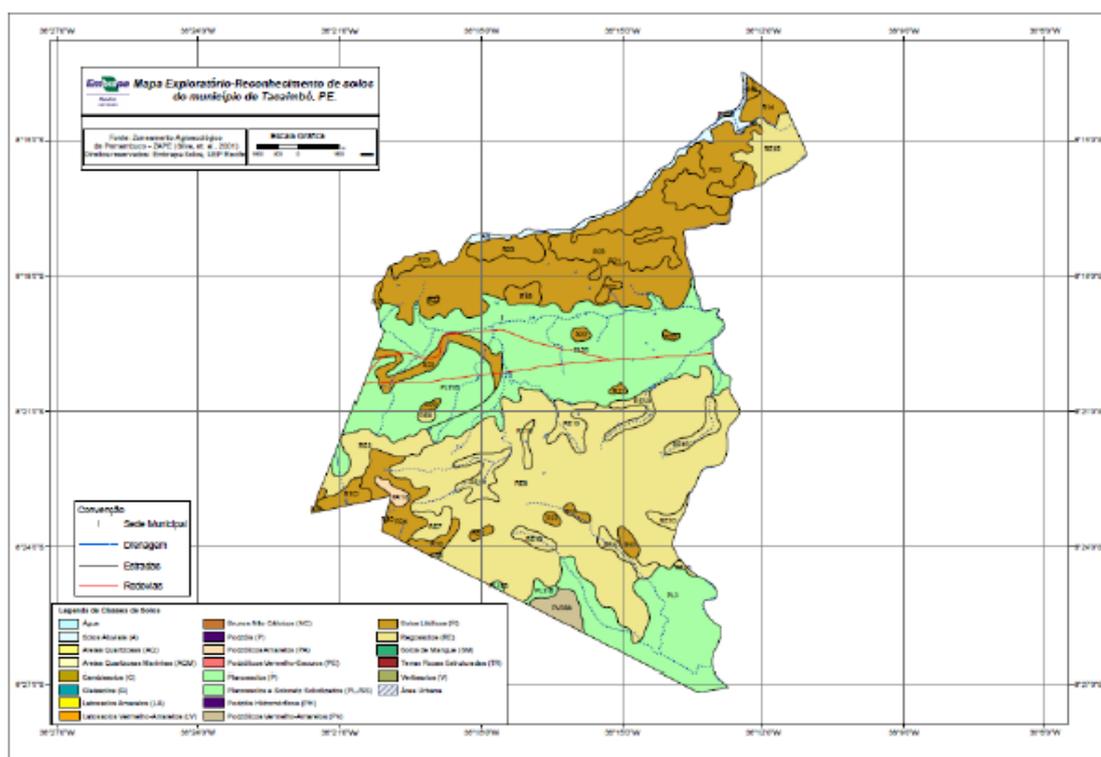
5.2.4 Hidrogeologia

O município encontra-se inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica dos Rios Ipojuca, Una e Capibaribe. A Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca que apresenta uma área de 3.433,58 km² e a área percentual do município em relação à área total da bacia corresponde a 6,63%. Segundo a Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC), seus principais afluentes são: riacho Liberal, riacho Taquara, riacho do Mel, riacho do Coutinho, riacho dos Mocós, riacho Muxoxo e riacho Pata Choca. Os reservatórios da bacia do rio Ipojuca, com capacidade máxima acima de 1 milhão de metros cúbicos são: Belo Jardim, Duas Serras, Eng. Severino Guerra, Manuíno, Pão de Açúcar e Taquara.

A bacia hidrográfica do Ipojuca localiza-se totalmente em Pernambuco, limitando-se ao norte com a bacia hidrográfica do rio Ipojuca; ao sul com o estado da Paraíba, com as bacias

dos rios Una e Sirinhaém; a Leste com o Oceano Atlântico e com os grupos de bacias de pequenos rios litorâneos; a oeste, ainda com a bacia hidrográfica dos rios Ipanema e Moxotó e o estado da Paraíba. Como percebe-se na Figura 5 abaixo.

Figura 5 – Mapa da hidrogeologia do município de Tacaimbó



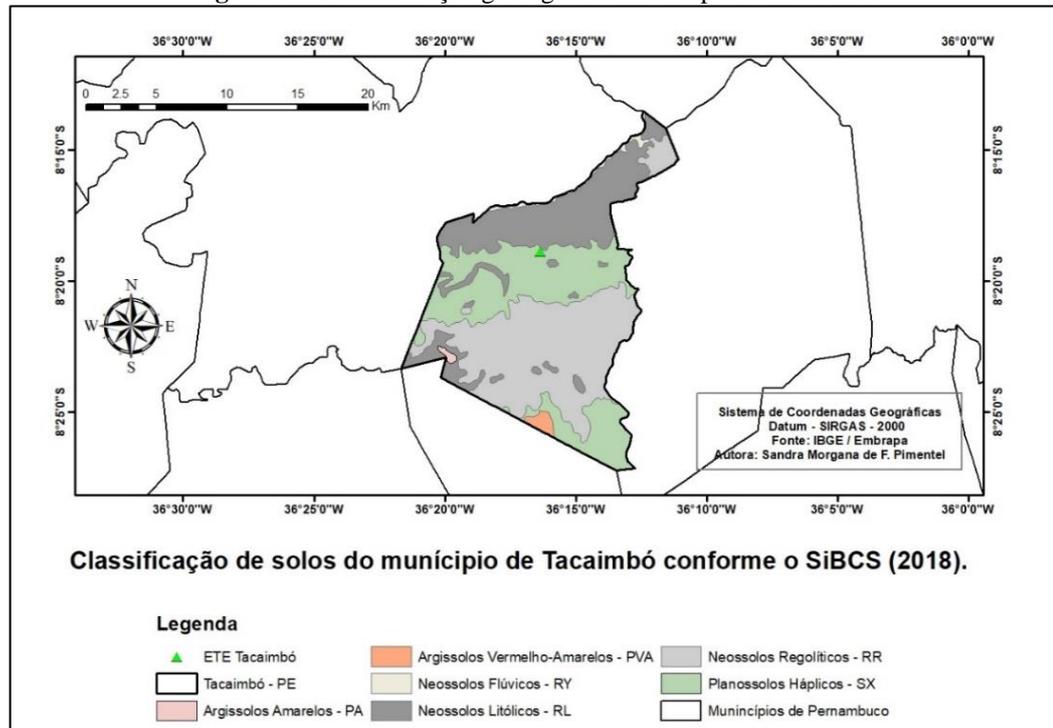
Fonte: Embrapa Solos (2021)

5.2.5 Caracterização e Classificação do Solo

O município de Tacaimbó encontra-se inserido, geologicamente, na Província Borborema, Planalto bastante antigo e erodido que abrange vários sistemas de dobramentos lineares que se separam por altos do embasamento, relacionados ou não falhas. A classe do solo está enquadrada em Planossolo Háplico, Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico. Esses tipos de solos são característicos e em solo de textura argilosa, podem ser rasos e sua fertilidade pode variar de média a alta, têm maior ocorrência no agreste. No município tem superfícies suaves onduladas a onduladas, que ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, fortemente drenados, ácidos a moderadamente ácidos e fertilidade natural média e ainda os Podzólicos, que são profundos, textura argilosa, e fertilidade natural oscilando de média a alta.

Nas elevações ocorrem os solos Litólicos, rasos, textura argilosa e fertilidade natural média. Nos Vales dos rios e riachos, registram-se os Planos-solos, medianamente profundos, imperfeitamente drenados, textura média/argilosa, moderadamente ácidos, fertilidade natural alta e problemas de sais, ocorrem ainda Afloramentos de rochas (RAP, 2014). Segue a Figura 6 abaixo:

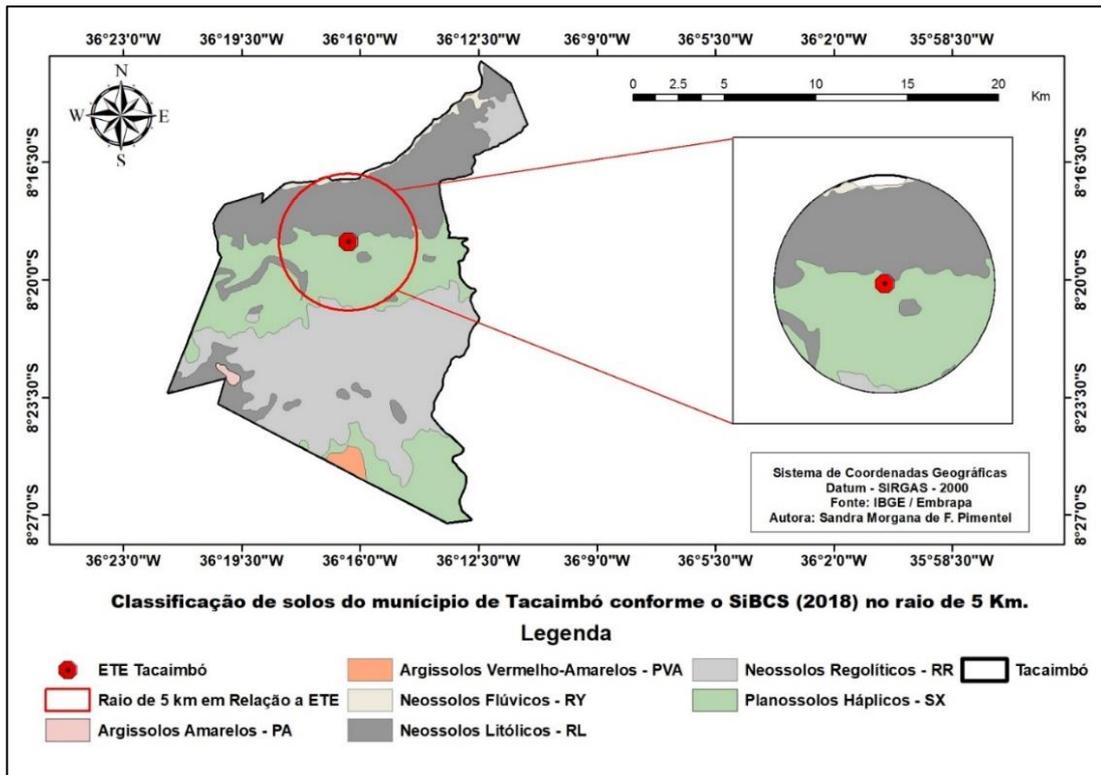
Figura 6 – Caracterização geológica do município de Tacaimbó



Fonte: Embrapa Solos (2021)

Foram identificadas 06 categorias de solo e afloramentos rochosos. Os tipos de solos são Argissolo Amarelo, Argissolo vermelho-Amarelo, Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico, Neossolo Flúvico e Neossolo Háplico, como na Figura 7, a seguir:

Figura 7 – Classificação dos solos encontrados no município de



Fonte: Embrapa Solos (2021)

5.2.6 Uso e ocupação do Solo

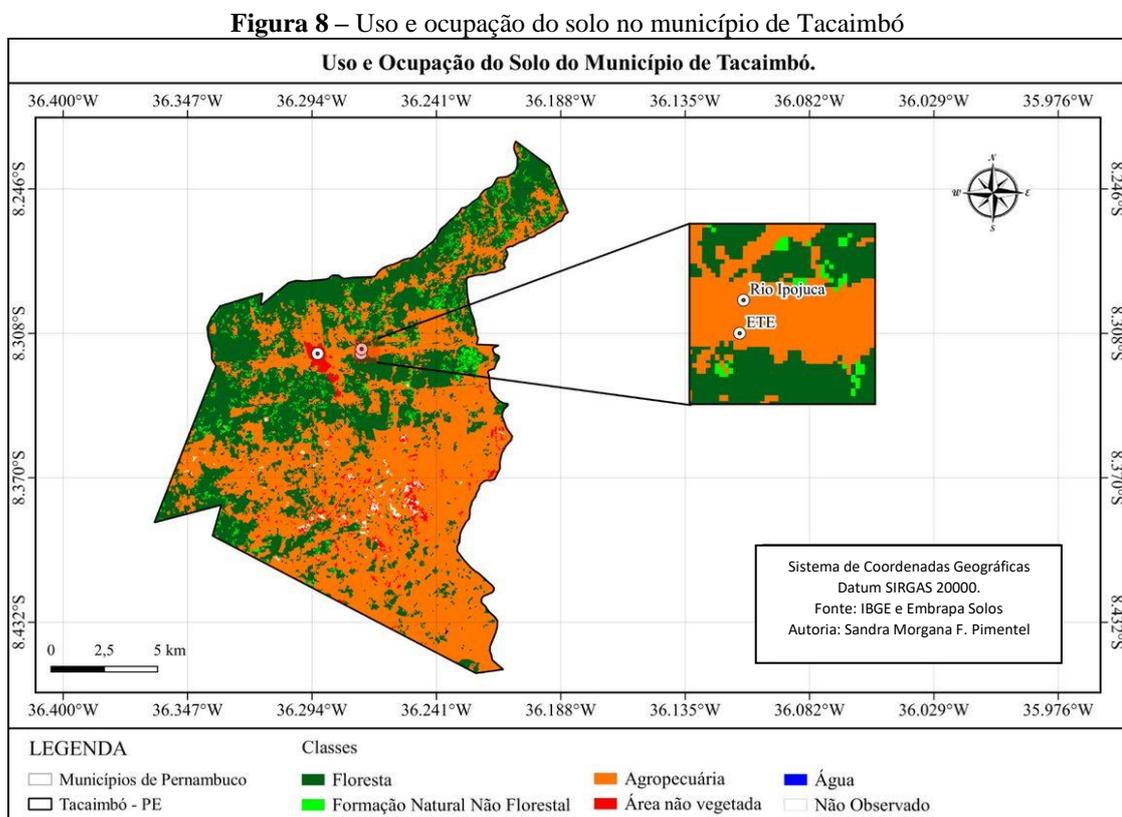
O município de Tacaimbó teve origem em uma fazenda de criação de gado pertencente a Luiz Alves Maciel, onde havia vários currais, passando o lugarejo a denominar-se de Currealinho. Alguns anos depois, em 1896, foi construída a estrada de ferro da antiga *Great-Western* (hoje Rede Ferroviária S/A), tendo o povoado recebido o nome de Antônio Olinto, em homenagem ao engenheiro mineiro, que construiu a estação. Desde então, começou a se intensificar o povoamento. Em 1906, sob a invocação de Santo Antônio, foi erguida uma capela, subordinada à Paróquia de Belo Jardim (IBGE, 2021)

A Lei municipal datada de 15 de novembro de 1907 criou o distrito de Antônio Olinto, subordinado ao município de Caruaru. Pela Lei estadual nº 1931, de 11 de setembro de 1928, é criado o município de São Caetano passando o distrito de Antônio Olinto a pertencer ao novo município de São Caetano. O distrito de Antônio Olinto passou a denominar-se Tacaimbó, pelo decreto-lei estadual nº 952 de 31 de dezembro de 1943. Pela lei Estadual nº 4982, datada de 30 de dezembro de 1963, Tacaimbó é elevado à categoria de município, tendo sua sede no antigo

distrito de Tacaimbó. Pela Lei municipal nº 50, de 20 de março de 1968, é criado o distrito de Riacho Fechado e anexado ao município de Tacaimbó.

O uso do solo pode ser entendido como sendo a forma pela qual o espaço geográfico está sendo ocupado pelo ser humano e suas atividades nele e no município de Tacaimbó é a lei orgânica nº 01/2005 trata dessa gestão. Práticas de gestão do território e formas de uso do solo tem grande impacto sobre os ecossistemas e os recursos naturais incluindo a água e o solo.

A informação sobre o uso da terra pode ser usada para desenvolver soluções para a gestão de problemas relacionados a recursos naturais como por exemplo qualidade da água, a escassez da água entre outros. O levantamento do uso da terra é de grande importância, na medida em que a ocupação desordenada do solo causa a deterioração do meio ambiente. Os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos de reservatórios e cursos d'água são consequências do mau uso do solo. Segue a Figura 8 abaixo:



Fonte: Embrapa Solos (2021)

5.3 DETERMINAR AS CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS DO ESGOTO TRATADO

5.3.1 Características quantitativas do esgoto

Foi necessária a definição do processo e da configuração da estação de tratamento baseando-se tanto na necessidade de atendimento à população quanto a questão ambiental, como as características da área disponível para a instalação do método de tratamento, assim, de acordo com o Manual de operações do SES de Tacaimbó (2017), foi construída a Tabela 6, que está logo mais abaixo, onde é demonstrada a vazão mínima e máxima e o quantitativo populacional a ser atendido.

Tabela 6 – Tabela de estimativa de atendimento de coleta de esgoto

Proposta de Projeto para População atendida de:	13.928 hab.
Vazão (Estimativa de produção):	Máx/dia: 33,03 L/s= 2.853,79 m ³ /dia Méd/dia: 19,35 L/s= 1.671,84 m ³ /dia

Fonte: Manual de operações do SES Tacaimbó (2017).

Os dados quantitativos acima descritos na Tabela 6 são uma demonstração inicial do controle da geração de efluentes tratados, assim, entende-se que esse é melhor método de gestão dos recursos hídricos que levará a obtenção de bons resultados e maior exploração quantitativo para fins de reúso do efluente tratado.

Para o dimensionamento do quantitativo produzido do efluente tratado foi necessário o levantamento inicial através de informações de controle mensal realizado pela COMPESA, construído o Gráfico 15 abaixo que configura o acompanhamento de 01 ano da vazão mensal de saída do efluente gerado e descartado no leito do rio Ipojuca.

Assim, foi feita uma tabulação de informações fornecidas pelos técnicos responsáveis pelo SES Tacaimbó, através das planilhas que são alimentadas diariamente para obtenção de uma avaliação de vazão média mensal e anual, onde se obteve o valor médio de 5,24L/s de efluente tratado para possível reúso na agricultura familiar do município.

Gráfico 15 – Demonstração da média anual de vazão entre junho de 2022 à junho de 2023 (L/s)

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Segundo Libutti (2018), existem várias considerações a serem feitas para um bom planejamento, inclusive, estimar a deficiência de água de acordo com o balanço hídrico do solo e no que se refere a entradas e saídas no sistema “triplo” que é a planta-água-solo.

E de acordo com Lucena (2018) as tecnologias de quantificação e qualificação para tratamento de efluentes vem sendo cada vez mais adotadas, junto a isso vem se destacando uma maior eficiência para obter mais qualidade na água, mais controle de demanda e distribuição da mesma. Afirmando-se que essa prática de reúso é importante e já é realizada, devendo compor os métodos de gestão dos recursos hídricos, sendo necessário o desenvolvimento de uma legislação que regulamente a atividade, a nível nacional.

Apresentando hoje coleta e tratamento de 68,76%, atendendo a população urbana com sistema de tratamento completo dos esgotos de forma adequada (SNIS, 2019). Iniciando-se pelo controle quantitativo do efluente tratado, podemos dizer que os impactos ambientais podem ser minimizados, pois sabe-se que vai existir o descarte do mesmo na natureza e pode vir a contaminar as águas quando descartados em corpos hídricos, o solo e as plantas. Então, um dos primeiros impactos é o aumento do consumo de água potável na agricultura, devido ao semiárido do Brasil possuir um clima onde as precipitações são irregulares e podem acontecer

secas prolongadas, sendo considerado um fenômeno natural ocasionado pelo clima e pelas condições de preservação da área (MONTE; PEREIRA; BARRANCO, 2019).

Assim, o presente levantamento para a pesquisa vem demonstrar maiores possibilidades para o município de Tacaimbó no tocante a quantificação do efluente para o reúso, já que a cidade agora possui um sistema que realizasse o tratamento e dessa forma o controle quantitativo da geração de efluente tratado. É possível realizar uma estimativa da necessidade de água para reúso na agricultura em um planejamento mensal. O método de reúso a ser aplicado também tem relevância e deve ser eficiente para o melhor reaproveitamento possibilitando abrangência de áreas maiores ou períodos de seca mais prolongados.

5.3.2 Características qualitativas do esgoto

O rio Ipojuca é considerado um curso d'água com pouca capacidade de diluição, devido aos períodos de baixo escoamento na época da seca e por atravessar áreas urbanas de ao longo de seu percurso dentro do estado, foi proposto como prioridade a promoção de um nível elevado de tratamento, incluindo ainda a desinfecção dos efluentes tratados. Por estes motivos foi definido que a estação de tratamento de Tacaimbó seja capaz de produzir um efluente de nível secundário, com remoções de DBO e SS acima de 90%, incluindo ainda uma etapa de desinfecção final (RAP, 2014).

Segundo Lucena (2018), o tratamento de esgoto e seu reúso já é realidade em vários países do mundo, considerando um bom controle quantitativo e qualitativo, assim poderá ser amplamente reutilizado.

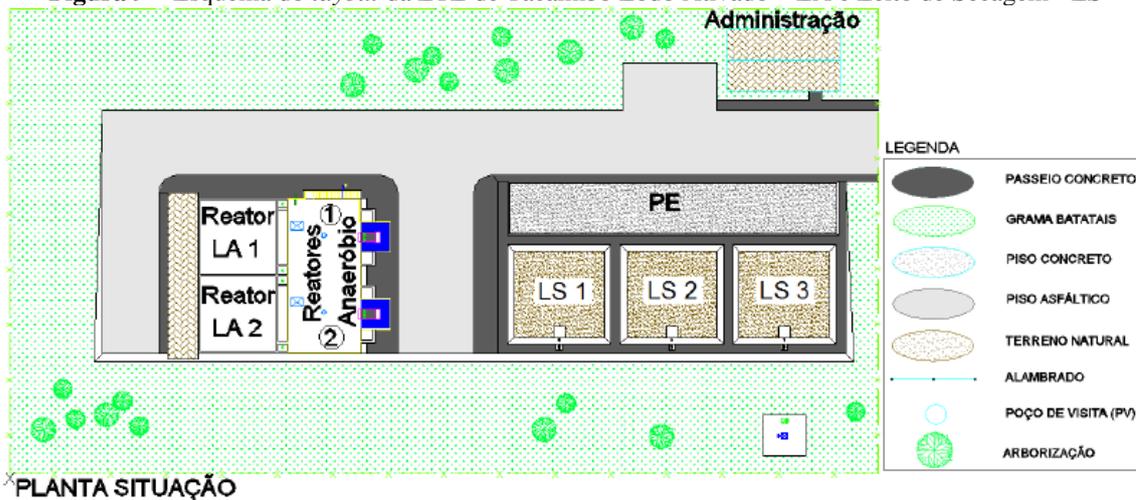
De acordo com Monte, Pereira e Barranco (2019), as principais características do esgoto tratado foram relacionadas abaixo, levando-se em consideração os usos aos quais a água foi submetida, a variação climática da região, situação econômica e os hábitos populacionais. Assim, relacionam-se os critérios físicos, químicos e biológicos, mantendo a referência em parâmetros pré-estabelecidos no projeto final da estação e legislação brasileira, em instruções normativas e em artigos de pesquisa científica. Segue abaixo a Tabela 7:

Tabela 7 – Características pretendidas do Esgoto tratado - ETE Tacaimbó

Principais parâmetros de projeto		Valores
Tempo de detenção hidráulica	H	10,11
Taxa de aplicação	M3/m2.dia	15,84
DBO afluente	Mg/L	368,07
DBO Efluente	Mg/L	116,39
Concentração de DQO	mgO2/l	613,38
Eficiência	%	68,38
pH	-	6,79
Temperatura	°C	27
turbidez	NTU	30
Cloro	Mg/L	0,20
Condutividade	µS/cm	1920
Coli. Term.	CTer/100mL	<1000CF/100mL
Eficiência Média	%	94,57

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

A partir das informações, a avaliação em relação ao processo de tratamento usado que foi o reator UASB e o de lodos ativados é considerado um bom método de tratamento para o município verificando seus resultados levantados. Assim, permitindo o nível de tratamento adequado ao corpo receptor e posteriormente à desinfecção do efluente. Mostrando também, que este método é sustentável e pouco alterou as características locais da área deste estudo no período de implantação da ETE, sendo seu início de funcionamento o ano de 2018.

Figura 9 – Esquema do *layout* da ETE de Tacaimbó Lodo Ativado – LA e Leito de Secagem - LS

Fonte: RAP, SES Tacaimbó – PE (2014)

Para Roma (2019), a poluição da água, solo e veiculação de doenças para a população estão diretamente relacionadas ao descarte de substâncias químicas ou de formas de energia que direta ou indiretamente provocam alteração a natureza do corpo hídrico prejudicando de forma extrema seus usos. Há duas formas de fonte de poluição:

- Poluição pontual: os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço;
- Poluição difusa: os poluentes são inseridos no corpo d'água distribuídos ao longo de parte de sua extensão.

De acordo com CEBDS (2015), com a verificação dos dados levantados pode ser qualificada a água e confirmado se haverá impacto ambiental, seja a contaminação do solo, da água ou veiculação de doenças que possam atingir a população urbana. A composição do efluente tratado de esgoto doméstico é variável e tem diferentes teores de macronutrientes, principalmente em se tratando de matéria orgânica. Os potenciais riscos ambientais da irrigação a longo prazo são: a diminuição do rendimento de produção agrícola, possível salinização do solo, ou seja, mudanças físico-químicas do solo. Assim, devem ser observadas a salinidade da água do efluente tratado, pois ela também pode modificar a disponibilidade de água para a cultura, pois a infiltração no solo diminuirá, o pH do solo seria alterado provocando efeitos diversos.

Em se tratando de legislação, segundo Monte, Pereira e Barranco (2019), no Brasil para a qualidade do efluente para o reúso agrícola, são geradas algumas restrições, pois não existe uma regulamentação direcionada a atividade, então, são utilizadas diretrizes como: o Guia USEPA, resolução CONAMA nº 357 e 430, entre outras.

Assim, na tabela 7 foi apresentado os principais parâmetros para qualidade do efluente tratado, confirmando o nível de tratamento proposto para o descarte no leito do Rio Ipojuca, pois o tipo de tratamento com suas etapas específicas influencia na qualidade do efluente descartado no rio. A possibilidade de irrigação de várias culturas agrícolas com reúso de efluentes domésticos tratados, ao invés de descartá-los em cursos d'água, tem sido uma prática sustentável, pois através desta se reduz o uso de água potável, conseqüentemente a escassez desse recurso natural, ainda através desse mesmo recurso, pode-se fertilizar o solo, analisar e controlar o balanço hídrico do solo e da planta para ampliar a disponibilidade do efluente para reúso na agricultura familiar.

5.4 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NO INCREMENTO DE ÁREAS A SEREM USADAS COM REÚSO AGRÍCOLA

5.4.1 Importância do Reúso Agrícola no Município de Tacaimbó

Em se tratando de agricultura, o uso da água é indispensável. A prática do reúso agrícola é de extrema importância e não poderia ser mais conveniente para o município de Tacaimbó, devido aos seguintes motivos. Primeiro, a recorrente escassez hídrica no município com o aumento da demanda por água para produção agrícola; e segundo, a instalação de um sistema de esgotamento sanitário reflete no município a importância de um projeto que beneficia a população de várias maneiras, inclusive a de reúso do esgoto doméstico tratado para uso agrícola.

Observa-se com isso a oportunidade de se ter um manancial não convencional capaz de ofertar “água de qualidade inferior”, mas que devido seu nível de tratamento possa disponibilizar vazão para produção agrícola em áreas do município. O reúso agrícola dos esgotos domésticos tratados para o município de Tacaimbó contribuirá para a sustentabilidade hídrica do município, minimizando a poluição do rio Ipojuca, e o desperdício de água potável

De acordo com o Manual de Operações do Sistema de Esgotamento Sanitário da ETE – Tacaimbó a proposta de projeto para população atendida é de 13.928 hab com uma estimativa de vazão máxima e média por dia de 33,03 l/s (2.853,79 m³/dia) e 19,35 l/s (1.671,84 m³/dia), respectivamente.

5.4.2 Critérios para escolha da Cultura e da Área a ser irrigada

No planejamento das culturas a serem irrigadas com o esgoto doméstico tratado, foram considerados alguns critérios. Primeiramente adaptação ao clima, pois este influencia diretamente no crescimento vegetativo da planta, e conseqüentemente determina sua produtividade. Outro fator importante é que a cultura já fosse produzida na região, pois, já é um produto com boa aceitação no mercado local, o que facilita sua comercialização, visto que um dos pontos a serem considerados neste trabalho é a geração de capital com a produção agrícola. E, por fim, devido aos possíveis riscos decorrentes da prática de reúso, optou-se por algumas culturas que pudessem ser cultivadas afastadas do solo, de forma vertical, ou seja, com a metodologia (espaldeirada) e tendo sistema de irrigação em que a aplicação do efluente se dê no contato solo-raiz dos cultivos, que foi o gotejamento, afastando a possibilidade de se ter o contato efluente-fruto. Nessa metodologia fica implícita uma forma de barreira sanitária para implementação.

De acordo com a proposta de que toda a vazão efluente da ETE-Tacaimbó seja utilizada para disposição na agricultura, se fez necessário obter a Necessidade de Água para Irrigação

das culturas do planejamento agrícola através do gotejamento podendo-se observar um melhor aproveitamento da vazão para as áreas irrigadas, e de forma a se obter as áreas a serem irrigadas durante o ano agrícola, de acordo com as demandas hídricas de cada cultura. Assim se aproveitaria ao máximo todo o potencial do esgoto doméstico tratado que a ETE-Tacaimbó pode oferecer. Para tanto, foram tomadas as seguintes informações de caráter hidroclimatológico do local para a quantificação da oferta e demanda da necessidade hídrica.

5.4.3 Planejamento Agronômico de Irrigação

Esta etapa compreendeu a determinação das necessidades de água para irrigação, cuja estimativa mensal se fez importante para determinar o período de demanda de água das culturas, de modo que o sistema de irrigação a ser planejado possa satisfazer a necessidade máxima de água das culturas a serem irrigadas. No caso específico, objeto deste estudo, foram consideradas três culturas: Feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*), Milho (*Zea mays*) e como cultura alternativa de plantio o Pimentão (*Capsicum annuum*) cujos períodos de plantio adotado seguiu, relativamente, o adotado pelos agricultores no município de Tacaimbó.

O procedimento para estimativa da necessidade de água se deu, inicialmente, a partir dos dados de evapotranspiração potencial (ETP), cujos dados adotados foram do município de São Caetano, devido ao município de Tacaimbó não dispor de informações mensais de ETP (SOARES, 1988).

Os coeficientes de cultivo (Kc) foram obtidos mensalmente, de acordo com o ciclo fenológico das culturas, de acordo com Mancuso (2003). Neste caso, de acordo com o ciclo fenológico das culturas selecionadas, os valores de Kc foram os seguintes: Feijão Vigna, (0.55; 1.10); Milho (0.65; 1.00; 1.10; 0.80) e Pimentão (0.80; 0.90; 1.00; 1.05; 1.00; 0.90).

A evapotranspiração real (ETR) foi determinada como segue: $ETR = ETP \times Kc$, em que: ETR = evapotranspiração real (mm/mês). Os valores de uso consuntivo (UC) diário foram obtidos de acordo com a relação $UC = ETR : D$ em que: UC é o uso consuntivo diário (mm/dia) e D é o número de dias do mês.

Valores de precipitação provável para o município de São Caetano foram obtidas em Mancuso (2003). A precipitação efetiva foi calculada com base no coeficiente de aproveitamento decrescente (CA) a cada 25 mm de incremento de chuva total, Mancuso (2003). Assim a precipitação efetiva (PE) foi calculada de acordo com a fórmula $PE = PP \times f$ em que: PE precipitação efetiva (mm/mês) f - coeficiente de aproveitamento decrescente.

A necessidade de irrigação líquida (NIL) foi obtida como segue: $NIL = ETR - PE$ em que: NIL é a necessidade de irrigação líquida (mm/mês), ETR é a evapotranspiração real (mm/mês) e PE precipitação efetiva (mm/mês).

A Necessidade de Irrigação Bruta foi obtida de acordo com a relação: $NIB = NIL : E_a$. Em que: NIB é a necessidade de irrigação bruta (mm/mês) e E_a é a eficiência de aplicação de acordo com o método de irrigação (decimais).

Os valores do volume de gasto mensal de água foram obtidos pela de acordo: $G_m = NIB \times 10$ em que: G_m : gasto mensal de água ($m^3/ha \times$ mês). Os valores da vazão unitária de irrigação foram obtidos segundo a fórmula: $Q_u = G_m : 3,6 \times h \times D$ em que: Q_u – é a vazão unitária de irrigação ($l/s \times ha$); G_m é gasto mensal ($m^3/ha \times$ mês); h são as horas de trabalho por dia do mês e D é o número de dias de trabalho no mês.

Nas Tabelas (8, 9 e 10) encontram-se as necessidades de água para irrigação das culturas selecionadas no planejamento agrônômico da irrigação, onde destacam-se as vazões unitárias mensais de acordo com a proposta de método de irrigação a ser adotado para alguma área no município.

Ainda, em função das eficiências de aplicação de métodos de irrigação que poderão ser preconizados fazendo-se uso do esgoto doméstico tratado na ETE-Tacaimbó, pode-se constatar que para as vazões mínimas e máximas da referida ETE podemos ter diferentes valores de áreas a serem irrigadas, tendo como manancial o volume de esgoto tratado na ETE.

Tabela 8 – Necessidade de Água para Irrigação das culturas de Feijão Vigna, Milho e Pimentão para método de irrigação que possa ser adotado no município de Tacaimbó com eficiência aplicação de 50% (cinquenta por cento)

Mês	Cultura	ETP	Kc	ETR	UC	PP	Pefet.	N. Irrig. Líq.	N. Irrig. Bruta	Gasto Mensal	Vazão Unitária
(-)	(-)	(mm)	(-)	(mm)	(mm/dia)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /ha/mês)	(l/s x ha)
Jan	Feijão Vigna	166	0.55	91.30	2.95	10.0	10.0	81.3	162.6	1626.0	1.45
Fev	Feijão Vigna	148	1.10	162.80	5.81	7.0	7.0	155.8	311.6	3116.0	2.77
Mar	Milho	146	0.65	94.90	3.06	11.0	10.9	84.0	168.0	1680.2	1.50
Abr	Milho	118	1.00	118.00	3.93	27.0	26.2	91.8	183.6	1836.2	1.63
Mai	Milho	55	1.10	60.50	1.95	28.0	26.6	33.9	67.8	678.0	0.60
Jun	Milho	78	0.80	62.40	2.08	35.0	34.3	28.1	56.2	562.0	0.50
Jul	Pimentão	82	0.80	65.60	2.12	16.0	14.7	50.9	101.8	1017.6	0.91
Ago	Pimentão	101	0.90	90.90	2.93	14.0	12.7	78.2	156.3	1563.2	1.39
Set	Pimentão	124	1.00	124.00	4.13	4.0	4.0	120.0	240.0	2400.0	2.14
Out	Pimentão	150	1.05	157.50	5.08	1.0	1.0	156.5	313.0	3130.0	2.79
Nov	Pimentão	168	1.00	168.00	5.60	1.0	1.0	167.0	334.0	3340.0	2.97
Dez	Pimentão	174	0.90	156.60	5.05	4.0	4.0	152.6	305.2	3052.0	2.72

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Tabela 9 – Necessidade de Água para Irrigação das culturas de Feijão Vigna, Milho e Pimentão para método de irrigação que possa ser adotado no município de Tacaimbó com eficiência aplicação de 70% (setenta por cento)

Mês (-)	Cultura (-)	ETP (mm)	Kc (-)	ETR (mm)	UC (mm/dia)	PP (mm)	Pefet. (mm)	N. Irrig. Líqu. (mm)	N. Irrig. Bruta (mm)	Gasto Mensal (m ³ /ha/mês)	Vazão Unitária (l/s x ha)
Jan	Feijão Vigna	166	0.55	91.30	2.95	10.0	10.0	81.3	116.1	1161.4	1.03
Fev	Feijão Vigna	148	1.10	162.80	5.81	7.0	7.0	155.8	222.6	2225.7	1.98
Mar	Milho	146	0.65	94.90	3.06	11.0	10.9	84.0	120.0	1200.1	1.07
Abr	Milho	118	1.00	118.00	3.93	27.0	26.2	91.8	131.2	1311.6	1.17
Mai	Milho	55	1.10	60.50	1.95	28.0	26.6	33.9	48.4	484.3	0.43
Jun	Milho	78	0.80	62.40	2.08	35.0	34.3	28.1	40.1	401.4	0.36
Jul	Pimentão	82	0.80	65.60	2.12	16.0	14.7	50.9	72.7	726.9	0.65
Ago	Pimentão	101	0.90	90.90	2.93	14.0	12.7	78.2	111.7	1116.6	0.99
Set	Pimentão	124	1.00	124.00	4.13	4.0	4.0	120.0	171.4	1714.3	1.53
Out	Pimentão	150	1.05	157.50	5.08	1.0	1.0	156.5	223.6	2235.7	1.99
Nov	Pimentão	168	1.00	168.00	5.60	1.0	1.0	167.0	238.6	2385.7	2.12
Dez	Pimentão	174	0.90	156.60	5.05	4.0	4.0	152.6	218.0	2180.0	1.94

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Tabela 10 – Necessidade de Água para Irrigação das culturas de Feijão Vigna, Milho e Pimentão para método de irrigação que possa ser adotado no município de Tacaimbó com eficiência aplicação de 85% (oitenta e cinco por cento)

Mês (-)	Cultura (-)	ETP (mm)	Kc (-)	ETR (mm)	UC (mm/dia)	PP (mm)	Pefet. (mm)	N. Irrig. Líqu. (mm)	N. Irrig. Bruta (mm)	Gasto Mensal (m ³ /ha/mês)	Vazão Unitária (l/s x ha)
Jan	Feijão Vigna	166	0.55	91.30	2.95	10.0	10.0	81.3	95.6	956.5	0.85
Fev	Feijão Vigna	148	1.10	162.80	5.81	7.0	7.0	155.8	183.3	1832.9	1.63
Mar	Milho	146	0.65	94.90	3.06	11.0	10.9	84.0	98.8	988.4	0.88
Abr	Milho	118	1.00	118.00	3.93	27.0	26.2	91.8	108.0	1080.1	0.96
Mai	Milho	55	1.10	60.50	1.95	28.0	26.6	33.9	39.9	398.8	0.36
Jun	Milho	78	0.80	62.40	2.08	35.0	34.3	28.1	33.1	330.6	0.29
Jul	Pimentão	82	0.80	65.60	2.12	16.0	14.7	50.9	59.9	598.6	0.53
Ago	Pimentão	101	0.90	90.90	2.93	14.0	12.7	78.2	92.0	919.5	0.82
Set	Pimentão	124	1.00	124.00	4.13	4.0	4.0	120.0	141.2	1411.8	1.26
Out	Pimentão	150	1.05	157.50	5.08	1.0	1.0	156.5	184.1	1841.2	1.64
Nov	Pimentão	168	1.00	168.00	5.60	1.0	1.0	167.0	196.5	1964.7	1.75
Dez	Pimentão	174	0.90	156.60	5.05	4.0	4.0	152.6	179.5	1795.3	1.60

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

A Tabela 11 mostra que adotando um método de irrigação com eficiência de aplicação de 50% e a vazão mínima da ETE (19,35 l/s), teremos valores de áreas irrigadas, mínima e máxima, de 6,51 ha e 38,57 ha, respectivamente. Já, para a vazão máxima da ETE (19,35 l/s) a área irrigada mínima será de 11,11 ha e a máxima de 66,01 ha.

Tabela 11 – Valores de vazão unitária e vazão mínima, áreas irrigadas estimadas com as vazões mínima e máxima da ETE, respectivamente, para um método de irrigação com eficiência de aplicação de 50%.

Eficiência c irrigação	Vazão Unitária (l/s x ha)	Vazão mínima da ETE (l/s)	Área irrigada com vazão mínima (ha)	Vazão máxima da ETE (l/s)	Área irrigada com vazão máxima (ha)
E1	1.45	19.35	13.37	33.03	22.82
E1	2.77	19.35	6.97	33.03	11.91
E1	1.50	19.35	12.94	33.03	22.08
E1	1.63	19.35	11.84	33.03	20.20
E1	0.60	19.35	32.06	33.03	54.72
E1	0.50	19.35	38.67	33.03	66.01
E1	0.91	19.35	21.36	33.03	36.46
E1	1.39	19.35	13.90	33.03	23.73
E1	2.14	19.35	9.06	33.03	15.46
E1	2.79	19.35	6.94	33.03	11.85
E1	2.97	19.35	6.51	33.03	11.11
E1	2.72	19.35	7.12	33.03	12.16

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Na Tabela 12 quando adotado um método de irrigação com eficiência de aplicação de 70% e as vazões mínima e máxima da ETE como sendo 9,35 l/s e 33,03l/s, os valores das áreas irrigadas, mínima e máxima, serão de 9,11 ha e 54,14 ha, para a vazão mínima e de 15,55 ha e 92,42 ha para a vazão máxima.

Tabela 12 – Valores de vazão unitária e vazão mínima, áreas irrigadas estimadas com as vazões mínima e máxima da ETE, respectivamente, para um método de irrigação com eficiência de aplicação de 75%.

Eficiência irrigação	Vazão Unitária (l/s x ha)	Vazão mínima da ETE (l/s)	Área irrigada com vazão mínima (ha)	Vazão máxima da ETE (l/s)	Área irrigada com vazão máxima (ha)
E2	1.03	19.35	18.71	33.03	31.94
E2	1.98	19.35	9.76	33.03	16.67
E2	1.07	19.35	18.11	33.03	30.91
E2	1.17	19.35	16.57	33.03	28.29
E2	0.43	19.35	44.88	33.03	76.61
E2	0.36	19.35	54.14	33.03	92.42
E2	0.65	19.35	29.90	33.03	51.04
E2	0.99	19.35	19.46	33.03	33.23
E2	1.53	19.35	12.68	33.03	21.64
E2	1.99	19.35	9.72	33.03	16.59
E2	2.12	19.35	9.11	33.03	15.55
E2	1.94	19.35	9.97	33.03	17.02

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Por fim, a Tabela 13 mostra que, ao ser preconizado um método de irrigação com eficiência de aplicação de 85%, e tendo-se a vazão mínima na ETE (19,35 l/s), os valores das áreas irrigadas, mínima e máxima, serão de 11,06 ha e 65,74 ha, respectivamente. Enquanto, para a vazão máxima na ETE (33,03 l/s), as áreas irrigadas, mínima e máxima, serão de 18,88 ha e 112,22 ha, respectivamente.

Tabela 13 – Valores de vazão unitária e vazão mínima, áreas irrigadas estimadas com as vazões mínima e máxima da ETE, respectivamente, para um método de irrigação com eficiência de aplicação de 75%.

Eficiência de irrigação	Vazão Unitária (l/s x ha)	Vazão mínima da ETE (l/s)	Área irrigada com vazão mínima (ha)	Vazão máxima da ETE (l/s)	Área irrigada com vazão máxima (ha)
E3	0.85	19.35	22.72	33.03	38.79
E3	1.63	19.35	11.86	33.03	20.24
E3	0.88	19.35	21.99	33.03	37.54
E3	0.96	19.35	20.12	33.03	34.35
E3	0.36	19.35	54.50	33.03	93.02
E3	0.29	19.35	65.74	33.03	112.22
E3	0.53	19.35	36.31	33.03	61.98
E3	0.82	19.35	23.64	33.03	40.35
E3	1.26	19.35	15.39	33.03	26.28
E3	1.64	19.35	11.80	33.03	20.15
E3	1.75	19.35	11.06	33.03	18.88
E3	1.60	19.35	12.11	33.03	20.66

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à escassez hídrica na região árida e semiárida do Brasil, o reúso de efluente tratado na agricultura se torna uma alternativa viável, tornando possível a redução do consumo de água potável na agricultura, contribuindo para a sustentabilidade agrícola.

A presente pesquisa buscou avaliar o potencial de reúso agrícola, através da quantificação do esgoto produzido e tratado no município de Tacaimbó - PE, com vista ao planejamento produtivo local. É possível afirmar que é viável para reúso agrícola o efluente tratado da ETE Tacaimbó, com a vazão média anual, tornou-se evidente o melhor aproveitamento com a prática do monitoramento quantitativo para irrigação planejada, de modo que, é mais viável economicamente ao longo prazo, trazendo impactos positivos socioculturais, gerando emprego e renda, e considerando os impactos ambientais.

No encaminhamento da pesquisa, foi realizado uma revisão sistemática da literatura por meio de aplicação do método dedutivo sobre reúso de água na agricultura. Com isso, percebeu-se que a utilização da pesquisa nas bases científicas WoS e *Scopus* contribuiu para identificar sua distribuição geográfica, na base de dados WoS foi identificado 42 países entre essas publicações, onde se destacaram o Irã, Itália, Brasil, totalizando 12 países com pelo menos 3 ocorrências, ou seja, 29% dos países e com 63% de representatividade dos documentos publicados. Na base *Scopus* os dados foram 36 países, com destaque para o Brasil, Itália, Tunísia e outros, também analisados 12 países, com 36% dos países mapeados, com 60% de representatividade dos documentos publicados.

Tratou-se dados do período de 2018 a 2022, após isso o destaque foi para os dois últimos anos. Foi possível verificar na base de dados WoS, que nos anos de 2019, 2020 e 2021 estão concentradas 67,6% das publicações associadas ao tema de reúso de água tratada no período. Na base *Scopus* o levantamento mostrou destaque para os mesmos anos. Sendo responsáveis por 76,9% das publicações associadas ao tema.

Colocamos também o objetivo de caracterizar por meio de geotecnologias a região no entorno da ETE com potencial para aproveitamento hidro-agrícola com esgoto tratado. E, com a utilização de um software livre e gratuitos, como o ArcGis e o QGIS, sendo aplicados na área de pesquisa espacial territorial, foi possível a construção de mapas característicos, foi possível a identificação dos tipos de solos encontrados e característicos do semiárido, o clima, a hipsometria, tipo de vegetação predominante na área e hidrogeologia.

A pesquisa também determinou as características quantitativas e qualitativas do esgoto tratado, mostrando a viabilidade da aplicabilidade do reúso agrícola. Os achados demonstram que o município de Tacaimbó tem grande potencial de produção local através do reúso agrícola, podendo-se ampliar com a expansão da rede coletora em todo seu território urbano e rural. Pois, o sistema de tratamento de esgoto possui controle diário através do monitoramento de seus efluentes gerados, devendo este, atender pelo menos uma das diretrizes propostas pelo PROSAB.

A empresa de saneamento COMPESA realiza o monitoramento dos principais parâmetros estabelecidos na resolução CONAMA nº 357/2005 em efluentes tratados em sua ETE. E esse sistema avaliado apresentou conformidade com as condições e padrões para efluentes de sistemas de tratamento de esgotos doméstico, priorizados pela Resolução CONAMA Nº 430/2011.

Também foi possível avaliar o potencial do esgoto doméstico tratado no incremento de áreas a serem usadas com reúso agrícola. Os dados da pesquisa mostraram que o reúso de efluentes tratados representa uma alternativa muito favorável para os municípios, cidades, estados ou países que enfrentam problemas de escassez de recursos hídricos. A reutilização de efluentes tratados pode reduzir significativamente a demanda sobre recursos hídricos, principalmente a demanda de água na agricultura.

A estimativa da área que pode ser irrigada só foi reforçada com a confirmação do potencial do efluente para reúso agrícola, ao apresentar uma vazão com a capacidade de irrigar é de 18,88ha a 112,22ha respectivamente considerando o planejamento para eficiência de 85%, no cultivo de milho, feijão e uma alternativa sugerida foi pimentão com a metodologia de espaldeira (Plantio Vertical). Trata-se, portanto, de um enorme potencial que pode ser aproveitado com o sistema de reúso, possibilitando trazer para o município benefícios econômicos, sociais e principalmente ambientais.

Mesmo que a prática de reúso em alguns lugares do mundo esteja bem difundida, no Brasil ainda não é, não estando ainda institucionalizado, ou seja, é feito de uma forma não planejada. Assim, há necessidade de iniciativas governamentais de modo a determinar as melhores formas de utilização dos esgotos tratados e os critérios e cuidados a serem observados.

A partir dessa pesquisa, propõe-se urgência na elaboração e estabelecimento de normas para projetos eficientes e com bom planejamento para que o tratamento das águas residuárias atenda aos padrões de qualidade requeridos para projetos específicos de reúso.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. 2019. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília: ANA. Disponível em: <http://snirh.gov.br/usos-da-agua/>. Acesso em: 11 junho 2021.

ANA., 2017. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**/Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 88 p. ISBN: 978-85-8210-050-9

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard Methods for the Examination Water and Wastewater**. 21. ed. Washington: American Public Health Association. 1083 p, 2005.

ARRUDA, V. C. M., **Diretrizes para utilização da água de reúso na agricultura: estudo de cenário no semiárido pernambucano**. 2011 – Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de Pernambuco – CTG - Recife, 2011.

ARAUJO, Carlos Alberto. Bibliometria: evolução, história e questões atuais. Em *Questão*, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES. **Apresenta experiência sobre a crise hídrica na Califórnia, em encontro promovido com AESABESP, APECS e ABIMAQ**. Setembro de 2015. Disponível em: <https://abes-dn.org.br/abes-apresenta-experiencia-sobre-a-crise-hidrica-na-california-em-encontro-promovido-com-aesabesp-apecs-e-abimaq/>. Acessado em: 10 de maio de 2023

BALASSIANO, M. **Análise Da Aplicação De Reúso De Águas Servidas: Estudo De Caso Do Caxias Shopping**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BECK, HE et al., Mapas de classificação climática de Köppen-Geiger presente e futuro com resolução de 1 km. **Ciência Dados**. 5:180214, 2018. doi: 10.1038/sdata.2018.214.

BRAGA, R.G.; RIBEIRO JÚNIOR, L.U. Avaliação técnica e econômica para o reúso de água cinza em uma instituição de ensino no município de Itajubá. **Revista Científica da FEPI-Revista Científic@ Universitas**, v. 4, n. 1, 2017.

BRASIL, **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília – DF. Diário Oficial da União, 13 fev. 1998.

BRASIL. Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. **Lei nº6.938 de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 11 junho 2021.

BURSZTYN, M.A. Conservação e utilização racional dos recursos hídricos. **Revista do Serviço Público**, v. 40, n. 4, p. 113-118, 2017.

CALLAI, H.C. Estudar o lugar para compreender o mundo. *In*: CASTROGIOVANNI, A. C. (Org.). **Ensino de Geografia: práticas e textualizações no cotidiano**. Porto Alegre: Mediação, 2000.

CAMARGO, F, A.; BERTUSSI, G., L. **Saneamento Básico no Brasil: Estrutura Tarifária e Regulação**. Brasília: IPEA, 2018.

CARLOS, A. Saneamento: Duas Décadas de Atraso. Estudos trata brasil - **Trata Brasil**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/pt/?view=article&catid=36&id=706>. Acesso em: 27 de set. de 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Glossário**, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/glossario/>. Acesso em 25 de maio de 2021.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Orientação para apresentação de projeto visando a aplicação de água de reúso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura. **Aplicação de água de reúso de ETE na agricultura**. São Paulo, 2001, 11 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/Publicacoes.asp> . Acesso em: 07 jul. 2018.

COMPESA. COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO – Manual de Operações do SES -Tacaimbó – PE, 2017.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – CEBDS. **Gerenciamento de riscos hídricos no Brasil e o setor empresarial: desafios e oportunidades**. Rio de Janeiro: CEBDS, 2015. Disponível em: <https://cebds.org/publicacoes/gerenciamento-de-riscos-hidricos/#.X4ZdS9BKjIU>. Acesso em: 12 junho. 2021.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CNRH. **Resolução de nº 54/2005**. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>. Acesso em: 22 de maio de 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 430**. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente, Brasília – DF. 2021

COSTA, M.N. **Análise Da Eficiência De Estação De Tratamento De Esgoto Da Ufersa Campus De Caraúbas-RN**. 2017. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas, 2017.

FERNANDES, A.C. et al. **Avaliação do potencial de reúso de água residuária da ETE Dom Nivaldo Monte para fins não potáveis**. 2018. 23f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Mestrado em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa em Saneamento Ambiental) - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, 2018.

FERREIRA, D. de M. et al. Reúso agrícola de águas no brasil: limites analíticos do efluente para controle de impactos. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 4, p. 1048-1059, 2019.

GOMES. D. F. Aspectos Do Saneamento Básico: Brasil E Uruguai. **Revista de Ciências Jurídicas e Sociais**. v.9, n.1, 2019. Disponível em:

file:///F:/MESTRADO%2020SEMESTRE/ORIENTA%C3%87%C3%83O%20PROJETO%20DE%20DISSERTA%C3%87%C3%83O/ARTIGOS%20PARA%20DISSETA%C3%87%C3%83O%20usar%20esse/3994-13217-1-PB.pdf. Acesso em: 15 de outubro de 2021

GONÇALVES, Flávio et al. Evolução da legislação brasileira sobre recursos hídricos. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 806-817, 2017.

HESPANHOL, I. Água reciclada. Reúso a partir do tratamento de efluentes é alternativa para ajudar no combate à crise de abastecimento. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, ed. 235, p. 66-69, 14 set. 2015. Entrevista concedida a Yuri Vasconcelos.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Indicadores brasileiros para os objetivos de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA – IICA, 2017. Ministério das Cidades e IICA. Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil, 2017.

ITO, M.H.; FONSECA FILHO, H.F.; CONTI, L.A. Uso do software livre QGIS (Quantum GIS) para ensino de geoprocessamento em nível superior. **Revista cartográfica**, 94: 127-148, 2017.

JIMÉNEZ. B.; ASANO. T. Reúso de água: uma pesquisa internacional sobre práticas, problemas e necessidades atuais IWA Publishing. 2008. Volume 7 - **Série de Relatórios Científicos e Técnicos**. DOI: <https://doi.org/10.2166/9781780401881> e ISBN eletrônico: 9781780401881. Disponível em: <https://iwaponline.com/ebooks/book/26/Water-Reuse-An-International-Survey-of-current>. Acessado em: 05 de junho de 2023.

LIBUTTI, A. et al. *Agro-industrial wastewater reuse for irrigation of a vegetable crop succession under Mediterranean conditions*. **Agricultural Water Management**, v. 196, p. 1-14, 2018. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0378377417303347?token=6DC649572578DEAAECB89D8C2FFCE9952E25CFF0297C644323F61FC649604EE7059243A6CEC6883515E35E2413F4351B&originRegion=us-east-1&originCreation=20220205023303>. Acesso em: 30 jun. 2018.

LUCENA, C.Y. O reúso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 1-17, 2018.

MANCUSO, P.C. **Reúso de água**. Editora Manole Ltda, 2003.

MARTINS, G. de A.; THEÓPHILO, C. R. Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

MENEZES. M. B.; SALOMON. K. R. Aproveitamento dos efluentes domésticos para geração de energia em condomínios residenciais de baixa renda. **Portal saneamento básico**, 2019. Disponível em: <https://saneamentobasico.com.br/acervo-tecnico/efluentes-domestico-geracao-energia>. Acesso em: 16 de agosto de 2022.

MONTE, Bruno Rafaelle; PEREIRA, Jefferson Rodrigues; BARRANCO, Juan Francisco Álvarez. A Agricultura irrigada na região do semiárido legal mineiro: um estudo sobre os avanços e impactos ambientais. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 4, n. 6, p. 222-248, 2019.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION – NASA **Google Earth**. Disponível em: <http://earth.google.com>. Acesso em: 11 de junho de 2021.

NEIMAN, Z.; BARROS-FREIRE, J. M.; LEITÃO, P. Política e sustentabilidade. *In*: NEIMAN, Z.; BARROS-FREIRE, J. M.; CONTI, D. M. (org.). **Sustentabilidade: uma política para o século XXI**. São Paulo: CD.G Casa de Soluções e Editora, 2020.

O QUE É SANEAMENTO? **Trata Brasil**, 2018. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/o-que-e-saneamento/>. Acesso em: 21 de setembro de 2021.

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. – OECD. **Water security for better lives**. Paris: OECD Publishing, 2015. Available from: <https://www.oecd.org/publications/water-security-9789264202405-en.htm>. Acesso em: 13 de junho de 2021.

ROCHA, F. A.; SILVA, JO da; BARROS, F. M. Reúso de águas residuárias na agricultura: A experiência israelense e brasileira. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, p. 1-9, 2010.

ROMA, J.C. Os objetivos de desenvolvimento do milênio e sua transição para os objetivos de desenvolvimento sustentável. **Ciência e cultura**, v. 71, n. 1, p. 33-39, 2019.

RAP. Relatório Ambiental Preliminar. SES Tacaimbó - PE, Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) - Programa de Saneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca – 2014.

SANTOS, A. S. e SANTOS, M. A. Panorama da Susceptibilidade à Erosão dos solos em Municípios do semiárido de Pernambuco. **Revista do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí**. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816219301432?via%3Dihub>. Acesso em 21 de setembro de 2021

SANTOS, M. E. C.; SILVA, S. S.; REIS, C. F. Utilização de água residuária no crescimento de espécies arbóreas da Caatinga. **Agropecuária Científica no Semi-árido**, v. 15, n. 3, p. 197-199, 2019. <https://doi.org/10.30969/acsa.v15i3.1176>

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE O SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**, 2019. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico_SNIS_AE_2019_Republicacao_31032021.pdf. Acesso em 05 de junho de 2021.

SUBRAMANYAM, B. Roesli. R. 1982. Inert. Dust. *In*: Alternatives to pesticide in atores-product IPM. New Youk Marcell Dekker. P. 321-380

SOARES. J. M., **Sistema de Irrigação por Inundação**. EMBRAPA – Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-árido (CPATSA). Petrolina – PE – Setembro de 1988.

TAGUE-SUTCLIFFE, Jean. An introduction to informetrics. *Information processing & management*, Oxford, v. 28, n. 1, p. 1-3, 1992.

TEIXEIRA, A. H. de C. E.; SILVA, A. L.; ASSIS, B. V.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, J. C.; N., P. da S.; JACOB, R. S. Análise da viabilidade da instalação de um sistema de reúso de água cinza na pontifícia universidade católica de Minas Gerais unidade Barreiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, p. 13005-13012, 2019.