

Mapeamento de práticas e informações gerais de estratégias de economia circular aplicadas a estações de tratamento de esgotos

Autores: Andrêina Custódio da Silva; Sabrina de Oliveira Anício; Tadeu Fabricio Malheiros

Resumo

Nas águas residuais há nutrientes e substâncias úteis que podem ser recuperadas e usadas como fonte de energia, a partir de estratégias de economia circular. O presente trabalho teve como objetivo realizar um mapeamento e organização em banco de dados sobre práticas de economia circular em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) a nível mundial. Para isso, utilizou-se a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e a construção de um mapa acerca da distribuição geográfica das ETEs encontradas na revisão. Observou-se um baixo número de artigos encontrado ao final da RSL e ausência de publicações em algumas regiões do mundo, confirmando-se a necessidade de maior disseminação de práticas de economia circular nas ETEs.

Palavras-chave: Economia circular; Estação de Tratamento de Efluentes; Mapeamento; Revisão sistemática.

Abstract

Wastewater contains nutrients and useful substances that can be recovered and used as a source of energy through circular economy strategies. The aim of this study was to map and organize a database on circular economy practices in Wastewater Treatment Plants (WWTPs) worldwide. To do this, we used a Systematic Literature Review (SLR) and built a map of the geographical distribution of the WWTPs found in the review. A low number of articles was found at the end of the SLR and there were no publications in some regions of the world, confirming the need for greater dissemination of circular economy practices in WWTPs.

Keywords: Circular economy; Wastewater treatment plant; Mapping; Systematic review.

Introdução

As situações de estresse hídrico indicam que a abordagem tradicional de gestão da água pode ser substituída por outras inovadoras, garantindo o uso sustentável dos recursos hídricos disponíveis. Dentre essas estratégias, destaca-se a economia circular

(BELLVER-DOMINGO; HERNÁNDEZ-SANCHO, 2022). O conceito de economia circular visa dissociar a criação de valor da geração de resíduos e uso de recursos, transformando os sistemas de produção e consumo (CAMACHO-OTERO; BOKS; PETTERSEN, 2018).

Com a existência das Estações de Tratamento de Efluentes, que são sistemas recebedores de efluentes domésticos e/ou industriais com o objetivo de remover poluentes antes de destiná-los para corpos d'água ou para reutilização, os sistemas de saneamento orientados para recursos podem visar à recuperação da água, energia e nutrientes, por meio de resíduos como o lodo, biogás e água de reúso (DDIBA *et al.*, 2020). Os produtos finais obtidos no tratamento de efluentes podem ser utilizados como condicionadores do solo/fertilizantes na agricultura, ração animal ou aderido aos materiais de construção e, no caso do biogás, pode se tornar combustível ou ser utilizado para geração de energia (CARRARD; JAYATHILAKE; WILLETTS, 2021), dentre outros usos.

Nesse contexto, o principal objetivo da presente pesquisa foi realizar um mapeamento de práticas de economia circular em Estações de Tratamento de Efluentes a nível mundial, a partir da observação de estudos de caso apresentados na literatura científica, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura dispondo os resultados geoespaciais em mapa.

Metodologia

A RSL é um tipo de pesquisa que utiliza como fonte de dados bibliografias de um determinado tema, disponibilizando um resumo das informações encontradas, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese do que foi encontrado (SAMPAIO; MANCINI, 2007). A metodologia da RSL foi dividida em algumas etapas. Primeiramente, foi definida a pergunta para estimar a importância do tema tratado, sendo essa: “Quais aspectos gerais estão relacionados à adoção de práticas de economia circular em ETEs?”

Depois, foram feitas pesquisas em 4 bases de dados como fonte para os estudos, sendo essas: Scielo; ScienceDirect; Scopus; e Web of Science. Nelas, palavras chaves foram empregadas para as buscas (feitas no dia 01/12/2022), em 3 idiomas (português, inglês e espanhol), com o objetivo de obter uma amostragem maior de artigos; essas, para cada um dos idiomas relacionadas aos subprodutos lodo, efluente líquido e biogás, foram,

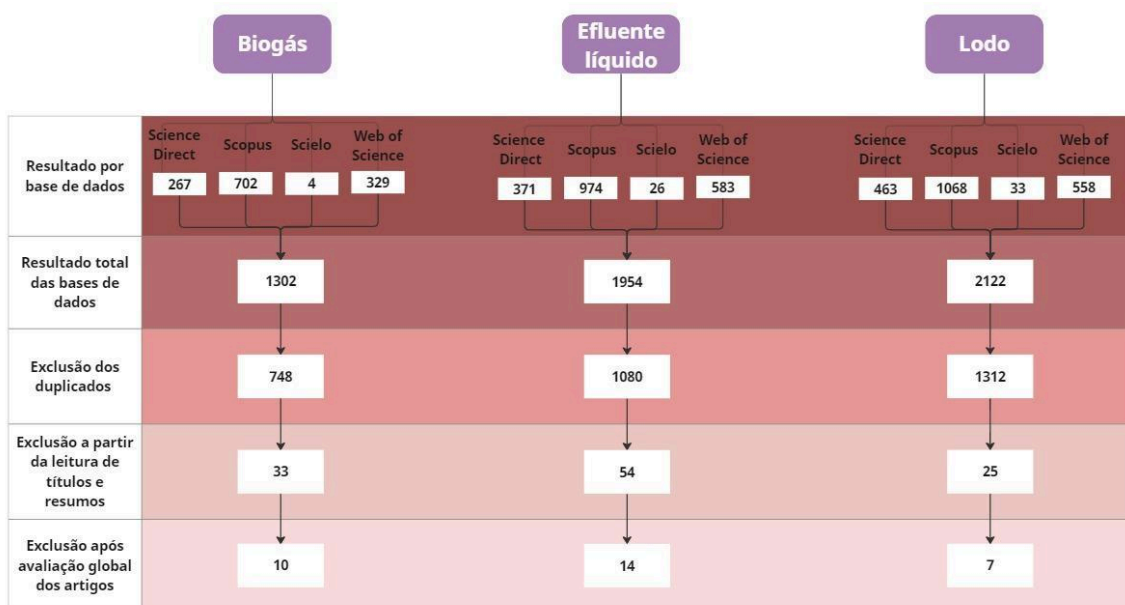
respectivamente: “lodo de esgoto” AND (“agricultura” OR “construção civil” OR “indústria”); “reúso de esgoto” OR “reúso de águas residuárias”; “biogás” AND (“recuperação de energia OR “recuperação energética”).

Como critério de escolha, estabeleceu-se que os estudos participantes fossem aqueles que relatassem prática de economia circular e recuperação de recursos em ETEs, sendo as pesquisas escolhidas os estudos de caso que tivessem sido publicados nos últimos 5 anos (a partir de 2018). Após a obtenção do primeiro montante de artigos, foram feitas filtragens: a 1ª por meio da exclusão dos duplicados; a 2ª a partir da retirada dos documentos que, em seus títulos e resumos, não apresentavam práticas de economia circular; e, a última, pela exclusão por meio da avaliação global dos artigos remanescentes (desconsideração por falta de acesso ao artigo, de projetos de revisão, de artigos que apenas criavam cenários e projeções para as ETEs estudadas).

Resultados

Após a obtenção dos artigos nas bases, coletaram-se os resultados dispostos na Figura 1, onde esses somavam 2.122, 1.954 e 1.302 para lodo, efluente líquido e biogás, respectivamente. Em seguida, foram realizadas as filtragens conforme os critérios previamente citados, restando, após o último processo de exclusão, 10 artigos na categoria biogás, 14 em efluente líquido e 7 para o lodo.

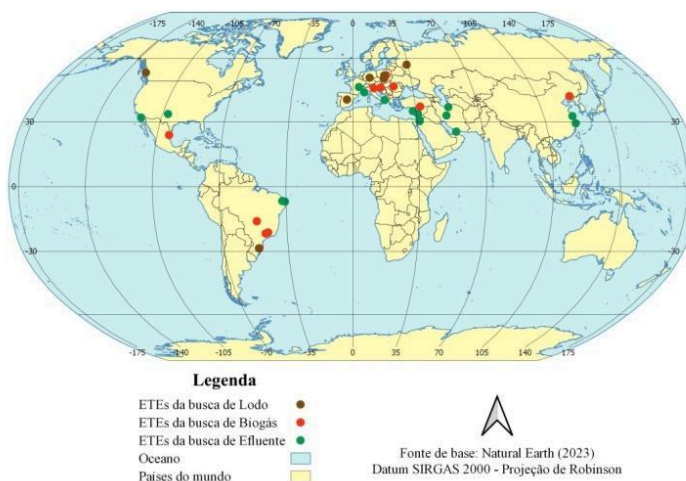
Figura 1: Resultado de cada etapa da RSL.



Fonte: Elaboração própria (2023).

A Figura 2 corresponde a um mapa confeccionado de modo a entender como esses artigos estão situados no mundo, percebendo-se que, para essa Revisão Sistemática da Literatura, há uma concentração maior de trabalhos realizados em regiões da Europa e Ásia. Em contrapartida, não foram encontrados artigos referentes à África e Oceania.

Figura 2: Distribuição geoespacial das ETes dispostas nos artigos obtidos pela RSL.



Fonte: Elaboração própria (2023).

Discussão

Os artigos selecionados para o subproduto efluente líquido apresentaram como maior destino a irrigação. De acordo com López-Serrano *et al.* (2022), as águas residuais tratadas têm se mostrado uma alternativa sustentável, canalizando em um uso produtivo que impulsiona a agricultura, usando a abordagem da economia circular.

Quando se trata do biogás, 7 dos 10 artigos tratam da sua recuperação, onde trazem consigo o destino em comum da geração de energia elétrica. Essa é uma aplicação interessante, pois além de representar uma fonte alternativa de geração de energia, reduz o lançamento de gás metano para a atmosfera, componente principal do biogás e um significativo gás de efeito estufa (GEE) (NASCIMENTO *et al.*, 2019). Com relação ao lodo, esse tem como finalidade principal a compostagem e uso na agricultura. Quando se trata da disposição nos solos agrícolas, apesar dos valiosos nutrientes e matéria orgânica, existe um risco potencial que deve ser considerado, limitando sua aplicação, sendo necessário o monitoramento do solo com relação aos nitratos, metais pesados, compostos orgânicos

persistentes e patógenos humanos (DICHTL; ROGGE; BAUERFELD, 2007; PAREDES FILHO, 2011).

A partir do mapa observou-se que, mundialmente, o número de pesquisas sobre o tema ainda é pequeno, principalmente nas regiões da África e Oceania.

Conclusões

Houve uma drástica redução no número de artigos a partir das etapas de exclusão. Nesses remanescentes, dentre as práticas de destinação usuais para o lodo se destacaram a compostagem e o uso na agricultura, para o biogás a geração de energia e para o efluente líquido, práticas de irrigação. Ainda, evidenciou-se a necessidade de artigos que relatem práticas de economia circular em nível de campo (estudos de caso em ETEs), embora a presença de estudos em laboratórios ou escala piloto seja expressiva.

Referências Bibliográficas

- BELLVER-DOMINGO, Águeda; HERNÁNDEZ-SANCHO, Francesc. Circular economy and payment for ecosystem services: A framework proposal based on water reuse. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 305, p. 114416, 2022.
- CAMACHO-OTERO, Juana; BOKS, Casper; PETTERSEN, Ida Nilstad. Consumption in the Circular Economy: A Literature Review. **Sustainability** 2018, Vol. 10, Page 2758, [S. l.], v. 10, n. 8, p. 2758, 2018.
- CARRARD, Naomi; JAYATHILAKE, Nilanthi; WILLETTS, Juliet. Life-cycle costs of a resource-oriented sanitation system and implications for advancing a circular economy approach to sanitation. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 307, p. 127135, 2021.
- DDIBA, Daniel *et al.* Governing the circular economy: Assessing the capacity to implement resource-oriented sanitation and waste management systems in low- and middle-income countries. **Earth System Governance**, [S. l.], v. 4, p. 100063, 2020.
- DICHTL, Norbert; ROGGE, Svenja; BAUERFELD, Katrin. Novel strategies in sewage sludge treatment. **Clean - Soil, Air, Water**, [S. l.], v. 35, n. 5, p. 473–479, 2007.
- LÓPEZ-SERRANO, María J. *et al.* Farmers' Attitudes towards Irrigating Crops with Reclaimed Water in the Framework of a Circular Economy. **Agronomy**, [S. l.], v. 12, n. 2, 2022.



NASCIMENTO, Maria Cândida Barbosa *et al.* Estado da arte dos aterros de resíduos sólidos urbanos que aproveitam o biogás para geração de energia elétrica e biometano no Brasil.

Engenharia Sanitaria e Ambiental, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 143–155, 2019.

PAREDES FILHO, Mário Viana. Compostagem de lodo de esgoto para uso agrícola. **Revista Agrogeoambiental**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 73–80, 2011.

SAMPAIO, RF; MANCINI, Mc. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 83–89, 2007