



146 (Tema IV: Recursos Hídricos) Avaliação do Potencial de Reuso para fins agrícolas através da quantificação do esgoto tratado no município de Tacaimbó – PE.

Sandra Morgana de Freitas Pimentel⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Associação Caruaruense de Ensino Superior – (ASCES); Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); Especialista em Segurança do Trabalho pela Faculdade Integrada de Patos (FIP);

Valmir Cristiano Marques de Arruda⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT); Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE);

Vicente de Paulo Silva⁽³⁾

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); Especialista em Engenharia de Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Especialista em Cartografia Aplicada ao Geo Processamento pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB); Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Vanessa Lemos de Lima⁽⁴⁾

Engenheira Química pelo Centro universitário Maurício de Nassau - Recife, (UNINASSAU); Graduação em andamento em Bacharelado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Endereço⁽¹⁾: Rua laudenor Cabral Medeiros N 37 – Santo Antonio – Belo Jardim – PE CEP: 55152-020 – Brasil. Telefone: (81) 9 9223-0272 – E-mail: smorganaf@hotmail.com

RESUMO

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 reuso 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 reuso na área agrícola para o município.

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



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, trazendo risco de inúmeras doenças 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. (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).

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, 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.

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.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização quantitativa e qualitativa 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.

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.



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 3ª 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

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 reuso 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 reuso 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.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

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 2 – 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

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

Fonte: Dados



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. Afirmado-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.

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

Importância do Reuso 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.

Crítérios 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.

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: $NIB = NIL : Ea$. Em que: NIB é a necessidade de irrigação bruta (mm/mês) e Ea 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: $Gm = NIB \times 10$ em que: Gm: gasto mensal de água (m³/ha x mês). Os valores da vazão unitária de irrigação foram obtidos segundo a fórmula: $Qu = Gm : 3,6 \times h \times D$ em que: Qu – é a vazão unitária de irrigação (l/s x ha); Gm é gasto mensal (m³/ha x mês); h são as horas de trabalho por dia do mês e D é o número de dias de trabalho no mês.

Nas Tabelas (3, 4 e 5) 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 3 – 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



Tabela 4 – 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. Liq. (mm)	N. Irrig. Bruta (mm)	Gasto Mensal (m³/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

Tabela 5 – 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. Liq. (mm)	N. Irrig. Bruta (mm)	Gasto Mensal (m³/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

A Tabela 6 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 6 – 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

Na Tabela 7 quando adotado um método de irrigação com eficiência de aplicação de 75% 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 7 – 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

Por fim, a Tabela 8 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 8 – 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 85%.

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

CONCLUSÕES

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 BIBLIOGRÁFICAS

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. RAP. Relatório Ambiental Preliminar. SES Tacaimbó - PE, Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) - Programa de Saneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca – 2014.
5. 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
6. SOARES. J. M., **Sistema de Irrigação por Inundação**. EMBRAPA – Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-árido (CPATSA). Petrolina – PE – Setembro de 1988.