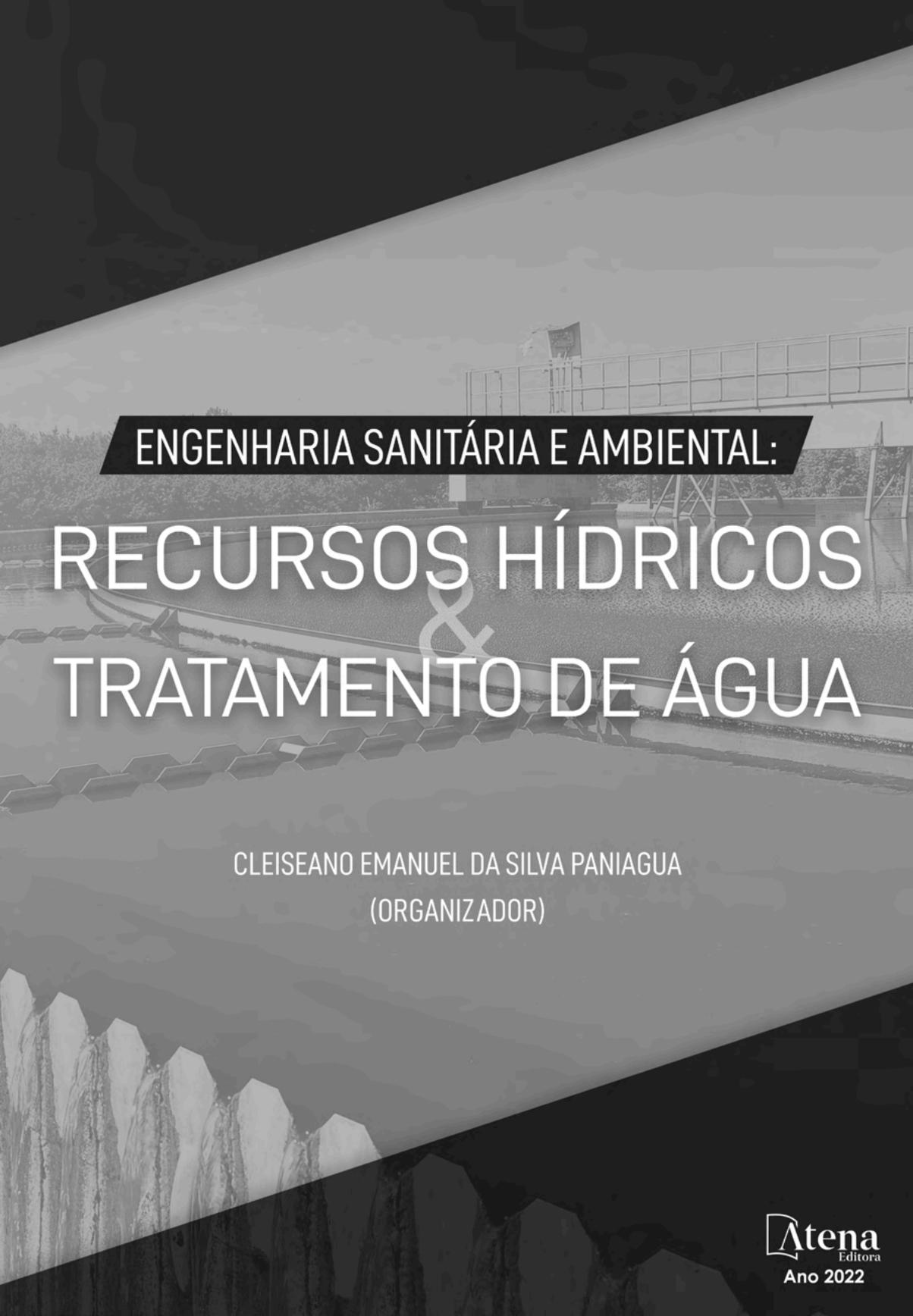
The background of the cover is a photograph of a water treatment plant. It shows several large, rectangular aeration basins with metal walkways and railings. The water in the basins is a deep blue. In the foreground, there are dark, jagged rock formations. The overall color palette is dominated by blues and greys, with a dark blue gradient at the top and bottom.

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

# RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

A grayscale photograph of a water treatment plant. The image shows several large rectangular basins with metal railings and walkways. In the foreground, there are rows of hexagonal diffusers. The background shows a hazy landscape with trees and a building. The overall tone is industrial and technical.

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

# RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



# Engenharia sanitária e ambiental: recursos hídricos e tratamento de água

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia sanitária e ambiental: recursos hídricos e tratamento de água / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0199-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.995221306>

1. Engenharia sanitária e ambiental. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

O e-book: “Engenharia sanitária e ambiental: Recursos hídricos e tratamento de água” é constituído por sete capítulos de livros que procuraram trabalhar dentro da questão do saneamento básico voltado para a qualidade vida da sociedade e do meio ambiente.

Os capítulos de um a quatro, procuraram avaliar o gerenciamento de resíduos sólidos presentes em uma empresa pública de economia mista a partir de bens considerados inservíveis e que necessitam de uma disposição e destinação final adequada; o segundo avaliou-se inúmeros parâmetros de um aterro sanitário localizado na cidade de Ariquemes/RO e administrado por um consórcio intermunicipal; no terceiro pretendeu-se avaliar o processo de tratamento por meio do tanque de evapotranspiração (TEvap) e compará-lo ao tratamento por fossa séptica, os resultados apontaram que o tratamento por TEvap é mais eficiente e; o quarto capítulo objetivou-se avaliar o uso de um polímero de natureza orgânica com o intuito de substituir os agentes coagulantes tradicionais utilizados nos processos de tratamento de águas residuárias, em especial os provenientes de matadouros.

O quinto capítulo avaliou-se a vulnerabilidade ambiental da Bacia do Rio das Flores localizado no oeste do estado de Santa Catarina; O sexto capítulo se ateve a estabelecer uma relação entre a saúde e o desenvolvimento escolar com a qualidade da potabilidade da água presentes nas instituições de ensino com estudantes de 13 a 17 anos localizados nas diferentes regiões brasileiras. Por fim, um estudo de caso que apresenta uma proposta de customização e automatização a fim de possibilitar o aumento da qualidade e capacidade de tratamento de água no município de Patrocínio/MG.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA EMPRESA PÚBLICA DE ECONOMIA MISTA A PARTIR DA PNRS: DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA GESTÃO DE BENS MÓVEIS INSERVÍVEIS

Kátia Silene de Oliveira Maia

Luiz Philippsen Jr

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213061>

### **CAPÍTULO 2..... 7**

CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE CHORUME DE UM ATERRO SANITÁRIO NO INTERIOR DA AMAZÔNIA LEGAL

Dhione Marcos da Silva

Felipe Cordeiro de Lima

Daniel Mantovani

Alexandre Diório

Driano Rezende

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213062>

### **CAPÍTULO 3..... 20**

ESTUDO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS NEGRAS POR TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (TEVAP): ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E DE FITOTOXICIDADE

Adriana Mielke

Maikon Kelbert

Michele Cristina Formolo Garcia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213063>

### **CAPÍTULO 4..... 37**

EVALUATION USE OF AN ORGANIC BASED POLYMER TO REPLACE THE INORGANIC COAGULANT IN THE SLAUGHTERHOUSE WASTEWATER TREATMENT

Crislaine Trevisan da Rocha Ribeiro Ferrari

Aziza Kamal Genena

Daiane Cristina Lenhard

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213064>

### **CAPÍTULO 5..... 48**

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO DAS FLORES - OESTE DE SANTA CATARINA

Ricardo André Brandão

Julio Caetano Tomazoni

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213065>

### **CAPÍTULO 6..... 66**

A RELAÇÃO ENTRE A FONTE E POTABILIDADE DA ÁGUA DAS ESCOLAS, A SAÚDE E O DESENVOLVIMENTO ESCOLAR DE ESTUDANTES DE 13 A 17 ANOS NAS UNIDADES

FEDERATIVAS E NAS GRANDES REGIÕES BRASILEIRAS

Livia Pita Corrêa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213066>

**CAPÍTULO 7..... 80**

PROPOSTA DE CUSTOMIZAÇÃO E AUTOMATIZAÇÃO NA CAPACIDADE E  
QUALIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO/MG

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213067>

**SOBRE O ORGANIZADOR:..... 91**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 92**

# CAPÍTULO 3

## ESTUDO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS NEGRAS POR TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (TEVAP): ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E DE FITOTOXICIDADE

Data de aceite: 01/06/2022

### Adriana Mielke

Universidade da Região de Joinville –  
UNIVILLE, Departamento de Engenharia  
Ambiental e Sanitária  
Joinville – SC  
orcid.org/0000-0002-3035-9124

### Maikon Kelbert

Universidade Federal de Santa Catarina  
- UFSC, Programa de Pós Graduação em  
Engenharia Química  
Florianópolis – SC  
orcid.org/0000-0002-3798-8118

### Michele Cristina Formolo Garcia

Universidade da Região de Joinville -  
UNIVILLE, Departamento de Engenharia  
Química  
Joinville – SC  
orcid.org/0000-0002-6899-1264

**RESUMO:** A disposição de esgoto sem tratamento nos corpos hídricos compromete a qualidade das águas, causando impactos ambientais e veiculando doenças. O aumento no tratamento de efluentes no Brasil, vem aumentando, porém, ainda de maneira insipiente. Nas áreas rurais este processo ocorre de forma ainda mais lenta. Assim algumas alternativas vem sendo propostas para reduzir este impacto como o tanque de evapotranspiração (TEvap). O objetivo desse trabalho foi analisar a presença de coliformes termotolerantes no solo dentro e fora de um TEvap, realizar ensaios físico-

químicos no efluente do TEvap comparando-o com o tratamento realizado por fossa séptica e efetuar testes de fitotoxicidade aguda com *Eruca sativa*. Observou-se uma quantidade elevada de coliformes termotolerantes na vala de infiltração, sugerindo um possível extravasamento de efluentes e/ou falha na impermeabilização do sistema. O tratamento realizado no TEvap apresentou melhores parâmetros físico-químicos do que na fossa séptica. As análises de fitotoxicidade indicaram bons resultados para os efluentes do TEvap e demonstram efeito tóxico do efluente da fossa séptica sobre o organismo testado. A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que o TEvap se apresenta como um bom sistema de tratamento para águas negras.

**PALAVRAS-CHAVE:** Águas negras. coliformes termotolerantes. *Eruca sativa*. Tanque de evapotranspiração.

### STUDY OF A BLACK WATERS TREATMENT SYSTEM BY EVAPOTRANSPIRATION TANK (TEVAP): MICROBIOLOGICAL, PHYSICO-CHEMICAL AND PHYTOTOXICITY ANALYSIS

**ABSTRACT:** The disposal of untreated sewage in water bodies compromises water quality, causing environmental impacts and spreading disease. The increased treatment of effluents in Brazil has been increasing; however, still incipient. In rural areas, this process occurs even more slowly. Thus, some alternatives have been proposed to reduce this impact, such as the evapotranspiration tank (TEvap). The objective of this work was to analyze the presence of thermotolerant coliforms in the soil inside and outside a TEvap and perform

physicochemical tests on the TEvap effluent and compare it with the treatment carried out the septic tank, and perform acute phytotoxicity tests with *Eruca sativa*. A high amount of thermotolerant coliforms was observed in the infiltration ditch, suggesting a possible leakage of effluents and/or failure in the impermeability of the system. The treatment carried out in TEvap presented better physicochemical parameters than in the septic tank. Phytotoxicity analyses indicated good results for the TEvap effluents and showed a toxic effect of the septic tank effluent on the tested organism. The results obtained made it possible to conclude that TEvap presents itself as a promising treatment system for black water.

**KEYWORDS:** Black waters. Thermotolerant coliforms. *Eruca sativa*. Evapotranspiration tank.

## 1 | INTRODUÇÃO

Um estudo do IBGE (2010), apontou que o despejo de efluentes domésticos constitui a principal causa de poluição e contaminação dos recursos hídricos no Brasil. Além disso, é importante destacar que todos os impactos em relação a qualidade da água causam reflexos econômicos difíceis de se mensurar, como o aumento na demanda por tratamentos hospitalares e a perda da produtividade da agricultura, pecuária, pesca e diminuição no turismo (FUNASA, 2004).

Segundo a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) em 2004 os problemas mais comuns nos países em desenvolvimento foram doenças causadas por veiculação hídrica, especificamente por bactérias, vírus, protozoários ou helmintos provenientes de excretas de origem humana ou animal. São os principais micro-organismos presentes na água contaminada por efluente doméstico as bactérias do grupo coliformes, como por exemplo, a *Escherichia coli*. As bactérias desse grupo são responsáveis por casos de enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas que constituem grande risco para a saúde da população.

Conforme o Atlas do Saneamento (2021), 43% da população brasileira possui coleta e tratamento de efluentes sanitários, enquanto que 12% possuem soluções individuais como sistema fossa e filtro, 18% possuem seu efluente coletado porém esse não recebe tratamento e 27% não realizam nenhuma medida, possuindo seu descarte indevido na natureza.

O cenário de coleta e tratamento de efluentes sanitários piora quando analisado o ambiente rural, de acordo com a FUNASA (2019), no Brasil, 20,6% dos domicílios rurais possuem atendimento adequado ao saneamento. Os 79,4% restantes, adotam outros meios para o descarte desses efluentes, como fossa rudimentar ou disposições diretas em corpos hídricos.

No ambiente rural são indicadas soluções individuais de tratamento e disposição final de efluentes domésticos em regiões rurais, pois dificilmente há rede de sistema público de coleta de esgoto, por fatores relacionados as condições econômicas do projeto referentes à distância das propriedades rurais até a área urbana (FUNASA, 2004).

Em 2019 a FUNASA apresentou as diretrizes para aplicação do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNRS), com indicações e propostas de incentivo financeiro para implantação de soluções individuais de tratamento e disposição final dos efluentes domésticos em ambiente rural. O programa cita que a população rural deve ter garantia de meios adequados de atendimento para saneamento básico de acordo com suas características econômicas e sociais e propõe à população rural alguns sistemas que visam divisão das águas cinzas e águas negras para tratamentos separados do efluente sanitário.

Águas cinzas são caracterizadas por efluentes provenientes de chuveiros, pias e lavanderia, constituem aproximadamente 70% do volume dos efluentes domésticos. Já as águas negras, são provenientes de vasos sanitários, possuindo volume de aproximadamente 30%. Embora o volume de geração de águas negras seja menor em relação ao de águas cinzas, seu tratamento é vital devido a presença de micro-organismos patogênicos em sua composição, que podem ocasionar contaminação nos corpos hídricos (PAULO *et al.* 2013).

Galbiati (2009) propõe que o tratamento de águas negras pode ser realizado utilizando um Tanque de Evapotranspiração (TEvap), sistema que vem sendo difundido no mundo por permacultores e está incluso como uma tecnologia recomendada pela FUNASA no Programa Nacional de Saneamento Rural.

Paulo *et al.* (2013) descrevem o TEvap como um sistema simples e alternativo à sistemas de tratamento convencionais para pequenos agregados familiares. O sistema consiste em um tanque impermeabilizado com alvenaria ou lona dependendo das características do solo da região. No interior há uma câmara com pneus, que permite acumular grande quantidade de efluente (GALBIATI, 2009).

O tanque posteriormente é preenchido com diferentes camadas de substrato como cascalho, areia ou telhas (PAES *et al.*, 2014), quando o nível da água no sistema sobe, as camadas de substrato também ficam inundadas, até que o nível da água atinge uma camada, de onde as forças capilares, vento e calor, bem como absorção pelas raízes das plantas provoquem a eliminação da água pelo processo de evapotranspiração, enquanto os nutrientes são removidos por incorporação na biomassa das plantas (PAULO *et al.*, 2013).

Diante desse contexto, o presente estudo visou avaliar a presença de coliformes termotolerantes no solo dentro do TEvap e na parte externa em uma vala de infiltração, realizar ensaios físico-químicos nos efluentes de um TEvap comparando com um sistema de tratamento por fossa séptica e realizar ensaio de fitotoxicidade aguda com *Eruca sativa* nos efluentes.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

As amostras de solo e de efluente do sistema TEvap foram coletadas em um

sítio na área rural do município de Balneário Camboriú no estado de Santa Catarina nas coordenadas geográficas 27°15'49.26"S e 48°47'57.72"O.

## 2.2 Tanque de evapotranspiração

Nessa propriedade, as águas negras são tratadas por um TEvap, o sistema foi dimensionado para 15 pessoas. Sobre o sistema foram plantadas mudas de bananeira e capim vetiver com o objetivo de promover a transpiração da água presente no efluente, a Figura 1 possibilita visualizar a área externa do tanque.

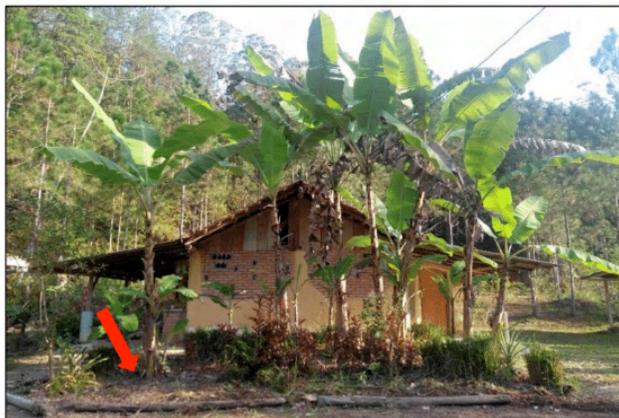


Figura 1 – Tanque de Evapotranspiração (TEVap).

A camada de solo acima do sistema foi disposta de forma côncava para promover o escoamento da chuva. O TEvap também possui uma vala de infiltração, caso ocorra extravase do sistema.

## 2.3 Amostras de solo e efluentes

As coletas das amostras de solo foram realizadas em 5 datas diferentes entre os meses de junho e setembro. Foram coletados 10 g do solo no centro do tanque (TC) e 10 g do solo localizado na vala (TV) com profundidade de 5 cm em relação a superfície do solo, de acordo com a NBR 10007 (ABNT, 2004).

Também foi realizada uma coleta de efluente no mês de setembro para a realização das análises físico químicas, a fim de comparar os resultados do TEvap com uma amostra de efluente coletada na mesma data, de um sistema de fossa séptica (F1), para comparação da eficiência dos sistemas de tratamento. Com as mesmas amostras, foram realizadas avaliações de fitotoxicidade aguda com concentrações diferentes para a germinação de *Eruca sativa*. As amostras foram coletadas de acordo com a NBR 9898 (ABNT, 1987).

Para a coleta de efluentes do TEvap foram retiradas de dois tubos de inspeção localizados nas extremidades do tanque, sendo um do lado esquerdo (T1) e outro do

lado direito (T2), ambos em uma camada onde o efluente já teria sido tratado. Para cada amostragem de efluente, foram coletados 2 L para realização dos testes.

## 2.4 Análise microbiológica do solo

Para esta análise utilizou-se a técnica de Túbos Múltiplos, baseado na norma técnica L5.202 da CETESB de 2018. Cada amostra de solo foi diluída em 100 mL de solução salina estéril e posteriormente diluída em fatores de diluição de 10 a 1000 vezes. O ensaio é realizado em 2 etapas, na primeira foi realizado o ensaio presuntivo com Caldo Lauril Triptose (CLT) incubados à 35°C durante 48 horas. Na segunda, foi realizada o ensaio confirmativo onde 1 mL de cada amostra positiva foi transferido para o caldo *Escherichia coli* (EC) e incubados a 45°C durante 48 horas.

## 2.5 Análise das amostras de efluentes

### 2.5.1 Ensaio físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos analisados nos efluentes foram: pH, concentrações de amônia, nitrito, nitrato, demanda química de oxigênio (DQO), sólidos dissolvidos, sólidos sedimentáveis, salinidade e cloretos.

As metodologias utilizadas seguiram as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th*, Norma Técnica NTS 013/1999 da SABESP e Manual HACH DR 5000 (2006). Para leitura do pH foi utilizada a sonda multiparâmetros Hanna modelo HI 9828, para a salinidade foi utilizado o Refratômetro Migda Coltd modelo 211 e para determinação das concentrações de amônia, nitrito, nitrato, DQO e cloretos o Espectofotometro HACH DR 5000.

Os resultados dos efluentes do TEvap foram comparados com a literatura e com a Resolução CONAMA 430/2011 que estabelece padrões para o lançamento de efluentes em corpos d'água e também com as concentrações encontradas no efluente coletado da fossa séptica.

### 2.5.2 Análise de fitotoxicidade aguda com *Eruca sativa*

Os efluentes brutos foram diluídos utilizando água deionizada. O ensaio foi realizado com duas amostras de diferentes pontos no TEvap (T1 e T2), também com a amostra do sistema de fossa séptica (F1). As análises foram conduzidas nas concentrações de 100%, 50% e 25% de efluente para distribuição nas placas de Petri. Para o controle negativo foi utilizada água deionizada. Sobre cada disco foram dispostas 10 sementes de *E. sativa*, o teste foi realizado em quintuplicata (CORREIA, 2015). As placas foram vedadas e mantidas a 20 °C durante 7 dias com fotoperíodo de 8 horas de luz e 16 horas de escuro.

Os resultados visaram avaliar o efeito mais sensível sobre os organismos, analisados de acordo com a germinação relativa das sementes (% G) , alongamento das raízes (%

R) e índice de germinação (IG). Como os testes com *E. sativa* não possuem padronização específica, foram realizados seguindo orientações disponíveis nas Regras para Análise de Sementes do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009) e Correia (2015).

A germinação relativa das sementes foi determinada pela equação 1, que relaciona o número total de sementes germinadas na amostra com a germinação no controle negativo.

$$\% G = \frac{SGa}{SGe} \times 100 \quad (01)$$

Onde:

% G: Porcentagem de germinação relativa das sementes;

SGa: Número total de sementes germinadas na amostra;

SGe: Número total de sementes germinadas no controle.

A determinação do alongamento de raízes é realizada a partir da média das raízes das sementes germinadas com relação as sementes de controle, de acordo com a equação 2.

$$\% R = \frac{MRa}{MRc} \times 100 \quad (02)$$

Onde:

% R: Porcentagem de alongamento da raíz;

MRa: Média do alongamento da raíz nas sementes germinadas na amostra;

MRc: Média do alongamento da raíz nas sementes germinadas no controle.

O índice de germinação é calculado pela relação das equações 1 e 2 dando origem a equação 3

$$IG = \frac{(\% G) \times (\% R)}{100} \quad (03)$$

Onde:

IG: Índice de germinação;

% G: Porcentagem de germinação relativa das sementes;

% R: Porcentagem de alongamento da raiz.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Caracterização da área de estudo

O TEvap analisado possui comprimento de 7 m, largura de 4 m e profundidade de 1,1 m e foi impermeabilizado com uma camada de lona, seguido de uma camada de isopor. O abastecimento de efluentes provém de dois vasos sanitários localizados na casa. O

TEvap foi construído com duas câmaras anaeróbicas diferentes, uma de toras de eucalipto e outra de pneus (Figura 2). O tanque foi preenchido com uma camada de materiais grossos inertes (telhas, tijolos, pedaços de concreto), seguido de uma camada de materiais orgânicos (pinhas de araucária, bambu, madeiras), em seguida coberto por areia grossa e posteriormente com terra que foi retirada do próprio local da implantação.

O tubo de inspeção utilizado para coleta do efluente (T1) está posicionado até a camada de materiais inertes e o tubo de inspeção para a coleta do efluente T2 na camada de materiais orgânicos.

Na Figura 2 pode ser observado o sistema interno no momento da construção em 2015, os pontos onde houve a coleta de efluente (T1 e T2) em tubos de inspeção e os locais onde ocorreram a coleta de solo acima e na vala do sistema (TC e TV).



Figura 2 - Sistema interno do TEvap.

### 3.2 Análise microbiológica do solo

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos para coliformes termotolerantes segundo o método do NMP, realizados nas amostras de solo do centro (TC) e da vala (TV) do TEvap, relacionados com a ocorrência de precipitação na semana da realização da coleta. Foi considerado como influência os quatro dias antecedentes a data da coleta, pois o solo do local possui características impermeáveis, sendo composto principalmente por argila como verificado *in loco*.

Coliformes termotolerantes (NMP/g)			Maior precipitação durante a semana da coleta*
Data	TC	TV	
Jun	160	140	> 25 mm
Jul	92	54	0,5 mm
Jul	54	13	Não houve
Ago	3,3	1,3	Não houve
Set	160	92	> 10 mm

Tabela 1 - Dados obtidos da presença de Coliformes termotolerantes nas amostras de solo do centro do tanque (TC) e vala de coneteção (TV) correlacionados com a ocorrência de precipitação na semana.

A análise dos parâmetros microbiológicos mostrou grande variabilidade nas diferentes datas de coleta. Na coleta realizada em junho, quando a precipitação foi a mais alta em relação às outras coletas (>25 mm), encontrou-se cerca de 160 NMP/g de coliformes termotolerantes em TC e 140 NMP/g em TV, sugerindo carreamento de coliformes termotolerantes do sistema para a vala, uma vez que essa é capaz de conter possíveis extravasses e escoar água da chuva.

Em julho a concentração de coliformes fora do TEvap em TV (54 NMP/g) foi alta em relação a quantidade encontrada em TC (92 NMP/g), cerca de 59%. O mesmo ocorreu na coleta de setembro, na qual a relação de coliformes em TV foi cerca de 57% do encontrado em TC. Nessas duas coletas onde houveram precipitação >10 mm e >0,5 mm, micro-organismos podem ter sido carregados juntamente com o solo até próximo a vala de infiltração. Nas datas de julho e agosto a concentração de micro-organismos termotolerantes encontradas em TC e TV foram menores em relação as outras coletas, sendo essas as datas em que não ocorreram precipitações.

As concentrações de coliformes termotolerantes encontrados em TC em cada coleta, variam entre si devido a contribuição de efluentes no sistema que oscila de acordo com o número de pessoas que a utilizam. Foram encontrados coliformes termotolerantes em TC e também em TV, portanto, embora possam existir contaminações pontuais oriundas de animais de sangue quente, não se exclui o fato da concentração desses micro-organismos estarem associadas a uma possível falha de impermeabilização ou de extravasse por ocorrência de precipitações e/ou contribuição no sistema mais elevada em relação ao projeto.

### 3.3 Ensaios físico-químicos

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos parâmetros físico-químicos analisados, comparados com a literatura e com os limites permitidos na Resolução CONAMA 430/2011.

O pH observado nos efluentes do TEvap em ambos os pontos indicou características

de neutralidade. De acordo com Ganghis (2006), as bactérias anaeróbicas, responsáveis pela degradação da matéria orgânica, possuem uma faixa estreita de sensibilidade a pH, ocorrendo entre 6,5 e 8,2, estando os valores encontrados no TEvap dentro de uma faixa de bom desenvolvimento dessas bactérias. O efluente coletado na fossa séptica (F1) apresentou pH mais elevado (8,65) em relação ao TEvap e os demais autores citados, não estando na faixa de melhor eficiência.

Parâmetros	Efluente			Rebolças (2007)	Paulo <i>et al.</i> (2013)	Rebêlo (2011)	Resolução CONAMA 430/2011
	T1	T2	F1	Bruto	Interno	Interno	
pH	7,10	7,24	8,65	7,84	7,84	7,3	5 a 9
Amônia (mg.L <sup>-1</sup> )	277	335	900	-	326,85	-	-
Nitrito (mg.L <sup>-1</sup> )	0,003	0,005	0,038	-	0,03	-	1 mg.L <sup>-1</sup>
Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> )	0,5	1,35	10,7	-	0,17	-	≤ 10 mg.L <sup>-1</sup>
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	63,34	97,91	1.169	6.619	723,46	421,2	-
Sólidos dissolvidos (mg.L <sup>-1</sup> )	1.500	1.000	3.100	-	-	-	-
Sólidos sedimentáveis (mL.L <sup>-1</sup> )	2,5	0,5	10	-	-	1,7	1 mL.L <sup>-1</sup>
Salinidade (%)	4	5	8	-	-	0,5	-
Cloretos (mg.L <sup>-1</sup> )	44	56,5	216,5	-	141,38	67,2	-

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos dos efluentes comparados a literatura e Legislação.

A concentração de amônia encontrada em T1 e T2 foi de 277 mg.L<sup>-1</sup> e 335 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente, correspondendo ao encontrado por Paulo *et al.* (2013), de 326,85 mg.L<sup>-1</sup>, porém a concentração encontrada em F1 foi de 900 mg.L<sup>-1</sup>. A conversão de amônia para nitrito e deste para nitrato, ocorre pela degradação das bactérias aeróbicas, portanto, como o sistema TEvap e de fossa séptica possuem funcionamento anaeróbico, uma maior quantidade de amônia costuma ser encontrada em relação a esses sistemas (GALBIATI, 2009).

A concentração de nitrito encontrada por Paulo *et al.* (2013) de 0,03 mg.L<sup>-1</sup> foi semelhante a encontrada em F1 (0,038 mg.L<sup>-1</sup>). Enquanto que no TEvap as concentrações foram de 0,003 mg.L<sup>-1</sup> (T1) e 0,005 mg.L<sup>-1</sup> (T2), apresentando-se mais baixas. O nitrito é um estágio intermediário da oxidação da amônia e de acordo com Macuco *et al.* (2007) é comum se apresentar praticamente ausente em processos anaeróbicos.

Paulo *et al.* (2013) encontraram a concentração de 0,17 mg.L-1 de nitrato, enquanto que os valores encontrados em T1 e T2 foram de 0,5 mg.L-1 e 1,35 mg.L-1. Embora as concentrações encontradas no TEvap deste trabalho foram um pouco maiores, segundo Galbiati (2009), o nitrogênio na forma de nitrato pode ser absorvido pelas raízes das plantas presentes no tanque.

O sistema F1, apresentou maior discrepância em relação aos efluentes de TEvap, encontrado nitrato na concentração de 10,7 mg.L-1, que inclusive, ultrapassa o limite de  $\leq 10$  mg.L-1 estabelecido na Resolução CONAMA 430/2011. Segundo Sousa (2014) o valor encontrado pode ser relacionado a idade em que o efluente se encontra no sistema, quanto maior a concentração de nitrato, mas antigo é o efluente.

Os valores obtidos para DQO foram de 63,34 mg.L-1 para T1 e 97,91 mg.L-1 para T2, valores inferiores aos encontrados por Rebêlo (2011) e Paulo *et al.* (2013). Estes valores também são baixos quando comparados com o sistema de fossa séptica (F1) que apresentou uma DQO de 1.169 mg. L-1, sugerindo que o sistema TEvap realiza uma boa remoção de matéria orgânica. Embora, de acordo com Paulo *et al.* (2013) o TEvap, não é considerado necessariamente um sistema de tratamento de águas residuais, ao qual se possa aplicar o conceito de eficiência de remoção, por não produzir um efluente final a ser destinado.

Ainda de acordo com Paulo *et al.* (2013), a câmara anaeróbica no interior do TEvap onde a água residual é recebida, permite que os sólidos assentem e sejam parcialmente digeridos, evitando o entupimento do meio do tanque, além disso, os materiais inertes e orgânicos servem como material de filtragem e suporte para a formação de um biofilme microbiano, fatores que podem justificar os baixos valores de DQO obtidos.

Já as diferenças em termos de DQO observadas para T1 e T2 no TEvap podem ter ocorrido por 3 razões: a) como as câmaras recebem efluentes de banheiros diferentes, o volume de uso de ambos pode ter sido diferente, b) como a construção das câmaras foi feita com materiais diferentes, o crescimento microbiano pode ter sido diferente, promovendo uma melhor remoção de matéria orgânica na câmara T1 e c) como o tubo de inspeção para a coleta de T1 possui acesso até a camada de materiais inertes e o tubo de inspeção para T2 até a camada de materiais orgânicos.

Os sólidos sedimentáveis encontrados no TEvap de 2,5 mL.L-1 (T1) e 0,5 mL.L-1 (T2), valores próximos ao encontrado por Rebêlo (2011) de 1,7 mL.L-1. A Resolução CONAMA 430/2011, permite o lançamento de efluentes com até 1 mL.L-1 de sólidos sedimentáveis. O valor elevado em T1 pode ser devido ao local da coleta que possui contato próximo ao lodo, na camada inerte.

A quantidade de sólidos sedimentáveis encontrados no efluente F1 foi de 10 mL.L-1. De acordo com Ávila (2005) e Backes (2016) a faixa comum de sólidos sedimentáveis encontradas em fossas sépticas varia de 0,2 mL.L-1 à 0,8 mL.L-1. Esse valor pode estar associado a quantidade de lodo existente no sistema. No entanto, para que esse valor

possa estar de acordo com os limites permitidos na Resolução CONAMA 430/2011 como verificado na Tabela 2, deve-se utilizar um tratamento secundário de efluente como recomendado na NBR 13969 (ABNT,1997).

As concentrações de cloretos localizadas no TEvap foram de 44 mg.L<sup>-1</sup> (T1) e 55,6 mg.L<sup>-1</sup> (T2) que correspondem a encontrada por Rebêlo (2011) de 67,2 mg.L<sup>-1</sup>. Já a concentração encontrada em F1 foi mais alta, 216,5 mg.L<sup>-1</sup>. De acordo com Carvalho *et al.* (2015) o cloreto apresenta características corrosivas para metais e concretos, o que pode influenciar no rompimento de tubulações e sistemas de tratamento construídos por esses materiais.

As concentrações de salinidade encontradas no TEvap foram de 4% (T1) e 5% (T2) e em F1 de 8%, todos os valores ficaram distantes do encontrado por Rebêlo (2011), de 0,5 %. Segundo Lopes *et al.* (2008) e Borges *et al.* (2014) a salinidade possui influência na germinação e crescimento de plantas, podendo ocasionar mortalidade dependendo da espécie, pois induzem menor capacidade de absorção de água pelas sementes.

As variações encontradas entre os pontos do TEvap em relação a concentração dos parâmetros analisados, podem ser devidas: a) os tanques possuem abastecimentos diferentes, não possuindo medidor de vazão, b) as câmaras de recebimento foram construídas de formas distintas e c) os tubos de inspeção estão localizados em camadas filtrantes no sistema.

### 3.4 Teste de fitotoxicidade aguda dos efluentes com *Eruca sativa*

De acordo com Correia (2015), a medida da germinação relativa, representa a relação entre a contagem das sementes germinadas na amostra em relação ao controle negativo. Na Tabela 3 podem ser observados os resultados referentes à germinação relativa das sementes (% G).

Efluente	% G de acordo com a concentração de efluentes nas amostras		
	100%	50%	25%
T1	81	89	98
T2	69	83	73
F1	0	21	73

Tabela 3 - Germinação relativa das sementes de *Eruca Sativa*.

Conforme Cruz *et al.* (2013), a condição estabelecida para a confiabilidade do teste de fitotoxicidade com hortaliças, realizado de acordo com o estabelecido pelo Ministério da Agricultura (2009), é de que devem germinar pelo menos 65% das sementes do controle

negativo. Neste estudo, o controle apresentou 96% de germinação das sementes.

A germinação relativa das sementes nos efluentes do TEvap sem diluição foi 81% para T1 e 69% para T2. Enquanto o efluente da fossa séptica (F1) sem diluição apresentou inibição total de germinação, na diluição de 50% foi possível observar um germinação de 21% e, somente quando a amostra foi diluída a uma concentração de 25% a germinação foi de 73%.

De acordo com Sobrero *et al.* (2004), as concentrações nas quais a germinação ocorre abaixo de 50%, possuem efeitos considerados tóxicos nos organismos. Considerando que os valores de germinação encontrados no TEvap em ambas as amostras (T1 e T2) não apresentaram toxicidade para o organismo testado. Já a amostra do efluente F1, foi considerada tóxica para o organismo teste nas maiores concentrações (100% e 50%).

Segundo Borges *et al.* (2014), a salinidade possui influência na germinação das sementes de *E. sativa*, causando déficit hídrico e desequilíbrio iônico nas células, resultando em toxicidade, podendo levar a planta a morte. Diante disso, e considerando os resultados observados na Tabela 2, as amostras do TEvap, que se encontram na faixa de 4-5% de salinidade, apresentaram melhores condições de germinação para a *E. sativa*. Enquanto o efluente F1 cuja salinidade apresentada foi de 8% (Tabela 2) inibiu a germinação na concentração de 100%, apresentando toxicidade aguda, sobre o organismo testado, quando concentrado.

O alongamento de raízes (% R) é apresentado na Tabela 4, possibilitando visualizar o comportamento do crescimento de raízes frente aos 3 efluentes testados nas 3 concentrações.

Efluente	% R de acordo com a concentração de efluentes nas amostras		
	100%	50%	25%
T1	12	96	119
T2	20	87	91
F1	0	19	28

Tabela 4 – Alongamento das raízes das sementes de *Eruca Sativa*.

Os maiores percentuais de alongamento radicular ocorreram nos efluentes do TEvap (T1 e T2), na concentração de 25% com até 119% de alongamento em relação ao controle em água deionizada. A média de alongamento de raízes nessa concentração em T1 foi de 3,11 cm ( $\pm 1,92$ ) e T2 de 2,38 cm ( $\pm 1,35$ ). Corroborando os dados observados tanto na análise de germinação relativa (% G) já descritos quanto das análises físico-químicas (Tabela 2) que mostraram menores valores de amônia e compostos nitrogenados, bem

como DQO, salinidade e cloretos para o efluente de T1 em relação ao T2.

Já o efluente da fossa séptica (F1) apresentou um desenvolvimento baixo das raízes na sua forma diluída (50 e 25%) enquanto na forma concentrada nem foi possível observar desenvolvimento radicular, mostrando que todos os parâmetros acima citados para a amostra F1 (Tabela 2), que foram mais elevados em relação as duas amostras do TEvap (T1 e T2), apresentaram um efeito negativo sobre o desenvolvimento radicular, sendo que o valor médio de alongamento foi de 0,72 cm ( $\pm 0,73$ ) na menor concentração de efluente (25%).

De acordo com Amaral (2012) e Boldt (2014) as condições físico-químicas dos efluentes influenciam nos ensaios de toxicidade, uma vez que podem estar relacionados com as alterações no desenvolvimento das radículas das sementes.

Os efluentes T1 e T2 possuíram alongamento de raízes entre 12% e 20% na concentração de 100% e o efluente F1 de 0%. Correlacionando com as condições físico-químicas apresentadas para esses efluentes (Tabela 2) observa-se que F1 possui salinidade de 8‰ e concentração de cloretos de 216,5 mg.L<sup>-1</sup>, enquanto T1 e T2 apresentaram 4‰ e 44 mg.L<sup>-1</sup> e 5‰ e 56,5 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente.

Embora possuam diferenças marcantes entre os sistemas TEvap e fossa séptica, ambos os efluentes apresentaram uma tendência de maior alongamento de raízes com a redução da concentração do efluente. De acordo com Almeida (2018) quando há inibição no alongamento de raízes, o efluente possui características tóxicas, neste sentido, pode se considerar que o efluente de T1 e T2 em sua forma concentrada apresentou toxicidade moderada enquanto o efluente F1 na concentração de 100% pode ser considerado tóxico para o organismo testado.

De acordo com Correia (2015) o conjunto de medidas da germinação relativa (% G) e desenvolvimento relativo da raiz (% R) permitem calcular o índice de germinação das sementes (IG), esses dados estão apresentados na Tabela 5.

Efluente	Índice de germinação (IG) das sementes em relação ao controle		
	100%	50%	25%
T1	10	86	117
T2	13	72	66
F1	0	4	20

Tabela 5 – Índice de germinação das sementes de Eruca Sativa.

O maior índice de germinação ocorreu na amostra de efluente T1 (117%) na concentração de 25% de efluente, seguido de T2 (72%) na concentração de 50% do

efluente. Já o efluente da fossa séptica apresentou efeito tóxico agudo para a *E. sativa* em todas as concentrações, usando como parâmetro de efeito tóxico a inibição de germinação descrito por Almeira (2018).

Quando comparados os sistemas, pode-se afirmar que os efluentes do TEvap apresentaram melhores resultados em todas as análises realizadas, desde germinação a alongamento de raízes.

## 4 | CONCLUSÃO

No TEvap estudado ainda foi verificada a existência de grande quantidade de coliformes termotolerantes localizadas na vala de infiltração em relação as quantidades encontradas no solo acima do sistema, o que pode ser devido ao extravase de efluentes quando há precipitação e utilização do sistema simultaneamente, além de possível falha na impermeabilização do sistema.

No entanto, é importante destacar que os parâmetros físico-químicos indicaram uma melhor condição dos efluentes do TEvap em relação a fossa séptica quando comparados a Resolução CONAMA 430/2011. Possuindo somente a quantidade de sólidos sedimentáveis encontrados em um dos pontos no TEvap fora dos limites permitidos. Estes resultados mostram que este pode ser um bom sistema de tratamento de águas negras para propriedades agrícolas ou comunidades em que não haja uma rede coletora de efluentes.

A análise de fitotoxicidade possibilitou concluir que os efluentes do TEvap possuem boa condição para a germinação e alongamento de raízes e apresentaram melhores condições para a espécie *Eruca sativa* na concentrações de 25%.

Os sistemas de tanques de evapotranspiração possuem métodos construtivos que variam de acordo com a disponibilidade de materias, condições climáticas e geológicas do seu local de implantação, evidenciando a necessidade de que sejam realizados estudos em diferentes localizações desses sistemas para análise de suas condições de tratamento gerando-se materiais para posteriores estudos.

## REFERÊNCIAS

ABNT/10007. **Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT/13969. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT/9898. **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.

ALMUKTAR, S.A.A.A.N., ABES, S.N., SCHOLZ, M. **Wetlands for wastewater treatment and subsequent recycling of treated effluent: a review**. Environmental Science and Pollution Research 25:23595-23623, 2018.

ALMEIRA, A.J.S., ARAÚJO, F.F., BONATTI, J. **Avaliação da água do córrego Gunitá (Cuiabá MT) por meio de teste de germinação e ecotoxicológico utilizando alface (*Laruca sativa*)**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Minas Gerais, 2018.

AMARAL, K.G.C. **Correlação entre fator de toxicidade e parâmetros físico-químicos para efluentes domésticos tratados**. Dissertação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

ÁVILA, R.O. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. Tese. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

BACKES, F.J. **Avaliação da eficiência de um sistema fossa séptica e filtro anaeróbio em escala piloto para o tratamento de efluente sanitário com a adição de papel higiênico como fonte de matéria orgânica**. Monografia. Centro Universitário Univates. Lajeado, 2016.

BOLDT, R.H. **Formação de mudas e produção de rúcula em função dos substratos**. Dissertação. Universidade Federal do Acre. Acre, 2014.

BORGES, C.T., DEUNER, C., RIGO, G.A., OLIVEIRA, S., MORAES, D.M. **O estresse salino afeta a qualidade fisiológica de sementes de rúcula?**. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2014. Revista Enciclopédia biosfera, v.10 n. 19. Goiânia, 2014.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011**. Dispoem sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. [Acesso em: 30 out. 2018]. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>.

CARVALHO, C.C.A., SILVA, M.M.N., GOMES, W.V., LIMA, D.F., JUNIOR, A.M.S. **Análise do processo corrosivo sofrido nos equipamentos e tubulações do reservatório de abastecimento hídrico da cidade de Pau dos Ferros/RN**. Universidade Federal Rural do Semi- Árido. Rio Grande do Norte, 2015.

CETESB - **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. Coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* - Determinação pela técnica de tubos múltiplos. 5º ed. São Paulo, 2018.

CLESCERI, L.S., GREINBERG, A.E., EATON, A.D. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th edition. 2000.

CORREIA, C.H.G. **Reuso de resíduo de areia descartada de fundição (ADF) – Uma avaliação técnica e toxicológica do processo de produção de fritas cerâmicas em escala laboratorial**. Dissertação. Universidade da Região de Joinville. Joinville, 2015.

CRUZ, J.M., LOPES, P.R.M., MONTAGNOLLI, R.N., TAMADA, I.S., SILVA, N.M.M.G., BIDOIA, E.D. CUNHA, S.A., GUERRA, A.J.T. **Avaliação e perícia ambiental**. 14ª edição, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2013.

FUNASA - Fundação Nacional da Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs**. Brasília, 2014. Acesso em: 16 out. 2018]. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manualcont\\_quali\\_agua\\_tecnicos\\_trab\\_em\\_etas.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_em_etas.pdf).

FUNASA - Fundação Nacional da Saúde. **Manual do saneamento**. Brasília, 2004. Acesso em: 10 abr. 2018]. Disponível em: [http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_saneamento\\_3ed\\_rev\\_p1.pdf](http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_saneamento_3ed_rev_p1.pdf).

FUNASA - Fundação Nacional da Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural (PNRS). Brasília, 2019. Acesso em: 04 abr. 2022]. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL\\_PNSR\\_2019.pdf/08d94216-fb09-468e-ac98-afb4ed0483eb](http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf/08d94216-fb09-468e-ac98-afb4ed0483eb)

GALBIATI, A.F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. Dissertação. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas do Saneamento**, Rio de Janeiro, 2021. [Acesso em: 4 abr. 2022]. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101885>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais**. Rio de Janeiro, 2010. [Acesso em: 15 abr. 2018]. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?busca=1&id=1&idnoticia=363&t=ibge-investiga-meio-ambiente-5-560-municipios-brasileiros&view=noticia>.

LOPES, J.C., MACEDO, M.P. **Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino**. Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo. Revista Brasileira de Sementes, v. 30 n. 3, 2008.

MACUCA A., SANTOS, A., SERAFIM, B.H., FERREIRA, E. **Processo de tratamento de esgoto via sistema anaeróbio e análise dos índices de eficiência**. Colégio Estadual Paulo Lemonski. Curitiba, 2007.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. [Acesso em: 6 nov. 2018]. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_sementes.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf).

PAES, W.M., CRISPIM, M.C., FURTADO, G.D. Uso de tecnologias ecológicas de saneamento básico para solução de conflitos socioambientais. **Revista Gaia Cientia**, v.8 1981 – 1268, 2014.

PAULO, P.L., AZEVEDO, C., BEGOSSO, L., GALBIATI, A.F., BONCZ, M.A. **Natural systems treating greywater and blackwater on-site: Integrating treatment, reuse and landscaping**. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Revista Ecological Engineering 50 (2013).

REBÊLO, M.M.P.S. **Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas**. Dissertação. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2011.

REBOUÇAS, T.C., BIANCHI, G., GONÇALVES, R.F. **Caracterização de águas residuárias de origem residencial**. Fortaleza, 2007.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Norma Técnica Interna NTS 013, **Sólidos**. São Paulo, 1999.

SOBRERO, M.C., RONCO, A. **Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L)** In: MORALES, G. C. (Ed.). Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. 1. ed. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, 2004.

SOUSA, M.U. **Análise físico-química e microbiológica do esgoto de uma universidade pública com proposta de tratamento biológico para reuso na própria instituição.** Universidade Estadual da Paraíba. Paraíba, 2014.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Água potável 46, 66, 67, 68, 69, 72, 77, 78, 80

Águas cinzas 22, 35

Águas negras 20, 22, 23, 33

Águas residuárias 35

Análises microbiológicas 20

Aterro sanitário 7, 9, 17, 18

### B

Bacia hidrográfica 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 64, 65

Biofilme 29

### C

Chorume 7, 9, 10, 13, 15, 17, 18

Cloração 81, 86, 87, 90

Cloreto férrico 37, 38

Coagulação 37, 38, 47, 82, 83, 84, 85

Coliformes termotolerantes 12, 20, 22, 26, 27, 33, 34

Consórcio Intermunicipal de Saneamento da Região Central de Rondônia (CISAN) 7, 8, 9, 18

Cor 11, 85, 86, 87

Corpos hídricos 20, 21, 22

### D

Decantação 81, 82, 83, 84, 85

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) 11, 12

Demanda Química de Oxigênio (DQO) 11, 12, 24

Desenvolvimento sustentável 1, 8, 67, 79

### E

Estação de Tratamento de Água (ETA) 80, 81, 82

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) 91

### F

Fitotoxicidade 20, 22, 23, 24, 30, 33

Flotação 81, 85

Fluoretação 81, 88, 90

Fossa séptica 20, 22, 23, 24, 28, 29, 31, 32, 33, 34

Fragilidade ambiental 48, 49

Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) 21, 34, 35, 90

## I

Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) 66, 74, 75, 79

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 18, 66, 79

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) 66, 78

## L

Lagoa facultativa 10, 11, 13, 14, 16

Lixiviado 7, 9, 10, 13, 18

## M

Micro-organismos patógenos 22

## O

Oxigênio dissolvido 11, 13, 17

## P

Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) 8, 18

Planejamento ambiental 48, 49, 50, 56

Polímero de Base Orgânica (NovFloc) 37

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) 1

Programa Nacional de Saneamento Rural (PNRS) 22, 35

## R

Reciclagem 2, 4, 5

Recursos naturais 48, 49

Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) 2

Resíduos sólidos 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 17, 18, 19, 33

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) 7, 8, 9, 18, 19

## S

Saneamento básico 8, 18, 19, 22, 35, 80, 81, 90

Saúde pública 17, 80, 88, 90

Sulfato de alumínio 46, 83, 84

## T

Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) 20, 22, 23, 35

Turbidez 12, 85

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

# RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

# RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)