

UFRRJ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA E AMBIENTAL

DISSERTAÇÃO

FERTIRRIGAÇÃO NO CULTIVO DA BETERRABA
UTILIZANDO ÁGUA RESIDUÁRIA DA BOVINOCULTURA
LEITEIRA TRATADA EM UM SISTEMA ORGÂNICO DE
PRODUÇÃO

PAZ PAULO ANTÔNIO

2024



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

**FERTIRRIGAÇÃO NO CULTIVO DA BETERRABA
UTILIZANDO ÁGUA RESIDUÁRIA DA BOVINOCULTURA
LEITEIRA TRATADA EM UM SISTEMA ORGÂNICO DE
PRODUÇÃO**

PAZ PAULO ANTÔNIO

Sob a Orientação do Professor

Leonardo Duarte Batista da Silva

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – PGEAAmb, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola e Ambiental**, tendo como Área de Concentração Sistemas Agrícolas

Seropédica, RJ

Fevereiro, 2024

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico
Ficha catalográfica elaborada com os dados fornecidos pelo autor

A635f Ant3nio, Paz Paulo, 17/08/1993-
 FERTIRRIGAÇÃO NO CULTIVO DA BETERRABA UTILIZANDO
 ÁGUA RESIDUÁRIA DA BOVINOCULTURA LEITEIRA TRATADA EM
 UM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO / Paz Paulo Ant3nio. -
 SEROPEDICA, 2024.
 66 f.: il.

 Orientador: Leonardo Duarte Batista da Silva.
 Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural
 do Rio de Janeiro, PGEAAmb/Engenharia Agrícola e
 Ambiental, 2024.

 1. Biofertilizante. 2. Produção orgânica. 3.
 Tratamento biológico. I. da Silva, Leonardo Duarte
 Batista, 1971-, orient. II Universidade Federal
 Rural do Rio de Janeiro. PGEAAmb/Engenharia Agrícola e
 Ambiental III. Título.

É permitido a cópia parcial ou total desta dissertação, desde que seja citada a fonte.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de
Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.”

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E
AMBIENTAL

PAZ PAULO ANTÔNIO

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre**, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, área de concentração em Sistemas Agrícolas.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 27/02/2024

Leonardo Duarte Batista da Silva. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Leonardo da Silva Hamacher. Dr. UFF
(Membro)

Marcos Filgueiras Jorge. Dr. UFRRJ
(Membro)



Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E
AMBIENTAL

ATA Nº 74

Aos vinte e nove dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e quatro, às oito horas, de forma on-line, instalou-se a banca examinadora de dissertação de mestrado do(a) aluno(a) PAZ PAULO ANTÔNIO, sob a orientação do(s) professor(es) Leonardo Duarte Batista da Silva. A banca examinadora foi composta pelos professores/pesquisadores Leonardo Duarte Batista da Silva, docente da

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Marcos Filgueiras Jorge, pesquisador da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e Leonardo da Silva Hamacher, docente da Universidade Federal Fluminense. A dissertação intitulada "FERTIRRIGAÇÃO NO CULTIVO

DA BETERRABA UTILIZANDO ÁGUA RESIDÁRIA DA BOVINOCULTURA LEITEIRA TRATADA EM UM SISTEMA ORGÂNICO

DE PRODUÇÃO", foi iniciada às oito horas e teve a duração de cinquenta minutos de apresentação. O (a) Candidato (a), após avaliado pela banca examinadora obteve o resultado:

(X) APROVADO (a), devendo o (a) Candidato (a) entregar a versão final em até 60 dias à sua coordenação de curso (de acordo com a Deliberação Nº 84 de 22 de agosto de 2017).

() APROVADO (a) COM RESSALVA, devendo o (a) Candidato (a) satisfazer, no prazo estipulado pela banca, as exigências constantes da Folha de Modificações de Dissertação de Mestrado anexa à presente ata. Após, entregar a versão final em até 60 dias à sua coordenação de curso (de acordo com a Deliberação Nº 84 de 22 de agosto de 2017).

() REPROVADO (a).

Seropédica, 29 de fevereiro de 2024.

Dr. LEONARDO DA SILVA HAMACHER, UFF
Examinador Externo à Instituição

Documento assinado digitalmente
LEONARDO DA SILVA HAMACHER
Data: 07/03/2024 10:25:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. LEONARDO DUARTE BATISTA DA SILVA, UFRRJ
Examinador

Documento assinado digitalmente
LEONARDO DUARTE BATISTA DA SILVA
Data: 06/03/2024 13:58:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MARCOS FILGUEIRAS JORGE, UFRRJ
Examinador

Documento assinado digitalmente
MARCOS FILGUEIRAS JORGE
Data: 06/03/2024 12:22:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

PAZ PAULO ANTÔNIO
Mestrando

Documento assinado digitalmente
PAZ PAULO ANTONIO
Data: 07/03/2024 18:47:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

OBSERVAÇÃO: Esta ata é documento administrativo de uso exclusivo da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e NÃO pode ser utilizada a título de comprovação de Grau pelo candidato, que deve seguir o trâmite institucional para emissão de Diploma, Histórico Escolar e demais declarações.

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho a minha avó Maria Mario Bequessa, a minha mãe, Clementina Agostinho Acácio, ao meu Pai, Paulo António (*in memoriam*) e aos meus avós Branca Mario Bequessa e José Mário Bequessa (*in memoriam*), aos meus irmãos, Domingos Fortunato Acácio João, e Anderson Acacio Caculo e aos meus tios, Afonso Ngunza Mutola, Pedro João Vunda Bequessa e Paulino José Quintas Bequessa, a minha avó, Julia Paulino Quintas, a minha cunhada, Domingas Graças Luanda e a minha amada Jéssica Bosco da Silva.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente ao autor da vida (Deus), pelo fôlego de vida e por me guardar durante o percurso da minha formação.

Aos meus amigos: José Albino Hebo, Mario Armando Dalas, Osvaldo Luís Luzendo, César de Rosario Nangolo, Jeremias João Gomes, Rodrigues de Andrade Ngola, Josias Pereira Tinta, Benjamin Cuvula, José Pedro Mateus, Osvaldo Canza, Osvaldo Avelino e João Pinto Kabonga.

Ao pessoal da placa: Augusto Panzo, Sebastião Afonso Pinto, Jeronimo Feliz Dias, Emanuel Cipriano, Neidilenio Soares e Walton Trindade do Nascimento.

Aos irmãos da fé da IASD, Curtume, Acarape e Seropédica pelas intercessões feitas em prol da minha vida e da formação.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela qualidade e excelência de ensino.

Ao meu orientador a quem muito admiro, Leonardo Duarte Batista da Silva, por me aceitar como seu orientando, pela recepção calorosa e pelos seus ensinamentos que jamais serão esquecidos.

Ao supervisor e coordenador das atividades do Grupo EMBIO, Marcos Jorge por permitir que eu bebesse da fonte do seu conhecimento sobre *Wetland* e fertirrigação.

Aos docentes e discentes do programa de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

À CAPES, pelo financiamento da minha pesquisa.

Ao pessoal do grupo de pesquisa EMBIO, com dedicação e seus conhecimentos contribuíram para a elaboração do presente trabalho.

Ao meu companheiro de formação, Assamo Fernandes pelos momentos compartilhados na academia e pelo suporte durante a elaboração do trabalho.

Aos incansáveis funcionários da Fazendinha, que sempre estiveram dispostos a contribuir com suas experiências para o andamento das atividades em campo.

Ao pessoal da EMBRAPA AGROBIOLOGIA, pelo auxílio fornecido com materiais e transporte para a realização das nossas atividades.

Ao pesquisador Raul Rosa, pela orientação durante o período de estágio na EMBRAPA.

Ao pessoal do Departamento de Tecnologia de Alimentos, pelas realizações das análises microbiológicas.

RESUMO

ANTÔNIO, Paz Paulo. **Fertirrigação do cultivo da beterraba utilizando água residuária da bovinocultura leiteira tratada em sistema orgânico de produção.** 2024. 66p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2024.

O aproveitamento das águas residuárias se faz necessário nos dias atuais, devido à escassez hídrica que não é um problema que se registra apenas no Brasil, mas no mundo. A falta de água pode comprometer a agricultura irrigada, sendo uma das atividades que mais consome água. Os efluentes tratados podem ser utilizados como fontes alternativas para suprir a demanda hídrica e nutricional. A beterraba é uma cultura exigente em termos nutricionais, requer um manejo equilibrado de adubação que tenha a capacidade de repor os nutrientes que foram extraídos pela cultura, de modo a evitar o esgotamento do solo. O presente trabalho tem como objetivo analisar os aspectos agrônômicos e sanitários na cultura da beterraba submetida ao processo de fertirrigação com água residuária da bovinocultura leiteira tratada em uma Unidade Piloto de Tratamento em sistema de *Wetland* Construído (WCs). O trabalho foi realizado Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA) ou conhecida como Fazendinha do km 47, para a realização do processo da fertirrigação, utilizou-se a água residuária da bovinocultura leiteira (ARB) tratada na Unidade Piloto de Tratamento (UPT) e foram selecionadas duas variedades de Beterraba (*Beta Vulgaris L.*) vermelha e branca, as doses de ARB, calculadas em função das doses de N (%), em que a referência utilizada (100% N) foi de 90 kg. ha⁻¹ para as hortaliças, os tratamentos aplicados foram: (0, 400, 800 e 1200 mL). De acordo com os resultados da análise das médias das variáveis analisadas, massa fresca do bulbo (MFB) da beterraba roxa e não significativas em variáveis como número de folhas (NF), altura da planta (AP) e diâmetro do bulbo (DB), apenas houve diferença significativa na variável (MFB), quanto os aspectos sanitários das duas variedades de beterraba se constatou ausência da Salmonella e uma quantidade de < 3 NMP. g⁻¹ de E. Coli em todos os tratamentos. Portanto, a beterraba apresentou desenvolvimento agrônômico satisfatório após ser submetida a fertirrigação com água residuária da bovinocultura leiteira tratada em sistema orgânico de produção e não ocorreu contaminação microbiológica, os produtos se enquadraram nas normas estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil.

Palavras-chave: Biofertilizante. Produção orgânica. Tratamento biológico. Olericultura.

ABSTRACT

ANTÔNIO, Paz Paulo. **Fertigation of beetroot crops using treated dairy cattle wastewater in organic production system.** 2024. 66p. Dissertation (Master's Degree in Agricultural and Environmental Engineering). Institute of Technology, Department of Engineering, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2024.

The utilisation of wastewater is necessary nowadays due to water scarcity, which is not just a problem in Brazil, but worldwide. The lack of water can jeopardise irrigated agriculture, which is one of the activities that consumes the most water. Treated effluent can be used as an alternative source to meet water and nutritional demands. Beetroot is a nutritionally demanding crop and requires balanced fertiliser management that is able to replace the nutrients extracted by the crop in order to prevent soil depletion. The aim of this study was to analyse the agronomic and health aspects of sugar beet crops subjected to fertigation with dairy cattle wastewater treated in a Pilot Treatment Unit in a Constructed Wetland System (WCs). The work was carried out in the Integrated Agroecological Production System (SIPA) or known as Fazendinha do km 47. To carry out the fertigation process, dairy cattle wastewater (ARB) treated in the Pilot Treatment Unit (UPT) was used and two varieties of beetroot (*Beta Vulgaris* L.) were selected. The doses of ARB were calculated according to the doses of N (%), where the reference used (100% N) was 90 kg. ha⁻¹ for the vegetables, the treatments applied were: (0, 400, 800 and 1200 mL). According to the results of the analysis of the means of the variables analysed, fresh bulb mass (MFB) of purple beetroot and non-significant in variables such as number of leaves (NF), plant height (AP) and bulb diameter (DB), there was only a significant difference in the variable (MFB), as for the health aspects of the two varieties of beetroot, *Salmonella* was found to be absent and a quantity of < 3 NMP. g⁻¹ of *E. Coli* in all treatments. Therefore, the beetroot showed satisfactory agronomic development after being subjected to fertigation with dairy cattle wastewater treated in an organic production system and there was no microbiological contamination, and the products complied with the standards established by the Brazilian National Health Surveillance Agency.

Keywords: Biofertiliser. Organic production. Biological treatment. Olericulture.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros microbiológicos para consumo de água	9
Tabela 2: Quantidade de água consumida pelos animais de acordo com as suas categorias.	17
Tabela 3: Exigência de água na bovinocultura leiteira	17
Tabela 4: Descrição dos tratamentos com água residuária bovina (ARB) e água de abastecimento (Abast), utilizadas na fertirrigação da cultura da beterraba com efluente da bovinocultura leiteira tratada em Wetland Construído cultivado com capim Vetiver	30
Tabela 5: Resultado das análises físico-química do efluente da bovinocultura leiteira usado na fertirrigação da beterraba.....	43
Tabela 6: Valores médios de massa fresca do bulbo (MFB), número de folhas (NF), altura da planta (AP) e diâmetro do bulbo (DB) da beterraba roxa fertirrigadas com água residuária da bovinocultura leiteira tratada.....	33
Tabela 7: Valores médios de massa fresca do bulbo (MFB), número de folhas (NF), altura da planta (AP) e diâmetro do bulbo (DB) da beterraba branca fertirrigadas com água residuária da bovinocultura leiteira	33
Tabela 8: Resultado da análise sanitária para identificação da presença de E. Coli e Salmonella na cultura de beterraba submetida ao processo de fertirrigação com água residuária da bovinocultura tratada em uma UPT com quatro tratamentos	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução das captações globais de água entre os anos de 1900 a 2018 (km ³).....	4
Figura 2: Participação das atividades econômicas na captação de água para uso consuntivo no Brasil no ano de 2017, valores calculados em (%)	6
Figura 3: Esquema da UPT composto por: P1- Esterqueira; P2-Tanque séptico; P3-Filtro de fluxo ascendente; P4- SAC1; P5-SAC2 e P6- Boiler.....	22
Figura 4: Esterqueira, primeiro ponto da UPT, cuja finalidade é reservar o efluente proveniente do curral.....	23
Figura 5: Tanque séptico de 10.000 L, usado para suspensão de sólido e degradação da matéria orgânica	24
Figura 6: Sistema hidráulico utilizado para controlar a vazão do efluente do P2 para o P..	24
Figura 7: Mangueira transparente com 50 mm de diâmetro e com graduações a cada 50 L.....	25
Figura 8: Filtro biológico ascendente, constituído por brita	25
Figura 9: Caixa divisória, responsável pela distribuição do efluente nos WCs.....	26
Figura 10: Wetlands Construídos e cultivados com o capim vetiver.....	27
Figura 11: Variedades de beterrabas (branca e vermelha) fertirrigadas com água residuária da bovinocultura leiteira.....	28
Figura 12: Preparação dos vasos e produção das mudas de beterrabas em bandeja de isopor	29
Figura 13: Valores de regressão das variáveis (MFB), (NF), (AP) e (DB) da beterraba roxa fertirrigada com água residuária da bovinocultura leiteira.....	34
Figura 14: Valores de regressão das variáveis (MFB), (NF), (AP) e (DB) da beterraba branca fertirrigada com água residuária da bovinocultura leiteira.....	35

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ABAST	Abastecimento
ANA	Agência Nacional de Água
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AP	Altura da Planta
APHA	<i>American Public Health Association</i>
ARB	Água Residuária Bovina
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DB	Diâmetro do Bulbo
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DTA	Departamento de Tecnologia de Alimentos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MFB	Massa Fresca do Bulbo
Mha	Milhões de Hectares
N	Nitrogênio
NF	Número de Folhas
NMP	Número Mais Provável
ONU	<i>United Nations Organization</i>
PVC	Policloreto de vinilo
SIPA	Sistema Integrado de Produção Agroecológica
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UGRHs	Unidades de Gestão de Recursos Hídricos
UPT	Unidade Piloto de Tratamento
WC	<i>Wetland Constructed</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Panorama mundial sobre disponibilidade dos recursos hídricos	3
2.2 Disponibilidade hídrica no Brasil	5
2.3. Contextualização das águas residuárias e seu reuso na agricultura.....	8
2.4. Sistema biológico de tratamento de água residuária	10
2.5 <i>Constructed wetlands</i> (CW) e sua tipologia.....	11
2.6 Influência dos microrganismos nas ARB e nos CWs.....	14
2.7 Consumo de água em sistema de produção de bovinos leiteiros no Brasil	16
2.8 Resíduos gerados da bovinocultura	18
2.9 Sistema de fertirrigação	19
2.10 Produção de hortaliças em ambiente protegido.....	20
3 MATERIAS E MÉTODOS	22
3.1 Descrição da área de estudo	22
3.2 Caracterização da estação de tratamento.....	22
3.2.1 Tratamento primário	23
3.2.2 Tratamento secundário	26
3.3 Procedimentos metodológicos da UPT	27
3.4 Experimento em campo	28
3.5 Variáveis relacionadas à cultura	30
3.6 Análise estatística	30
3.7 Procedimentos laboratoriais para análise microbiológica (<i>E. Coli</i> e <i>S.</i>)	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1 Caracterização físico-química do efluente	32
4.1.1 Crescimento da cultura	32

4.1.2 Massa fresca do bulbo (MFB)	36
4.1.3 Número de folhas (NF).....	37
4.1.4 Altura da planta (AP).....	38
4.1.5 Diâmetro do bulbo (DB).....	39
4.2 Análise microbiológica para os aspectos sanitários da beterraba.....	40
5 CONCLUSÕES.....	43
6 REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento populacional mundial e com a perspectiva da escassez dos recursos naturais é necessária uma agricultura mais intensa e sustentável de um modo geral, na qual os produtos químicos e fertilizantes minerais sejam usados de forma correta para aumentar a produção de alimentos e reduzindo os impactos no meio ambiente.

O aproveitamento das águas residuárias se faz necessário nos dias atuais, devido à escassez hídrica que não é um problema que se registra apenas no Brasil. A falta de água pode comprometer a agricultura irrigada, sendo que 70% da água é consumida pela agropecuária para produção de alimentos (ANA, 2018).

Para mitigar os problemas relacionados à falta de água, os efluentes tratados podem ser utilizados como fontes alternativas para suprir a demanda hídrica e nutricional. O reuso das águas na agricultura é uma prática antiga, mas ainda é um assunto que gera divergência no seio acadêmico, para Ramos (2021), entre os aspectos mais relevantes da utilização de águas residuárias com fins produtivos, o da saúde pública constitui ainda objeto de controvérsias da comunidade técnico-científica internacional.

Seria contraditório expandir a produção agrícola para garantir a segurança alimentar sem a prática da agricultura irrigada, uma vez que a irrigação é uma prática que visa fornecer água para as plantas para o seu desenvolvimento. Mediante a situação que o mundo enfrenta, a adoção de novas tecnologias como o reuso das águas residuárias de forma planejada serviria de estratégia para mitigar a falta de fontes alternativas de água na agricultura.

O aproveitamento das águas residuárias não consiste unicamente na disponibilização de água para a irrigação, mas também para atender a demanda nutricional das culturas, sendo que esses efluentes podem ser ricos em elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas, e proporcionará redução na compra de fertilizantes sintéticos

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma hortaliça herbácea anual da família Chenopodiaceae, cuja parte comestível é um bulbo. Apresenta raiz tuberosa de formato globular que se desenvolve quase à superfície do solo, com sabor acentuadamente doce e coloração púrpura, tem a sua origem na Europa e no Norte da África (HUSSAR et al., 2005, SILVA, 2012).

O cultivo da beterraba no Brasil é um dos mais importantes no mercado global de hortaliças agrícolas, representa 2,1 % do mercado nacional de hortaliças com a produtividade variando entre 20 e 35 t.h⁻¹, o cultivo da beterraba em ambiente protegido no Brasil é uma

atividade relativamente nova, mas vem crescendo rapidamente, especialmente nos estados do Sudeste e Sul do país (MIRANDA; PEREIRA, 2019; GONDIM et al., 2011).

A beterraba é uma cultura exigente em termos nutricionais, requer um manejo equilibrado de adubação que tenha a capacidade de repor os nutrientes que foram extraídos pela cultura, de modo a evitar o esgotamento do solo (MARQUES et al., 2010). Para Barreto et al. (2013), o nitrogênio exerce grande efeito no crescimento das plantas e na qualidade dos produtos vegetais, e a beterraba é uma cultura bastante exigente em termos nutricionais.

Nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar o tratamento do efluente da bovinocultura leiteira tratado em *Wetland* construído e analisar os aspectos produtivos e sanitários na cultura da beterraba submetida ao processo de fertirrigação com água residuária da bovinocultura leiteira tratada em uma Unidade Piloto de Tratamento São descritos a seguir os objetivos específicos:

- Avaliar a capacidade de redução dos nutrientes e da matéria orgânica nos *Wetlands* construídos;
- Avaliar o desenvolvimento agrônomo da beterraba após a fertirrigação com água residuária;
- Avaliar os aspectos sanitário da beterraba submetida a fertirrigação com água residuária da bovinocultura leiteira.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Panorama mundial sobre disponibilidade dos recursos hídricos

A demanda global por água doce era pequena comparando com o fluxo natural no ciclo hidrológico, com o crescimento populacional, o ciclo agrícola, a demanda por todos os bens e serviços relacionados à água aumentou de forma brusca, uma vez que a procura aumenta, a oferta de água potável diminui devido a crescente poluição das águas no interior dos aquíferos (MISHRA, 2023).

A água é um elemento indispensável para manutenção e sobrevivência da vida na terra, seja humana, animal e vegetal, considerado um patrimônio natural disponível no ambiente que exerce influência atmosfera, clima e na agropecuária, devido à crescente demanda global pelos recursos para atender as necessidades dos setores agrícolas e agroindustriais a Organização das Nações Unidas vem desde os anos 70 promovendo discussões sobre problemas relacionados à disponibilidade hídrica de forma internacional (CAPELLARI; CAPELLARI, 2018).

Segundo os autores (VILLES et al., 2019; TAMAIO; CHAGAS, 2021), as temáticas que abordam sobre recursos hídricos tem sido objeto de estudo por conta da sua importância e utilização, quanto sua disponibilidade no planeta, 70% da superfície do planeta terra é coberta com água, porém essa quantidade de água não é apropriada para o consumo humano e sua distribuição não é igual em toda região do planeta, na sua maioria é salgada dos mares e a minoria é doce concentradas em rios, lagos e lençóis subterrâneos.

O uso da água tem aumentado globalmente cerca de 1% ao ano nos últimos 40 anos e é possível que esse aumento a um ritmo semelhante até o ano de 2050, devido a uma combinação do crescimento populacional, desenvolvimento socioeconômico e mudanças no padrão de consumo, no entanto, a escassez de água está tornando-se endêmica como resultado do impacto local do stress físico hídrico, em parceria com a aceleração e propagação da poluição da água doce (ONU, 2023).

A terminologia escassez de água refere-se ao impacto da baixa disponibilidade de água por pessoa, de acordo com os recursos e as necessidades per capita, a escassez de água pode ser vista como uma escassez causada pela população, enquanto que o estresse hídrico se refere ao elevado uso de água em relação a disponibilidade de água (KUMMU et al., 2016). Os mesmos autores afirmam que indicadores de escassez e estresse hídricos estão

intrinsecamente relacionados ao uso de água per capita, portanto fornecem uma melhor compreensão quando usados juntos:

$$\frac{\text{consumo de água}}{\text{população}} = \frac{\text{consumo de água}}{\text{disponibilidade de água}} \times \frac{\text{disponibilidade de água}}{\text{população}}$$

$$\text{Per capita consumo de água} = \text{indicador de stress} \times \text{indicador de escassez}$$

De acordo com a (FAO, 2022), a irrigação é o principal consumidor de água à escala global, sendo responsável por 70% da captação total de água, a área irrigada a nível global representa cerca de 20% do total das terras agrícolas e contribui com 40% da produção total de alimentos, embora a irrigação é considerada com mecanismo para aumentar a produção de alimentos, está sobre pressão para reduzir sua quota de utilização de água, mediante e essa situação surge a necessidade de modernizar os sistemas de irrigação e melhorar a governança da irrigação, no intuito de lançar elevada produtividade da água e sustentar a base de recursos hídricos, a Figura 1 abaixo mostra a evolução das captações globais de água entre os anos de 1900 a 2018.

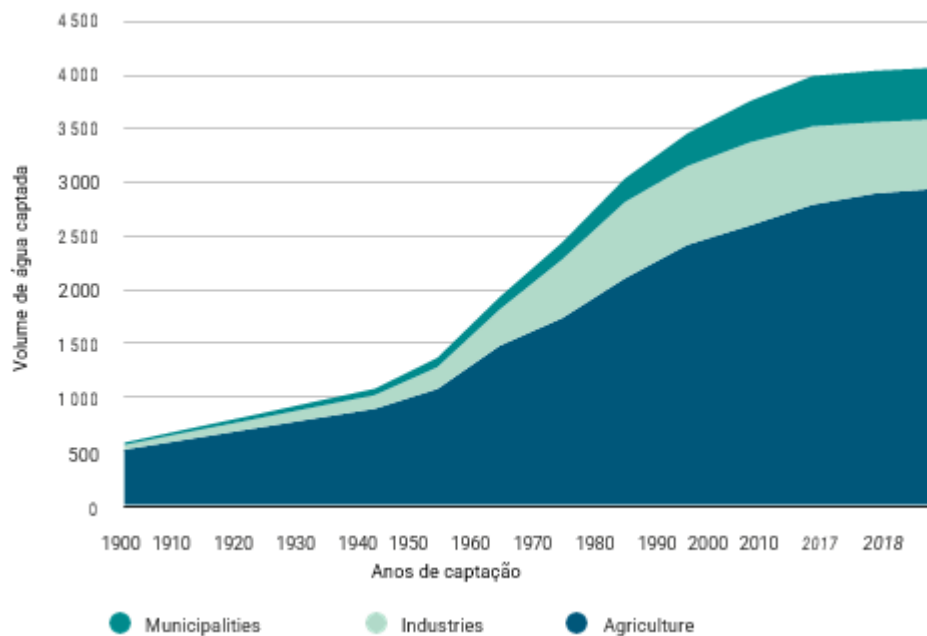


Figura 1. Evolução das captações globais de água entre os anos de 1900 a 2018 (km³)

No plano humanitário, a escassez de água potável e de fontes hídricas para o gado e a agricultura provocando a pior crise alimentar desde a segunda guerra mundial, essa problemática agrava-se ainda mais, quando se faz comparação entre o consumo de água nos países ricos que é cerca de 425 L de água por pessoa por dia e já nos países pobres é 10 L, em relação a uma exigência mínima de 40 litros (CARLÃO, 2018). Segundo o autor Bordalo (2013), argumenta que a lenta redefinição no paradigma no planejamento de manejo dos recursos hídricos em países desenvolvidos de forma a proporcionar o aumento da eficiência do sistema de abastecimento de água, bem como no tratamento e reutilização dos efluentes residenciais e industriais.

A água já foi considerada um recurso inesgotável, sendo que os ecossistemas faziam crer que os mananciais de águas abundantes jamais chegariam ao fim (OLIVO; ISHIKI, 2014). Na esfera global, a capacidade per capita do armazenamento de água em reservatórios construídos está diminuindo, tendo em conta a expansão dos reservatórios naturais não tem sido capaz em acompanhar o crescimento populacional e um dos fatores que também contribuí para a redução das águas em reservatórios é o assoreamento (ONU, 2021).

A crescente demanda desse líquido precioso no âmbito mundial está atrelado às ações antrópicas na natureza como o desmatamento, aglomeração nas cidades, a poluição dos ecossistemas, essas práticas podem agravar a escassez de água e ameaçar a segurança alimentar (SALES FILHOS et al., 2021).

2.2. Disponibilidade hídrica no Brasil

O Brasil é o maior depositário de águas doces no planeta, entre esses recursos superficiais e subterrâneos tem relevante papel ecológico, econômico, estratégico e social, no entanto, com 14% das águas doces do planeta terra, o país apresenta sérios problemas com o gerenciamento dos recursos hídricos, por esse motivo foi criada a comissão científica na Academia Brasileira de Ciências voltado para os recursos hídricos com o propósito de organizar seminários e análises estratégicas e de posicionamento e avaliações críticas (BICUDO; TUNDISI; SCHEUENSTUHL, 2010).

A má distribuição dos recursos hídricos entre os aglomerados populacional no país é um fator preocupante, visto que existem regiões com menor número populacional e são mais privilegiados em relação a regiões com maior número populacional como o caso da Região Sudeste do Brasil que dispõe de um potencial hídrico de 6% do total nacional e conta com 43% de habitantes no país, enquanto que a Região do Nordeste que dispõe da Bacia

Amazônica, apresenta 69% de água disponível e conta com apenas 8% da população Brasileira (MARISNOK; GHISI, 2008). O acesso universal e equitativo à água, trata-se de assegurar que a água seja fornecida para todos, independentemente de condição social, econômica, cultural, gênero e etnia, este conceito está atrelado com a premissa do acesso à água como um direito humano essencial (ONU, 2021).

A demanda de água no Brasil vem crescendo de forma contínua ao longo dos anos, com destaques para o abastecimento das cidades, agroindustriais e agricultura irrigada, assim como mostra a Figura 2 as maiores demandas de água são registradas nas Unidades de Gestão de Recursos Hídricos (UGRHs) nos estados de São Francisco, Paraná, Uruguai, Tocantins-Araguaia, Paranaíba, por causa da expansão das áreas irrigação mecanizada das agroindústrias e nas cidades, em função das mudanças climáticas a demanda para irrigação pode ter um acréscimo de 15% em 2040, em regiões com irrigação mecanizada poderá ter um aumento de 20% (ANA, 2022).

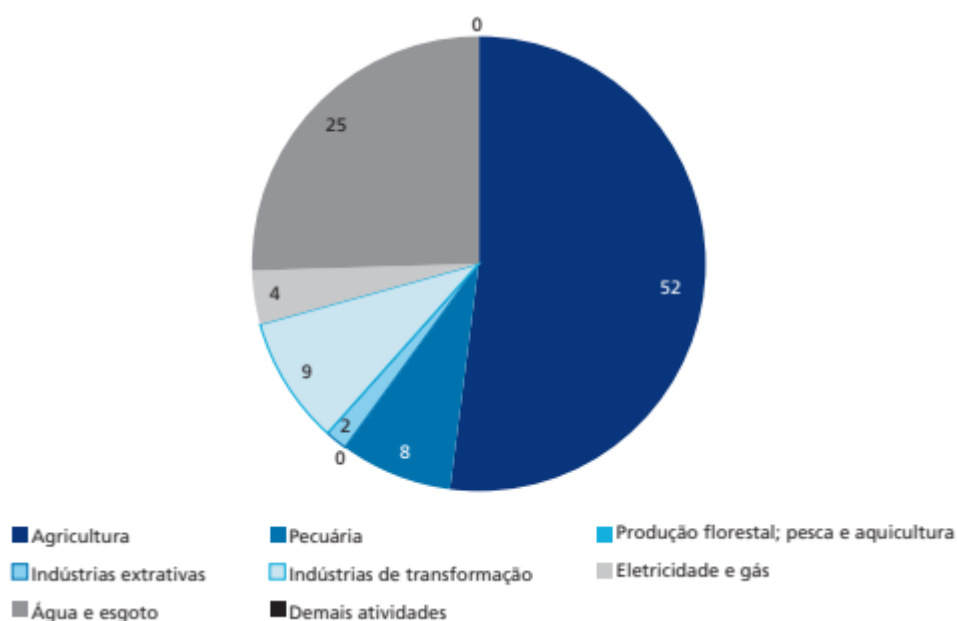


Figura 2. Participação das atividades econômicas na captação de água para uso consuntivo no Brasil no ano de 2017, valores calculados em %.

De acordo com Pasqualetto et al. (2022), os problemas da situação atual são o uso insustentável da água, o aumento da procura de recursos hídricos e a redução da oferta, estas questões têm gerado conflitos, degradação da qualidade, inundações, secas e vulnerabilidade das populações humanas, porém, se nada for feito para reverter a situação para melhorar o

planejamento e a gestão, a água utilizada diariamente por milhões de pessoas no país ficará mais escassa.

Uma análise dos mananciais e da infraestrutura hídrica utilizados para abastecimento das sedes municipais brasileiras mostrou que 31% da população do país vive em sedes que têm baixa garantia hídrica (enfrentam racionamento, colapso ou alerta em períodos de seca, sendo necessário buscar novos mananciais) e 41% vivem em sedes cujo sistema produtor necessita de ampliação, apenas 27% da população vive em sedes municipais cujo abastecimento foi considerado satisfatório. Ainda sobre a caracterização dos mananciais utilizados, dentre a população brasileira, 78% utiliza mananciais de águas superficiais de forma preponderante para o seu abastecimento, enquanto 22% tem, nos mananciais subterrâneos, suas principais fontes (ANA, 2019).

Diante dessa situação faz-se necessário ações de pesquisas, desenvolvimento e implementação de técnicas alternativas que visam buscar o aumento da disponibilidade de água em certas regiões, o reuso da água é um ponto importante para a economia de água potável e, conseqüentemente, uma melhor gestão dos recursos hídricos. Se faz necessário a implantação de políticas públicas para fomentar o reuso de água no Brasil, visto que é pouco explorado em âmbito doméstico, agrícola e industrial (LEAL, 2020; SILVA; CARVALHO; CARDOSO, 2019).

O reuso na agricultura irrigada é importante para contrapor a ideia dos decisores políticos e assim como dos profissionais da área de saneamento, no intuito de que sejam criadas infra estruturas para proporcionar a qualidade e quantidade para garantir a saúde pública e aos agricultores que precisam das águas residuárias para irrigação e fertirrigar (THEBO et al., 2017).

A reutilização de águas residuárias precisa ser um componente-chave da Agenda de Ação da Nações Unidas (ONU) para a água, a promoção das águas residuárias como recurso exige a sensibilização para os potenciais benefícios de reutilização, deixar esse temática para trás prejudicará seriamente o progresso no sentido de alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), sendo que a reutilização de água e outros recursos provenientes de águas residuárias pode dar um contributo importante para a segurança alimentar e hídrica, com potencial de fornecer recursos hídricos alternativos (ONU, 2023).

2.3. Contextualização das águas residuárias e seu reuso na agricultura

As águas residuárias são águas que anteriormente foram usadas em diversas atividades, como na bovinocultura leiteira para a higienização dos materiais usados no processo da ordenha e na limpeza do curral (OTENIO et al., 2017).

Estudos realizados por Thebo et al. (2017), mostra a estimativa global sobre as terras agrícolas irrigadas são influenciadas por águas residuárias tratadas e não tratadas, constatou-se que 35,9 Mha de terras agrícolas irrigadas localizadas em bacias hidrográficas dependentes de águas residuais, 82% (29,3 Mha) estão localizados em países onde menos de 75% das águas residuais são tratadas e 86% destas terras agrícolas irrigadas estavam localizadas em cinco países: China, Índia, Paquistão, México e Irã.

As águas residuárias podem significar coisas diferentes para pessoas diferentes, com muitas definições em uso, incluindo e excluindo diferentes frações, é tempo de transformar a forma como vemos as águas residuárias, de uma fonte de poluição malcheirosa e perigosa, gerida de forma inadequada, com graves impactos no ambiente e na saúde humana, num recurso bem gerido e valorizado, com um enorme potencial como fonte de água limpa, energia e nutrientes (ONU,2023).

Foi por intermédio do reuso da água que Israel conseguiu mitigar problemas relacionado a escassez hídrica, tornando o reuso da água como uma prática economicamente viável e a quatro anos que essa atividade foi integrada como parte dos recursos hídricos, tendo em conta que o país não dispõe de grandes fontes hídricas naturais (ROCHA; DA SILVA; BARROS, 2010).

Os efluentes são considerados fontes alternativas na agricultura irrigada para suprir a demanda hídrica, também contribui na disponibilidade da água potável entre os aglomerados populacionais, uma estratégia sustentável para futuros problemas de água, aumenta a produtividade agrícola e influência na redução dos impactos ambientais negativos nos corpos físicos (ROCHA et al., 2023; SOTERO et al., 2019). Pode ser considerada como uma estratégia para tomada de decisão na implementação de plano voltado à proteção dos recursos hídricos (NGUYEN et al., 2023).

De acordo com Melo (2019), o reuso das águas residuárias deve ser compreendido como um método de gestão sustentável que visa diminuir a contaminação do solo e dos corpos hídricos quando não se adequam aos parâmetros estabelecidos para o seu consumo, tendo em conta que os efluentes são ricos em cargas orgânica e minerais, problemática real em zonas rurais por falta de redes de esgotos ou ausência de tecnologias. A Tabela 1 descreve

os parâmetros microbiológico para o consumo de água, estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Tabela 1. Parâmetros microbiológicos para consumo de água. Fonte: Adaptado da ANVISA (2022).

Parâmetros	Valor máximo permitido
Coliformes totais	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês
Escherichia coli*	Ausência em 100 mL
Bactérias Heterotróficas	500 UFC/mL

Estudos realizados (JORGE et al, 2022; JORGE et al, 2017), mostraram resultados satisfatórios quanto ao uso dos dejetos líquido da bovinocultura leiteira tratadas em uma unidade piloto de tratamento biológico para a fertirrigação das culturas da cenoura e do tomate. Da Silva Sá et al. (2019), citam que houve melhores resultados quando se usou percentual de 35% de esterco bovino no substrato de plantio, já estudo feito por De Oliveira et al. (2021), com a cultura da banana nanica, a máxima produtividade foi obtida com a aplicação de 82,3 kg N ha⁻¹ sem a aplicação do dejetos bovino sólido.

A reutilização das águas residuárias faz-se importante em atividades agrícolas pelo seu constante abastecimento em grandes volumes, se não fossem aproveitadas teriam a sua disposição final seria no meio ambiente e que conseqüentemente poderia dar origem a degradação dos recursos hídricos (lagos, rios e ambientes costeiros marinhos). Devido a presença de nutrientes orgânicos e inorgânicos que quando presentes em águas podem causar eutrofização e proliferação de algas (TOZE, 2006; ARAÚJO, 2019).

De acordo com Ensink et al. (2002), caso houver proibição quanto ao uso das águas residuárias, agricultura urbana e periurbana perderá uma fonte rica em nutrientes, razão no qual os agricultores do Paquistão estavam dispostos a pagar mais pelas águas residuárias do que as águas do sistema de abastecimento, no intuito de reduzir gastos com a compra de biofertilizantes.

2.4. Sistema biológico de tratamento de água residuária

É importante realçar que não existe um método padrão para o tratamento das águas residuárias (AR), devido a vários fatores como área disponível, características do esgoto, resultado desejado e a finalidade do produto final. Fatores como esses influenciam na escolha da tecnologia a ser adotada para a implementação de uma estação de tratamento de esgoto (ANDRADE, 2021).

Em comparação com os outros métodos como descarga de esgoto, eletrocoagulação, oxidação avançada, separação de membrana e processos físico-químicos, o tratamento biológico tem sido o mais usado no processo de tratamento de efluente, por apresentar resultados satisfatórios (CHIMUCA et al., 2020; MA et al., 2016; CHENG et al., 2010; BON, OKADA, CONEGLIAN, 2022).

O tratamento biológico é dividido entre o aeróbio no qual o microrganismo necessita de presença do ar e do anaeróbio onde o microrganismo se desenvolve sem a presença do ar. O processo anaeróbio apresenta vantagens que influencia a sua aplicação, por ser sustentável, eficiência na remoção de matéria orgânica, produz pouco lodo e por consumir menor quantidade de energia, diante das suas vantagens é importante ressaltar que o sistema aeróbio leva menos tempo para sua inicialização quando comparado com o sistema anaeróbio (AZIZ et al., 2019).

Moraes e Júnior (2004), argumentam que no tratamento biológico faz-se necessário a caracterização dos dejetos, no entanto é fundamental a realização do teste de biodegradabilidade, tendo em conta que os dejetos possuem suas particularidades na quantidade de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e na Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), parâmetros importantes na implementação de um sistema biológico de tratamento de AR.

Quando a correlação for $DQO/DBO < 2$, implica que (DQO/DBO afluente \cong DQO/DBO efluente) poderá optar-se pelo tratamento biológico, pois os resíduos são facilmente biodegradáveis, mas se a correlação for $DQO/DBO > 2$ quer dizer que (DQO/DBO afluente $<$ DQO/DBO efluente) e indica que há presença de matéria orgânica não-biodegradável, nesse caso melhor optar pelo tratamento convencional (CAMPUS, 1997).

2.5. *Constructed wetlands* (CW) e sua tipologia

Segundo Marín-Muñiz, (2017), conceitua os *wetlands* como canais permeáveis, onde os substratos servem como meio para a fixação da vegetação, habitat para os microrganismos e também atua como filtro no processo de tratamento da água. Para (COSTA et al., 2017), são estruturas naturais que apresentam eficácia na remoção de poluentes, sendo um sistema de baixo custo para sua implementação assim como para sua operação e manutenção. Os *wetlands* são projetados de forma ecológica e inteligente com a finalidade de imitar os sistemas naturais (pântanos e brejos), de modo a melhorar a qualidade da água (VYMAZAL, 2010; WANG et al., 2023).

Pérez et al. (2022), afirmam de que nesse sistema ocorrem os processos biológicos (degradação e absorção pelos microrganismos e decaimento de patógenos), físicos (filtração, volatilização e sedimentação) e químicos (oxidação, precipitação e adsorção). Os (CW) dividem-se entre os de escoamento superficial e subsuperficial que é subdividido em horizontal e vertical.

A diferença entre os dois modelos está relacionada a forma como o efluente escoar no modelo, no superficial, o esgoto submetido ao tratamento fica exposto à atmosfera, enquanto que no subsuperficial o efluente não entra em contato com atmosfera, o que favorece a diminuição do odor e do crescimento de insetos (SEZERINO; PELISSARI, 2021).

No sistema de fluxo horizontal o efluente percorre no meio do material filtrante, escoar entre os espaços porosos, onde as raízes das macrófitas encontram-se enraizadas, quanto ao de fluxo vertical, o efluente é distribuído em toda superfície do meio suporte de forma a escoar verticalmente até chegar à tubulação de drenagem. Nesse sistema, o fluxo de escoamento e o tempo de detenção hidráulica do efluente são controlados, esses fatores dependem do dimensionamento e do modelo escolhido (PERONDI et al., 2019).

Os modelos de escoamento superficial são os que mais se assemelham em aparência com os pântanos naturais e têm as áreas de água aberta (KADLEC; WALLACE, 2009). São menos suscetíveis ao entupimento quando comparados ao modelo subsuperficial, mas embora distintos em seus processos de funcionamento, apresentam resultados similares quanto a eficiência e é importante realçar que esses sistemas não foram desenvolvidos para tratar esgotos brutos (TONIATO, 2005).

A eficácia na remoção de certos poluentes é apresentada como a limitação desse modelo, destaque para os compostos nitrogenados, o processo de nitrificação não ocorre de forma completa devido à baixa ocorrência da desnitrificação, já o modelo horizontal

apresenta eficácia na remoção de nitrogênio por causa do funcionamento hidráulico e por intermédio da saturação do meio filtrante que permite o desenvolvimento de um ambiente anaeróbico e anóxico que favorece o processo de desnitrificação (SEZERINO, et al., 2018).

Nesse sistema, a vegetação, microrganismos e os materiais filtrantes são responsáveis pela absorção dos nutrientes e da degradação da matéria orgânica que se estabiliza nos ambientes aquáticos (OLIVEIRA et al., 2018; LOURENÇO et al., 2018). Os meios filtrantes são importantes no bom desempenho deve-se optar por materiais que facilitem o crescimento da vegetação escolhida, proporcionar altos efeitos de filtração sustentável e garantir níveis consideráveis de condutividade hidráulica (VYMAZAL, 2002).

O uso de vegetação nos WCs o diferencia dos demais sistema de tratamento, normalmente são usadas as macrófitas por apresentarem as seguintes características como desempenha papel importante na dinâmica dos nutrientes, liberam oxigênio, absorvem nutrientes, liberam exsudatos radiculares importantes para as reações, responsáveis no controle das trocas gasosas, melhoram a filtragem, aumentam o potencial de nitrificação e as condições microbiológicas do ambiente (PÉREZ et al., 2022; FIA et al., 2016; QUELUZ, 2016).

De acordo com (DOTRO et al., 2017), o monitoramento da vegetação é de extrema importância para o bom desenvolvimento do sistema, quando não monitorado, as espécies invasoras podem sobrepor-se a cultura desejada, para que esse processo não aconteça faz-se necessário a remoção das plantas indesejadas. De acordo com (SEZERINO, et al., 2018), 10% da remoção de nitrogênio nos WCs se dá pela ação da fitoextração das macrófitas e quando é feito a poda a eficiência de remoção do nitrogênio atinge a capacidade de 200 a 2500 $kgNha^{-1} \times Ano$.

Atualmente, vários são os números crescentes reportados sobre estudos centrados no uso de alagado construído como tratamento alternativo de efluentes proveniente das atividades domésticas agropecuária e agroindústrias, devido a capacidade que o sistema apresenta quanto a remoção e degradação da matéria orgânica, fatores primordiais no processo de tratamento biológico de águas residuárias (SANDOVA-HERAZO et al., 2020; BRASIL et al., 2005).

Os autores (KADLEC; WALLACE, 2009), argumentam que, devido à alta taxa de atividade biológica, os alagados construídos se apresentam mais eficientes em relação a maioria dos ecossistemas, uma vez que possuem capacidade em transformar todos os poluentes contidos em águas residuárias em subprodutos inofensivos ou em nutrientes

essenciais para as plantas, assim como na realização de outras atividades como descrito no Quadro 1.

Quadro 1. Área de utilização de águas tratadas em Wetlands e exemplos de uso. Fonte: Marín-Muñiz (2017).

Área de utilização da AR	Exemplo de uso
Aquacultura	Água tratada para produção de peixe
Agrícola	Irrigação e fertirrigação de culturas que não sejam tubérculos, principalmente citrinos, irrigação de viveiros e de zonas de produção de flores
Áreas verdes	Irrigação em parques, jardins escolares, campos de golfe, cemitérios, irrigação doméstica.
Casa	Lavagens de esfregões, sanitários, pavimentos e automóveis.
Industrial	Arrefecimento de equipamento e construção civil
Suicultura	Lavagem das zonas de criação de suínos
Recarga de aquíferos	Recarga subterrânea, controle das cunhas salinas.
Recreativo e ambiental	Utilização em lagos e lagoas, melhoramento de zonas húmidas e reservas naturais
Utilizações urbanas não potáveis	Utilização para combate a incêndios, ar condicionado, água para uso sanitário, lavagem de pavimentos e campos desportivos.

Os (CWs) são destacados como alternativas para remoção de patógenos e tratamento das águas residuárias em pequenas comunidades que carecem de serviços centralizados de

coleta de esgotos, a ausência desse serviço permite que as águas sejam descarregadas em águas sensíveis à poluição. Para Rousseau et al., (2008), os (CWs) apresentam potencial para contribuir nos desafios sociais e econômicos relacionados com a reutilização segura da água, quando concebidas e monitoradas de forma correta, podem fornecer efluentes adequados para serem reutilizados em determinadas atividades.

Por se tratar de um sistema descentralizado, atualmente tem sido reportado como um meio alternativo para mitigar problema relacionado a saneamento básico em zonas rurais, onde é notório a ausência de infraestruturas de rede de coleta de esgoto, na maioria dos casos os efluentes são descartados sem um tratamento prévio como ordena a norma de nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011 da CONAMA (SILVA; BERNARDES; RAMOS, 2015).

2.6. Influência dos microrganismos nas ARB e nos CWs

Para que haja eficiência no tratamento de água residuária em sistemas de alagados construídos é necessário que se conheça as características dos microrganismos e como eles interagem dentro do sistema com os materiais e meio filtrante (STOTT MEISTER et al., 2003).

Os microrganismos e seus metabolismos são responsáveis pelo processo de alteração da qualidade das águas, seja no ambiente natural ou em processos otimizado pelo homem (alagados construídos), as mesmas contribuem na degradação das substâncias orgânicas e inorgânicas, onde os micróbios desempenham papel importante na degradação dos materiais orgânico, os mesmos são apreciadores da matéria orgânica biologicamente oxidável (TONIATO, 2005; DUARTE, 2019, TIETZ et al., 2007).

Adrados et al. (2018), alegam que há carência de informações a respeito de estudos cujo objetivo é comparar a remoção dos microrganismos entres os alagados construídos que funcionam durante longos períodos de operação. Quando se refere ao uso das águas residuárias, é óbvio pensar na presença dos microrganismos, por serem águas que já foram utilizadas em alguma atividade e podem estar contaminadas.

Os aspectos microbiológicos é fator importante no que diz respeito ao reuso das águas, pois as estações de tratamento de águas residuária não conseguem remover altas quantidades de patógenos e a não eficiência do sistema compromete o reuso das águas residuárias (Gutiérrez-Alfaro et al., 2018).

A redução dos microrganismos depende do tipo de tratamento e sua finalidade, tendo em conta que existem fatores que influenciam na remoção de determinados contaminantes em unidades de tratamento: propriedades químicas do composto, estrutura da instalação,

tempo de retenção hidráulico, condições operacionais, temperatura, pH e origem do efluente (KRZEMINSKI et al., 2019). Os mesmos autores alegam que as unidades de tratamento devem funcionar de forma heterogênea com uma gama de concentração que varia de 0,001 a 1000 µg/L de contaminantes.

Os microrganismos como bactérias (*Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*), vírus (*Enterovirus*, *rotavirus*, *adenovírus*) e protozoários (*Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum*, *Entamoeba histolytica*) e helmintos (*Ascaris lumbricoides*). São comuns em águas em águas potáveis e residuárias, responsáveis por 90% das intoxicações e transmissões de doenças por intermédio das águas (PULLÉS, 2014). Mais de 14% da população mundial apresenta *E. coli* em suas fezes Karanika et al. (2016). Na sua maioria esses casos ocorrem em zonas rurais, onde águas são contaminadas com microrganismo, vírus e termos tolerantes pela indisponibilidade dos serviços de saneamento (CASLAKE et al., 2003).

2.7. Uso do capim Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) em Wetland Construído

O cultivo de plantas em sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial auxilia na remoção de nutrientes da água residuária em tratamento, principalmente, quando estão em pleno desenvolvimento vegetativo e expressam a máxima absorção de nutrientes, além de proporcionar um aspecto agradável (TEIXEIRA et al., 2020). O capim Vetiver é uma espécie tropical da família Poaceae e subfamília das Panicoideae, capaz de se adaptar às mais diversas condições climáticas, é originária da Índia. (SANTOS et al., 2020).

O vetiver é intolerante à seca e geada, acidez, alcalinidade, variações de pH entre 3,3 e 9,5 e, pois, sendo uma planta C4o sombreamento poderá reduzir seu crescimento e, em condições extremas, pode até matar (ALMEIDA, 2011). Outras características citadas pelos autores são a sua tolerância a herbicidas e pesticidas e a eficiência em absorver nitrogênio (N), fósforo (P), mercúrio (Hg), cádmio (Cd) e chumbo (Pb) dissolvidos em corpos hídricos, podendo, assim, ser usado em técnicas de biorremediação (CHAVES; ANDRADE, 2013).

Em condições tropicais quentes e úmidas, o vetiver cresce rapidamente e produz um valor de biomassa maior que 100 toneladas de matéria seca ao ano. A produção de biomassa é um dos critérios na seleção de plantas, em programas de fitorremediação, o seu óleo essencial agrega valor econômico à cultura, tendo em conta a sua utilização por perfumistas e médicos (ALMEIDA, 2011).

As raízes do Vetiver, apesar de resistentes, são muito finas, fato este que propicia alta proliferação de fungos e bactérias permitindo assim, a absorção de metais pesados e contaminantes (TRUONG; VAN; PINNERS, 2008). As características morfológicas do Capim-Vetiver são um grande atrativo para seu uso, trata-se de uma planta perene que pode chegar a dois metros de altura, possui um sistema radicular que pode chegar até cinco metros de profundidade além de não ser considerada uma espécie invasora, pois suas sementes são estéreis (LIMA et al., 2019).

2.8. Consumo de água em sistema de produção de bovinos leiteiros no Brasil

Os estabelecimentos leiteiros são caracterizados por processos de construção e estruturação, motivo no qual, apresentam níveis diferentes de evolução no sistema de produção e dos fatores de produção (HOSTIOU; VEIGA; TOURRAND, 2006). De acordo com os mesmos autores, surge a importância de compreender a evolução para implementações de técnicas e pesquisas para aumentar a produção leiteira, uma vez que conhecer a diversidade das propriedades leiteiras ajuda a melhorar as intervenções enfrentadas pelos produtores.

A escolha do sistema de produção é de caráter importante para atingir números consideráveis na produção leiteira, com isso é necessário que haja bom planejamento na escolha dos animais e do modelo de criação. Em concordância com a (EMBRAPA, 2005), O sistema extensivo é caracterizado por terem as pastagens nativas e cultivadas como únicas fontes de alimentos energéticos e proteicos, no sistema semi-intensivo para além da pastagem cultivada, nativa e os suplementos, são acrescentados os suplementos energéticos e proteicos, enquanto no sistema intensivo deferi dos outros por inserirem a prática do confinamento.

Os sistemas semi-confinado, confinado e *Free-Stall* são os de maiores destaques, devido a eficiência e não necessitam de grandes áreas de camas como o sistema *Compost Born* (KRÜGER et al., 2019). Mas no Brasil o sistema extensivo é o mais utilizado, o mesmo é baseado em pastagens, visto que apresenta baixo custo de produção, facilidade de manejo e oferece condições de sanidade e conforto animal (BRUNES; COUTO, 2016).

(GALEAZZI et al, 2021; TRINDADE, 2018), destacam que após a implementação dos sistemas de confinamento foi notório o aumento da produtividade leiteira. O sistema de semi-confinado é aquele em que os animais ficam presos durante 6 horas e depois são soltos para o pasto, no confinado os animais são mantidos presos durante o dia todos e já no *Free-*

Stall os animais ficam soltas dentro de uma área cercada e, assim, são restritas às baias somente no momento da ordenha.

Segundo Marques (2017), afirma que um dos problemas vinculado ao sistema de confinamento é a quantidade de água utilizada para a manutenção das instalações e dos animais. De acordo com (EMBRAPA, 2017), a quantidade de água consumida pelo animal é determinada pelo tipo de dieta e o tipo de consumo, assim como mostram as Tabelas 2 e 3, a primeira reporta a quantidade de água consumida pelos animais de acordo com as suas categorias e segunda a exigência de água na bovinocultura leiteira.

Tabela 2. Quantidade de água consumida pelos animais de acordo com as suas categorias: Fonte: EMBRAPA (2016).

Bovinos de leite	Unidade	Consumo
Vaca em lactação	L dia animal ⁻¹	64
Vaca e Novilha no final da gestação	L dia ⁻¹ animal ⁻¹	51
Vaca Seca e Novilha gestante	L dia ⁻¹ animal ⁻¹	45
Bezerro lactente (a pasto)	L dia ⁻¹ animal ⁻¹	12

Tabela 3. Exigência de água na bovinocultura leiteira. Fonte: (PEREIRA; PATERNIANI; DEMARCHI, 2009).

Tipo de consumo	Quantidade/ consumo
Bebida	40 a 120 L animal adulto ⁻¹
Produção de leite	100L. vaca ordenhada ⁻¹ + 6L. L ¹ de leite produzido
Higienização de instalações	25L m ⁻² de área de limpeza
Abate em frigorífico	1500L animal abatido ⁻¹

As águas ingeridas pelos animais têm a função de nutrir o tecido celular e compensar as perdas ocorridas no processo da ordenha, nas fezes, urinas, salivas e evaporação (suor), também para regular a temperatura corporal e dos órgãos internos, sendo que 2/3 de água constitui o peso do animal (PEREIRA; PATERNIANI; DEMARCHI, 2009; PERISSINOTTO et al., 2005).

Além disso, a água está envolvida no processo digestivo, metabolismo de energia e nutrientes, circulação iônica e metabólica para diferentes tecidos, também fornece amortecimento protetor para o feto em desenvolvimento de. É pertinente evidenciar que o consumo da água depende da raça, idade, questões ambientais e do hábito alimentar (SINGH; BHAKAT; SINGH, 2022).

2.9. Resíduos gerados da bovinocultura

Anualmente, milhões de toneladas de resíduos são gerados das atividades industriais e agrícolas (MARCIAS-CORRAL et al., 2008). Nos países em desenvolvimento, 75% da produção nacional do estrume provém da bovinocultura leiteira e os excedentes saem dos sistemas de produção por intermédio de várias vias de perda como lixiviação, emissões e volatilização para nitrogênio (N), enquanto para o fósforo se dá a partir da erosão e do para as águas superficiais por escoamento superficial (VAN BEEK et al., 2008).

Resíduos é todo qualquer material gerado das atividades humana ou animal, podem ser na forma sólida ou líquida (água residuária). Agricultura é um dos setores de destaque quanto ao reaproveitamento dos dejetos gerados na bovinocultura leiteira para a produção agrícola, tanto para a produção de adubos sólidos e líquidos (DA ROCHA et al., 2013).

Em contrapartida, com altos números de produção da bovinocultura leiteira aumentam-se as quantidades de dejetos e por muitos produtores são manejados de forma incorreta, tornando-se fonte de poluição para o meio ambiente. Diante dessa afirmação surge a necessidade de mais estudos dos ambientes ligados ao tratamento de efluentes provenientes da agropecuária (MORAES; JÚNIOR, 2004; NASCIMENTO et al., 2017).

O gado produz resíduos de forma intermitente (fezes e urina) que requerem estruturas de armazenamento e processo de estabilização para uso. De acordo com Matos (2005), uma vaca (peso médio de 400 kg) produz de 28 a 32 kg de esterco por dia, mas quando se leva em conta a produção de urina, a cifra fica entre 38 e 50 kg. Um bovino adulto defeca 11 a 16 vezes por dia, porém a quantidade de dejetos depende de fatores como tamanho do animal, da dieta e das condições ambientais (RODRIGUES et al., 2008; CAMPOS 1997).

A destinação destes dejetos é desafiadora para os produtores e profissionais que lidam com reciclagem de resíduos, uma vez destinados de forma indiscriminada no meio ambiente podem ocasionar a contaminação das águas subterrâneas, solos, ar, eutrofização nos corpos aquáticos e causar riscos à saúde humana e animal (SILVA, 2018; MARQUES, 2017; NOGUEIRA et al., 2015). O efluente da bovinocultura leiteira apresenta carga orgânica e mineral, mas quando bem aproveitados podem ser usados para suprir a necessidade nutricional da planta, assim como fonte de alimento para algas utilizadas na produção de biocombustíveis (LORENTZ, 2019).

2.10. Sistema de fertirrigação

Com o passar dos tempos, houve um avanço considerável no que diz respeito aos métodos para levar água e nutrientes ao solo e às culturas. A fertirrigação se espalhou no mundo todo nos últimos 40 anos, essa técnica reduz o trabalho árduo e minimiza o número de horas nos métodos tradicionais de irrigação, como irrigação por sulcos e inundação (KAFKAFI, 2008). Segundo (FANISH; MUTHUKRISHNAN; SANTHI, 2011), argumentam que a fertirrigação melhora a eficiência do uso dos nutrientes, reduz os custos de aplicação e contribui para o crescimento das plantas e na absorção dos nutrientes.

Destacando a possibilidade de se utilizar o próprio sistema de irrigação como meio condutor e distribuidor de fertilizantes, a fertirrigação consiste na aplicação do fertilizante solúvel via água de irrigação, é considerada uma técnica eficiente por combinar dois principais fatores essenciais no crescimento e desenvolvimento das plantas: água e nutrientes (SILVA et al., 2018; EBRAHIMIAN; KESHAVARZ; PLAYÁN, 2014). De acordo com (KAFKAFI, 2008), o desenvolvimento das técnicas da fertirrigação tem sido usada no mundo todo para minimizar o uso de água na agricultura e da escassez de água causada pelo aumento populacional da zona urbana.

Essa técnica, o tempo da chegada dos nutrientes às raízes é menor, sendo que o adubo já está solubilizado na água e flui de forma uniforme em toda zona radicular que facilita o máximo aproveitamento das plantas, diferente de técnicas em que os adubos são depositados ao redor da planta e necessitam de chuva ou irrigação para serem dissolvido (COELHO; FILHO COELHO; OLIVEIRA, 1994).

Na fertirrigação, a disponibilidade dos nutrientes para as plantas é determinado pela sua concentração na água de irrigação, pela absorção de nutrientes pelas plantas taxa de evapotranspiração, por intermédio da gestão de concentrações de fertilizantes na água de irrigação é possível maximizar o rendimento e a qualidade da cultura e também minimizar a

lixiviação abaixo da zona radicular, uma vez que o momento, a quantidade e a concentração dos fertilizantes podem ser controlados (HAGIN; LOWENGART, 1995; SANDAL; KAPOOR, 2011).

De acordo com Santos et al. (2017), na fertirrigação pode se destacar menor perdas dos fertilizantes pelo processo de lixiviação e volatilização, diminui o uso da água de melhor qualidade no sistema de irrigação e aplicação de fertilizantes sintéticos. a sua aplicação pode ser feita pontualmente em pequenas doses junto às raízes da planta ao longo do ciclo da planta, adaptando-se às necessidades das diferentes plantas.

Na maioria dos trabalhos realizados em relação a fertirrigação, foi usado o sistema de irrigação por gotejamento, por apresentar maior eficiência na disposição dos nutrientes para as plantas, quando comparado com o sistema de aspersão que visa melhorar 100% o solo e desse jeito até as plantas espontâneas serão beneficiadas, porém, o que torna esse método diferente dos demais é a uniformidade da distribuição dos nutrientes nas culturas (SANDAL; KAPOOR, 2011; COELHO; FILHO COELHO; OLIVEIRA, 1994).

Para que a fertirrigação seja eficiente, é necessário um equilíbrio entre a quantidade de nutrientes e a quantidade de água a ser aplicada durante cada fase do ciclo da cultura, o que determina a concentração de fertilizantes na água de irrigação, por sua vez, esta concentração deve ser suficiente para proporcionar a absorção dos nutrientes nas quantidades requeridas pelas plantas, sem causar o acúmulo de fertilizantes no solo (BLANCO; FOLLEGATI, 2002).

2.11. Produção de hortaliças em ambiente protegido

Ao longo da história, o clima da Terra tem sido continuamente sujeito a mudanças, as recentes mudanças climáticas (CC) decorrem da emissão de gases de efeito estufa (GEE), como dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4), pela indústria, pela agricultura e pela população (GRUDA; BISBIS; JOSEF TANNY, 2019). Além dos efeitos diretos sobre o bem-estar humano, os resultados do aquecimento global podem comprometer a sobrevivência de espécies que servem de alimento para o homem (BRUNELLI; GIORIA; KOBORI, 2017).

As hortaliças são sensíveis às variações meteorológicas, entre as quais se incluem oscilações de temperatura, umidade relativa do ar, ventos fortes e altos valores de radiação solar, os quais podem ocasionar efeitos negativos no crescimento das mudas, o que acontece devido a fragilidade das hortaliças nesta fase fenológica (ARRETA, 2022).

O desafio da produção agropecuária em países de clima tropical e subtropical, como o Brasil, é em decorrência das temperaturas elevadas que interferem na cultura, fazendo com que produtores optem pelo uso de ambientes protegido, recomenda-se o cultivo em ambiente protegido, em regiões com altas temperaturas, excesso de radiações períodos longos de chuvas, mudanças reduzir danos nos tecidos celulares de plantas em estado juvenil por estas temperaturas climáticas (COSTA et al., 2017).

Conforme os trabalhos de (COVOLAN et al., 2022; RODRIGUES; PRIMIERI, 2009; OLIVEIRA et al., 2012) obtiveram resultados satisfatórios no cultivo de hortaliças em ambiente protegido. O cultivo de uma determinada cultura em ambiente protegido proporciona uma variação ótima de luminosidade com outros fatores favoráveis, a fotossíntese é elevada, a respiração é normal e a quantidade de matéria seca acumulada é alta, esses benefícios à cultura podem ser viabilizados com o uso de tela de polipropileno que reduz a incidência direta dos raios solares, essa técnica pode ser considerado um manejo adequado de um dado cultivo, os rendimentos comerciais tendem a ser elevados (BEZERRA NETO et al., 2005).

Ferreira et al. (2019) produziram couve-flor em ambiente protegido, observaram que o cultivo em ambiente protegido é uma alternativa para o aumento da produção no estado do Pará, por apresentar uma série de vantagens para produção in natura e de boa qualidade.

O ambiente na estufa geralmente é mais favorável ao crescimento e produção das plantas, razão no qual produtores agrícolas recorrem a essa técnica devida as elevações bruscas de preços das hortaliças, normalmente causadas por tempestades climáticas (principalmente excesso de chuvas e incidentes), eventos estes passíveis de solução, quando se cultiva em estufa (VIDA et al., 2004).

Existem diferentes classificações para estufas, com base em: cobertura (tela porosa, plástico flexível, plástico rígido e vidro), forma e estrutura (túnel, vão plano, cumeeira e contígua), aquecimento (com ou sem ele) e controle climático e tecnologia utilizada (baixa ou alta tecnologia), o grau de tecnologia pode diferir entre produtores e regiões, mas quanto mais elevado for, mais despesas serão esperadas, oferecendo a oportunidade para um melhor controle climático e processos globalmente mais eficientes (GRUDA; BISBIS; JOSEF TANNY, 2019).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição da área de estudo

O experimento foi conduzido no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica), localizado no município de Seropédica-RJ (22°46'S; 43°41'W; 32 m de altitude). De acordo com Carvalho et al. (2007), o clima da região é classificado como Aw segundo Köppen, com chuvas no verão e temperaturas elevadas, e um inverno seco com temperaturas amenas.

O SIPA surgiu por intermédio do convênio entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Agrobiologia (EMBRAPA), a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO) como um espaço para a realização de experimentos em sistema de produção agroecológica.

3.2. Caracterização da estação de tratamento

Para a realização do trabalho usou-se água residuária da bovinocultura leiteira proveniente das atividades como limpeza do pátio e da lavagem dos equipamentos de ordenha da instalação zootécnica, localizada na fazendinha do km 47. A Unidade Piloto Tratamento (UPT) é composta por: esterqueira; tanque séptico; filtro biológico de fluxo ascendente, dois *Wetlands* Construídos do modelo fluxo horizontal subsuperficial, ambos cultivados com o capim Vetiver (Figura 3). A UPT é composta por duas fases de tratamento, sendo o primário ocorre do P1 até P3 e o secundário que ocorre nos *Wetlands* Construídos.

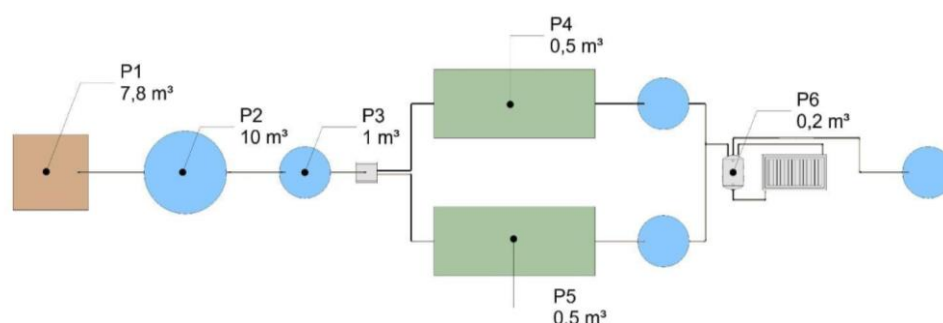


Figura 3. Esquema da UPT composto por: P1- Esterqueira; P2-Tanque séptico; P3-Filtro de fluxo ascendente; P4- SAC1; P5-SAC2 e P6- Boiler.

3.2.1. Tratamento primário

A esterqueira é o P1 da UPT (Figura 4), cuja a função é receber o efluente proveniente do curral do SIPA de forma gravitacional por meio de um sistema hidráulico composto por tubos PVC. A esterqueira consiste em um reservatório em alvenaria e concreto armado, com um volume total de 7,80 m³, proporcionados por 2,80 m de lados, e profundidade de 1,0 m.



Figura 4. Esterqueira, primeiro ponto da UPT, cuja finalidade é reservar o efluente proveniente do curral.

Com o auxílio de uma bomba do modelo SCHNEIDER BCA 1,5 cv o efluente é bombeado para o tanque séptico de 10.000 L (Figura 5), onde ocorre equalização das características físico-químicas da ARB, e ainda a retenção de sólidos em suspensão e degradação inicial da matéria orgânica.



Figura 5. Tanque séptico de 10.000 L, usado para suspensão de sólido e degradação da matéria orgânica.

O controle do fluxo de saída de P2 é realizado por meio de uma válvula de gaveta (1,0 m), conforme pode ser observado na Figura 6.



Figura 6. Sistema hidráulico utilizado para controlar a vazão do efluente do P2 para o P3.

Para o controle operacional da UPT, em P2, foi instalada uma mangueira transparente com diâmetro de 50 mm, com graduações a cada 50 L (Figura 7), na faixa entre os níveis máximo e mínimo de variação ($1,50 \text{ m}^3$) no interior de P2, acoplada a estrutura por meio de um flange a 0,20 m em relação ao fundo.



Figura 7. Mangueira transparente com 50 mm de diâmetro e com graduações a cada 50L.

O filtro anaeróbico (P3) de fluxo ascendente (Figura 8) constituído por reservatório de polietileno com capacidade de 1,0 m³, na qual foi instalado um fundo falso a 0,10 m de altura em relação ao fundo, por meio de chapas de alumínio armadas com ferro de 5 mm, com perfurações de ½", e apoiada sobre blocos de concreto, em que por meio de uma malha de tubulação (PVC 32 mm, predial soldável), uniformemente perfurada (furos de 8 mm) distribuía o efluente proveniente de P2.



Figura 8. Filtro biológico ascendente, constituído por brita.

3.2.2. Tratamento secundário

Em sistemas de tratamento de efluente é necessário que o sistema seja uniforme, de modo que todos os pontos funcionem de forma igual para que a eficiência do tratamento seja alcançada. Para que as vazões do efluente que saem do filtro biológico para os CWs fossem idênticas, foi instalado divisória (Figura 9) de material de polietileno no qual o efluente escoava pelas tubulações independentes de 32 mm, com controles por meio de válvulas de esfera.



Figura 9. Caixa divisória, responsável pela distribuição do efluente nos WCs.

Os WCs foram construídos em alvenaria, em trechos de 4,0 m para cada, de um canal trapezoidal desativado, cuja seção transversal útil do SAC apresentava (1,20 m x 0,50 m x 0,35 m), respectivamente a base maior, base menor e altura útil. Os leitos foram preenchidos por 0,35 m de brita, como material suporte/filtrante, e acima desta adicionada uma camada de 0,05 m de areia lavada. O canal utilizado, para implantação dos leitos, recebeu impermeabilização por meio de Geomembrana SANSUY (Figura 10)., de PVC com 2 mm de espessura e com geotêxtil na face externa.



Figura 10. Wetlands Construídos e cultivados com o capim vetiver.

A aplicação do efluente foi realizada por meio de tubulação janelada (furos de 5 mm), superficialmente paralela à seção transversal, no início do trecho impermeabilizado, acima de 0,10 m do material filtrante. Os WCs são alimentados todos os dias, cada um recebe 250L por dia, que totaliza 500L de água residuária tratada na Unidade Piloto de Tratamento diariamente.

3.3. Procedimentos metodológicos da UPT

A unidade de tratamento piloto foi projetada para ser alimentada diariamente com 500 L de efluente dividido 250L pelo período da manhã e tarde. Após reativação deu-se início ao monitoramento e ajustes no sistema para que o mesmo pudesse operar de forma eficaz.

Depois de quatro meses de monitoramento da UPT, fez-se as coletas das amostras do efluente em cinco pontos, em seguida foram levadas para o laboratório de Monitoramento Ambiental I – Água e Efluentes (LMAI) do Departamento de Engenharia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), onde foram analisadas os seguintes parâmetros: DQO, nitrogênio total, Nitrogênio Kjeldal, nitrato, nitrito, amônia, fósforo, sólidos suspensos totais (SST), turbidez, alcalinidade, salinidade, condutividade elétrica (CE), e potencial hidrogeniônico (pH), de acordo com as recomendações da *Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017). As amostras foram coletadas nos dias 7/09/23; 23/11/23 e 5/12/23.

3.4. Experimento em campo

Para a realização do processo da fertirrigação, utilizou-se a água residuária da bovinocultura leiteira tratada na Unidade Piloto de Tratamento (UPT) e foram selecionadas duas variedades de Beterraba (*Beta Vulgaris L.*) a vermelha (*Crosby Egyptian*) e a branca (*Saccharifera*), como mostra a (Figura 11) abaixo, o experimento foi realizado no período compreendido entre 17 de agosto a 17 de novembro de 2023.



Figura 11. Variedades de beterrabas vermelha (A) e branca (B) conforme as figuras A e B fertirrigadas com água residuária da bovinocultura leiteira.

O experimento foi realizado em vasos de 25L, em ambiente protegido. Os vasos foram preparados com brita, sombrite e o substrato (organossolo) que foi adquirido por intermédio da parceria do grupo de pesquisa de Engenharia de Monitoramento de Biosistemas (EMBIO) da Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRRJ e pesquisadores da EMBRAPA agrobiologia do estado do Rio de Janeiro no município de Seropédica.

As mudas utilizadas no experimento foram produzidas em bandejas de isopor no dia 24 de junho de 2023 em casa de vegetação no SIPA (Figura 12). O experimento foi conduzido em Delineamento Experimental Inteiramente Casualizado (DIC), com quatro tratamentos e seis reposições, foram 24 vasos para cada variedade que totalizou 48 plantas.



Figura 12. Preparação dos vasos (C e D) e produção das mudas (E) de beterrabas em bandeja de isopor de ac.

No experimento, o nitrogênio N foi considerado como o nutriente de referência. A aplicação das diferentes doses de N recomendadas às culturas fornecidas por meio da fertirrigação, foram calculadas de acordo com (Matos, 2006), conforme a equação 1.

$$TA_{AR} = 100 \frac{[N_{abs} - (T_{m1} \cdot MO \cdot \rho \cdot 10^7 \cdot 0,05 \cdot \frac{n}{12})]}{[T_{m2} \cdot N_{org} + (N_{amoniacal} + N_{nittrato})TR]}$$

Em que:

TA_{AR} = taxa anual de aplicação, $m^3 \cdot ha^{-1}$;

N_{abs} = absorção de nitrogênio pela cultura para obtenção da produtividade desejada $kg \cdot ha^{-1}$;

T_{m1} = taxa anual de mineralização da matéria orgânica anteriormente existente no solo, $kg \cdot kg^{-1}$;

MO = conteúdo da matéria orgânica no solo, $kg \cdot kg^{-1}$;

ρ = massa específica do solo, $ton \cdot m^{-3}$;

n = número de meses de cultivo da cultura;

T_{m2} = taxa anual de mineralização do nitrogênio orgânico, $kg \cdot kg^{-1}$;

N_{org} = nitrogênio orgânico disponibilizado pelo resíduo aplicado, $mg \cdot L^{-1}$;

$N_{amoniacal}$ = nitrogênio amoniacal disponibilizado pelo resíduo aplicado, $mg \cdot L^{-1}$;

$N_{nittrato}$ = nitrogênio nítrico disponibilizado pelo resíduo aplicado, $mg \cdot L^{-1}$; e

TR = taxa de recuperação de nitrogênio mineral pela cultura, $kg \cdot kg^{-1} \cdot Ano^{-1}$

As doses de ARB, calculadas em função das doses de N (%), em que a referência utilizada (100% N) foi de 90 kg. ha⁻¹, as doses foram designadas por tratamento (T). Para o presente trabalho foram aplicados quatro tratamentos: (T1, T2, T3 e T4) conforme exposto na Tabela 3. Para que a umidade dos vasos T2 e T3, fossem iguais a T1 e T4, foram completadas com água de abastecimento, visto que o T4 é o tratamento padrão. O início da aplicação dos tratamentos se deu após 7 dias do transplante das mudas até o período da colheita, as mesmas eram aplicadas diariamente no período da manhã de forma manual com ajuda de um copo de medida de 500 mL.

Tabela 4. Descrição dos tratamentos com água residuária bovina (ARB) e água de abastecimento (Abast), utilizadas na fertirrigação da cultura da beterraba com efluente da bovinocultura leiteira tratada em *Wetland* Construído cultivado com capim Vetiver.

Tratamentos	Descrição	Porcentagem (%)
T1	120mL de água de ABSt	0
T2	800mL de água de Abss+400mL de ARB	33
T3	400mL de água Abst +800mL de ARB	66
T4	1200 mL de ARB	100

3.5. Variáveis relacionadas à cultura

Após 90 dias do transplante (DAT), as beterrabas foram colhidas, nesse processo analisou-se variáveis como número de folhas (NF), comprimento das folhas (CF), massa fresca (MF) e o diâmetro do bulbo (DB). Todas as beterrabas foram pesadas em uma balança de precisão de 0,01 g, a altura das folhas por planta foi medida por intermédio de uma régua e quanto a medição do diâmetro, usou-se o paquímetro. Em seguida as amostras foram colocadas em sacos de papel Kraft mix de 2 kg e encaminhadas para o laboratório analítico de alimentos e bebidas LAAB/UFRRJ, onde realizou-se as análises microbiológicas.

3.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância ANOVA ($p \leq 0,05$) de significância pelo teste de Tukey e testados por modelos de regressão polinomial. A escolha dos modelos foi importante na significância estatística e no ajuste do coeficiente de determinação (R^2). As análises foram realizadas por intermédio do software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011) e análise de regressão foi realizada em planilha eletrônica.

3.7. Procedimentos laboratoriais para análise microbiológica (*E. Coli* e *Salmonella* spp.)

As amostras foram coletadas e encaminhadas para o Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), onde foi realizada a análise microbiológica de acordo com *American Public Health Association* (APHA, 2015). Para a contagem de *E. coli* foi utilizado o método do Número Mais Provável (NMP) APHA 9:2015, baseado em teste presuntivo em 3 séries de 3 tubos contendo Caldo Lauril Sulfato Triptose (diluições seriadas) com tubos de Durham, incubados a $35\pm0,5^{\circ}\text{C}$ por 24 a 48 ± 2 horas, seguido, quando positivos (turbvação e produção de gás), de inoculação em caldo seletivo (Caldo *E. coli*), incubado a $45,5\pm0,2^{\circ}\text{C}$ por 24 a 48 ± 2 horas, em seguida foi realizada leitura dos tubos positivos e os resultados aplicados à Tabela de NMP para obtenção dos resultados para contagem de coliformes a 45°C .

Para a contagem de *E. coli*, prosseguiu-se a análise. De cada tubo positivo no caldo *E. coli*, retirou-se uma alçada, transferindo-a para ágar seletivo diferencial (Ágar Levine Eosina Azul de Metileno), incubado a 35°C por 24 horas observando o desenvolvimento de colônias típicas de *E. Coli* (nucleadas com centro preto e brilho metálico).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Caracterização físico-química do efluente

Tabela 5. Resultado das análises físico-química do efluente da bovinocultura leiteira usado na fertirrigação da beterraba.

Parâmetros	Valor médio
Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg. L ⁻¹)	90,62
Nitrito (mg. L ⁻¹)	0.03
Nitrato (mg. L ⁻¹)	0,88
Nitrogênio total (mg. L ⁻¹)	67,8
Amônia (mg. L ⁻¹)	25,2
Fósforo (mg. L ⁻¹)	2,1
Alcalinidade (mg. L ⁻¹)	380
pH	7,53
CE (μS/cm)	886,1
Turbidez	50,6

4.1.1. Crescimento da cultura

Na Tabela 5 e 6 constam os dados dos valores médios de massa fresca do bulbo (MFB), número de folhas (NF), altura da planta (AP) e diâmetro do bulbo (DB), esses valores foram obtidos a partir do teste de Tukey com 5% de significância. De acordo com os valores apresentados na Tabela 5, apresenta que ocorreu diferença significativa na variável MFB e quanto as outras variáveis NF, AP e DB não ocorreu diferença significativa. Na Tabela 6, não ocorreu diferença significativa em nenhuma variável analisada, os mesmos resultados podem ser observados por intermédio dos gráficos abaixo apresentam os valores de cálculo de regressão de cada variedade.

Tabela 6. Valores médios de massa fresca do bulbo (MFB), número de folhas (NF), altura da planta (AP) e diâmetro do bulbo (DB) da beterraba roxa fertirrigadas com água residuária da bovinocultura leiteira tratada.

TRATAMENTOS	MFB(g)	NF	AP (cm)	DB (mm)
T1	313,911 a1 a2	11,333 a1	41,833 a1	82,055 a1
T2	177,953 a1	7,666 a1	35,583 a1	68,621 a1
T3	463,686 a2	10,000 a1	34,166 a1	92,580 a1
T4	364,458 a1 a2	10,666 a1	41,166 a1	86,438 a1

Tabela 7. Valores médios de massa fresca do bulbo (MFB), número de folhas (NF), altura da planta (AP) e diâmetro do bulbo (DB) da beterraba branca fertirrigadas com água residuária da bovinocultura leiteira.

TRATAMENTOS	MFB(g)	NF	AP (cm)	DB (mm)
T1	247,390 a1	13,833 a1	28,333 a1	78,818 a1
T2	219,985 a1	10,666 a1	26,000 a1	73,231 a1
T3	174,166 a1	13,500 a1	31,333 a1	62,516 a1
T4	248,093 a1	11,166 a1	23,500 a1	51,340 a1

O modelo polinomial que melhor se ajustou ao comportamento do número de folhas em função dos tratamentos foi a cúbica. Na Figura 13 observou-se uma única curva de regressão da média do número de massa fresca de bulbo (MFB), número de folhas (NF), altura da planta (AP) e O diâmetro do bulbo (DB) da variedade roxa, enquanto que o Figura 14, apresenta os valores de regressão da variedade branca.

De acordo com os valores da regressão contidas gráficos entre as duas variedades, nota-se que na beterraba roxa atingiu o valor máximo da MFB com o T3, já na beterraba branca foi com o T4, para a variável NF, o maior valor para a beterraba roxa e branca se deu com o T1, quanto a variável (AP), observou-se que o maior valor foi obtido com o T1 na beterraba roxa e T3 para a branca e quanto ao DB, o maior valor foi obtido usando o T3 e T1 para a beterraba branca.

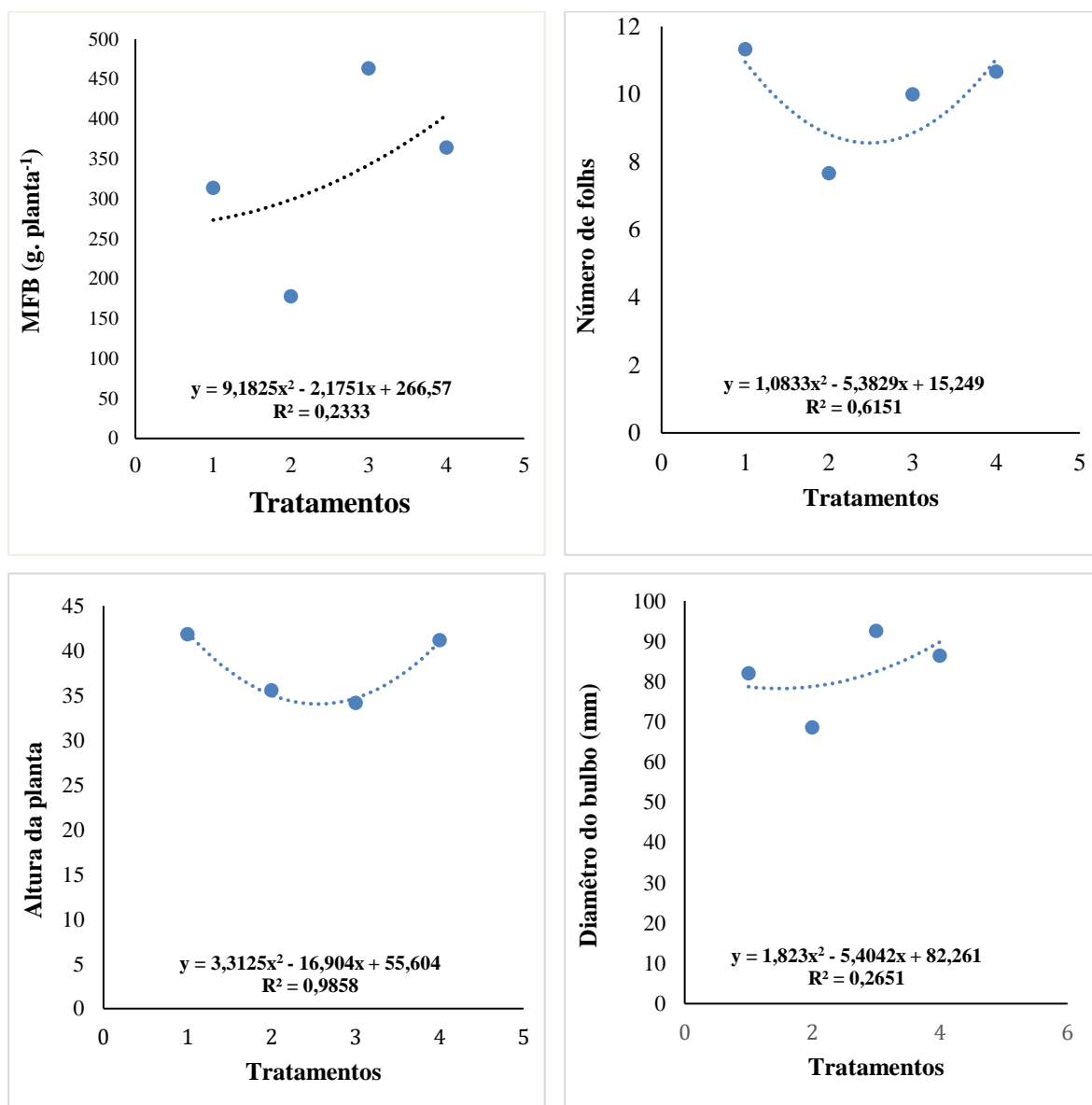


Figura 13. Valores de regressão das variáveis (MFB), (NF), (AP) e (DB) da beterraba roxa fertirrigada com água residuária da bovinocultura leiteira.

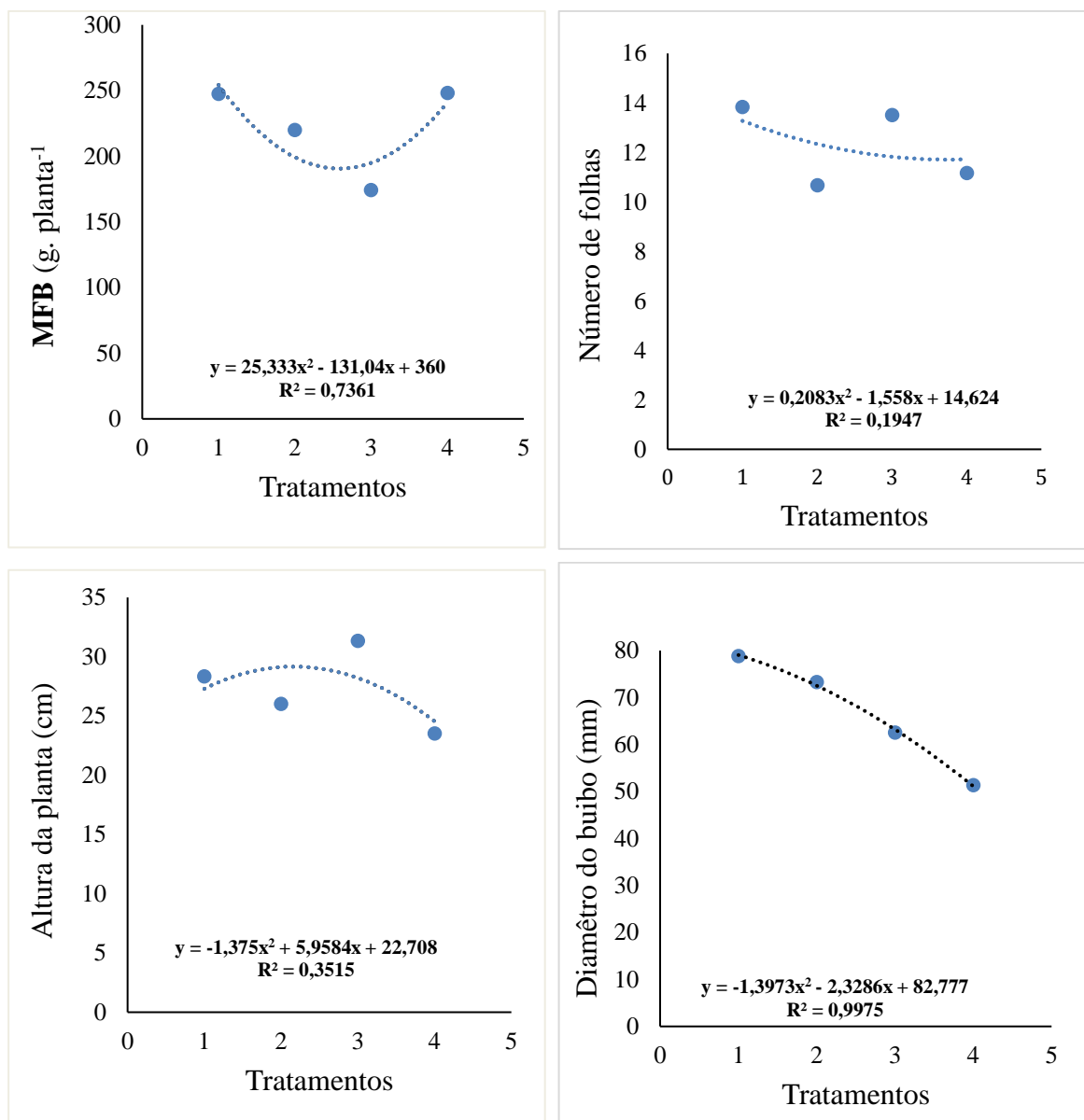


Figura 14. Valores de regressão das variáveis (MFB), (NF), (AP) e (DB) da beterraba branca fertirrigada com água residuária da bovinocultura leiteira.

De acordo com os valores que constam na Tabela 4 da beterraba roxa mostra que ocorreu diferença significativa na variável MFB, em relação a outras variáveis analisadas. As menores médias das dentre as quatro variáveis analisadas foram observadas no T2, sendo que as maiores médias foram registradas no T4. Na Tabela 5, das variáveis da beterraba branca, as maiores médias foram observadas no T1, exceto na variável MFB que a maior média foi obtida no T4 num valor de 248,093 g. planta⁻¹.

Quando comparada as duas Tabelas 4 e 5 nota-se que as maiores médias em relação a MFB, AP e DB estão expostas na Tabela 4 da beterraba roxa, porém, a maior média da beterraba branca em relação a beterraba roxa foi na variável NF com a média de 13.833

números de folhas. Ambas as variedades responderam de forma positiva quando submetida aos quatros tratamentos com água residuária da bovinocultura leiteira tratada em sistema de *Wetland* Construídos.

De acordo com Santos (2019), a incorporação de fontes orgânicas como cobertura morta e água residuária tratada contribui para o desenvolvimento da cultura. No trabalho realizado por Dantas et al. (2014) sobre a cultura da beterraba fertirrigada com água residuária da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), não apresentou interferência sobre as características agronômicas da cultura e não ocorreu diferença significativa quanto a 5% de probabilidade quando essas submetidas ao teste de Tukey.

4.1.2. Massa fresca do bulbo (MFB)

De acordo com os resultados da (MFB) exposto na tabela 5, é possível constatar que existe diferenciação significativa no nível de 5% por efeito das doses, entre as doses de N, os resultados da massa fresca do bulbo da beterraba apresentaram diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5%, evidenciando que a cultura da beterraba respondeu de forma significativa aos tratamentos, conforme exposto na tabela 6. A maior média de 463, 686 g. planta⁻¹ para a beterraba roxa e 248, 093 g. planta⁻¹ para variedade branca e a menor média foi observada no T2 da beterraba roxa, sendo que para a branca foi observada no T3.

O resultado do presente trabalho corrobora com o trabalho realizado por Jorge (2018) sobre a fertirrigação da alface com água residuária da bovinocultura leiteira tratada em uma UPT, onde constatou-se que a aplicação da dose maior resultou em maior produção de massa fresca. O mesmo diverge com os trabalhos realizados por (RAMOS, 2022; NETO, 2015) que ao utilizarem água residuária constataram que as maiores aplicação de doses de N não resultaram em maior produtividade de massa fresca.

Rodrigues et al. (2011), realizaram trabalho onde analisaram os efeitos de fertirrigação com águas residuárias de laticínio e frigorífico no solo e na produtividade da alface, constataram que ocorreu diferença significativa entre os valores médios da massa fresca da cultura. Os mesmos autores realçam que os efeitos positivos encontrados na produção média pela fertirrigação com águas residuárias demonstram que o uso dessas águas de qualidade inferior, como fonte de nutrientes em hortaliças, deve continuar a ser investigado.

Quanto ao trabalho realizado por Dagnaisser (2023) sobre uso da biomassa de microalgas cultivadas em águas residuárias da bovinocultura para produção de rúcula,

ocorreu variação significativa nos valores médios relacionados com o número de massa fresca, sendo que T1 foi superior a T2 e T3.

De acordo com o trabalho realizado por Aguiar et al. (2021), onde objetivou avaliar diferentes manejos de adubação nos aspectos quantitativos e qualitativos na cultura da beterraba, os valores obtidos da massa seca do bulbo foram menores em relação aos valores do presente trabalho. Portanto, é possível notar o potencial das hortaliças e frutíferas quando fertirrigadas com os efluentes tratados. Para Nascimento et al. (2018), a utilização de águas residuárias tratadas na agricultura irrigada pode fornecer nutrientes essenciais para o desenvolvimento agrônomo das plantas, possibilitando dessa forma, a substituição total ou parcial dos fertilizantes químicos.

4.1.3. Número de folhas (NF)

De acordo com Sousa (2022), o aumento no número de folhas em uma espécie contribui para o aumento da taxa fotossintética, favorecendo seu desenvolvimento. Os resultados logrados pelo mesmo autor acima citado no que diz respeito a produção de rabanete com água residuária tratada, apresentou resultado significativo que corrobora com o atual trabalho número.

Para os valores médios do (NF) não ocorreu diferença entre os tratamentos T3 e T2, mas ocorreu diferença entre os tratamentos T1 e T2, sendo que na beterraba branca não houve diferença entre o T1 e T3. Os valores obtidos por Neto (2015), corroboram com os resultados obtidos neste trabalho, onde não foi observada diferença significativa para o número de folhas aos, 24, 44 e 64 DAS para os tratamentos que receberam A1, A2 e A3 com níveis de 0, 30, 60, 90% de N respectivamente, apresentando diferença somente aos 55 DAS para o número de folhas no tratamento ao empregar 120% da dose de N.

Santos (2019) constatou que ocorreu diferença significativa quanto ao número de folhas na beterraba quando realizou trabalho sobre reuso de água residuária tratada no cultivo de hortaliças. Souza et al. (2005), observaram que houve diferença significativa quanto aos valores do número de folhas do pimentão fertirrigado com água residuária tratada. As equações de ajuste das curvas de regressão de variações de área foliar da cultura do pimentão seguiram modelo polinomial, conforme dados descritos na figura 4.

Os valores das médias do número de folhas obtidos no trabalho de Tullio et al. (2013), onde os mesmos avaliaram as respostas produtivas de beterraba cultivada em ambiente natural e sob túnel com malha de sombreamento durante a época de verão, foi menor quando

comparados com os valores médios expostos na tabela de análise de variância da presente pesquisa.

No trabalho realizado por Tavares et al. (2020) avaliou-se crescimento e produção de pimentão utilizando água residuária doméstica tratada, constatou-se que o maior número de folhas foi obtido com concentrações de esgoto doméstico tratado, promoveram incremento linear no NF do pimentão, chegando a atingir o número máximo de folhas (41 folhas) na concentração de 100% do efluente, pois o mesmo ocorreu no presente trabalho, o T4 é 100% água residuária e proporcionou maiores médias.

De acordo com os valores das médias dos dois trabalhos é possível perceber que quanto maior a dose do tratamento, maior são os números de folhas. Estes resultados podem ser designados ao fato do efluente utilizado ser rico em nitrogênio (N). Segundo Rigon et al. (2011) o nitrogênio é o nutriente com maior relação ao incremento produtivo, devido à alta absorção e necessidade da planta, funcionalidade bioquímica e fisiológica e favorece o desenvolvimento vegetativo das plantas, como foi observado nesta pesquisa.

Freitas et al. (2010) ao usarem várias lâminas de água residuária na irrigação, observou-se tal como os compostos nitrogenados, os outros compostos presentes na água residuária podem proporcionar melhor desempenho quanto ao número de folhas. Ainda, os mesmos autores constataram que, assim como as doses de nitrogênio, as lâminas de irrigação não influenciaram significativamente no número de folhas por planta e as maiores médias de número de folhas por planta com valor de aproximadamente 25 folhas, foram obtidas com o uso de água de esgoto.

4.1.4 Altura da planta (AP)

O nitrogênio contribui para o aumento da produtividade das culturas por promover maior desenvolvimento da planta. De acordo com a análise de variância da tabela 12 e 13 não se verificou o efeito significativo de 5% de probabilidade para altura das plantas, com relação aos tratamentos. No Trabalho realizado por (SALES; ROMÁN, 2019) que utilizaram água residuária para fertirrigação da cebolinha, constatou-se que as plantas que receberam 100% de água residuária apresentaram maior altura dentre os demais tratamentos.

De acordo com a pesquisa realizada por Silva (2014), observou-se que o tipo de água não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) para as plantas cultivadas em Latossolo Vermelho, no entanto, observa-se que nos tratamentos com substrato e água de poço os valores da altura das plantas foram inferiores aos valores das plantas com água residuária e substrato. O mesmo foi observado na presente pesquisa, as culturas obtiveram resultados

maiores em relação às médias da altura das plantas quando submetidas ao tratamento com água residuária.

Já era esperado que as culturas submetidas a fertirrigação com água residuária apresentariam melhores resultados, devido a quantidade de nutrientes presentes nos efluentes. Conforme Sousa (2019), as águas residuárias são fontes alternativas viáveis para suprir as necessidades hídricas e, em grande parte, nutricionais por conter macro e micronutrientes essenciais para as plantas.

4.1.4 Diâmetro do bulbo (DB)

Apenas utilizando água residuária, foi possível obter resultados satisfatórios em relação ao diâmetro do bulbo da beterraba, assim como pode ser observado na tabela 2 da análise da variância. Segundo o trabalho realizado por Barreto et al. (2013) que objetivou avaliar a produtividade e qualidade da beterraba em função da aplicação de doses de nitrogênio no sistema convencional não ocorreu influência das doses de nitrogênio para o peso médio das raízes de beterraba não foi significativa para dose e interação, mas quando comparados com as beterrabas cultivadas no presente experimento em sistema orgânico, nota-se que os diâmetros maiores foram observados no atual trabalho.

Guedes (2012), afirma que Uma das vantagens óbvias da fertirrigação é a possibilidade de se subdividir a adubação ao longo do ciclo da cultura visando otimizar a utilização dos nutrientes pelas espécies agrícolas ao disponibilizá-los no momento mais adequado em comparação à adubação convencional, a fertirrigação permite ajustes finos de acordo com as fases de desenvolvimento das plantas.

De acordo com os valores da média da variância resultantes do teste de Tukey a 5% de significância é possível perceber que não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos quanto ao diâmetro do bulbo, maior destaque das médias para a variedade roxa com 92,580 mm. Os valores do diâmetro do bulbo observados por Silva et al. (2016) resultante do trabalho intitulado Produção de beterraba em função de doses de torta de mamona em cobertura, o menor valor do diâmetro do bulbo foi quando os autores utilizaram adubação inorgânica que foi de 62,64 mm valor igual e sem a adubação inorgânica no plantio foi de 65,52 mm menor aos tratamentos T1, T2 e T4 do presente trabalho.

Oliveira et al. (2021) avaliou o crescimento e fitomassa de batata-doce irrigada com água residuária tratada averiguou-se que os valores médios do diâmetro da batata não sofreram efeito significativo ($p < 0,01$; $p < 0,05$) pelo teste F. Os autores acima citados,

recomendam o uso da água residuária no cultivo da batata-doce, pois não influencia nas características agronômicas da cultura.

4.2. Análise microbiológica para os aspectos sanitários da beterraba

Geralmente os microrganismos (patógenos) sobrevivem por um período de tempo menor na superfície das culturas em relação no solo e água, podem se hospedar em copas, fendas, hastes e talos que os protege das condições ambientais que possa comprometer a sua sobrevivência como irradiação solar, dessecação e altas temperaturas, sendo assim, pode ocorrer a contaminação e inviabilizar o consumo da cultura, normalmente as hortaliças e frutas podem ser contaminadas por *Salmonella spp* e *E. Coli*.

A evidência da presença dos agentes patogênicos no efluente é tecnicamente difícil, razão no qual utiliza-se métodos indiretos na investigação da poluição de origem fecal, no entanto, faz-se pesquisas sobre bactérias indicadoras de poluição fecal, para a identificação dessas bactérias são feitas pesquisas de forma rotineiras do grupo de coliformes, tendo em conta que elas estão presentes quando ocorre poluição de origem fecal e ausentes quando não ocorre contaminação do gênero (PARADELA et al., 2006).

Os indicadores microbiológicos *E. Coli* e *Salmonella* são considerados referência mundial para alimentos e efluentes. No presente estudo foram observadas a ausência da *Salmonella* e a quantidade de < 3 NMP. g⁻¹ de *E. Coli* em todos os tratamentos, conforme mostra a Tabela 7.

De acordo com Souza et al. (2005), Organismos patogênicos presentes nos esgotos não penetram no tecido vegetal, a não ser que a planta esteja danificada, mas alguns patógenos podem ser encontrados na superfície das plantas fertirrigadas com esgotos tratados, sendo que a sobrevivência dos microrganismos depende de fatores como luz solar, temperatura e umidade relativa do ar, entre outros.

Tabela 8. Resultado da análise sanitária para identificação da presença de *E. Coli* e *Salmonella* na cultura de beterraba submetida ao processo de fertirrigação com água residuária da bovinocultura tratada em uma UPT com quatro tratamentos.

Concentrações	T1	T2	T3	T4
<i>E. Coli</i> (NMP/g)	> 3	> 3	> 3	> 3
<i>Salmonella</i> (ausência em 25g)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

A análise microbiológica é utilizada para determinar o risco que um determinado alimento pode representar para a saúde dos consumidores, para poder identificar os organismos presentes (Ramos, 2021). Tendo em conta que a presença dos microrganismos pode comprometer o uso das águas residuárias na agricultura irrigada. Segundo Hussar et al. (2005), descrevem que a transmissão de doenças pode ocorrer pelo contato direto com a água residuária ou em decorrência do consumo de alimentos contaminados.

Os resultados obtidos foram comparados com os padrões legais sobre aspectos sanitários de acordo com a Instrução Normativa- IN° 161, de julho de 2022 estabelecidos pela ANVISA. Sendo assim, foi possível constatar que o efluente da bovinocultura leiteira usado como biofertilizante líquido na fertirrigação da cultura, não apresentou nenhuma interferência microbiológica na beterraba.

De acordo com Carvalho et al. (2013), a menção de contagem $< 3 \text{ NMP/g}^{-1}$ para a metodologia convencional, indica que os tubos inoculados não apresentam resultados positivos que possam influenciar na contaminação do produto, podendo afirmar que não há presença de coliformes fecais por g de produto.

É extremamente importante compreender que presença de um microrganismo patogênico não necessariamente implica na transmissão de doenças, mas pode ser considerado como um risco, na verdade, o risco real para que uma pessoa possa ser contaminada depende vários fatores como resistência dos microrganismos ao longo do tratamento do efluente, condições ambientais do local em que localiza-se a unidade de tratamento, a quantidade da dose infectante e a patogenicidade dos agentes infecciosos e o grau de exposição humana com os agentes de transmissão (CARVALHO et al., 2013).

Os resultados obtidos na Tabela 6 do presente estudo corroboram com as observações realizadas por Jorge et al. (2022), quando os autores constataram a ausência de Salmonella e para E. Coli o valor foi de $< 3 \text{ NMP. g}^{-1}$ em todas as amostras analisadas de cenoura submetida ao processo de fertirrigação com água residuária da bovinocultura leiteira tratada em uma UPT. Os mesmos autores alegam que o produto apresentou qualidades sanitárias suficientes para o consumo humano e o aproveitamento dos efluentes pode contribuir na redução de riscos ambientais e nos gastos com a compra de fertilizantes.

Quanto ao estudo realizado por Dantas (2015), não foi constatada a presença de Salmonella e o valor da E. Coli foi de $< 3 \text{ NMP. g}^{-1}$ no cultivo de beterraba e cenoura fertirrigados com água residuária doméstica tratada e de acordo com os autores, os produtos não apresentaram nenhum risco de saúde para o ser humano, pois estavam de acordo com a

legislação da ANVISA. De acordo com Marques et al. (2022), as características do efluente final demonstram que após o tratamento pode haver decaimento dos microrganismos, é importante realçar a eficiência no funcionamento de todas etapas de tratamento.

No estudo realizado por Ramos (2021), no cultivo de couve manteiga irrigada com água residuária, os resultados obtidos de coliformes totais (NMP/g⁻¹) e de Salmonella nas Concentrações: T1(100% água da concessionária), T2 (50% água da concessionária + 50% água residuária), T3(100% água residuária), foram iguais ao resultado obtido no presente trabalho.

O resultado do presente trabalho foi obtido por Souza (2022), quando usou água residuária do esgoto doméstico tratado com biocarvão de bagaço de laranja para fertirrigar a cultura da alface. Para Jesus et al. (2020), a qualidade do efluente é uma questão relevante, pois a baixa qualidade do efluente, pode favorecer a introdução de microrganismos patogênicos em produtos durante a pré e pós-colheita, sobretudo hortaliças, plantas que emitem ramos rastejantes ou os frutos se desenvolvam próximo ao solo.

5 CONCLUSÕES

Portanto, a avaliação dos parâmetros físico-químicos analisados demonstrou eficácia do manejo da fertirrigação, dando resposta de que é possível suprir a necessidade nutricional e hídrica da cultura da beterraba usando efluente tratado, sem a necessidade de usar fertilizantes minerais. Quanto aos os resultados das análises microbiológicas (E. coli e Salmonella) realizadas para avaliar os aspectos sanitários das beterrabas, foram inferiores aos parâmetros estabelecidos pela Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA). Os resultados obtidos podem contribuir na realização de novos trabalhos que visem a o aproveitamento dos efluentes tratados na agricultura irrigada.

6 REFERÊNCIAS

ADRADOS, B; ARIAS, C.A; PEREZ, L.M; CODONY, F; BÉCARES, E; BRIX, H; MORATÓ, J. Comparação da eficiência de remoção de micróbios patogênicos em quatro tipos de sistemas de tratamento de águas residuais na Dinamarca. **Engenharia Ecológica**, v. 124, pág. 1-6, 2018.

Agência Nacional de Águas (Brasil). ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores / Agência Nacional de Águas. – Brasília: ANA, 2019.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. -- Brasília: ANA, 2022.

ANA – Agência Nacional De Águas (Brasil). (2018). Contas econômicas ambientais da água no Brasil, 2013–2015. Brasília: ANA, IBGE, SRHQ.

AGUIAR, F. R.; FRANÇA, A. C; CRUZ, R. de S; SARDINHA, L. T; MACHADO, C. M. M.; FERREIRA, B. de O; ARAÚJO, F. H. V. Produção e qualidade de beterrabas submetidas a diferentes manejos de adubação e efeito residual na produção de milho cultivado em sucessão. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 060–070, 2021.

ANDRADE, L. R. S. **Sistema alternativo de tratamento de águas residuárias destinadas ao reúso agrícola**. Campina Grande, 2021. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2021.

AQUASTAT. n.d. Aquastat: FAO's Global Information System on Water and Agriculture. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). www.fao.org/aquastat/en/ (Accessed in November 2022).

ARAUJO, B. M. **Avaliação da aplicabilidade da filtração terciária para condicionamento de efluente secundário a desinfecção por radiação Ultravioleta**. Dissertação (Mestrado)- Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2019.

AZIZ, A; BASHEER, F; SENGAR, A; IRFANULLAH; KHAN, S. U; FAROOQI, I. H. Biological wastewater treatment (anaerobic-aerobic) technologies for safe discharge of treated slaughterhouse and meat processing wastewater. **Science of the Total Environment**, v. 686, p. 681-708, 2019.

BARRETO, C. R; ZANUZO, M. R; WOBETO, C; DA ROSA, C. C. B. Produtividade e qualidade da beterraba em função da aplicação de doses e nitrogênio. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 16, n. 1, p. 145-158, 2013.

BEZERRA NETO, F; ROCHA, R. C. C; NEGREIROS, M. Z. D; ROCHA, R. H. C; QUEIROGA, R. C. F. D. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 189-192, 2005.

BICUDO, C. E; M. TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B. Águas do Brasil: análises estratégicas. São Paulo, **Instituto de Botânica**, 2010.

BIN, M; SHANYUN, W; SHENBIN, C; YUANYUAN, M; FANGXU, J; RUI, D; YONGZHEN, P. Biological nitrogen removal from sewage via anammox: Recent advances, **Bioresource Technology**, Volume 200, 2016.

BLANCO, F. F; FOLEGATTI, M. V. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 6, p. 251-255, 2002.

BON, D. C; OKADA, D. Y; CONEGLIAN, C. M. R. Benefícios da inoculação de aditivo biológico no tratamento de efluentes da indústria de reciclagem de papel. **Journal of Water Process Engineering**, v. 50, p. 103269, 2022.

BORDALO, C. A. L. A “CRISE” MUNDIAL DA ÁGUA VISTA NUMA PERSPECTIVA DA GEOGRAFIA POLÍTICA. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 66-78, 2012.

BRASIL, M. S; MATOS, A. T; SOARES, A. A; FERREIRA, P. A. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos, utilizados no tratamento de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. suplemento, 2005.

BRUNELLI, K. R; GIORIA, R; KOBORI, R. F. Influência da situação global na quebra da resistência genética a doenças em vegetais. **Global Aquecimento e Problemas Fitossanitários**, p. 159, 2017.

BULKOWSKA, K; MIKUCKA, W; POKÓJ, T. Aprimoramento da produção de biogás a partir de esterco bovino utilizando fase glicerina como co-substrato na digestão anaeróbia. **Combustível**, v. 317, pág. 123456, 2022.

CAPELLARI, A; CAPELLARI, M. B. A água como bem jurídico, econômico e social. A necessidade de proteção das nascentes. **Cidades. Comunidades e Territórios**, n. 36, 2018.

CARLÃO, L. F. B. A escassez de água no mundo não é mais uma hipótese ou teoria: é o alerta para a mudança do modelo de desenvolvimento humano. **LEOPOLDIANUM**, v. 44, n. 123, p. 11-11, 2018.

CASLAKE, L. F; CONNOLLY, D. J; MENON, V; DUNCANSON, C. M; ROJAS, R; TAVAKOLI, J. Desinfecção de água contaminada por meio de irradiação solar. **Microbiologia aplicada e ambiental**, v. 70, n. 2, pág. 1145-1151, 2004.

CEZAR, I. M; QUEIROZ, H. P. THIAGO, L. D. S; GARAGORRY, F. L; Costa, F. P. **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2005., 2005.

CHIMUCA, J. F. J; SOUSA, J. T; LOPES, W. S; LEITE, V. D; CANTO, C. S. A. Tratamento descentralizado de esgoto doméstico em biorreator dinâmico de membrana. **Dessalination and Water Treatment**, 197, 76-89, 2020.

COSTA, E; SANTO, T; BATISTA, T. B; CURI, T.M.R.C. 2017. Diferentes tipos de ambiente protegidos e substratos na produção de pimenteiras. **Horticultura Brasileira** 35: 458-466.

COSTA, R. D. A; MATOS, M. P. D; MATOS, A. T. D; SPERLING, M. V. Comportamento hidrodinâmico de sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial de diferentes proporções geométricas e tempos de operação. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, p. 83-91, 2019.

COVOLAN, A. R; FERREIRA, T. C; GOMES, E. R. Influência do ambiente protegido no cultivo da alface em adubação orgânica e convencional. **Energia na Agricultura**, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 76–84, 2022.

DAGNAISSER, L. S. **Uso da biomassa de microalgas cultivadas em águas residuárias da bovinocultura para produção de rúcula (Eruca vesicaria (L.)).** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

DOTRO, G; LANGERGRABER, G; MOLLE, P; NIVALA, j; PUIGAGUT, J; STEIN, O; VON ESPERLING, M. **Biological wastewater treatment series: treatment wetlands.** Ed7. UK: IWA Publishing, 2017.

DUARTE, J. B. **Tratamento de água residuária de bovinocultura de leite, utilizando sistema piloto de tratamento de efluente.** 2019. 58p. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

EBRAHIMIAN, H.; KESHAVARZ, MR; PLAYÁN, E. Surface fertigation: a review, gaps and needs. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v. 12, n. 3, p. 820-837, 16 July 2014.

ENSINK, J. H; VAN DER HOEK, W; MATSUNO, Y; MUNIR, S; ASLAM, M. R. **Uso de águas residuais não tratadas na agricultura periurbana no Paquistão: riscos e oportunidades.** IWMI, 2002.

FANISH, S. A; MUTHUKRISHNAN, P.; SANTHI, P. Effect of drip fertigation on field crops-a review. **Agricultural Reviews**, v. 32, n. 1, 2011.

FELIZATTO, M. R. **Reúso de água em Piscicultura no Distrito Federal: Potencial para pós-tratamento de águas residuárias associado à produção de pescado.** Dissertação de Mestrado- Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 175p. 2000.

FERREIRA DARNET, L. A; POCCARD-CHAPUIS, R. J. M; CLAUDINO, L. S. D; CARVALHO, S. A. Aptidões biofísicas e intensificação agroecológica da pecuária leiteira em assentamentos da Amazônia brasileira. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S. l.], v. 25, p. e01.

FERREIRA, A. R; LIMA JÚNIOR, J. A.; OLIVEIRA, P. D; AVIZ, W. L. C; SANTOS, H. C. A. Desempenho produtivo de couve-flor submetida a diferentes manejos de irrigação e

doses de boro em ambiente protegido. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 5, p. 440-451, 2019.

GARCÍA-FERNÁNDEZ, I; FERNÁNDEZ-CALDERERO, I; POLO-LÓPEZ, M. I; FERNANDEZ-IBANEZ, P. Disinfection of urban effluents using TiO₂ solar photocatalysis: A study of the significance of dissolved oxygen, temperature, type of microorganism and water matrix. **Catalysis Today**, v. 240, p. 30-38, 2015.

GOMES NOGUEIRA, R. E; DAMIN, S; MAGGI, M. F; SANTOS LIMA, A. D; JADOSKI, S. O. Destinação dos resíduos sólidos de atividade agropecuária e riscos de poluição ambiental na comunidade do município de Cascavel-Paraná. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada à Ciência Agrária/Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 3, 2015.

GÓMEZ ARRIETA, R. **Manejo da irrigação por lisimetria de pesagem na produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2022.

GRUDA, N; BISBIS, M; TANNY, J. Impacts of protected vegetable cultivation on climate change and adaptation strategies for cleaner production - a review. **Cleaner Production Journal**, v. 225, p. 324-339, 2019.

GUTIÉRREZ-ALFARO, S; RUEDA-MÁRQUEZ, J. J, PERALES, J. A; MANZANO, M. A. Combinação de tecnologias baseadas no sol (microalgas e desinfecção solar) para regeneração de águas residuais urbanas. **Ciência do Meio Ambiente Total**, v. 619, p. 1049-1057, 2018.

HOSTIOU, N; VEIGA, J. B; TOURRAND, J. F. Dinâmica e evolução de sistemas familiares de produção leiteira em Uruará, frente de colonização da Amazônia brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, n.2, p. 295-311, 2006.

HUSSAR, G. J; PARADELA, A. L; BASTOS, M. C; REIS, T. K. B; JONAS, T. C; SERRA; GOMES, J. P. Efeito do uso do efluente de reator anaeróbio compartimentado na fertirrigação da beterraba. **Engenharia Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 35-45, 2005.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **IPEA** 2022.

JESUS, F. L. F; SANTOS, O. N. A; TALAMINI JUNIOR, M. V.; GOMES, T. M.; ROSSI, F.; SÁNCHEZ ROMÁN, R. M. Águas residuárias para irrigação no brasil: uma abordagem química, física e microbiológica. **IRRIGA**, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 562–589, 2020.

JIA, C, XIUPING, Z, JINREN, N; ALISTAIR, B. Palm oil mill effluent treatment using a two-stage microbial fuel cells system integrated with immobilized biological aerated filters, **Bioresource Technology**, Volume 101, Issue 8, 2010.

KADLEC, R. H; WALLACE, S. D. **TREATMENT WETLANDS**. 2nd ed. Taylor & Francis Group, LLC, 2009.

KAFKAFI, Uzi. Aspectos globais do uso da fertirrigação. In: **Procedimentos de fertirrigação, simpósio internacional sobre fertirrigação Pequim, China**. 2005. pág. 8-22.

KARANIKI, S; KARANTANOS, T; ARVANITIS, M; GRIGORAS, C; MYLONAKIS, E. Fecal Colonization With Extended-spectrum Beta-lactamase-Producing Enterobacteriaceae and Risk Factors Among Healthy Individuals: **A Systematic Review and Metaanalysis**. Clin Infect Dis. 2016.

KRÜGER, C; RADDATZ, J. C; SILVA, L. I; GOLDSCHMIDT, D; ZUMBA, N. Contabilidade rural: avaliação econômica de um sistema de produção leiteira em confinamento. **Revista Eletrônica de Ciências Contábeis**, v. 10, n. 1, p. 57-79, 2021.

KRZEMINSKI, P; TOMEI, M. C, KARAOLIA, P; LANGENHOFF, A; ALMEIDA, C. M. R, FELIS, E; FATTA-KASSINOS. Desempenho de métodos secundários de tratamento de águas residuais para a remoção de contaminantes de preocupação emergente implicados na absorção das culturas e na propagação da resistência aos antibióticos: uma revisão. **Ciência do Meio Ambiente Total**, v. 648, p. 1052-1081, 2019.

Kummu, M; Guillaume, J.H; Moel, H; Eisner, S; Flörke, M; Porkka, M; Ward, PJ. The global path to water scarcity: scarcity and stress in the 20th century and paths to sustainability. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 38495, 2016.

LEAL, M. L. P. N. **Verificação das variabilidades ambientais e econômicas de rotas convencionais e alternativas para a produção de água potável em regiões com potencial para escassez hídrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2020.

LORENTZ, J. F. **Tratamento de efluentes da bovinocultura leiteira e produção de biofertilizante para aplicação em pastagem**. Tese de doutorado em Engenharia Civil - Universidade Federal de Viçosa, abril de 2019.

LOURENÇO, L. S; RODRIGUES, E. B; MOREIRA, M. A; SKORONSKI, E. Remoção de matéria orgânica e nutrientes de esgoto doméstico por *wetland* horizontal de fluxo subsuperficial na estação de tratamento de Aparecida-Campos Novos, SC. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 85-94, 2018.

MACIAS-CORRAL, M; SAMANI, Z; HANSON, A; SMITH, G; FUNK, P; YU, H; LONGWORTH, J. Digestão anaeróbica de resíduos sólidos urbanos e resíduos agrícolas e o efeito da co-digestão com esterco de vaca leiteira. **Tecnologia de biorecursos**, v. 17, pág. 8288-8293, 2008.

MARCO, A. M. G; OLIVEIRA, D. S. D; AMITO, J. T; GILBERTO, P; TIAGO, J. P. L; CARLA, P. Viabilidade econômica da produção de leite em sistemas de produção semiconfinado e confinado no Oeste de Santa Catarina. **Revista Perspectiva**, v. 45, n. 171, p. 35-44, 13 out. 2021.

MARÍN-MUÑIZ, José Luis. Humedales construidos en México para el tratamiento de aguas residuales, producción de plantas ornamentales y reuso del agua. **AGRO productividad**, v. 10, n. 5, 2017.

MARQUES, A. S. **Avaliação do desempenho de filtros orgânicos no tratamento de água residuária da bovinocultura leiteira**. 2017. 56p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

MARQUES, M. S; SILVA, A. A. F; GABRIEL FILHO, L. R. A; PUTTI, F. F.; GÓES, B. C Análise bibliométrica sobre o uso de águas residuais na agricultura. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 3, pág. e30311326105, 2022.

MELO, C. C. F. **Fertirrigação de pastagem com efluente de bovinocultura e interações com o sistema solo-planta**. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Viçosa – Campus de Rio Paranaíba, junho de 2018.

MINH, K. N; NGUYEN, T. Q. H; CONG, M. N; CHITSAN, L, TUAN, A. N; HOANG-LAM, N. Application of vetiver grass (*Vetiveria Zizanioides* L.) for organic matter removal from contaminated surface water, **Bioresource Technology Reports**, Volume 22, 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Padrões microbiológicos para potabilidade de água**. Brasil, 2022.

MIRANDA, J. R.; PEREIRA, G. M. CULTIVO DA BETERRABA SOB DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO. **IRRIGA**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 220–235, 2019. DOI: 10.15809/irriga.2019v24n2p220-235.

MISHRA, R. K. Freshwater availability and its global challenge. **British Journal of Multidisciplinary and Advanced Studies** , [S. l.] , v. 3, p. 1-78, 2023.

MORAES, L. M; PAULA JÚNIOR, D. R. Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de resíduos da bovinocultura e da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v. 24, p. 445-454, 2004.

NASCIMENTO, J. S; SOUZA, T. A; FIDELES FILHO, J; BEIRIGO, R. M. Avaliação do crescimento, desenvolvimento e produção do algodão irrigado com água de esgotos sanitários tratados. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 14, n. 4, p. 331-338, 2018.

OLIVEIRA, L. C. D; COSTA, E; CORTELASSI, J. A. D. S; RODRIGUES, E. T. Formação de mudas de beterraba em diferentes ambientes protegidos, substratos e recipientes na região de Aquidauana-MS. **Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 415-422, 2012.

OLIVEIRA, L. P; SOUZA, M. B; SOARES, A. F. S; ANDRADE, I. C. M. Avaliação da eficiência de *wetlands* na remoção de matéria orgânica presente em esgoto sanitário. **NBC- Periódico Científico do Núcleo de Biociências**, v. 8, n. 15, 2018.

OLIVEIRA, R. C; SILVA, P. F; MOREIRA, M, R; DANTAS, N, J; SABOYA, L. M. F; FARIAS, M. S. S. CRESCIMENTO E FITOMASSA DE BATATA-DOCE IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA. **IRRIGA**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 97–109, 2021.

OLIVEIRA, S. R; ARAÚJO, J. L; ANDRADE, R. O; FIGUEIREDO, C. F. V; OLIVEIRA, F. F. D; NASCIMENTO, R. R. A; SOUSA, F. Q. Produtividade e crescimento de banana

‘nanica’ em função de doses de nitrogênio e esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Brasil, v. 26, n. 1, jun. 2021. ISSN 2446-8053.

OTENIO, M. H; PAULA, V. R; COSTA, L. R; MAGALHAES, V. M. A. **Reaproveitamento de água residuária em sistemas de produção de leite em confinamento**: conteúdos elaborados conforme a metodologia e-Rural. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2017. 5 p. il. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 78.).

PARADELA, A. L; HUSSAR, G. J; ALMEIDA, R. M; ROMÃO, GONÇALVES, R. Ação de compostos na descontaminação de beterraba com bactérias do grupo coliformes. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 3, n. 1, 2006.

PASQUALETTO, A; PASQUALETTO, A. G. N; PASQUALETTO, T. L. L; MENDES, T. A. WATER RESOURCES AVAILABILITY AND DEMAND IN BRAZIL/Disponibilidade e demanda de recursos hídricos no Brasil. **Informe GEPEC**, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 46–61, 2022.

PEREIRA, E. R; PATERNIANI, J. E. S; DEMARCHI, J. J. A. D. A. A importância da qualidade da água na rega animal. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tup, v. 3, pág. 227–235, 2009.

PÉREZ, Y. A, GARCÍA CORTÉS, D. A; JAUREGUI HAZA, U. J. Zonas húmidas construídas como alternativa para tratamento de águas residuais em áreas urbanas: uma revisão. **Ecossistemas**, 31 (1), 2279., 2022.

PERISSINOTTO, M; MOURA, D. J. D; SILVA, I. J; MATARAZZO, S. V. Influência do ambiente no consumo de água de bebida de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 289-294, 2005.

PERONDI, T; WOLFF, D. B; DECEZARO, S. T; ARAÚJO, R. K. D. Wetlands construídos para o tratamento de esgoto doméstico: uma análise comparativa do custo do ciclo de vida. **Ambiente Construído**, 20, 175-189, 2020.

PULLÉS, M. R. Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. **Revista CENIC. Ciencias Biológicas**, v. 45, n. 1, p. 25-36, 2014.

QUELUZ, J. G T. **Eficiência de alagados construídos para o tratamento de águas residuárias com baixas cargas orgânicas**. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2016.

RAMOS, N. D. F. S; BORGES, A. C; GONÇALVES, G. C; MATOS, A. T. D. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em sistemas alagados construídos, com *Chrysopogon zizanioides* e *Polygonum punctatum* cultivadas em leito de argila expandida. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 123-132, 2016.

REBOUÇAS, P. M; DIAS, Í. F; ALVES, M. A; BARBOSA FILHO, J. A. D. Radiação solar e temperatura do ar em ambiente protegido. **Revista Agrogeoambiental**, [S. l.], v. 7, n. 2, 2014. DOI: 10.18406/2316-1817v7n22015610.

RIGON, J. P; BRITO NETO, J; CAPUANI, S; BELTRÃO, N.; SILVA, F. V. UTILIZAÇÃO DE NITROGENIO E NÍQUEL DURANTE O CRESCIMENTO DO ALGODÃO. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, [S. l.], v. 7, n. 13, 2011.

ROCHA, C. T. S; SANTOS, F. G. B; SILVA JÚNIOR, F. S; RODRIGUES, L. N; NERY, A. R; COSTA, M. V. P da; SANTOS, S. L. L. Qualidade da água de uma nova tecnologia social de tratamento de águas cinzas. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 12, n. 5, pág. e5512541418, 2023.

ROCHA, F. A; SILVA, J; BARROS, F. Reuso de águas residuárias na agricultura: a experiência israelense e brasileira. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, [S. l.], v. 6, n. 11, 2010.

ROCHA, I. T. M; SILVA, A. V; SOUZA, R. F; FERREIRA, J. T. P. Uso de resíduos como fonte de nutrientes na agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 8(5), 6, 2013.

RODRIGUES, A. M; CECATO, U; FUKUMOTO, N. M; GALBEIRO, S; SANTOS, G. T. D; BARBERO, L. M. Concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de animais em pastagem de capim-mombaça fertilizada com fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 990-997, 2008.

RODRIGUES, M. B; VILAS BOAS, M. A; SAMPAIO, S. C; REIS, C. F; GOMES, S. D. Efeitos de fertirrigações com águas residuárias de laticínio e frigorífico no solo e na produtividade da alface. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 8, n. 3, p. 173-182, 2011.

RODRIGUES, T. R. D; PRIMIERI, C. Desenvolvimento de hortaliças em ambientes protegido. **Revista Cultivando o Saber**, v. 2, n. 3, p. 71-77., 2009.

ROUSSEAU, D. P, LESAGE, E; STORY, A; VANROLLEGHEM, P. A; DE PAUW, N. Zonas úmidas construídas para recuperação de água. **Dessalinização**, v. 218, n. 1-3, pág. 181-189, 2008.

RUMSEY, D. **Estatística para leigos**. 2ª. Ohio: Alta books. 2009.

SALES FILHO, P. C; VITOR, A; MUZA, M. N; CLAUDINO, C. Relação entre a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Irani, localizada no oeste de Santa Catarina, região Sul do Brasil e a cobertura vegetal dos biomas Amazônia, Pantanal e Mata Atlântica. **Metodologias e Aprendizado**, [S. l.], v. 4, p. 112–118, 2021.

SANDAL, S. K; KAPOOR, R. Fertigation technology to improve nutrient utilisation and crop productivity: an overview. **Himachal Journal of Agricultural Research**, v. 2, p. 114-121, 2015.

SANDOVAL-HERAZO, M; NANI, G; SANDOVAL, L; RIVERA, S; FERNÁNDEZ-LAMBERT, G; ALVARADO-LASSMAN, A. Evaluation of the performance of vertical partially saturated constructed wetlands for sewage treatment swine. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 23, n. 2, 2020.

SANTOS, V.B; MACHADO, B.S; ATALLA, A; CAVALHERI, P.S; MAGALHÃES.

SEZERINO, P. H; PELLISARI, C. **Wetlands construídos como ecotecnologia para o tratamento de águas residuárias: experiências brasileiras**. 1.ed. Curitiba: Brazil Publishing, 2021.

SEZERINO, P. H; ROUSSO, B. Z; PELISSARI, C; SANTOS, M. D; FREITAS, M. N; FECHINE, V. Y; LOPES, A. M. B. Wetlands Construídos Aplicados No Tratamento de Esgoto Sanitário. **GESAD, Florianópolis**, 2018.

SILVA LACCHINE, P; NASCIMENTO, J. M. L; LIMA, W. L; QUEIROZ, M. A. Á. Viabilidade do uso de água residuária na agricultura familiar. **Revista Semiárido De Visu**, v. 5, n. 3, p. 158-166, 2017.

SILVA SÁ, F. V; MESQUITA, E. F; SOUZA, F. M; SILVA FERREIRA, D; SOUSA FERREIRA, A. R; SOUSA ALVES, A. Crescimento de mudas de pepino sob restrição hídrica e doses de esterco bovino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 4, p. 3568, 2019.

SILVA, A. O. **Fertirrigação e controle da salinidade no cultivo de beterraba em ambiente protegido**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011.

SILVA, C. B; SILVA, J. C; SANTOS, D. P; SANTOS, M. A. L. Função produção da cultura da cebolinha verde (*Allium fistulosum*, L): níveis de água e adubo orgânico no Agreste Alagoano. **Revista Ambientale, [S. l.]**, v. 10, n. 3, p. 12–22, 2018.

SILVA, E. M. A. **Uso da solarização de microrganismos patogênicos no efluente doméstico**. Dissertação (Mestrado)- Universidade de Taubaté, 2007.

SILVA, F. P; CARVALHO, C. V. A; CARDOSO, A. M. GESTÃO DA ÁGUA: A Importância de Políticas Públicas para a Implementação do Reuso de Água no Brasil. **Episteme Transversalis, [S.l.]**, v. 10, n. 2, ago. 2019.

SILVA, P. N. L; LANNA, N. B. L; CARDOSO, A. Produção de beterraba em função de doses de torta de mamona em cobertura. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 416-421, 2016.

SILVA, S. C. D; BERNARDES, R. S; RAMOS, M. L. G. Remoção de matéria orgânica do esgoto em solo de wetland construído. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 20, 533-542, 2015.

SINGH, A. K; BHAKAT, C; SINGH, P. A review on water intake in dairy cattle: associated factors, management practices, and corresponding effects. **Tropical Animal Health and Production**, v. 54, n. 2, p. 154, 2022.

SOTERO, A. R. H; BATISTA, R. O; OLIVEIRA, M. K. T. D; OLIVEIRA, F. D. A. D; MENDES, H. C; LAVÔR, W. K. B. D; SILVA, A. D. D. Growth and Production of Millet Irrigated With Dilutions of Treated Gray Water. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 3, p. 504, 2019.

SOUSA, J. T. D; CEBALLOS, B. S; HENRIQUE, I. N., DANTAS, J. P., & LIMA, S. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annum* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 89-96, 2006.

SOUZA, A. M. SA. **Fertirrigação da alface com esgoto doméstico tratado com biocarvão de bagaço de laranja**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, MG. 2022.

SOUZA, S. H; MIRANDA, S. B. D. A; MORAIS DIAS, G. F; ROCHA, T. A. L. C. G; OST, A. Biodigestor de baixo custo na produção de biofertilizantes e de biogás. **Peer Review**, [S. l.], v. 5, n. 13, p. 179–191, 2023.

STADUTO, J. A. R. Eficiência da agropecuária dos municípios paranaenses. **Produto interno bruto nos segmentos da cadeia orizícola brasileira**, p. 8, 2022.

STOTTMEISTER, U; WIEBNER, A; KUSCHK, P; KAPPELMEYER, U; KÄSTNER, M; BEDERSKI, O; MOORMANN, H. Efeitos de plantas e microrganismos em áreas úmidas construídas para tratamento de águas residuais. **Avanços da biotecnologia**, v. 22, n. 1-2, pág. 93-117, 2003.

TAMAIIO, I; CHAGAS, G. C. A Educação Ambiental no contexto da escassez hídrica: o racionamento no Distrito Federal entre 2017 e 2018. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 409–427, 2021.

TEIXEIRA, D. L; TEIXEIRA, D. V; MATOS, A. T; MATOS, M. P; JUNIOR, M. C. R. L. Estimativa da capacidade extratora dos capins vetiver e tifton em sistemas alagados construídos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 8, n. 2, p. 21-30, 2020.

THEBO, A. L; DRECHSEL, P; LAMBIN, E. F; NELSON, K.L. Uma avaliação global e espacialmente explícita de terras agrícolas irrigadas influenciadas por fluxos de águas residuais urbanas. **Cartas de Pesquisa Ambiental**, v. 12, n. 7, pág. 074008, 2017.

TIETZ, A; KIRSCHNER, A; LANGERGRABER, G; SLEYTR, K; HABERL, R. Caracterização da biocenose microbiana em áreas úmidas construídas com fluxo subterrâneo vertical. **Ciência do Meio Ambiente Total**, v. 380, n. 1-3, pág. 163-172, 2007.

TONIATO, J. V. **Avaliação de um wetland construído no tratamento de efluentes sépticos – estudo de caso ilha grande, rio de janeiro, brasil**. Dissertação apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Área de concentração: Saúde Pública Rio de Janeiro, abril de 2005.

TORRES, P; MADERA, C; SILVA, J. Melhoramento da qualidade microbiológica de biosólidos gerados em plantas de tratamento de águas residuais. **Revista EIA**, n. 11, p. 21-37, 2009.

TOZE, S. Reutilização de águas efluentes – benefícios e riscos. **Gestão da água agrícola**, v. 80, n. 1-3, pág. 147-159, 2006.

TULLIO, J. A; OTTO, R. F; BOER, A; OHSE, S. Cultivo de beterraba em ambientes protegido e natural na época de verão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1074-1079, 2013.

United Nations Environment Programme. Wastewater – Turning Problem to Solution. A UNEP Rapid Response Assessment. Nairobi, 2023.

VAN BEEK, C.L; VAN DER SALM, C; PLETTE, A. C. C; VAN DE WEERD, H. Caminhos de perda de nutrientes em pastagens e os efeitos da diminuição de insumos: resultados experimentais para três tipos de solo. **Ciclagem de Nutrientes em Agroecossistemas**, v. 83, p. 99-110, 2009.

VIDA, J. B; ZAMBOLIM, L; TESSMANN, D. J; BRANDÃO FILHO, J. U. T; VERZIGNASSI, J. R; CAIXETA, M. P. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia brasileira**, v. 29, p. 355-372, 2004.

VILLES, V. S; VELHO, J. P; CHRISTOFARI, L. F; LAZZARI, R. Água como bem econômico: dessalinização para o combate da escassez hídrica no agronegócio. **Multitemas**, [S. l.], v. 24, n. 57, p. 217–231, 2019.

VYMAZAL, J. A utilização de zonas húmidas subterrâneas construídas para tratamento de águas residuais na República Checa: 10 anos de experiência. **Engenharia Ecológica**, v. 18, n. 5, pág. 633-646, 2002.

VYMAZAL, J. Zonas úmidas construídas para tratamento de águas residuais. **Água**, v. 2, n. 3, pág. 530-549, 2010.

WANG, Y; WU, F; LI, X; LI, C; ZHAO, Y; GAO, Y; LIU, J. Efeitos das plantas e microrganismos do solo sobre o carbono orgânico e a relação entre carbono e nitrogênio em áreas úmidas construídas. **Ciência Ambiental e Pesquisa em Poluição**, v. 30, n. 22, pág. 62249-62261, 2023.