

2023

Outubro



SANEAMENTO  
AMBIENTAL

## CARTILHA INFORMATIVA



# SISTEMAS WETLANDS:

## Soluções naturais para o tratamento de efluentes

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**

RAYLANE SILVA DE ALCÂNTARA  
ISABELA RIBEIRO SUZANO  
ANA LAURA NUNES DA SILVA  
SHEILA FERREIRA SANTOS  
FELIPE NATANAEL SILVA APOLONIO  
MIRIAM CLEIDE CAVALCANTE DE AMORIM



## PET Saneamento Ambiental

Há 12 anos promovendo integração do ambiente acadêmico com a sociedade através do Ensino, Pesquisa e Extensão.

<http://www.univasf.edu.br/~petsaneamento/>

### Equipe editorial

#### **Raylane Silva de Alcântara**

Graduanda em Ciências Biológicas e  
Bolsista PET Saneamento Ambiental - UNIVASF

#### **Isabela Ribeiro Suzano**

Graduanda em Ciências Biológicas e  
Bolsista PET Saneamento Ambiental - UNIVASF

#### **Ana Laura Nunes da Silva**

Graduanda em Ciências Biológicas e  
Bolsista PET Saneamento Ambiental - UNIVASF

#### **Sheila Ferreira Santos**

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental e  
Bolsista PET Saneamento Ambiental - UNIVASF

#### **Felipe Natanael Silva Apolonio**

Graduando em Engenharia de Produção e  
Bolsista PET Saneamento Ambiental - UNIVASF

#### **Miriam Cleide Cavalcante de Amorim**

Professora Tutora PET Saneamento Ambiental - UNIVASF

A347s Alcântara, Raylane Silva de

Sistemas Wetlands: soluções naturais para o tratamento de efluentes /  
Raylane Silva de Alcântara, Isabela Ribeiro Suzano, Ana Laura Nunes da  
Silva, Sheila Ferreira Santos, Felipe Natanael Silva Apolonio, Miriam Cleide  
Cavalcante de Amorim. – Salgueiro - PE, 2023.

17 f., il. color.

ISBN: 978-85-5322-216-2

Inclui bibliografia.

1. Água - tratamento. 2. Águas residuais – purificação. I. Título.

CDD 628.162

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UNIVASF  
Bibliotecária: Ana Cleide Lucio Pinheiro - CRB - 4 / 2064

### Saiba mais sobre

O PET Saneamento Ambiental possui canais educativos para que você possa acompanhar todas as informações sobre as ações do programa. Acesse:

**Acompanhe @petsaneamento**  
nas principais redes sociais.



# APRESENTAÇÃO

Esta cartilha foi desenvolvida com o objetivo de transmitir conhecimento sobre sistemas Wetlands. Estes são soluções baseadas na natureza utilizadas para o tratamento de águas residuais.

Tais sistemas simulam processos naturais que ocorrem em pântanos e zonas úmidas, utilizando plantas, solo e microrganismos. De maneira alternativa, essa tecnologia pode desempenhar uma função essencial no tratamento de efluentes, fornecendo soluções para a gestão das águas residuais.

Esta produção é resultado das atividades de ensino e extensão realizadas pelo Programa de Educação Tutorial - PET Saneamento Ambiental, e foi elaborada com o apoio da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF. Nela será explorado Soluções Baseadas na Natureza (SBN), o que são os Sistemas Wetlands Construídos, seus diferentes tipos, aplicações, o papel que as macrófitas realizam nesses sistemas, inovações recentes e algumas curiosidades.

# SUMÁRIO

- 5 Soluções Baseadas na Natureza (SBN)**
- 6 O que são Wetlands Construídos?**
- 7 Modalidades de Wetlands Construídos**
- 9 Mecanismos de tratamento**
- 12 Aplicações e otimização**
- 13 Vantagens e desvantagens**
- 14 Implementação das Wetlands no Brasil**
- 15 Considerações finais**
- 16 Referências Bibliográficas**

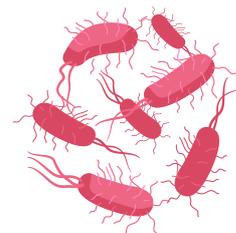
# Soluções Baseadas na Natureza (SBN)



Soluções Baseadas na Natureza (SBN) são ações para proteger, gerenciar e restaurar ecossistemas naturais ou modificados que abordam desafios sociais de forma eficaz e adaptativa, proporcionando simultaneamente bem-estar humano e benefícios para a biodiversidade (CROSS, Katharine *et al*, 2021).

As SBN oferecem uma abordagem adaptativa para proteger ecossistemas, reduzir poluição, economizar energia e promover um futuro sustentável. Esses sistemas não só beneficiam o meio ambiente, mas também contribuem para o bem-estar humano. Investir e implementar SBN é importante para enfrentar desafios sociais e ambientais contemporâneos, criando um mundo mais equilibrado e resiliente.

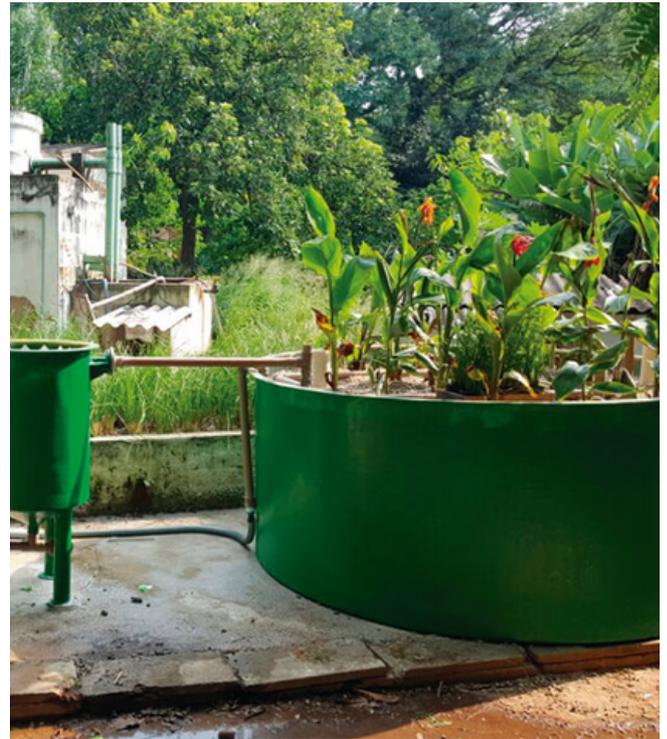
Utilizam-se de plantas, solo, bactérias e processos naturais para remover poluentes em águas residuais. Ao optar por SBN, é possível reduzir o uso de substâncias químicas, além de economizar energia. Esses sistemas abordam o tratamento de águas residuais de forma sustentável, econômica e de impacto ambiental reduzido, podendo ser planejados para uma vida útil duradoura.



# O que são Wetlands Construídos?

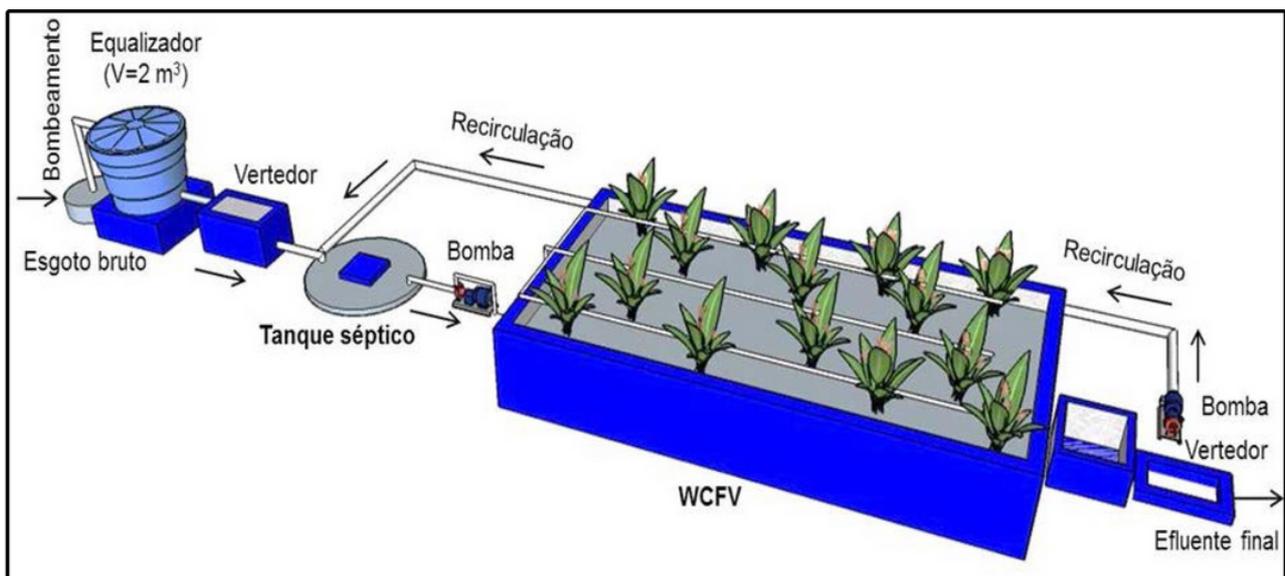


Os wetlands construídos são sistemas artificiais que atuam como soluções inovadoras para o tratamento de águas residuais. Controladas por princípios de **engenharia civil** e **sanitária** para otimizar seu funcionamento, elas simulam os processos naturais de purificação que ocorrem em pântanos e zonas úmidas, utilizando plantas, solo e microorganismos. Além disso, apresentam diversas técnicas de funcionamento, seja com plantas flutuantes, emergentes ou enraizadas, e com diferentes fluxos de água (SOUZA, Émilin Casagrande, 2019).



**Elaboração do Projeto Executivo e Implantação de um sistema de wetlands aplicado ao tratamento de esgoto sanitário.**  
Fonte: BRF ambiental.

"A utilização de **macrófitas** em wetlands proporciona melhorias significativas no tratamento de efluentes, pois aumenta a capacidade de filtração do sistema, extrai nutrientes e libera oxigênio por meio das raízes".



ETE experimental instalada na Casa do Estudante Universitário da UFSM  
Fonte: Decezaro et al. (2018)

# Modalidades de Wetlands Construídos

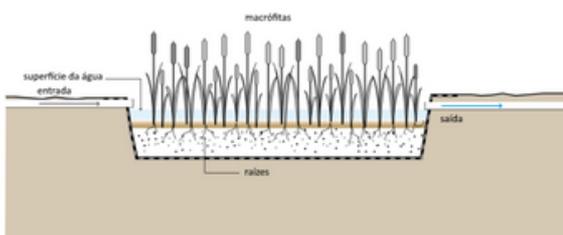
## 1. De escoamento superficial ou sistemas de lâmina livre –

Escoamento superficial em contato direto com a atmosfera e é visível o espelho d'água. Quanto às plantas, são diversas as espécies com potencial para uso nos wetlands. Por exemplo:

- Escoamento superficial com macrófitas emergentes;
- Escoamento superficial com macrófitas de folhas flutuantes e solo enraizado;
- Escoamento superficial com macrófitas flutuantes;
- Escoamento superficial com macrófitas submersas;
- Escoamento superficial com substrato flutuante.

Se assemelham à aparência de zonas úmidas naturais, porque as plantas podem flutuar e/ou enraizar (emergentes ou submersas) numa camada de solo no fundo, e a água flui livremente entre suas folhas e caules.

Do ponto de vista econômico, é importante escolher uma ou mais espécies de interesse comercial que possam gerar lucro, como as forrageiras, que são utilizadas como alimento para animais.



Fonte: Lemos, 2016.



Fonte: Sezerino, 2021.

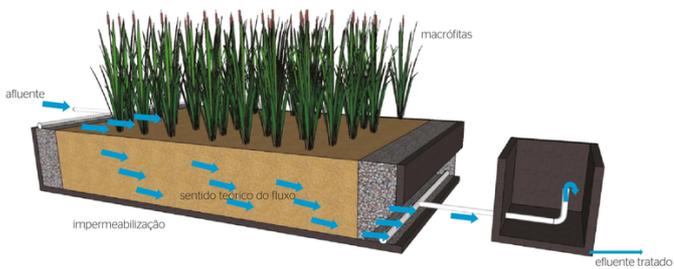
2. De **escoamento subsuperficial** -

O efluente atravessa a camada suporte da estrutura e não há lâmina d'água aparente.



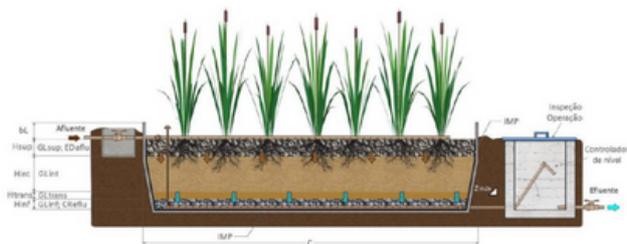
**Podem ser:**

De escoamento subsuperficial de fluxo horizontal;



Sezerino, 2015.

De escoamento subsuperficial de fluxo vertical.



Immich, 2023.

Os wetlands de escoamento subsuperficial de fluxo vertical também podem ser ascendentes ou descendentes.



Estas não se assemelham às zonas úmidas naturais porque não há água livre na superfície. Possui um canteiro composto por pequenas pedras, cascalho, areia ou terra que dá suporte ao crescimento das plantas aquáticas.



O nível da água fica abaixo da superfície do leito, e o efluente flui em contato com as raízes e os rizomas das plantas, onde se desenvolve um biofilme bacteriano, não sendo visível ou disponível para a biota aquática.



## Mecanismos de tratamento

Nesses ambientes, ocorrem diversos mecanismos e processos pelos quais os poluentes são removidos das águas residuais ou efluentes. Cada tipo de poluente segue um caminho específico para ser degradado ou eliminado. Os processos de tratamento são divididos em:

### Físicos

Filtração dos sólidos em suspensão pelo material filtrante.

### Químicos

Adsorção na superfície dos grãos do material filtrante.

### Biológicos

Depurações da matéria orgânica pelos microrganismos e fitoextração pelas macrófitas.

**Esses processos acontecem ao mesmo tempo nos wetlands e é essa simultaneidade que torna esses sistemas tão eficientes.**



Em suma, a capacidade dos **wetlands construídos** de transformar poluentes é influenciado por uma variedade de fatores, incluindo:

- Material filtrante;
- Macrófitas;
- Microorganismos.

## Material filtrante

O material filtrante é o meio que fornece suporte para as plantas, os microorganismos e auxilia na filtragem dos efluentes no sistema. A seleção desse material deve levar em consideração tanto o bom fluxo hidráulico quanto o potencial reativo do material. É importante que o material seja capaz de adsorver compostos inorgânicos presentes no efluente.

**Exemplos de materiais possíveis incluem:**

**Solos naturais;**

**Cascalhos;**

**Areia;**

**Entre outros.**

## Macrófitas

**Espécies mais utilizadas:**



*Phragmites australis*

Fonte: <https://www.the-scientist.com/news-opinion/genome-spotlight-common-reed-phragmites-australis-69536>



*Typha angustifolia*

Fonte: <https://hayloft.co.uk/product/typha-angustifolia/pt01ta01-in22>

As macrófitas aquáticas tratam-se de plantas aquáticas que habitam os wetlands construídos, sendo elas livres, submersas enraizadas e emergentes. São conhecidas pela eficiência em remover uma variedade de poluentes, no entanto, este potencial de remoção varia de espécie para espécie. Elas desempenham um papel crucial na purificação da água, absorvendo e adsorvendo poluentes, nutrientes como nitrogênio e fósforo, fornecendo também substâncias e oxigênio aos decompositores.

## Microrganismos

Microrganismos têm um papel crucial nos processos de tratamento em wetlands construídos. Eles se fixam nos substratos, formando um biofilme responsável por filtrar, transformar e adsorver poluentes e nutrientes presentes no efluente a ser tratado.

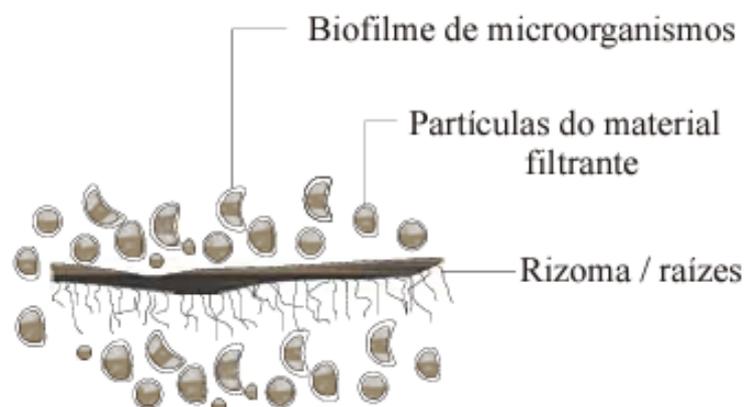


O **biofilme** pode ser definido como um conjunto de microrganismos e de produtos extracelulares que se aderem sobre um suporte sólido, formando uma camada volumosa e espessa, com uma estrutura externa não totalmente regular e uniforme.



As bactérias desempenham um papel central na degradação biológica dos efluentes, executando três funções principais nos wetlands construídos:

- **Oxidação da matéria orgânica;**
- **Nitrificação;**
- **Desnitrificação.**



SEZERINO (2006).

# Aplicações e otimização

Os wetlands construídos são uma tecnologia de tratamento de efluentes que cumpre as diretrizes estabelecidas pela Legislação Brasileira para o lançamento de efluentes, em conformidade com a Resolução CONAMA N° 430/2011.



Fonte: CANVA.

Essa Resolução estabelece as normas relacionadas ao descarte de efluentes em corpos d'água no território brasileiro e define parâmetros específicos para a supervisão e regulação da qualidade dos efluentes liberados. Isso assegura a preservação da qualidade da água.

## Suas aplicações incluem:

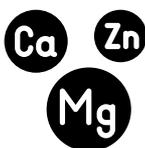
1 Tratamento ou pós-tratamento de efluentes sanitários ou industriais;



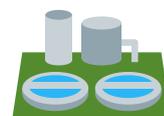
2 Tratamento de cursos d'água poluídos;



3 Desidratação e mineralização de lodos provenientes de ETEs/ETAs/Caminhões limpa-fossa;



4 Tratamento de águas de drenagem ácida de mineração;



5 Tratamento de águas subterrâneas contaminadas;



6 Tratamento de escoamento superficial (urbano/rural/ industrial).



## Vantagens

- 1 Baixo custo de operação e manutenção em relação a sistemas convencionais;
- 2 São capazes de lidar com variações sazonais na emissão de efluentes sem efeitos adversos;
- 3 Esses sistemas são versáteis, podendo ser aplicados em diversos setores, como: saneamento, mineração, agronegócio, residências, cursos d'água poluídos indústrias e municípios de diferentes tamanhos;
- 4 Atuam na remoção de poluentes, melhorando a qualidade dos efluentes.

## Desvantagens

- 1 Necessidade de grandes áreas para tratar grandes volumes de água em comparação com sistemas naturais.



Ao contrário das ETEs convencionais, os wetlands não geram lodo a ser tratado. Além disso, a biomassa derivada das plantas usadas pode ser reaproveitada como fertilizante. A implementação e operação dos wetlands são mais simples em comparação com as ETEs, uma vez que utilizam materiais locais e não requerem equipamentos complexos. Isso resulta em custos iniciais e operacionais mais baixos, uma vez que não envolvem o uso de produtos químicos nem a necessidade de equipamentos sofisticados.

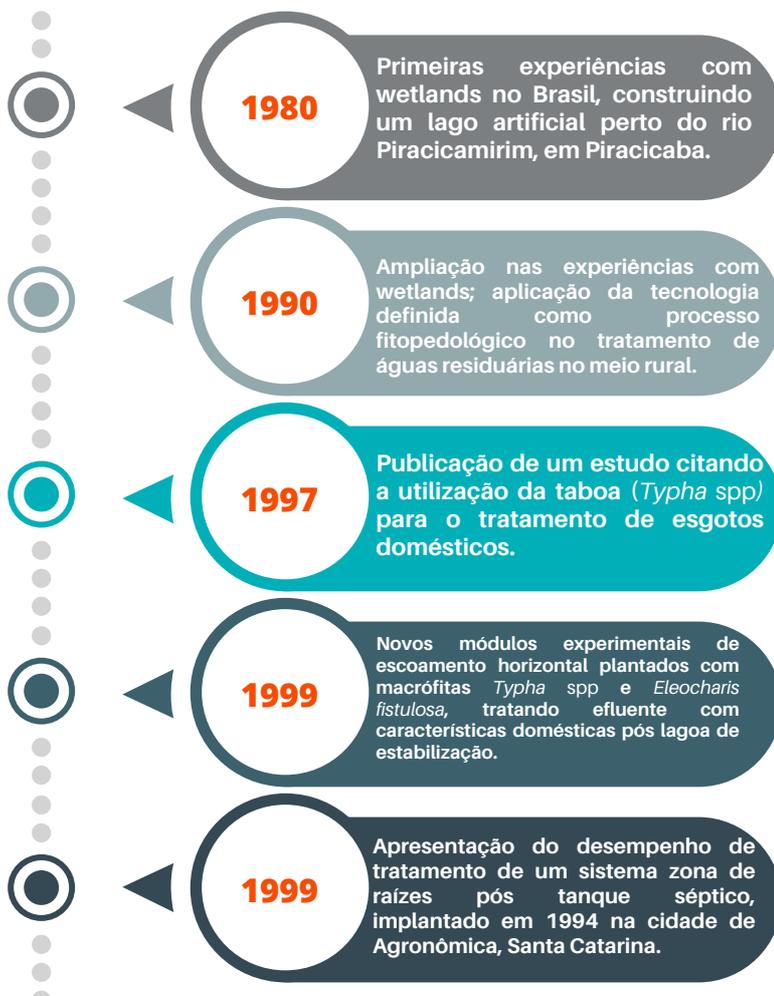
# Implementação das wetlands no Brasil



As experiências brasileiras na utilização de sistemas wetlands foram intensificadas somente a partir do ano 2000. Dentre as inovações, estão as aplicações de sistemas wetlands construídos para o tratamento de diferentes efluentes ou águas residuárias. Sezerino *et al.* (2015) apontam que essas inovações aconteceram sob diferentes formas e arranjos, com diferentes materiais filtrantes e macrófitas empregadas.

Seguindo um esquema cronológico das primeiras experiências com a utilização dos wetlands no controle da poluição, no Brasil:

**Essa unidade zona de raízes se manteve em operação contínua, sendo que o desempenho do sistema de tratamento em termos de remoção de material carbonáceo aumentou significativamente ao longo de mais de 10 anos de uso (PHILIPPI *et al.*, 2006).**



## Considerações Finais



- 1 A cartilha ressaltou os sistemas de wetlands construídos como soluções inovadoras para tratar efluentes. Ao incorporar processos naturais e biológicos, esses sistemas oferecem uma abordagem eficaz para o tratamento de efluente.
- 2 As macrófitas aquáticas desempenham importante função na remoção de poluentes e nutrientes, contribuindo para o tratamento do efluente. A interação entre microrganismos, substratos e plantas em wetlands construídos reforça sua eficiência no tratamento de diversos efluentes, desde residenciais até industriais.
- 3 Destacamos a versatilidade dos wetlands construídos, enfatizando suas aplicações em diversos setores. Sua adaptabilidade atende a diversas escalas, de pequenas comunidades a grandes municípios.
- 4 Destaca-se a versatilidade dos wetlands construídos, enfatizando suas aplicações em diversos setores. Sua adaptabilidade atende a diversas escalas, de pequenas comunidades a grandes municípios.

## Agradecimentos

Ao PET-MEC e ao Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional (FNDE) pelo incentivo financeiro.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) pelos incentivos acadêmicos.

## Referências Bibliográficas

- CANO, V. et al. Pós-tratamento de efluentes de reator uasb com wetlands construídos: avaliação do desempenho. In: XXXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental - AIDIS, Salvador-BA. Anais, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/273131092\\_POS-TRATAMENTO\\_DE\\_EFLUENTES\\_DE\\_REATOR\\_UASB\\_COM\\_WETLANDS\\_CONSTRUIDOS\\_AVALIACAO\\_DO\\_DESEMPENHO](https://www.researchgate.net/publication/273131092_POS-TRATAMENTO_DE_EFLUENTES_DE_REATOR_UASB_COM_WETLANDS_CONSTRUIDOS_AVALIACAO_DO_DESEMPENHO)
- CROSS, Katharine; TONDERA, Katharina; RIZZO, Anacleto; ANDREWS, Lisa; et al. Nature-Based Solutions for Wastewater Treatment. 1. ed. London: Routledge, 2021. 272 p.
- IMMICH, Tiago Bisognin et al. Estudo de viabilidade de implantação e operação de diferentes tipos de wetlands construídos para sistema descentralizado coletivo. 2023. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/29262/DIS\\_PPGCTA\\_2023\\_IMMICH\\_TIAGO.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/29262/DIS_PPGCTA_2023_IMMICH_TIAGO.pdf?sequence=1)
- LEMOS, Heider Gusmão. Modelagem de sistemas de wetlands construídas como medida de controle de poluição difusa na bacia hidrográfica do córrego do Mineirinho, São Carlos-SP. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-22032017-163442/publico/Dissertacao\\_Heider\\_Versao\\_Corrigida.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-22032017-163442/publico/Dissertacao_Heider_Versao_Corrigida.pdf)
- RUBIM, Cristiane. Tratamento de efluentes com Wetlands e jardins filtrantes construídos artificialmente. nov. de 2017.
- DEMARCO, C. F. Seleção de macrófitas aquáticas com potencial de fitorremediação no arroio Santa Bárbara, município de Pelotas/RS. 2016. 52 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016. Disponível em: <https://www.parque.ufrj.br/wp-content/uploads/2016/12/Aquafluxus-Revista-TAE.pdf>
- VERHOEVEN, Jos TA; SETTER, Tim L. Agricultural use of wetlands: opportunities and limitations. *Annals of botany*, v. 105, n. 1, p. 155-163, 2010. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp172>. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/105/1/155/245730>. Acesso em: 26 out. 2023.

## Referências Bibliográficas

SANTOS, JULIANA ROCHA. Tratamento de efluente têxtil com uso de macrófita flutuante do gênero Pistia stratiotes. 2019. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso (curso de graduação em Engenharia civil) - Universidade Federal de Pernambuco - Campus Acadêmico do Agreste, Caruaru-PE, 2019. Disponível em: [repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/44420/1/SANTOS%2C%20Juliana%20Rocha%20dos.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/44420/1/SANTOS%2C%20Juliana%20Rocha%20dos.pdf).

SEZERINO, P. H.; BENTO, A. P.; DECEZARO, S. T.; MAGRI, M, E; PHILIPPI, L. S. Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais, Eng. Sanit. Ambient. 20 (1) • Jan-Mar 2015. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000096615>. Disponível em:<https://www.scielo.br/j/esa/a/8zwY5WwwLZVxRk5btDHDmK6/>

SOUZA, ÉMILIN CASAGRANDE. O que são Wetlands e como funcionam?. Blog 2 Engenheiros, Engenharia Ambiental e Divulgação Científica, 24 dez. 2019. Disponível em: <https://2engenheiros.com/2019/12/24/o-que-sao-wetlands-e-como-funcionam/#:~:text=Wetlands%20Naturais%20s%C3%A3o%20ambientes%20que,Manguezais%2C%20e>

SEZERINO, Paulo H. Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (constructed Wetland) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima tropical. Tese (Doutor em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/103142/225786.pdf?sequenc>