

## WETLANDS CONSTRUÍDOS: UMA ALTERNATIVA DE TECNOLOGIA LIMPA PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.13.22.IX-008>

Letícia Mesacasa, Mauricio Kersting, Deison Antonio Taufer Fochi, Adriane Lawisch Rodriguez, Ênio Leandro Machado

Universidade de Santa Cruz do Sul, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental,  
[leticiamesacasa1993@gmail.com](mailto:leticiamesacasa1993@gmail.com)

### RESUMO

Com o crescimento populacional acelerado a geração de efluentes vem crescendo consideravelmente, e o sistema de coleta e tratamento ainda necessita de investimentos. Por isso, a busca por novas tecnologias, eficientes e viáveis economicamente vem crescendo ao longo dos anos. Uma das tecnologias que tem se demonstrado ser promissora são os *Wetlands* Construídos (WCs). Os WCs são sistemas que com o auxílio de macrófitas removem contaminantes dos efluentes. Entretanto, apesar de alguns estudos demonstrarem a eficiência dessa tecnologia, eles ainda são escassos com efluentes reais, pois a maioria dos estudos são com efluentes sintéticos (fármacos) em escala laboratorial. Diante do exposto o objetivo geral deste estudo será analisar o atual cenário de pesquisas com *Wetlands* construídos como uma tecnologia limpa. Visando avaliar quais são as principais palavras-chave utilizadas e sua associação. Para se ter uma melhor visão dos cenários de publicações em relação aos *Wetlands* construídos e sua utilização voltada a uma tecnologia limpa, foi realizada uma busca por periódicos na plataforma Scopus. Os termos utilizados para a pesquisa bibliográfica foram “*constructed wetlands*” AND “*clean technology*”. Após obtidos os dados da plataforma, foi realizado um mapeamento bibliométrico usando o software *VOSviewer* (versão 1.6.12). Como resultados obtidos observa-se um total de seis publicações em um período de 22 anos. Sendo que os pontos mais quentes das palavras pesquisadas são: os *Wetlands* construídos, os sistemas híbridos e o reuso dos efluentes, a tecnologia limpa associada a utilização do efluente, a remoção de poluentes oriundos da agricultura e o a remoção de contaminantes e geração de gás de efeito estufa. Por fim, com os resultados obtidos com a presente pesquisa, foi observado que as publicações relacionadas ao tema têm crescido nos últimos anos. Além disso, estudos como a presente revisão bibliométrica, demonstram novos caminhos para futuras pesquisas relacionadas a tecnologias limpas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Zonas úmidas, sustentabilidade, tratamento de esgotos, tratamento terciário

### INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional acelerado os impactos ambientais crescem na mesma medida, principalmente nas questões relacionadas à precariedade da infraestrutura de saneamento básico, que refletem diretamente na promoção da saúde e na qualidade de vida da população (SILVA et al., 2017; FERREIRA, 2020). Em contrapartida, com o aumento populacional é inevitável que exista uma ampliação ao atendimento dos serviços de coleta e tratamento de esgotos domésticos no país e para isso, a busca por tecnologias limpas e eficientes tem aumentado.

Uma alternativa para o tratamento de efluentes que tem demonstrando-se promissora são os *Wetlands* construídos (WC). Essa tecnologia assemelhasse aos processos naturais, através da utilização de plantas e solo para tratar as águas residuais em um ambiente controlado (PARDE; PATWA; SHUKLA; VIJAY et al., 2021). Eles são uma tecnologia eficiente para a remoção de micropoluentes orgânicos através de um processo sinérgico, que envolve interações entre a vegetação e os microrganismos, como a hidrólise, volatilização, sorção, biodegradação e fotólise (KAUR; TALAN; TIWARI; PILLI et al., 2020).

Entretanto, apesar de alguns estudos demonstrarem a eficiência dessa tecnologia, eles ainda são escassos com efluentes reais, pois a maioria dos estudos são com efluentes sintéticos (fármacos) em escala laboratorial (KAUR; TALAN; TIWARI; PILLI et al., 2020; Hu et al., 2021).

### OBJETIVO GERAL

Diante do exposto o objetivo geral deste estudo será analisar o atual cenário de pesquisas com *Wetlands* construídos como uma tecnologia limpa. Visando avaliar quais são as principais palavras-chave utilizadas e sua associação.

## METODOLOGIA

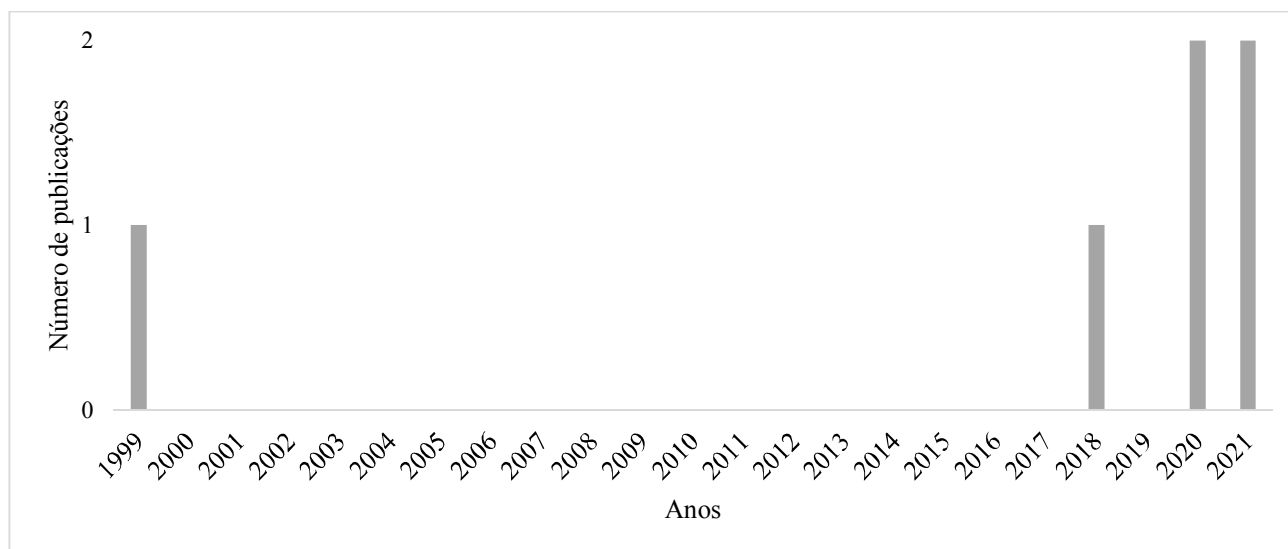
Para se ter uma melhor visão dos cenários de publicações em relação aos *Wetlands* construídos e sua utilização voltada a uma tecnologia limpa, foi realizada uma busca por periódicos na plataforma Scopus, em julho de 2022. Os termos utilizados para a pesquisa bibliográfica foram “*constructed wetlands*” AND “*clean technology*”. Após obtidos os dados da plataforma, foi realizado um mapeamento bibliométrico usando o software *VOSviewer* (versão 1.6.12).

A análise bibliométrica permitiu identificar quais os principais aspectos relacionados aos *Wetlands* construídos e as tecnologias limpas. Com os itens extraídos e rotulados, foi gerada uma rede que demonstra a ocorrência dos itens, uma vez que o tamanho do círculo está relacionado a ocorrência do item, quanto maior o círculo maior a ocorrência. Cada cluster que um item está inserido é definido por uma cor, as linhas representam os links entre os itens (ECK e WALTMAN, 2019).

Com os dados da plataforma, foi gerado também um mapa de visualização de densidade. Esse mapa é parecido com a rede de visualização, onde os itens são representados por rótulos. Cada ponto possui uma cor que indica a densidade dos itens, as cores variam de azul a verde para vermelho. As cores são organizadas pelo software de modo que quanto maior o número de itens no entorno de um ponto e quanto maior o peso dos itens vizinhos, mais próxima a cor fica do vermelho. Já, quanto menor for o número de termos em um ponto do mapa e quanto menor o peso do item vizinho, mais próxima do azul a cor fica (ECK e WALTMAN, 2019).

## RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos demonstraram um total de seis publicações em um período de 22 anos (Figura 1). Uma vez que o primeiro trabalho científico publicado sobre *Wetlands* construídos associado a tecnologias limpas foi publicado no ano de 1999. Após esse ano por um longo período não ocorreram publicações relacionadas aos termos associados, mas a partir do ano de 2018, ocorre uma série de publicações, demonstrando uma tendência de crescimento nas pesquisas relacionadas aos *Wetlands* construídos como uma tecnologia limpa.



**Figura 1. Publicações relacionadas com os termos “constructed Wetlands” AND “clean technology” na plataforma Scopus ao longo dos anos.**

Com a realização da análise bibliométrica, pode-se observar a formação de quatro clusters (Figura 2). O cluster vermelho possui relação com a remoção de poluentes oriundos da agricultura, o cluster verde, está relacionado com a tecnologia limpa e a utilização do efluente tratado como biofertilizante, o cluster azul associado a remoção de contaminantes e a geração de gases de efeito estufa e o cluster amarelo, está associado aos *Wetlands* construídos e os sistemas híbridos de tratamento de efluentes.

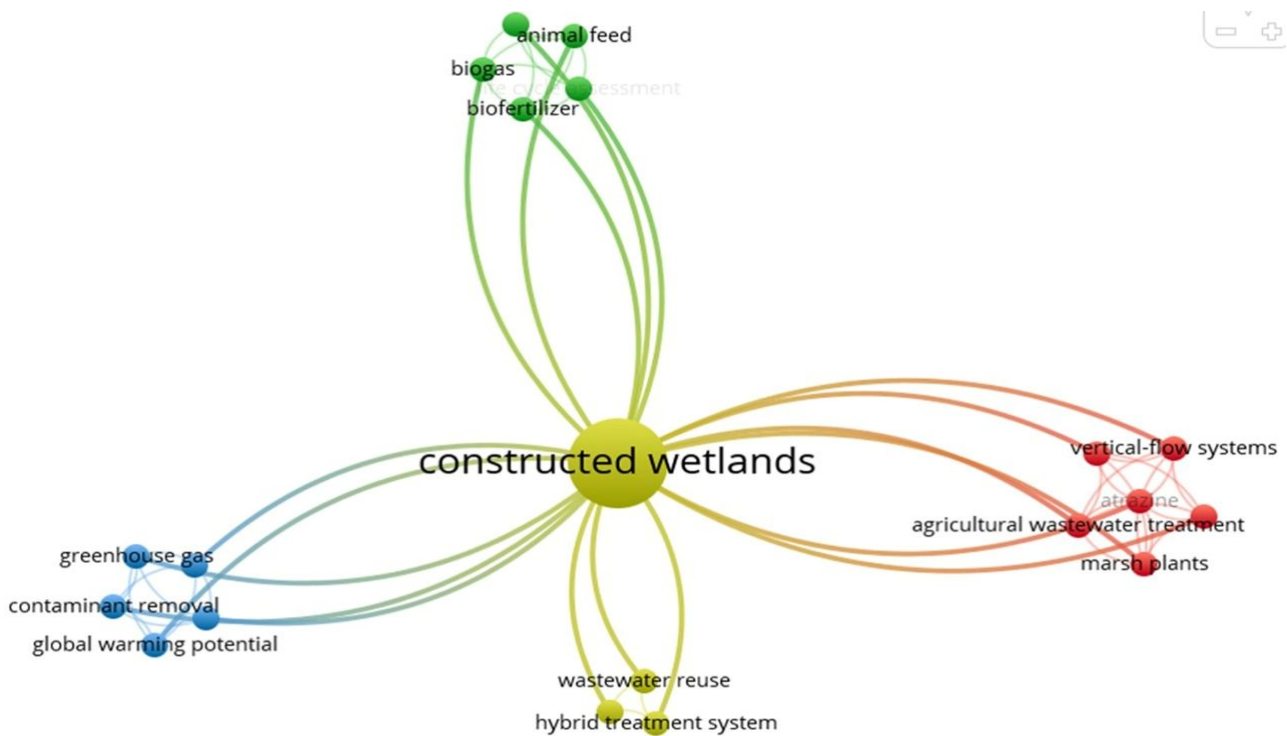


Figura 2. Gráfico de cluster obtido através do mapeamento bibliométrico utilizando o VOSviewer e a base de dados Scopus com os termos “*constructed Wetlands*” AND “*clean technology*”.

No mapa de densidade pode ser observado a formação de cinco pontos quentes (Figura 3). O primeiro ponto (A) destaca a utilização dos *Wetlands* construídos, o segundo ponto (B) destaca os sistemas híbridos e o reuso dos efluentes, o terceiro ponto (C) destaca a tecnologia limpa associada a utilização do efluente, o quarto ponto quente (D) destaca a remoção de poluentes oriundos da agricultura e o quinto ponto quente destaca a remoção de contaminantes e geração de gás de efeito estufa.

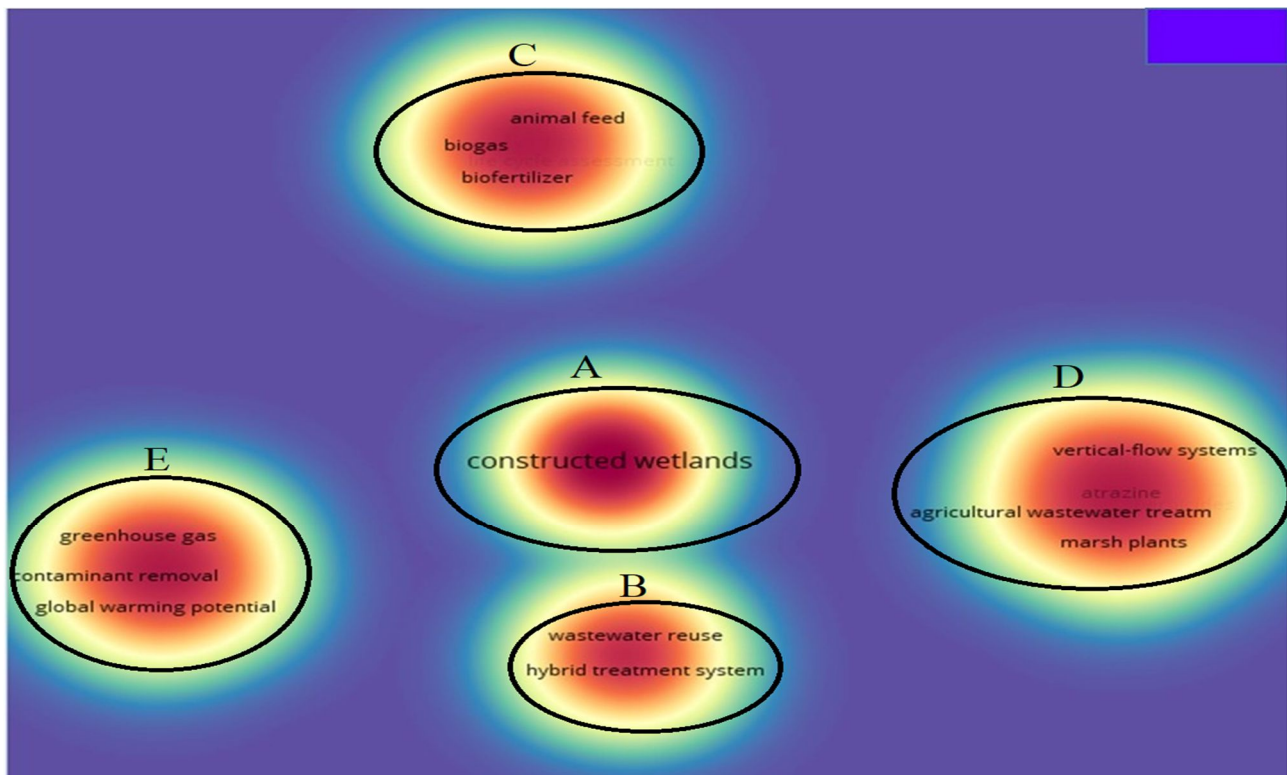


Figura 3. Mapa bibliométrico dos termos “*constructed Wetlands*” AND “*clean technology*” baseado na visualização da densidade do VOSviewer.

Os *Wetlands* Construídos são uma tecnologia sustentável que é utilizada como tratamento terciário alternativo no tratamento de águas residuárias. Os WC possuem custos mais baixos, devido à baixa utilização de equipamentos mecânicos, físicos e químicos, além de ser eficiente na remoção de nutrientes e possuir boas relações com o meio ambiente, quando comparado a outros tratamentos terciários, tornando assim esse sistema interessante para o tratamento de águas residuárias domésticas e industriais (VERLICCHI; ZAMBELLO, 2014).

A busca por tecnologias limpas e que permitam o reaproveitamento de efluentes para diferentes finalidades é de suma importância e os *Wetlands* construídos tem apresentado um grande potencial. Estudos como o de SILVA et al. (2021) relatam que a combinação de diferentes sistemas (sistemas híbridos) tem resultados promissores para o reaproveitamento de efluentes. Uma vez que foi observado um bom desempenho de um sistema híbrido implementado para o tratamento de efluentes, onde após o tratamento os mesmos apresentaram as taxas adequadas de acordo com a legislação CONSEMA 355/2017 e NBR 13969/1997 para a reutilização em pomares, pastagens para gado e outras culturas.

Nesta mesma linha de pesquisa, os autores MCKINLAY & KASPEREK (1999), relatam a remoção de pesticidas por um sistema de *Wetland* construído de fluxo vertical, com quatro espécies de macrófitas. A remoção do pesticida atrazina foi comprovada e os autores ressaltam a importância da utilização dos *Wetlands* construídos na remoção de contaminantes, além de ser uma tecnologia limpa e de baixo custo, podem ser aplicadas nas propriedades rurais que utilizam pesticidas. No trabalho de KHARITONOV et al. (2022), os autores também utilizam um *Wetland* construído para o tratamento de tratamento de águas residuais domésticas e efluentes agrícolas sazonais da produção vinícola e relatam a eficiência do sistema na remoção dos contaminantes encontrados no efluente.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Por fim, a presente pesquisa buscou analisar os cenários de publicações relacionados aos *Wetlands* construídos como uma tecnologia limpa, onde foi observado que as publicações relacionadas ao tema têm crescido nos últimos anos. Além disso, estudos como a presente revisão bibliométrica, demonstram novos caminhos para futuras pesquisas relacionadas a tecnologias limpas. Uma vez que utilizando as linhas de pesquisa já existentes na área, podem ser aprimorados novos sistemas para se obter melhores resultados. Evidenciando assim, o potencial e a importância de pesquisas voltadas a essa temática.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos apoios de bolsa e financeiro a CAPES e a FAPERGS.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FERREIRA, Y. B. C. Proposição de um índice de vulnerabilidade humana à insuficiência de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a experiência do estado da Paraíba. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB, 2020. Disponível em: < <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/13474> > acesso em: 09 de julho de 2022.
2. ECK, N. J. V.; WALTMAN, L. VOSviewer Manual. 2019. Disponível em < [https://www.vosviewer.com/documentation/Manual\\_VOSviewer\\_1.6.10.pdf](https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.10.pdf) > acesso em: 11 de julho de 2022.
3. HU, B.; HU, S.; CHEN, Z.; VYMAZAL, J. Employ of arbuscular mycorrhizal fungi for pharmaceuticals ibuprofen and diclofenac removal in mesocosm-scale constructed Wetlands. *Journal of Hazardous Materials*, 409, 2021.
4. KAUR, R.; TALAN, A.; TIWARI, B.; PILLI, S. et al. Chapter 5 - Constructed Wetlands for the removal of organic micro-pollutants. In: VARJANI, S.; PANDEY, A., et al (Ed.). *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*: Elsevier, 2020. p. 87-140.
5. KHARITONOV, S.; SHCHEGOLKOVA, N.; ALEXANDROVA, A.; SAYNCHUK, A. et al. Taxonomic Diversity of Fungi and Bacteria in Azoé-NP® Vertical Flow Constructed Wetlands. *Water (Switzerland)*, 14, n. 5, 2022.
6. MCKINLAY, R. G; KASPEREK, K. Observations on decontamination of herbicide-polluted water by marsh plant systems. *Water Research*, v. 33, p. 505-511, 1999.
7. PARDE, D.; PATWA, A.; SHUKLA, A.; VIJAY, R. et al. A review of constructed Wetland on type, treatment and technology of wastewater. *Environmental Technology & Innovation*, 21, 2021.

8. SILVA, F. P. et al. Treatment of university campus wastewaters by anaerobic reactor and multi-stage constructed Wetlands. *Journal of Water Process Engineering*, 42, 2021.
9. SILVA, S. A. et al. Saneamento básico e saúde pública na bacia hidrográfica do Riacho Reginaldo em Maceió, Alagoas. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 699-709, jul/ago 2017. ISSN 1809-4457. DOI: 10.1590/S1413-41522017146971. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/esa/v22n4/1809-4457-esa-s1413-41522017146971.pdf>> acesso em: 09 de julho de 2022.
10. VERLICCHI, P.; ZAMBELLO, E. How efficient are constructed Wetlands in removing pharmaceuticals from untreated and treated urban wastewaters? A review. *Science of The Total Environment*, 470-471, p. 1281-1306, 2014.