Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.05,2024

ISSN 2178-6925

SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS: DIFERENTES MÉTODOS DE TRATAMENTO

GRAY WATER TREATMENT SYSTEMS: DIFFERENT TREATMENT METHODS

Ruyter Thyago Lemos Morais
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-3517-933X
Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Gurupi - UnirG
Gurupi/TO, Brasil
E-mail: ruyter.t.l.m@outlook.com

Patrick Peres Oliveira
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6913-650X
Engenheiro Civil e Mestre em Ciências Florestais e Ambientais
Professor do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Gurupi - UnirG
Gurupi/TO, Brasil
E-mail: patrick@unirg.edu.br

Resumo

É amplamente reconhecido que a água não é um recurso renovável e, como mencionado, sua disponibilidade é limitada em diversas regiões do planeta. O uso de água nas indústrias está aumentando concomitantemente ao crescimento populacional, impulsionado pela necessidade de produção decorrente do maior consumo populacional. Existe a possibilidade de desenvolver um tratamento instantâneo e economicamente viável para águas cinzas por meio de recirculação, permitindo o reaproveitamento dessas águas em residências unifamiliares e, assim, gerando economia no consumo hídrico. Este estudo objetiva realizar uma revisão bibliográfica sobre os métodos de tratamento de águas cinzas mais amplamente discutidos na literatura, com o intuito de avaliar seus desenvolvimentos e eficiência. A metodologia adotada baseou-se na pesquisa bibliográfica, focando na busca de material relevante sobre o tema escolhido para o artigo. Foi identificada uma vasta quantidade de literatura abordando o tratamento de águas cinzas e os diversos métodos estudados em laboratórios ao redor do mundo. Os tratamentos de águas residuais pesquisados e aprimorados ao longo dos anos são categorizados em: tratamento primário, secundário e terciário, cada um com suas especificidades. Além disso, destacam-se outros métodos como fossa séptica, filtro anaeróbico e zona de raiz. Embora no Brasil, sejam empregados programas, oficinas e treinamentos voltados para o atendimento de água, nem todos estão focados no tratamento e reaproveitamento de águas cinzas domésticas. Portanto, é necessário realizar pesquisas sobre a relação entre sociedade, ambiente e tecnologia, visando um desenvolvimento sustentável que possa satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações, através da integração desses elementos na sociedade.

Palavras-chaves: filtros; tratamento; água residual; sustentabilidade.

ISSN 2178-6925

Abstract

It is widely recognized that water is not a renewable resource, and as mentioned, its availability is limited in various regions of the planet. The use of water in industries is increasing alongside population growth, driven by the need for production due to higher consumption rates. There is the possibility of developing an instantaneous and economically viable treatment for greywater through recirculation, allowing for the reuse of this water in single-family residences, thereby generating savings in water consumption. This study aims to conduct a literature review on the most widely discussed greywater treatment methods in the literature, with the purpose of evaluating their developments and efficiency. The methodology adopted was based on bibliographic research, focusing on finding relevant material on the chosen topic for the article. A vast amount of literature addressing greywater treatment and the various methods studied in laboratories around the world was identified. The wastewater treatments researched and improved over the years are categorized into primary, secondary, and tertiary treatments, each with its specific characteristics. Additionally, other methods such as septic tanks, anaerobic filters, and root zones are highlighted. Although there are programs, workshops, and training sessions focused on water management in Brazil, not all are centered on the treatment and reuse of domestic greywater. Therefore, it is necessary to conduct research on the relationship between society, environment, and technology, aiming for sustainable development that can meet the needs of the present without compromising the ability of future generations, through the integration of these elements into society.

Keywords: filters; treatment; wastewater; sustainability

1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento vital para a sustentação da vida na Terra. Desde os estágios iniciais da evolução, ela tem desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento e sobrevivência de todas as espécies, ao caracterizar-se como o recurso mais utilizado e consumido pela humanidade, ao desempenhar um papel crucial na promoção da saúde, segurança alimentar, processos industriais e na infraestrutura de distribuição.

No entanto, o uso sustentável dos recursos hídricos tem se tornado cada vez mais escasso e desafiador, em decorrência do crescimento exacerbado das civilizações e, consequente, expansão das atividades agrícolas e industriais, (Rodrigues, 2019), com pressões intensificadas pela poluição, sobrecarga de nutrientes e alteração dos padrões naturais de fluxo, fatores estes que comprometem, diretamente, os níveis disponibilidade e potabilidade, ao mesmo tempo em que interferem nos ecossistemas aquáticos e biodiversidade.

Como consequência de tal ato, surge a elevação nos índices de exposição da população à patologias, oriundas de águas não tratadas, como esquistossomose, hepatite A, giardíase, cólera e outras, conforme estudos da Organização Mundial da

ISSN 2178-6925

Saúde (World, 2022), além de interferências no correto desempenho dos sistemas de saneamento oriundos da fraca disponibilidade e gestão dos recursos.

A fim de minimizar tais efeitos, um campo de oportunidades que surge como alternativa, consiste no tratamento de águas cinzentas domésticas, visto que estas correspondem a 65% da totalidade consumida, e seu respectivo emprego em atividades voltadas a agricultura, jardinagem, ao abastecimento de bacias sanitárias e limpezas de ambientes domésticos.

Diante desse contexto, o presente estudo busca realizar uma abordagem analítica dos processos de tratamento e reutilização de águas cinzentas, a fim de determinar suas peculiaridades e eficiência.

2. METODOLOGIA

A estratégia metodológica adotada, neste estudo, compreende em revisão integrativa da literatura como método investigativo, ação que, segundo Vymazal (2014), visa reunir conhecimentos técnicos, a fim de aplica-los em problemas específicos, por meio de resultados obtidos através de análises já desenvolvidas.

A pesquisa bibliográfica se deu a partir de buscas a respeito do tema proposto, tendo em vista a vasta disponibilização de estudos que abordam a temática relacionada ao tratamento de águas cinzentas, bem como as diversas metodologias estudadas em laboratórios.

Os meios de busca empregados, ocorreram por meio de artigos científicos, manuais da área e resoluções normativas, disponibilizados em Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental e plataformas, como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Organização Mundial da Saúde (OMS).

A referida alternativa faz-se necessária, dado que a área de meio ambiente não se delimita em tempo. Os avanços e métodos utilizados, em fase atual, encontram-se sujeitos a processos de aprimoramento e constantes averiguações, a fim de potencializar o processo, visto que técnicas identificadas há décadas ainda

ISSN 2178-6925

detêm significância científica para investigações contemporâneas visando aprimoramentos procedimentais

No que tange às exigências ligadas ao Comitê de Ética em pesquisas, ressalta-se que o presente estudo não se enquadra no que descreve a Resolução 196/96, visto que os procedimentos adotados não envolvem, diretamente, seres humanos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Caracterização da Água

A água é o elemento fundamental para a vida, tendo em vista que, desde a concepção do planeta, atua diretamente na evolução de todas as espécies, tornando-se o principal produto de uso e consumo da humanidade, pelo que gera em saúde, alimentação e o seu respectivo uso em indústrias e sua distribuição (BACCI, 2008).

Encontrada em diferentes estados e formas, cada uma cumprindo uma função específica para o desenvolvimento do Planeta Terra, cerca de 97,5% de todo o aquífero existente, é caracterizado como salgado, portanto, não adequada para consumo humano direto ou para irrigação agrícola. Dos 2,5% restantes, a maioria encontra-se disposto em geleiras, tornando-o difícil de acessar (HAGUENAUER, 2016).

Ao abordar a respeito da água doce, tem-se que, aproximadamente, 30% está armazenada em aquíferos subterrâneos, enquanto apenas 1% encontra-se disponibilizada em rios, com distribuição irregular sobre a superfície terrestre, em virtude de influencias climáticas e pluviométricas (CARMO, 2007).

Em virtude do acelerado crescimento populacional, a busca por água doce tem sido cada vez mais requisitada, para fins de aplicação em atividades voltadas a agricultura, indústria e ao uso doméstico, o que eleva, de forma considerável, a exploração de tal fonte (SILVA; PEREIRA, 2019).

Como efeito de tal busca, diversas regiões já convivem com baixas quanto a disponibilidade hídrica, uma vez que tal recurso não enquadra-se na condição de

ISSN 2178-6925

bem renovável, elevando, assim, os índices de regiões que necessitam de atenção e suporte em períodos de escassez (SILVA; PEREIRA, 2019).

Atualmente, o número de pessoas que não têm acesso total ou parcial à água é desproporcional, embora organizações internacionais se esforcem para minimizar os efeitos desta condição, as variáveis tem apresentado, cada vez mais, dificuldades de resolução, devido às condições ambientes e fenômenos como a seca e deposição irregular de resíduos sólidos (HOBSBAWN, 2019).

3.2 Águas Cinzentas

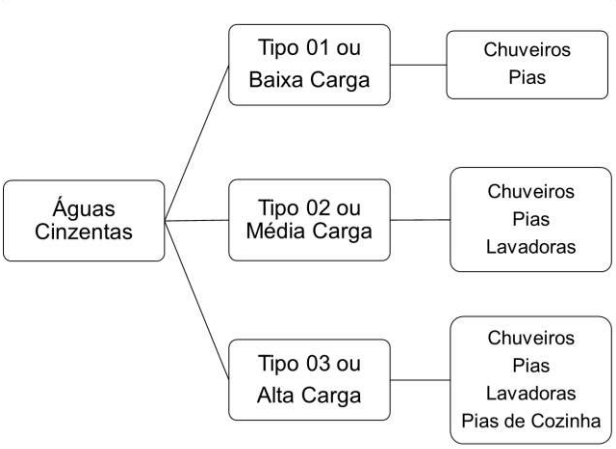
A qualidade da água, para uso doméstico, é definida pelas características físicas, químicas, biológicas e microbiológicas que serão avaliadas através da análise de diferentes parâmetros, cujos resultados deverão ser comparados com os valores que já foram referenciados para seus diferentes usos e conservação, além do impacto em seu ecossistemas (SILVA, 2022).

O termo água cinza possui diferentes significados ou modalidades a depender da norma, código ou portaria que aborda sobre a temática. De um modo geral, a água cinzenta não é comparada ao esgoto, o significa que sua origem, não provém de bacias sanitárias (sanitários), ou seja, caracterizam-se como elementos hídricos residuais que não possuem elementos fecais em sua composição (PRADO, 2010).

Silva (2002), por sua vez, define águas cinzentas como resíduos provenientes de atividades domésticas, através da utilização de pias, banheiras e máquinas de lavar, classificadas de acordo com sua origem, conforme a figura 1, o que influencia diretamente no processo de tratamento.

ISSN 2178-6925

Figura 01: Classificação das águas cinzentas quanto à origem.



Fonte: Silva (2002) Adaptado.

No que tange aos processos de tratamento das águas residuárias, Rapoport (2004), propõe os parâmetros de determinação dos processos, de acordo com o descrito no Quadro 01.

Quadro 01: Parâmetros para determinação de qualidade e segurança da água

Parâmetro	Descrição
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Representa a quantidade de oxigênio consumida quando os resíduos na água começam a biodegradar após 5 dias. Resultados altos indicam poluição orgânica, frequentemente de origem industrial ou agrícola.
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Medida do equivalente de oxigênio da matéria orgânica suscetível à oxidação por um produto químico oxidante em águas residuais. Alta DQO afeta recursos naturais da água.
Material Flutuante	A presença de material flutuante é um indicador da existência de contaminação da água, o que permite o acúmulo de organismos patogênicos que geram alta contaminação. Devido a este contexto, a regulamentação exige a ausência total de material flutuante após o tratamento de águas residuais.
Nitritos	São indicadores da qualidade da água, os nitritos passam a ser sinalizados pela biodegradação de nitratos, compostos orgânicos nitrogenados e até nitrogênio amoniacal. A presença abundante de

ISSN 2178-6925

	nitritos na água é um indicador da presença fecal em corpos de água doce.
Óleos e gorduras	São compostos que estão presentes em todas as águas residuais domésticas em áreas urbanas e rurais. Esses tipos de poluentes causam grandes danos aos sistemas de purificação de águas residuais produzindo bloqueios. Os poluentes afetam a qualidade da água e podem causar problemas de saúde de natureza diferente.
Sulfatos	Os sulfatos estão presentes em todas as águas, são os principais componentes dissolvidos na precipitação. O acúmulo de sulfatos na água pode causar infecções estomacais em grandes quantidades.
pH	A alta concentração de pH na água pode produzir acidez na água, enquanto baixos níveis de pH aumentam a alcalinidade da água. Estes são gerados por processos industriais, uso de produtos químicos que alteram sua acidez e alcalinidade que podem causar ulcerações em órgãos internos.

Fonte: Rapoport (2004) Adaptado.

Dada a grave crise hídrica mundial, muitos esforços vem sendo empregados a fim de promover uma gestão ecossistêmica dos recursos hídricos, pautada nos princípios de sustentabilidade e desenvolvimento, tendo em vista a limitação de tal bem e sua utilização, que requer condições associadas a um ótimo estado de conservação de bacias hidrológicas (RODRIGUES, 2014).

Desta maneira, a utilização de tecnologias sustentáveis assume um papel importante tanto para o abastecimento de água, como para o seu tratamento, tornando-se assim uma solução para a crise hídrica, dependendo do seu âmbito econômico, social, jurídico e ambiental. Estas tecnologias sustentáveis devem ser de baixo custo dependendo da população que irão servir (SARAIVA, 2018).

3.3 Processo de Tratamento de Águas Cinzentas

O tratamento de águas cinzentas tornou-se uma prática relevante na gestão sustentável dos recursos hídricos, uma vez tal processo pode resultar em economias significativas de água e energia, além de aliviar a carga sobre os sistemas de esgoto e estações de tratamento de efluentes (LI; WICHMANN; OTERPOHL, 2019).

ISSN 2178-6925

Neste sentido, Godoy (2022) discute as diferenças entre os tratamentos de águas residuais que foram investigados e aperfeiçoados ao longo dos anos. Esses tratamentos passaram a ser classificados nas seguintes categorias, conforme descrito no Quadro 02.

Quadro 02: Fases de Tratamento de Águas Residuárias Cinzentas

Fases de Tratamento	Descrição
Tratamento Preliminar	Realiza preparo de águas residuais antes de sua entrada nas instalações de uma estação de tratamento, eliminando ou reduzindo condições que possam causar danos à parte estética da estação. Isso inclui a remoção de sólidos grossos, areia, cascalho, odores, óleos e graxas. Entre os procedimentos mais comuns estão grelhas ou peneiras, britadores, caixas de gordura e caixas de areia.
Tratamento Primário	Objetiva eliminar ou remover a maior parte da matéria flutuante ou sedimentável por meio de processos físicos. Considera-se que esses tratamentos podem reduzir a carga orgânica, como a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e os sólidos suspensos, em faixas que variam entre 20 a 40% e 50 a 60%, respectivamente.
Tratamento Secundário	Visa a redução dos compostos orgânicos presentes no efluente, ao converter a matéria orgânica em sólidos floculentos sedimentáveis, para a decantação, através de processos biológicos, como lodos ativados e filtros percoladores. Esses processos também incluem lagoas de estabilização e lagoas aeradas. A eficiência esperada para este tipo de tratamento é a eliminação de 85% a 95% da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).
Tratamento Avançado ou Terciário	Complementa para a redução da carga contaminante, a fim de gerar efluentes mais puros e adequados para uso em aquíferos, águas recreativas, industriais, entre outros. Este tratamento é composto por processos físicos, químicos e biológicos.

Fonte: Godoy (2022) Adaptado.

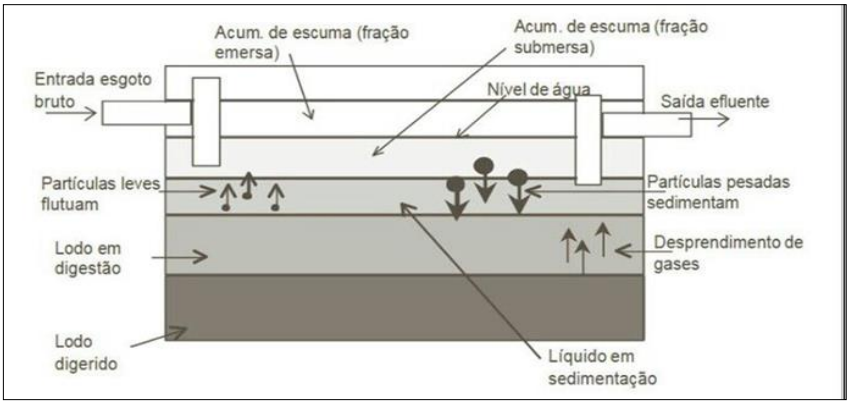
No que tange aos processos de tratamento, cabe ressaltar os métodos tradicionais de purificação de águas residuais domésticas, na qual emprega-se o filtro anaeróbico, que utiliza microrganismos anaeróbios que não necessitam de oxigênio. Esses microrganismos aderem a materiais inertes como cascalho, pedras, blocos triturados ou plásticos, permitindo a eliminação de diversos contaminantes,

ISSN 2178-6925

como sólidos sedimentáveis ou dissolvidos, especialmente em águas cinzas provenientes de pias, cozinhas e lavanderias (MACHADO; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2020).

No que se refere às características gerais do sistema de tratamento, a água cinza proveniente das residências é direcionada através da tubulação de saída de esgoto para um tanque externo contendo um filtro anaeróbico. Este tanque é posicionado fora das instalações domiciliares. Ao adentrar o tanque para o tratamento, a água cinza é direcionada para cima, permitindo o contato com o meio onde microrganismos anaeróbios se desenvolvem e se fixam. Devido à natureza ascendente do filtro, o risco de entupimento é reduzido, facilitando a manutenção, dado que o uso do filtro anaeróbico possibilita a remoção eficiente da maior parte da matéria orgânica e do nitrogênio presente na água residencial, conforme Figura 2 (MARÁCIO, 2018).

Figura 2: Funcionamento geral de tanque séptico



Fonte: ABNT-NBR 7229/93

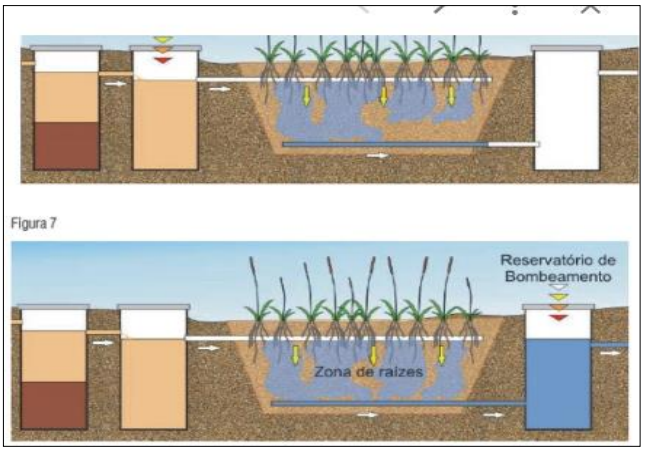
Crites, Tchobanoglus e Schroeder (2014) destacam a zona de raiz como uma alternativa eficaz para o tratamento de águas residuárias. Esse método natural se baseia na purificação de águas residuais domésticas por meio da interação com microrganismos presentes nas raízes de plantas como o tule, o junco ou a taboa. Adicionalmente, ressalta-se a capacidade de filtração proporcionada pelo cascalho ou areia onde essas plantas estão enraizadas. A proposta enfatiza a eficiência desse processo como uma solução economicamente viável e ambientalmente sustentável para o tratamento de águas residuárias.

ISSN 2178-6925

A zona de raiz, também conhecida como zona úmida de fluxo subterrâneo horizontal, é particularmente adequada para o tratamento de águas cinzentas, tendo em vista que, além de sua capacidade de purificação, as redes radiculares oferecem benefícios adicionais, como sua integração harmoniosa com a paisagem natural e o fornecimento de habitat para diversas espécies, incluindo rãs, insetos e aves (PITALUNGA, 2011).

Além disso, o autor também esclarece que tal método opera sem a necessidade de eletricidade; apresenta uma construção relativamente simples e baixos custos operacionais, com uma vida útil média de cerca de vinte anos, com viabilidade de implantação em cenários nos quais a água tratada é reutilizada para irrigação ou para outras atividades domésticas, considerando que a filtração proporcionada pelo sistema radicular remove a matéria orgânica e os sólidos em suspensão, contribuindo para a melhoria da qualidade da água tratada, de acordo com a Figura 3.

Figura 3: Sistema de tratamento de águas residuárias através do sistema radicular



Fonte: ARTEMEC, 2003

Ressalta-se, também, a aplicação da fossa séptica como uma alternativa viável para o tratamento de águas residuais domésticas, em sistemas compostos por duas ou mais câmaras ou compartimentos, tendo em vista que a utilização a eficiência na remoção de sólidos, uma vez que os contaminantes presentes nas águas residuais são submetidos a processos físicos, como sedimentação e decantação, além de processos químicos, resultando na decomposição anaeróbia dos contaminantes em um ambiente carente de oxigênio (MARA; PEARSON, 1998).

ISSN 2178-6925

No primeiro compartimento, a água proveniente diretamente da descarga do vaso sanitário é direcionada para a câmara inicial, onde ocorre a sedimentação e decantação dos resíduos humanos e/ou de origem antrópica, e onde a maior parte do lodo é retida. O processo de sedimentação é caracterizado pelo afundamento das partículas mais pesadas, como cabelos ou resíduos de papel, para o fundo do tanque, formando uma camada de lodo (SPERLING, 2016; FREITAS; JESUS; FEITOSA, 2021).

Por outro lado, a decantação ocorre quando substâncias com densidade inferior à da água ascendem à superfície, como gorduras, óleos ou espumas de detergentes. No segundo compartimento, os resíduos antropogênicos restantes, incluindo gorduras, óleos e escórias, são separados de forma eficaz através dos mesmos princípios de sedimentação e decantação, permitindo um armazenamento adicional de lamas (METCALF et al., 2003).

Assim, o esgoto proveniente das descargas sanitárias é tratado dentro da fossa séptica. A principal vantagem desse método é sua adaptabilidade às condições e necessidades das habitações. Além disso, não requer uso de energia, sendo a construção e a manutenção de baixo custo. A instalação demanda uma área de superfície reduzida e a ventilação adequada evita a geração de maus odores (COSTA, 2014).

5. CONCLUSÃO

É essencial gerar conhecimento sobre o tratamento de águas cinzas domésticas, abordando sua definição, métodos de tratamento e possíveis utilizações. Esse conhecimento é fundamental para a gestão e disposição adequadas das águas cinzas, além de fornecer informações cruciais para a tomada de decisões sobre a implementação de ecotecnologias.

Embora existam programas, oficinas e treinamentos no Brasil voltados para o manejo de água, poucos são focados no tratamento e reaproveitamento de águas cinzas domésticas. Portanto, é necessário realizar pesquisas sobre a relação sociedade-ambiente-tecnologia, com o objetivo de promover um desenvolvimento

sustentável que atenda às necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras.

Há diversas possibilidades para o tratamento e destinação das águas cinzas, incluindo métodos como fossas sépticas, filtros anaeróbicos e zonas de raízes. Esses métodos são amplamente estudados e apresentam resultados positivos para a implementação. Contudo, a baixa aplicabilidade desses métodos evidencia a falta de interesse público na difusão desse conhecimento e tecnologia, especialmente em comunidades carentes de saneamento básico.

Essas deficiências fazem com que regiões com sazonalidade na disponibilidade hídrica se tornem ambientes de difícil sobrevivência, contribuindo diretamente para a escassez de alimentos e restrições que podem impactar severamente a habitabilidade regional.

REFERÊNCIAS

BACCI, D. L. C.; PATACA, E. M.. Educação para a água. **Estudos avançados**, v. 22, p. 211-226, 2008.

CAMPOLINA, A. C. Construções sustentáveis: **projeto de edificações populares voltadas para o clima tropical.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2022.

CARMO, R. L. et al. Água virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande "exportador" de água. **Ambiente & sociedade,** v. 10, p. 83-96, 2007.

COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitária e Ambiental,** v. 19, p. 51-60, 2014.

CRITES, R. W.; TCHOBANOGLOUS, G.; SCHROEDER, E. D. Tratamento de Águas Residuárias: Princípios Básicos. Porto Alegre: **Bookman Editora**, 2014.

FLETCHER, K.; GROSE, L. Moda & Sustentabilidade: **design para mudança**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2019.

FREITAS, A. F. O.; JESUS, P .V S.; FEITOSA, I. C. Reuso de águas cinzas em edifícios residenciais: estudo de caso em uma residência unifamiliar. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE,** v. 6, n. 3, p. 11-11, 2021.

ISSN 2178-6925

GODOY, F. K. **Tratamento de percolado de aterro sanitário e esgoto doméstico mediante aplicação de aditivo biológico.** Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia. 2022.

HAGUENAUER, G. M. Tecnologias de irrigação e o uso eficiente da água: **O caso do gotejamento subsuperficial**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2016.

HOBSBAWM, E.. Globalização, democracia e terrorismo. **Companhia das Letras,** 2019.

LI, F.; WICHMANN, K.; OTERPOHL, R. Revisão das abordagens tecnológicas para tratamento e reúso de águas cinzas. **Ciência do meio ambiente total**, v. 407, n. 11, pág. 3439-3449, 2009.

MACÁRIO, M. et al. Leitos húmidos construídos como alternativa aos sistemas de tratamento de águas residuais convencionais: revisão. **Revista da UIIPS**, v. 6, n. 3, p. 83-97, 2018.

MACHADO, A. P.; OLIVEIRA, S. C.; OLIVEIRA, C. S. Tratamento de águas residuárias domésticas por meio de filtro anaeróbio: revisão de literatura. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 16, n. 1, p. 79-93, 2020.

METCALF, E.; TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4. ed. New York: **McGraw-Hill Education,** 2003.

PEREIRA, A. P. Avaliação da qualidade da água da chuva. **Centro Universitário Univates**. Lageado, 2014.

PITALUGA, D. P. S. **Avaliação de diferentes substratos no tratamento de esgoto sanitário por zona de raízes**. Universidade Federal de Goiás. 2011.

PRADO, E. L. **Qualidade da água utilizada por uma população de zona rural de Fortaleza de Minas - MG: um risco à saúde pública**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2010.

RAPOPORT, B. **Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial**. 2004. 85 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2004.

RIBEIRO, M. **Sistema que reutiliza a água da pia do banheiro na descarga do vaso sanitário foi premiado em feira.** 2016. Disponível em: https://www.acidadeon.com/ribeiraopreto/cotidiano/NOT,2,2,1151293,Projeto+escolar+preve+economia+de+ate+60+de+agua.aspx/. Acesso em: 30 abr. 2024.

RODRIGUES, A. A. **Conservação dos recursos hídricos na bacia do Rio Preto/DF: contribuições**

para um esquema de pagamento por serviços ambientais espelhado no programa produtor de água. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2014.

RODRIGUES, C. R. **Degradação Térmica da Casca de Arroz e Utilização do Carvão Obtido no Processo para Polimento de Águas Cinzas.** Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Palmas, 2019. 97 f.

SARAIVA, Magno Gurgel. Crise hídrica e a dimensão ambiental da dignidade humana: **uma análise teórica da questão do semiárido brasileiro.** Monografia (Graduação em Ciências Jurídicas). 2018.

SAVIO, J. M. Indicadores de sustentabilidade para uma instituição de ensino superior: **avaliação de desempenho.** 2022.

SIGILIANO, L. S. et al. Gestão de sistemas urbanos de águas e águas residuais: **aplicação do modelo QFD-Quality Function Deployment.** 2005.

SILVA, A. R. S. R**. Implementação e validação de catiões por cromatografia iónica.** Dissertação (Mestrado em Técnicas de Caracterização e Análise Química). Universidade do Minho. 2022.

SILVA, F. M. T. **Avaliação do potencial de reúso de águas cinzas utilizando aplicativo em uma comunidade rural dos sertões de Crateús - CE.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Campus de Crateús, Universidade Federal do Ceará, Crateús, 2022. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/64553.

SILVA, J. F. A.; PEREIRA, R. G. Panorama global da distribuição e uso de água doce. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 3, p. 263-280, 2019.

SPENCER, J. The sustainable development goals. In: **Design for global challenges and goals**. Routledge, 2021. p. 12-25.

TORRES, P.; URES, A. **A reciclagem de águas cinzas como complemento às estratégias sustentáveis de gestão da água no meio ambiente rural.** 2012.

VAN DE WALLE, A. et al. Greywater reuse as a key enabler for improving urban wastewater management. **Environmental science and ecotechnology**, p. 100277, 2023.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1996.

VYMAZAL, Jan. Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: A review. **Ecological engineering**, v. 73, p. 724-751, 2014.

ISSN 2178-6925

WORLD. Água para consumo humano. **World Health Organization.** Disponível em: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water. Acesso em: 19 dez. 2022.