

TECNOLOGIAS, BENEFÍCIOS E DESAFIOS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Karla Kaluaná Cândido Chaves¹

Ada Amelia Sanders Lopes²

RESUMO

Este artigo fala sobre o tratamento de águas residuárias no Brasil, focado em tecnologias, vantagens e desafios ligados ao tratamento e reutilização de águas residuais. O contexto abrange os efeitos da urbanização, das mudanças climáticas e da falta de água e destaca o reúso como uma solução sustentável para aliviar a pressão sobre os recursos naturais. Estratégias e avanços tecnológicos importantes foram estudados através de pesquisa qualitativa baseada em análise de literatura de trabalhos publicados nos últimos cinco anos. Os achados demonstram que o tratamento de águas residuárias no Brasil enfrenta grandes dificuldades, como altos custos, barreiras culturais e falta de acesso à infraestrutura e tecnologia. Contudo, novas tecnologias, como processos avançados de oxidação e membranas biológicas, têm um grande potencial para aumentar a eficiência e a sustentabilidade. A reutilização de águas residuárias traz ganhos econômicos, sociais e ambientais, incluindo redução de custos operacionais e diminuição de impactos ambientais causados pelo tratamento inadequado de águas residuais. Nesta discussão é importante enfatizar a necessidade de ampliar a infraestrutura de saneamento para áreas vulneráveis e superar limitações como restrições legais e distanciamento social. As experiências bem-sucedidas de países como Israel e Austrália confirmam a importância de políticas públicas sólidas e incentivos ao investimento para integrar a reutilização nas práticas diárias. A conclusão é que a reciclagem de águas residuárias é uma estratégia vital para garantir a segurança hídrica e a sustentabilidade ambiental no Brasil. Resolver isso demanda políticas inclusivas, investimento em tecnologia e conscientização social para mover o país rumo a padrões internacionais de gestão sustentável da água.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Eficiência hídrica. Conservação ambiental. Inovação tecnológica. Políticas públicas.

ABSTRACT

This article discusses wastewater treatment in Brazil, focusing on technologies, advantages and challenges related to wastewater treatment and reuse. The context covers the effects of urbanization, climate change and water shortages and highlights reuse as a sustainable solution to alleviate pressure on natural resources. Important strategies and technological advances were studied through qualitative research based on literature review of papers published in the last five years. The findings demonstrate that wastewater treatment in Brazil faces major challenges, such as high costs, cultural barriers and lack of access to infrastructure and technology. However, new technologies, such as advanced oxidation processes and biological membranes, have great potential to increase efficiency and sustainability. Wastewater reuse brings economic, social and environmental benefits, including reduced operating costs and reduced environmental impacts caused by inadequate wastewater treatment. In this discussion, it is important to emphasize the need to expand sanitation infrastructure to vulnerable areas and overcome limitations such as legal restrictions and social distancing. The successful experiences of countries such

¹ Discente da Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), karlakaluanachaves@gmail.com.

² Docente do Programa de Pós-graduação, PGEA da UNILAB, ada@unilab.edu.br.

as Israel and Australia confirm the importance of sound public policies and investment incentives to integrate reuse into daily practices. The conclusion is that wastewater recycling is a vital strategy to ensure water security and environmental sustainability in Brazil. Addressing this issue requires inclusive policies, investment in technology and social awareness to move the country towards international standards of sustainable water management.

Keywords: Sustainability. Water efficiency. Environmental conservation. Technological innovation. Public policies.

1 INTRODUÇÃO

O tratamento de águas residuárias desempenha um papel crucial na conservação dos recursos hídricos, especialmente em um cenário de crescimento populacional acelerado, mudanças climáticas e aumento da demanda por água potável (Castro, 2022). O adequado tratamento e reuso dessas águas surgem como alternativas sustentáveis para aliviar a pressão sobre as fontes hídricas, contribuindo diretamente para a preservação ambiental e garantindo sua disponibilidade para as gerações futuras (Moura *et al.*, 2020). Essa prática promove benefícios significativos, como a redução da poluição em corpos d'água e a reutilização eficiente de recursos hídricos em setores diversos, incluindo agricultura e indústria (Melo, 2019; Palhares, 2021).

Diante desse contexto, parte-se da hipótese de que o aumento da adoção de tecnologias avançadas no tratamento de águas residuárias, aliado à ampliação de políticas públicas de incentivo ao reuso, pode reduzir significativamente a dependência de fontes hídricas convencionais e minimizar os impactos da escassez hídrica no Brasil.

A urbanização e as atividades humanas intensificam a geração de águas residuárias, elevando a necessidade de métodos eficazes de tratamento para preservar os recursos hídricos existentes. Além disso, eventos climáticos extremos, como secas e enchentes, reforçam a importância de soluções que integrem o tratamento de efluentes e a conservação hídrica (Salazar *et al.*, 2022).

Nesse contexto, o reuso de águas tratadas apresenta-se como uma solução essencial. Esse processo envolve o tratamento de efluentes para reutilização em diversas finalidades, como irrigação agrícola, abastecimento industrial ou urbano, e, em casos específicos, até para consumo humano, dependendo do nível de tratamento aplicado (Monte; Albuquerque, 2010; Castro, 2022). Além de aliviar a dependência de fontes hídricas convencionais, o reuso reduz custos operacionais e minimiza os impactos ambientais (Costa, 2018; Costa *et al.*, 2022).

Outro benefício importante do tratamento de águas residuárias é a conscientização das comunidades sobre a necessidade de proteger os recursos naturais. Práticas sustentáveis como

essas estimulam mudanças culturais e promovem um maior engajamento na conservação ambiental (Novaes; Schulz; Santos, 2023). No entanto, ainda persistem desafios relacionados aos elevados custos tecnológicos, lacunas legislativas e resistências culturais (Howard, 2021).

No Brasil, o tratamento de águas residuárias já contribui significativamente para a preservação de bacias hidrográficas e para a sustentabilidade hídrica em regiões urbanas e rurais (Espíndola; Ribeiro, 2020). Casos internacionais, como os de Israel e Austrália, demonstram o sucesso de tecnologias avançadas que promovem o reuso de água, reduzindo a dependência de fontes tradicionais e ampliando a resiliência hídrica em até 30% (Giacchini, 2011; Silva, 2011).

Portanto, o objetivo deste estudo é explorar como o tratamento de águas residuárias pode contribuir para a conservação dos recursos hídricos no Brasil, apresentando soluções para os desafios relacionados ao crescimento populacional, mudanças climáticas e escassez hídrica. Os objetivos específicos incluem:

1. Analisar as principais tecnologias de tratamento de águas residuárias disponíveis no Brasil;
2. Identificar barreiras econômicas, sociais e culturais que limitam sua implementação;
3. Discutir os benefícios ambientais e econômicos do reuso de águas tratadas;
4. Apresentar exemplos de políticas públicas.

Nas seções seguintes, serão abordadas as principais tecnologias de tratamento de águas residuárias, os desafios enfrentados para sua aplicação e as políticas públicas que podem impulsionar a conservação dos recursos hídricos por meio do uso eficiente das águas residuárias.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Evolução e desenvolvimento dos sistemas de esgotamento sanitário

Os sistemas de eliminação de resíduos têm suas raízes em civilizações antigas que compreenderam a importância da gestão adequada dos resíduos humanos para proteger a saúde pública e melhorar as condições de vida (Pierman; Greco, 2005).

Por volta de 4000 a.C., surgiram os primeiros sistemas de eliminação de resíduos na Mesopotâmia. Os sumérios construíram canais de tijolos e barro para drenar a água da chuva e remover o lixo da cidade (Almeida *et al.*, 2023). No antigo Egito, por volta de 3.000 a.C., sistemas de eliminação de resíduos eram usados em edifícios como as pirâmides. Canos de

pedra e cerâmica levavam os resíduos para fora das casas, e fossas sépticas simples foram utilizadas. Em alguns casos, os resíduos eram reutilizados como fertilizantes (Costa *et al.*, 2022).

Entre 2500 e 1500 a.C., a Civilização do Vale do Indo desenvolveu um sistema de eliminação de resíduos mais avançado. Uma rede subterrânea de tijolos queimados transportava o lixo da cidade. As casas de banho, que eram diretamente ligadas a esse sistema em quase todas as casas, demonstravam um elevado grau de preocupação com a limpeza e a saúde (Villani Junior, 2017).

Na Grécia e Roma antigas, os sistemas de eliminação de resíduos eram mais desenvolvidos. Em Roma, a Cloaca Máxima, construída por volta de 600 a.C., transportava resíduos urbanos para o rio Tibre e continua a ser um dos sistemas de eliminação de resíduos mais antigos em uso atualmente (Rocha, 2021).

Com a queda do Império Romano, muitos avanços no saneamento foram perdidos na Europa Central. Na Idade Média, a falta de sistemas adequados de eliminação de resíduos gerou condições insalubres que encorajaram a propagação de doenças. O lixo era jogado nas ruas ou amontoado em fossas a céu aberto, contribuindo para algumas epidemias (Brandão; Oliveira, 2020).

O avanço nas soluções de eliminação de resíduos ocorreu durante a Revolução Industrial, entre os séculos XVIII e XIX, quando a urbanização e o crescimento populacional exigiram melhores respostas. Em Londres, por exemplo, um sistema desenvolvido por Joseph Bazalgette na década de 1860 foi uma resposta ao “Grande Fedor” de 1858, causado por esgoto não tratado. Canais subterrâneos foram desenvolvidos para retirar o lixo da cidade e evitar a poluição do rio Tâmesa, o que trouxe uma grande melhoria na saúde pública (Nascimento Junior, 2019; Romeiro, 2021).

2.2 Componentes dos sistemas de esgotamento sanitário e tecnologias de tratamento de efluentes

Os sistemas de tratamento de águas residuárias possuem diversos componentes inter-relacionados que desempenham papéis cruciais na coleta, transporte, tratamento e disposição final de águas residuárias urbanas e rurais (Salles, 2015). Esses processos têm um impacto direto na conservação dos recursos hídricos, ao prevenir a contaminação de corpos d'água por efluentes inadequadamente tratados. O esgoto é coletado por meio de uma rede de tubulações subterrâneas que conecta casas, lojas e escritórios às estações de tratamento (Szigethy;

Antenor, 2020). A transferência de esgoto pode exigir o uso de bombas, especialmente em áreas onde o solo não permite a gravidade. Grandes tubulações, chamadas emissores, são utilizadas para transportar águas residuárias do local de origem até as unidades de tratamento (Brandão *et al.*, 2011).

As estações de tratamento de esgoto utilizam métodos físicos, químicos e biológicos para tratar o esgoto, que de maneira geral, ocorre em diferentes etapas (Figura 1).

Figura 1 – Etapas do tratamento de esgoto



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Essas etapas são essenciais para evitar que poluentes comprometam a qualidade dos recursos hídricos e para possibilitar o reúso do efluente tratado. Após o tratamento, o esgoto tratado pode ser lançado em corpos d'água, como rios, lagos ou mares, desde que os limites ambientais estabelecidos sejam respeitados. Em alguns casos, o efluente é reutilizado em atividades como irrigação, processos industriais ou recarga de aquíferos, dependendo do nível de tratamento realizado e das leis em vigor (Rezende, 2016; Silva; Medeiros, 2020).

O lodo gerado pelo tratamento também passa por métodos específicos para reduzir seu volume e os impactos ambientais, como digestão anaeróbica, secagem e compostagem. Este lodo pode ser utilizado como fertilizante, incinerado ou enviado a aterros, conforme as condições técnicas e ecológicas (Pinheiro, 2012). A destinação correta do lodo é vital para evitar a contaminação do solo e das águas subterrâneas, contribuindo para a conservação

ambiental. No entanto, o tratamento da água enfrenta desafios significativos que ressaltam sua importância para a sustentabilidade ambiental e a saúde humana. Um dos principais problemas é a eliminação de novos poluentes, como produtos químicos, pesticidas e microplásticos, que muitas vezes não são eliminados pelos métodos tradicionais de tratamento. Esses produtos químicos podem ter um impacto negativo nos corpos hídricos e representar um risco à saúde humana (Montagner; Vidal; Acayaba, 2017).

Além dos métodos tradicionais, os métodos avançados, como oxidação química, osmose reversa e sistemas de membrana, geralmente aplicados em níveis terciários ou avançados de tratamento de águas residuárias, demonstraram eficiência na remoção de poluentes (Quadro 1). Entretanto, apesar de sua promessa, esses métodos são extremamente caros e consomem grandes quantidades de energia, o que impede sua utilização generalizada em larga escala (Araújo *et al.*, 2016; Lopes, 2019; Cavali; Souza, 2021).

Quadro 1 – Comparativo sobre os métodos avançados de tratamento de efluentes

Método	Remoção de poluentes orgânicos	Remoção de metais pesados	Consumo de energia	Custo operacional	Geração de subprodutos
Oxidação Química	Alta	Moderada	Moderado	Alto	Possível
Osmose reversa	Alta	Alta	Alto	Alto	Rejeito concentrado
Sistemas de membranas	Moderada/Alta	Variável (depende do tipo)	Moderado	Moderado	Baixo

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

As águas residuárias provenientes de atividades comerciais, industriais e agrícolas frequentemente contêm diversos poluentes, como nutrientes, metais tóxicos, produtos químicos orgânicos e microrganismos nocivos. A rápida urbanização e o crescimento industrial não apenas aumentaram o volume de resíduos gerados, mas também a sua complexidade, o que exige métodos de tratamento mais eficazes e especializados (Setti *et al.*, 2000; Gama, 2009). Os métodos biológicos, como os tratamentos aeróbios e anaeróbios, destacam-se por serem os mais econômicos e amplamente utilizados em sistemas públicos de tratamento de esgoto, garantindo uma solução acessível para a gestão de águas residuárias urbanas. Entretanto, setores industriais e outras atividades particulares, devido à maior complexidade e diversidade de poluentes em seus efluentes, recorrem frequentemente a tratamentos mais avançados e custosos, como métodos físico-químicos e combinados. Apesar de eficazes, esses métodos apresentam limitações relacionadas ao alto consumo de energia e à

difículdade na remoção de contaminantes emergentes (Herzog; Freitas; Wiedman, 2020; Oliveira; Azevedo; Cavalcanti, 2021).

Avanços significativos têm sido alcançados com tecnologias modernas de oxidação, como o uso de ozônio, peróxido de hidrogênio e fotocatalise, que demonstram grande potencial na degradação de compostos orgânicos de difícil remoção. Além disso, o uso de nanomateriais como catalisadores tem aumentado a eficiência desses processos, promovendo a eliminação de poluentes (Araújo *et al.*, 2016). No entanto, essas técnicas, incluindo a formação de estruvita para a recuperação de fosfato e amônia como fertilizantes, não são amplamente aplicadas em sistemas públicos de tratamento de esgoto, principalmente devido a custos elevados e complexidade operacional.

Por outro lado, a digestão anaeróbia da silagem produz biogás, fonte de energia que pode contribuir para o funcionamento sustentável das plantas de tratamento (Soares; Feiden; Tavares, 2017; Meira, 2020; Soares *et al.*, 2022; Spehar, 2022). Esse biogás pode ser utilizado para alimentar os próprios sistemas de tratamento, reduzindo custos operacionais e contribuindo para a conservação dos recursos energéticos e hídricos. Além disso, os sistemas descentralizados de distribuição de águas residuárias provaram ser uma solução eficaz, especialmente em zonas rurais, onde a infraestrutura centralizada pode ser difícil de implementar. Esses sistemas têm como vantagem o tratamento local de resíduos, redução de custos de transporte e integração econômica de comunidades de baixa renda (Santos; Ungari; Santos, 2008; Matsumoto, 2023).

2.3 Regulação e políticas públicas no tratamento de efluentes

No Brasil, a Lei Federal nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, foi um marco inicial para reforçar a importância do tratamento adequado de águas residuárias como medida essencial na prevenção da contaminação de corpos d'água, além de proteger tanto a saúde pública quanto o meio ambiente (Brasil, 1997). Posteriormente, a Lei Federal nº 11.445/2007, conhecida como Lei do Saneamento Básico, consolidou diretrizes nacionais voltadas ao tratamento de águas residuárias e ao saneamento, promovendo práticas sustentáveis, eficientes e inclusivas. Essa legislação estabelece como objetivo o acesso universal aos serviços de saneamento e enfatiza a necessidade de participação pública no planejamento e implementação de políticas realizadas por municípios e estados (Brasil, 2007).

Nos últimos anos, avanços legislativos têm fortalecido o compromisso com a conservação dos recursos hídricos por meio do reaproveitamento de águas residuárias. A

Portaria GM/MS nº 888/2021 define padrões de qualidade para o reúso de águas residuárias destinadas ao consumo humano, incluindo procedimentos rigorosos de monitoramento e controle de contaminantes, assegurando a segurança e a potabilidade da água tratada. Essa portaria reforça a necessidade de conformidade com padrões técnicos rigorosos, essenciais para preservar a qualidade da água (Brasil, 2021). Adicionalmente, a Lei nº 14.546/2023 introduz diretrizes específicas para o uso de águas pluviais e águas cinzas em atividades como irrigação e processos industriais. A legislação exige o tratamento prévio dessas águas antes de sua utilização e responsabiliza as concessionárias de água e esgoto pela correção de vazamentos, prevenção de perdas e combate a ligações irregulares, promovendo maior eficiência no sistema (Brasil, 2023).

A Agência Nacional de Águas (ANA) é a principal entidade responsável pela regulação e fiscalização da qualidade das águas, incluindo o tratamento de efluentes. Suas atribuições englobam o desenvolvimento de normas técnicas para o manejo adequado de águas residuárias e o controle do lançamento de efluentes nos corpos d'água. Complementarmente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece limites para substâncias que podem ser encontradas nas águas e regula práticas de descarte e reaproveitamento por meio de resoluções como a nº 357/2005 e a nº 430/2011, que tratam da classificação das águas e dos critérios para o lançamento de esgoto (Brasil, 2005; 2011).

O fortalecimento de políticas como as normas estabelecidas pela ANA e pelo CONAMA demonstra o comprometimento do Brasil com a implementação de sistemas de tratamento de esgoto. Essas práticas não apenas atendem às necessidades nacionais, mas também contribuem para as metas globais de desenvolvimento sustentável ao promover abordagens integradas que reduzem o impacto da poluição da água e incentivam o uso de recursos naturais.

No contexto internacional, a Agenda 2030 da ONU destaca o tratamento de águas residuárias como peça-chave na conservação dos recursos hídricos. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº 6 enfatiza a necessidade de reduzir a poluição, eliminar o descarte inadequado de resíduos e promover o uso racional da água por meio de políticas integradas e parcerias globais (Bos *et al.*, 2016; Fugita, 2018; Firmiano, 2022).

Esses avanços refletem um compromisso crescente com a sustentabilidade, garantindo a preservação dos recursos hídricos para as futuras gerações e promovendo o equilíbrio ambiental e o bem-estar da sociedade.

3 METODOLOGIA

Este estudo utiliza métodos e dados qualitativos para analisar o tratamento de águas residuárias no Brasil, com ênfase nas tecnologias empregadas, seus benefícios e os desafios enfrentados. A pesquisa foi baseada em uma revisão de artigos publicados na base de dados SciELO, abrangendo um período de cinco anos.

A pesquisa bibliográfica, segundo Gil (2008), é uma metodologia que utiliza informações disponíveis em publicações científicas, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Os dados foram coletados com o uso de palavras-chave como "tratamento de águas residuárias", "tecnologias de saneamento" e "saneamento ambiental no Brasil", assegurando o alinhamento com o tema central.

Além de examinar o impacto das tecnologias aplicadas no Brasil, o estudo também considerou os aspectos econômicos, sociais e ambientais relacionados ao tratamento de águas residuárias. Para garantir a relevância e qualidade das informações analisadas, foram definidos critérios de inclusão rigorosos, priorizando materiais diretamente relacionados ao tema, com foco em tecnologias, resultados e desafios específicos do contexto brasileiro. Estudos que não atendiam a esses critérios, como textos em outros idiomas, artigos que abordavam apenas contextos internacionais ou com informações desconexas, foram excluídos.

Conforme Gil (2008), investigar envolve "pensar, raciocinar e refletir". Dessa forma, a abordagem deste tema de significativa relevância inclui a explicação das tecnologias disponíveis, os benefícios proporcionados por elas e os desafios enfrentados no seu uso.

O processo de seleção dos artigos foi organizado em quatro etapas, seguindo o método descrito por Gil (2008): leitura exploratória, leitura seletiva, leitura analítica e leitura interpretativa. Após essas etapas, foram selecionados 15 artigos relevantes para a pesquisa (Quadro 1). Alguns textos foram excluídos por não serem de acesso aberto ou por não atenderem aos objetivos específicos do estudo.

Este enfoque metódico permite consolidar uma base teórica sólida para compreender o papel do tratamento de águas residuárias na conservação dos recursos hídricos brasileiros, destacando os avanços tecnológicos e as barreiras a serem superadas.

Quadro 2 - Artigos selecionados para a pesquisa

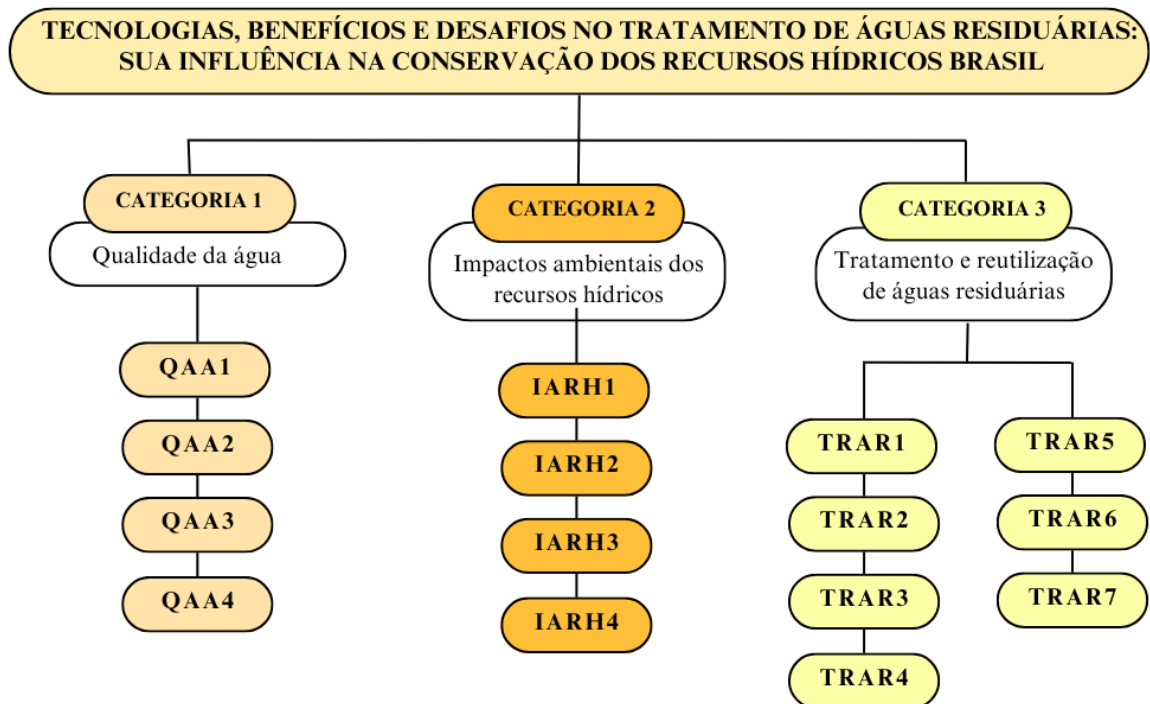
CÓDIGO	ANO	TÍTULO	AUTOR
QAA1	2024	Qualidade e acesso à água para consumo humano: um olhar sobre o estado do Amazonas, Brasil	Mata <i>et al.</i>
IARH1	2024	Consumo de água e crescimento urbano: análises espaciais e relações possíveis	Medeiro, Rufino e Aragão

IARH3	2024	Análise espacial e temporal de eventos de secas na região hidrográfica alto rio Paraná de 1990 a 2020	Tokuda, Lima e Oliveira
IARH2	2023	Saúde e meio ambiente: análise da percepção da qualidade ambiental da população de Caicó, Rio Grande do Norte	Medeiros e Navoni
IARH4	2023	Avaliação de índices de Seca no Monitoramento Hidrológico de Reservatórios Estratégicos do Ceará, Brasil	Gonçalves <i>et al.</i>
TRAR1	2023	Alterações químicas do solo após irrigação com efluentes e adubação fosfatada cultivado com <i>Moringa oleifera</i> Lam.	Melo <i>et al.</i>
TRAR2	2023	Caracterização de resíduos sólidos industriais por análise térmica: perspectivas de uso como material filtrante para águas residuárias	Beluco, Ionashiro e Brito
QAA2	2022	Qualidade da água em um sistema de reservatórios em cascata – um estudo de caso no semiárido brasileiro	França <i>et al.</i>
QAA4	2021	Conservação de água em shopping centers: análise das percepções dos atores envolvidos nos projetos e gestão, com o uso do processo de hierarquia analítica	Calmon e Bastos
QAA3	2021	Plano de Segurança da Água: modelo conceitual para monitoramento de riscos à contaminação de água em comunidades rurais	Corrêa e Ventura
TRAR3	2021	Mobilidade de contaminantes em solos arenosos após a aplicação de águas residuárias tratadas produzidas em indústria siderúrgica	Carvalho, Pereira e Santos
TRAR4	2021	Utilização do biocarvão de bagaço de laranja na remoção de tetraciclina em água residuária	Carvalho <i>et al.</i>
TRAR5	2021	Aplicação de resíduo da agroindústria citrícola para a produção de hidrogênio utilizando culturas puras e mistas	Silva <i>et al.</i>
TRAR6	2020	Caracterização físico-química e determinação de coeficientes cinéticos aeróbios de remoção da matéria orgânica de águas residuárias agroindustriais	Morais <i>et al.</i>
TRAR7	2020	Dinâmica do fósforo em sistemas alagados construídos tratando água residuária da suinocultura	Fia <i>et al.</i>

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

De acordo com Bardin (2016), o material foi codificado e organizado em categorias temáticas relevantes. O estudo foi estruturado em três categorias principais: qualidade da água, impactos ambientais nos recursos hídricos, e tratamento e reutilização de águas residuárias (Figura 2).

Essa abordagem permitiu uma análise mais sistemática e detalhada das informações, destacando a importância do tratamento de águas residuárias na preservação dos recursos hídricos, ao abordar questões como a redução de impactos ambientais e a melhoria da qualidade da água.

Figura 2 – Categorização dos artigos selecionados

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A discussão apresentada neste estudo está organizada em três categorias, conforme ilustrado na Figura 2, com o objetivo de abordar de forma clara e abrangente os temas centrais da pesquisa. A primeira categoria, qualidade da água, reúne trabalhos que investigam estratégias para a conservação desse recurso essencial, incluindo o monitoramento de riscos de poluição e iniciativas voltadas à sua proteção. A segunda categoria, impactos ambientais nos recursos hídricos, foca em estudos que analisam os efeitos de eventos climáticos extremos, como secas, e a pressão das atividades humanas sobre os recursos hídricos, destacando tendências espaciais e temporais relevantes. Por fim, a terceira categoria, tratamento e reutilização de águas residuárias, engloba pesquisas que exploram tecnologias inovadoras, métodos eficientes e aplicações práticas voltadas ao reaproveitamento dessas águas e à redução de seus impactos ambientais. Essa organização proporciona uma análise estruturada e aprofundada, facilitando a compreensão dos diferentes aspectos relacionados ao tema principal.

4.1 Categoria 1 – Qualidade da água

No Brasil, o descarte inadequado de esgoto e resíduos industriais tem poluído rios, lagos e outros recursos hídricos, comprometendo a disponibilidade e qualidade da água em diversas regiões (Castro, 2022). A ausência de tratamento eficaz resulta na contaminação por substâncias como metais pesados, compostos orgânicos e patógenos, que ameaçam tanto a saúde pública quanto o meio ambiente (Batista, 2015). A implementação de tecnologias avançadas de tratamento de águas residuárias surge como uma solução promissora para enfrentar esses desafios, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos no Brasil.

No Amazonas, no estudo QAA1, Mata *et al.* (2024) realizaram uma análise de 185.528 amostras de água entre 2016 e 2020, cujos resultados destacaram a relevância do tratamento de águas residuárias e seu potencial para o reúso sustentável. Apesar da abundância de recursos hídricos na região Norte, muitos corpos d'água apresentam contaminação química, física e microbiológica significativa, inviabilizando seu uso direto sem tratamento adequado para consumo humano. Esses problemas são agravados pela baixa cobertura de esgotamento sanitário na região. De acordo com o Censo Demográfico de 2022, apenas 31,1% dos domicílios no Norte tinham acesso à rede geral de esgoto, enquanto a média nacional era de 69,5% (Carneiro; Saraiva, 2023; IBGE, 2024).

Estudos como o QAA2, de França *et al.* (2022), que analisaram a qualidade da água na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), evidenciam que a poluição urbana, o aporte de nutrientes e práticas inadequadas, como o manejo de resíduos agrícolas, intensificam a degradação de reservatórios hídricos. Esses fatores favorecem o crescimento de cianobactérias tóxicas, como *Oscillatoria sp.* e *Microcystis sp.*, o que reforça a necessidade de sistemas avançados de monitoramento e tratamento.

A reutilização de águas residuárias destaca-se como uma estratégia tecnológica essencial, permitindo ampliar a disponibilidade hídrica por meio de etapas avançadas de tratamento, como membranas de ultrafiltração, ozonização e processos biológicos de alta eficiência. Embora o reúso seja frequentemente destinado a usos não potáveis, como irrigação agrícola, processos industriais e limpeza urbana, avanços tecnológicos possibilitam seu uso para consumo humano (reúso potável), desde que sejam atendidos padrões rigorosos de qualidade. Essa abordagem não apenas reduz a pressão sobre os recursos naturais, mas também está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 6, que visa garantir disponibilidade e gestão sustentável da água para todos (OMS, 2015; Mata *et al.*, 2024).

Outro estudo relevante realizado na RMF demonstrou que áreas a jusante de reservatórios acumulam mais nutrientes, intensificando processos de eutrofização (Jeppesen *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2016). Isso reforça a necessidade de integrar tecnologias de tratamento avançado com políticas de proteção das bacias hidrográficas. Além disso, em áreas rurais, O estudo QAA3, de Corrêa e Ventura (2021) demonstra que práticas inadequadas, como o descarte irregular de resíduos e o uso de fossas negras, agravam os riscos hídricos. Em cenários de risco identificados, foram implementadas estratégias de monitoramento para mitigar a poluição rural (Corrêa; Ventura, 2021).

Em contrapartida, nas áreas urbanas, o estudo QAA4, Calmon e Bastos (2021) apresentam que a demanda crescente por água exige alternativas sustentáveis, como a reciclagem de águas pluviais e o uso de águas residuárias tratadas em atividades não potáveis. Essas práticas, quando aliadas a tecnologias de purificação avançada, podem contribuir para a conservação dos recursos hídricos e reduzir os impactos da urbanização (Calmon; Bastos, 2021).

Apesar de leis como a Lei nº 11.445/2007 (Brasil, 2007) e o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) (Brasil, 2013) estabelecerem diretrizes importantes para o setor, a implementação de soluções tecnológicas ainda enfrenta desafios estruturais. Iniciativas que combinem o uso de sistemas de reutilização de águas residuárias com incentivos financeiros, como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), podem ser cruciais para reduzir os impactos da poluição e garantir a sustentabilidade hídrica. Estratégias voltadas para a inovação tecnológica, infraestrutura adequada e educação ambiental são fundamentais para assegurar o acesso universal à água potável no Brasil e avançar no cumprimento dos ODS (ONU, 2019).

4.2 Categoria 2 - Impactos ambientais nos recursos hídricos

Os impactos ambientais sobre os recursos hídricos no Brasil são significativos, abrangendo desde a degradação da qualidade da água até a escassez de fontes potáveis em diversas áreas (Gomes; Salvador; Lorenzo, 2021). A poluição causada pelo descarte inadequado de águas residuárias, a sedimentação e a eutrofização de corpos d'água compromete os ecossistemas aquáticos e ameaça a biodiversidade (Lucaora, 2021). Além disso, o uso excessivo e mal planejado da água contribui para a redução da disponibilidade hídrica, agravando os problemas de abastecimento em regiões urbanas e rurais (Castro, 2022).

O tratamento inadequado de águas residuárias, aliado à falta de infraestrutura, intensifica a pressão sobre os recursos naturais. Essa situação destaca a necessidade urgente de adotar tecnologias de tratamento mais eficazes e estratégias voltadas à recuperação e preservação das fontes de água (Lira; Cândido, 2013).

Estudos realizados no semiárido brasileiro mostram os impactos significativos desses desafios (IARH1). Por exemplo, em municípios da Paraíba, onde os índices pluviométricos são baixos, o uso desordenado da água revela a relação entre o desenvolvimento urbano e a necessidade crescente de recursos hídricos, sem o devido planejamento ou tratamento adequado (Medeiros; Rufino; Aragão, 2024).

A falta de saneamento básico adequado, como redes de drenagem e sistemas de coleta de esgoto, é um fator crítico na poluição de corpos d'água e na disseminação de doenças transmitidas pela água, demonstrado no estudo IARH2. Em Caicó, no Rio Grande do Norte, Medeiros e Navoni (2023) apontam a conexão direta entre a qualidade ambiental e a saúde da população, evidenciando a urgência de melhorias no tratamento de águas residuárias.

As cidades que carecem de infraestrutura básica enfrentam degradação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Nessas localidades, corpos d'água frequentemente apresentam eutrofização e proliferação de cianobactérias, como consequência da contaminação por efluentes não tratados. Esse cenário afeta negativamente a qualidade de vida das populações periféricas, gerando preocupações sobre saúde pública e estabilidade social (Medeiros; Navoni, 2023).

Diante dos desafios apresentados, torna-se essencial investir em tecnologias de tratamento localizadas e adaptadas às condições regionais, especialmente em áreas menos populosas, onde grandes infraestruturas são inviáveis. Alternativas descentralizadas, como wetlands construídos e sistemas compactos de tratamento, podem ser aplicadas com maior eficiência nesses cenários, promovendo a sustentabilidade no uso dos recursos hídricos. Além disso, programas de educação ambiental têm se mostrado eficazes para sensibilizar a população sobre a importância do reúso de águas residuárias, contribuindo para a mudança de hábitos e facilitando a aceitação de práticas inovadoras (Medeiros; Navoni, 2023).

Um exemplo prático da importância do monitoramento hídrico pode ser observado no estudo IARH3, que demonstra como métodos geológicos permitiram calcular de forma precisa a relação entre precipitação e períodos de seca (Tokuda; Lima; Oliveira, 2024). Esse tipo de análise fornece uma base sólida para planejar intervenções no gerenciamento de águas residuárias, especialmente em regiões onde as condições climáticas são altamente variáveis.

Entretanto, o sucesso dessas iniciativas depende de políticas públicas eficazes e de uma coordenação setorial que supere barreiras estruturais e processuais existentes.

Em áreas áridas, ferramentas como o Índice de Escassez de Água (SWSI) e o Índice de Déficit de Precipitação (RDI) têm se mostrado fundamentais para o monitoramento de secas, permitindo a identificação de padrões críticos e auxiliando no planejamento hídrico. No entanto, a ocorrência cada vez mais frequente de eventos extremos dificulta sua detecção em tempo hábil, comprometendo a eficiência das respostas emergenciais e, consequentemente, agravando os impactos sobre os recursos hídricos (Gonçalves *et al.*, 2023). O estudo IARH4 demonstra que para contornar essa limitação, é imprescindível o investimento em tecnologias mais avançadas e em sistemas integrados de monitoramento que combinem modelagem climática, sensoriamento remoto e bancos de dados georreferenciados. Essas soluções podem fornecer informações em tempo real e aumentar a resiliência das regiões mais vulneráveis.

A integração de tecnologias inovadoras, ações educativas e políticas públicas alinhadas pode transformar o uso e o tratamento de águas residuárias em uma ferramenta crucial para a mitigação da escassez hídrica. Assim, torna-se possível não apenas reduzir o estresse hídrico, mas também garantir a conservação dos recursos hídricos para as gerações futuras.

Por fim, a reutilização de águas residuárias surge como uma solução promissora, especialmente em regiões onde a disponibilidade de recursos naturais é limitada. Sistemas de reúso, aliados ao desenvolvimento de políticas que incentivem sua adoção, podem contribuir significativamente para a conservação dos recursos hídricos no Brasil.

4.3 Categoria 3 - Tratamento e reutilização de águas residuárias

O tratamento e a reutilização de águas residuárias tornaram-se essenciais no Brasil, especialmente diante do esgotamento dos recursos naturais e da escassez hídrica em diversas regiões (Moura *et al.*, 2020). A aplicação de tecnologias para o tratamento de águas residuárias pode aliviar a pressão sobre os recursos hídricos, contribuindo para sua conservação e mitigando os impactos causados pelo descarte inadequado desses efluentes (Costa *et al.*, 2022).

No Brasil, o aumento da demanda por água e os efeitos das mudanças climáticas agravam os desafios relacionados à preservação hídrica (Jacobi; Buckeridge; Ribeiro, 2021). Enquanto algumas áreas mantêm uma qualidade aceitável de água, outras enfrentam problemas sérios, como esgoto não tratado, o que evidencia a necessidade de avanços

tecnológicos e monitoramento contínuo (Rebouças, 1997; Souza *et al.*, 2023). Tecnologias como sensoriamento remoto e indicadores, como o Índice de Expansão da Paisagem, têm demonstrado padrões de crescimento urbano que influenciam diretamente a demanda por água, ressaltando a complexidade desse desafio (Coelho *et al.*, 2018).

Durante a crise hídrica de 2012-2017, dados evidenciaram uma desigualdade significativa no acesso e uso da água entre regiões urbanas brasileiras, revelando limitações na infraestrutura hídrica (Rufino *et al.*, 2021). Métodos alternativos, como armazenamento de água e poços, têm sido utilizados para suprir essas carências, mas frequentemente de forma ineficaz e limitada.

A demanda por água nas áreas rurais também está crescendo, impulsionada pela industrialização e pelo êxodo rural (ANA, 2023). Planejamentos de longo prazo enfrentam desafios adicionais, como a falta de dados confiáveis e a imprevisibilidade de eventos climáticos extremos. Por isso, é fundamental integrar sistemas de previsão climática adequados e implementar estratégias que promovam o reúso de águas residuárias.

O uso de águas residuárias tratadas surge como uma solução promissora para reduzir o estresse hídrico e promover a sustentabilidade. Por exemplo, o reúso de águas residuárias domésticas tratadas (ARDT) apresentada no estudo TRAR1 tem se mostrado eficaz em áreas semiáridas, onde melhora a qualidade dos solos agrícolas, aumenta a produtividade das culturas e reduz a necessidade de água potável para irrigação (Melo *et al.*, 2023). No entanto, o uso intensivo de ARDT apresenta desafios, como o acúmulo de sódio e outros sais no solo, que podem comprometer a estrutura física e diminuir a disponibilidade de água para as plantas. Esses problemas ressaltam a necessidade de monitoramento constante e manejo adequado, como a correção do pH do solo (Melo *et al.*, 2023).

O estudo TRAR2, Beluco, Ionashiro e Brito (2023) abordam tecnologias sustentáveis no tratamento de águas residuais, destacando métodos como filtração lenta e o uso de materiais de baixo custo, como vermiculita expandida e resíduos metalúrgicos, para remover poluentes. Essas tecnologias, associadas a mantas sintéticas e resíduos agroindustriais, apresentam vantagens econômicas e ambientais, embora desafios técnicos, como a otimização de processos, ainda persistam.

Por outro lado, o estudo TRAR3, Carvalho, Pereira e Santos (2021) apontam a vulnerabilidade dos neossolos quartzarênicos ao reúso de águas residuárias, devido à baixa capacidade desses solos de reter contaminantes, favorecendo a lixiviação de metais pesados. Para mitigar esses impactos, recomenda-se a utilização de barreiras de solo argiloso e o uso de

matéria orgânica para melhorar as propriedades do solo, bem como a regulamentação específica para garantir o reúso seguro e sustentável.

Pesquisas também exploram novas tecnologias, como o uso de biocarvão de bagaço de laranja apresentada no estudo TRAR4, vem sendo utilizada para o tratamento de águas residuárias. Resultados indicam a remoção eficiente de micropoluentes, como a tetraciclina, em curtos períodos de tempo, mostrando o potencial dessa tecnologia como alternativa sustentável e de baixo custo. Apesar disso, ainda há desafios relacionados à produção em escala e à validação em diferentes condições (Carvalho *et al.*, 2021).

O estudo TRAR5 evidencia a digestão anaeróbica como uma solução eficiente para reduzir a poluição e produzir energia renovável. O uso de resíduos da indústria citrícola tem mostrado potencial na produção de combustíveis, como hidrogênio e etanol, embora fatores técnicos e a necessidade de condições específicas ainda limitem a adoção em larga escala (Silva *et al.*, 2021).

Finalmente, o trabalho TRAR6, Morais *et al.* (2020) demonstram que tecnologias avançadas, como membranas e métodos de oxidação, são essenciais para a remoção de micropoluentes, como hormônios e antibióticos. Enquanto isso, contrapondo a isso, o TRAR7, Fia *et al.* (2020) trazem o uso de plantas, como *Typha latifolia* e Tifton grass-85, mostra-se eficaz no tratamento natural de águas residuárias, mas limitações relacionadas à saturação e ao manejo da biomassa requerem soluções adicionais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos ambientais sobre os recursos hídricos no Brasil são profundos e abrangem desde a degradação da qualidade da água até a escassez de fontes potáveis em muitas regiões, particularmente nas áreas urbanas onde a demanda é mais intensa. A poluição resultante do descarte inadequado de águas residuárias, associada à sedimentação e à eutrofização de corpos d'água, compromete a biodiversidade aquática e ameaça o equilíbrio dos ecossistemas. Esse cenário é agravado pelo uso excessivo e mal planejado dos recursos hídricos, intensificando os problemas de abastecimento, especialmente em um contexto de crescimento populacional e mudanças climáticas.

No entanto, o tratamento adequado de águas residuárias oferece uma oportunidade concreta para enfrentar esses desafios e promover a conservação dos recursos hídricos. Tecnologias avançadas, como membranas de ultrafiltração, osmose reversa e processos de oxidação, têm se destacado pela alta eficiência na remoção de poluentes persistentes, sendo

amplamente aplicadas no tratamento de efluentes industriais. Paralelamente, soluções mais acessíveis, como *wetlands* construídos e digestores anaeróbios, têm demonstrado grande potencial em comunidades rurais e locais com infraestrutura limitada, proporcionando alternativas sustentáveis e viáveis economicamente. Além disso, iniciativas como a formação de estruvita para a recuperação de nutrientes, como fosfato e amônia, apontam para a viabilidade de uma economia circular que beneficia tanto o meio ambiente quanto o setor agrícola.

Do ponto de vista legislativo, o Brasil conta com um arcabouço jurídico significativo, como a Lei Federal nº 9.433/1997, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, e a Lei nº 11.445/2007, que consolidou diretrizes para o saneamento básico. Essas legislações reforçam a importância do tratamento de efluentes como uma ferramenta essencial para proteger os corpos d'água e garantir a saúde pública. Contudo, a aplicação dessas normas ainda enfrenta barreiras, como a insuficiência de fiscalização, a carência de infraestrutura e os recursos financeiros limitados. Resoluções específicas, como as do CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011, que regulamentam os padrões para o descarte de efluentes, frequentemente não são efetivamente cumpridas, resultando em uma persistente poluição hídrica e seus impactos negativos.

Este estudo destacou que o avanço na conservação dos recursos hídricos no Brasil requer a integração de tecnologias inovadoras, políticas públicas fortalecidas e maior conscientização social. A análise das tecnologias disponíveis revela que, apesar de seu potencial transformador, ainda existem barreiras econômicas e culturais que limitam sua implementação. Para superá-las, é necessário um esforço conjunto entre governos, setor privado e sociedade civil, com investimentos direcionados à infraestrutura, pesquisa e educação ambiental. Além disso, os benefícios ambientais e econômicos do reúso de águas tratadas, como a redução da pressão sobre os mananciais e a melhoria da segurança hídrica, são incentivos poderosos para promover essa prática em larga escala.

Portanto, o tratamento de águas residuárias não é apenas uma solução técnica, mas uma estratégia indispensável para enfrentar os desafios impostos pelo crescimento populacional, pelas mudanças climáticas e pela escassez hídrica. Com tecnologias adequadas, políticas públicas eficazes e um compromisso coletivo, o Brasil pode avançar significativamente na conservação dos seus recursos hídricos, assegurando a sustentabilidade ambiental e o bem-estar das gerações futuras.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. V.; SANTOS, A. P.; AQUINO, D. M.; MENDES, L. R.; FERREIRA, P. M.; OLIVEIRA, W. R. A. S. Viabilidade da biotecnologia no saneamento básico: Uma avaliação econômica e sustentável. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 13, p. e4450413551, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i13.44504>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Monitor de Secas do Brasil**. 2020. Disponível em: <https://monitordesecas.ana.gov.br/mapa?mes=10&ano=2020>. Acesso em: 01 dez. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Resolução nº 77, de 1 de junho de 2021. Declara situação crítica de escassez quantitativa dos recursos hídricos na Região Hidrográfica do Paraná**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 4 jun. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana>. Acesso em: 02 dez. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2022: informe anual**. Brasília: ANA, 2023. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/ConjunturaInforme_2022_PDF_Final_RevDIREC.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

ARAÚJO, K. S. DE.; ANTONELLI, R.; GAYDECZKA, B.; GRANATO, A. C.; MALPASS, G. R. P. Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuárias urbanas e efluentes industriais. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 387–401, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1862>.

BATISTA, L. F. **Lodos gerados nas estações de tratamento de esgotos no Distrito Federal: um estudo de sua aptidão para o condicionamento, utilização e disposição final**. 2015. 214 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, 2015. Disponível em: <https://boletimdosaneamento.com.br/wp-content/uploads/2023/05/lodo-de-etes-ub-lucilene-ferreira-batista-2015.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

BELUCO, R. A. P.; IONASHIRO, E. Y.; BRITO, N. N. Caracterização de resíduos sólidos industriais por análise térmica: perspectivas de uso como material filtrante para águas residuárias. **Química Nova**, v. 46, n. 3, p. 241-249, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230007>.

BOS, R.; ALVES, D.; LATORRE, C.; MACLEOD, N.; PAYEN, G.; ROAF, V.; ROUSE, M. **Manual sobre os direitos humanos à água potável e saneamento para profissionais**. Londres: IWA Publishing; Alliance House; 12 Caxton Street, 2016. Disponível em: <http://library.oapen.org/handle/20.500.12657/24826>. Acesso em: 16 fev. 2025.

BRANDÃO, C. J.; BOTELHO, M. J. C.; SATO, M. I. Z.; LAMPARELLI, M. C. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras/>. Acesso em: 16 fev. 2025.

BRANDÃO, J. L.; OLIVEIRA, F. **História de Roma antiga**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2020. Disponível em:

https://ap1.sib.uc.pt/bitstream/10316.2/47836/1/historia_de_roma_ii.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

BRASIL. **A ANA e o saneamento**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/a-ana-e-o-saneamento>. Acesso em: 19 dez. 2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União: Seção 1. Brasília, DF, 16 maio 2011, p. 89-92. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso em: 16 fev. 2025.

BRASIL. Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 16 fev. 2025.

BRASIL. Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 16 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.546, de 4 de abril de 2023. **Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Lei de Saneamento Básico), para estabelecer medidas de prevenção a desperdícios, de aproveitamento das águas de chuva e de reúso não potável das águas cinzas**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 5 abr. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Lei/L14546.htm. Acesso em: 16 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 83, p. 144, 07 maio 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 16 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)**. Brasília: Ministério das Cidades, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/plano-nacional-de-saneamento-basico-plansab>. Acesso em: 16 fev. 2025.

BRITO, D. M. C.; SILVA, E. A. C.; LANDIM NETO, F. O. **Gestão dos recursos hídricos e sustentabilidade ambiental**. Macapá: UNIFAP, 2020. Disponível em: <https://www2.unifap.br/editora/files/2020/09/gestao-dos-recursos-hidricos-e-sustentabilidade-ambiental.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

CALMON, J. L.; BASTOS, C. S. Conservação de água em shopping centers: análise das percepções dos atores envolvidos nos projetos e gestão, com o uso do processo de hierarquia analítica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 557-565, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190149>.

CARNEIRO, L.; SARAIVA, A. Norte ainda tem menos de um terço dos domicílios com acesso a esgoto, diz IBGE. **Valor Econômico**. Rio de Janeiro, 16 jul. 2023. Disponível em: <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2023/06/16/norte-ainda-tem-menos-de-um-tero-dos-domiclios-com-aceso-a-esgoto-diz-ibge.ghtml>. Acesso em: 21 jan. 2025.

CARVALHO, C. B.; PEREIRA, E. L.; SANTOS, A. B. Mobilidade de contaminantes em solos arenosos após a aplicação de águas residuárias tratadas produzidas em indústria siderúrgica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 5, p. 819-828, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200339>.

CARVALHO, R. S.; ARGUELHO, M. L. P. M.; FACCIOLI, G. G. OLIVEIRA, R. A.; PASSOS, E. S.; SILVA, A. V.; SANTOS, B. F. S. Utilização do biocarvão de bagaço de laranja na remoção de tetraciclina em água residuária. **Revista Matéria**, v. 26, n. 2, p. e12980, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210002.1280>.

CASTRO, C. N. **Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Rio de Janeiro: Ipea, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11115>. Acesso em: 16 fev. 2025.

CAVALI, N. V.; SOUZA, M. T. S. Os desafios tecnológicos no tratamento e reuso da água na região metropolitana de São Paulo (RMSP). In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 23., 2021. **Anais [...]** São Paulo: FEAUSP, 2021. p. 1-16. Disponível em: <https://engemausp.submissao.com.br/23/anais/arquivos/299.pdf?v=1739730599>. Acesso em: 16 fev. 2025.

COELHO, V. H. R.; BERTRAND, G. F.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; PAIVA, A. L. R.; ALMEIDA, C. N.; GALVÃO, C. O.; BARBOSA, L. R.; BATISTA, L. F. D. R.; FERREIRA, E. L. G. A. Piezometric level and electrical conductivity spatiotemporal monitoring. **Journal of Environmental Management**, v. 209, p. 426-439, 2018. DOI: [10.1016/j.jenvman.2017.12.078](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.078).

CORRÊA, R. F. M.; VENTURA, K. S. Plano de Segurança da Água: modelo conceitual para monitoramento de riscos à contaminação de água em comunidades rurais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 2, p. 369-379, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413->

415220190394.

COSTA, G. R.; SILVA, M. H.; CORRÊA, R. I. L.; RIBAS, E. B. Saneamento básico: sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. **Revista Paramétrica**, v. 14, n. 1, P. 1-70, 2022. Disponível em:

<https://www.periodicos.famig.edu.br/index.php/parametrica/article/download/273/199>. Acesso em: 16 fev. 2025.

COSTA, V. S. Sistema de aproveitamento de águas pluviais e de reuso para fins não potáveis e economia dos recursos naturais. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 149, p. 1-38, 2018. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/sistema-de-aproveitamento-de-aguas-pluviais-e-de-reuso-para-fins-nao-potaveis-e-economia-dos>. Acesso em: 16 fev. 2025.

ESPÍNDOLA, I. B.; RIBEIRO, W. C. Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros. **Cadernos Metrópole**, v. 22, n. 48, p. 365-396, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4802>.

FIA, F. R. L.; MATOS, A. T.; FIA, R.; BORGES, A. C.; BAPTESTINI, G. C. F. Dinâmica do fósforo em sistemas alagados construídos tratando água residuária da suinocultura.

Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 25, n. 1, p. 79-86, 2020. DOI:

<https://doi.org/10.1590/S1413-41522020124591>.

FIRMIANO, M. R. Relatório ODS. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 6 - Água Potável e Saneamento**. Fortaleza: IPECE. 2022. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2022/10/Relatorio_de_AcoesCeara_ODS_06_2022.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

FRANÇA, J. M. B.; SILVA, S. M. O.; MONTEIRO, C. M. G.; PAULINO, W. D.; CAPELO NETO, J. Qualidade da água em um sistema de reservatórios em cascata – um estudo de caso no semiárido brasileiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 1, p. 113–123, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200328>.

FUGITA, S. R. **Fundamentos do controle de poluição das águas**. São Paulo: CETESB, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/33/2018/11/Apostila-Fundamentos-do-Controle-de-Poluicao-das-Aguas-T3.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

GAMA, R. G. **Usos da Água, Gestão de Recursos Hídricos e Complexidades históricas no Brasil**: Estudo sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. 2009. 188 f. Dissertação (Mestrado em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas, 2009. Disponível em: <https://cbhmedioparaiba.org.br/conteudo/gutierrez-2009.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

GIACCHINI, M. **Uso e Reúso da água**. Paraná: CREA-PR, 2011. Disponível em: <http://crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/uso-e-reuso-da-agua.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

GOMES, L. C. D.; SALVADOR, N. N. B.; LORENZO, H. C. Conflitos pelo uso dos recursos hídricos e o caso de Araraquara-SP. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 24, p. 1-20, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190100r3vu2021L3AO>.

GONÇALVES, S. T. N.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. D. C.; SILVEIRA, C. D. S.; CID, D. A. C.; MARTINS, E. S. P. R.; COSTA, J. M. F. D. Comparative analysis of drought indices in hydrological monitoring in Ceará's Semi-Arid Basins, Brazil. **Water**, v. 15, n. 7, p. 1259, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15071259>.

HERZOG, C.; FREITAS, T.; WIEDMAN, G. **Soluções Baseadas na Natureza e os Desafios da Água: Acelerando a transição para cidades mais sustentáveis**. Bruxelas: Dialogues, 2020. Disponível em: <https://cretes.com.br/wp-content/uploads/2022/09/solucoes-baseadas-natureza-2020.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

HOWARD, C. The future of water and sanitation: global challenges and the need for greater ambition. **Water Infrastructure, Ecosystems and Society**, v. 70, n. 4, p. 438–448, 2021. DOI: <https://doi.org/10.2166/aqua.2021.127>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2022: Rede de esgoto alcança 62,5% da população, mas desigualdades regionais e por cor e raça persistem**. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39237-censo-2022-rede-de-esgoto-alcanca-62-5-da-populacao-mas-desigualdades-regionais-e-por-cor-e-raca-persistem>. Acesso em: 21 jan. 2025.

JEPPESEN, E.; BRUCET, S.; NASELLI-FLORES, L.; PAPASTERGIADOU, E.; STEFANIDIS, K.; NÖGES, T.; NÖGES, P. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and salinity. **Hydrobiologia**, v. 750, p. 201-227, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2169-x>.

LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Campina Grande: EDUEPB, 2013. DOI: <https://doi.org/10.7476/9788578792824>.

LUCAORA, G. B. R. **O descarte dos resíduos sólidos nas águas: experiências brasileira e espanhola, com base nos objetivos de desenvolvimento sustentável**. 2021. 185 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Jurídica) – Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2021. Disponível em: <https://www.univali.br/Lists/TrabalhosMestrado/Attachments/2954/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20-%20GIOVANA.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

MATA, M. M.; SANTANA, A. B. C.; MARTINS, F. P.; MEDEIROS, M. A. T. Qualidade e acesso à água para consumo humano: um olhar sobre o estado do Amazonas, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 29, n. 8, p. e05442023, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232024298.05442023>.

MATSUMOTO, A. C. L. **Uso de sistemas descentralizados comparados a sistemas centralizados para tratamento de esgotos**. 2023 33 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2023. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/4c1c6dd0-dccc-4d4b-bd4d-1a19b3caedc5/content>. Acesso em: 16 fev. 2025.

MEDEIROS, A. N.; NAVONI, J. A. Saúde e meio ambiente: análise da percepção da qualidade ambiental da população de Caicó, Rio Grande do Norte. **Interações**, Campo Grande, v. 24, n. 2, p. 377–393, 2023. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v24i2.3317>.

MEDEIROS, C. K.; RUFINO, I. A. A.; ARAGÃO, R. Consumo de água e crescimento urbano: análises espaciais e relações possíveis. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 16, p. e20230039, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.016.e20230039>.

MEIRA, R. S. S. **Otimização da síntese de estruvita e seus análogos visando a recuperação de fósforo, magnésio, nitrogênio e potássio de águas residuais**. 2020. 129 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/13381>. Acesso em: 16 fev. 2025.

MELO, A. R.; SILVA, P. F.; DANTAS NETO, J.; SILVA, F. A.; COSTA JÚNIOR, D. S.; PÉREZ-MARIN, A. M. Alterações químicas do solo após irrigação com efluentes e adubação fosfatada cultivado com *Moringa oleifera* Lam. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 33, n. 3, e70786, p. 1-22, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509870786>.

MELO, T. G. S. **Água de reuso**: alternativa para a redução de consumo de água e preservação de recursos hídricos. 2019. 31 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário Atenas, Paracatu 2019. Disponível em: https://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/spic/monography/AGUA_DE_REUSO__alternativa_para_a_reducao_de_consumo_de_agua_e_preservacao_de_recursos_hidricos.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, v. 40, n. 9, p. 1094–1110, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170091>.

MONTE, H. M.; ALBUQUERQUE, A. **Reutilização de Águas Residuais**. [s. l.]: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos; Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.6/1144>. Acesso em: 16 fev. 2025.

MORAIS, N. W. S.; COELHO, M. M. H.; SILVA, F. S. S.; PEREIRA, E. L.; SANTOS, A. B. Caracterização físico-química e determinação de coeficientes cinéticos aeróbios de remoção da matéria orgânica de águas residuárias agroindustriais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 3, p. 489-500, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020190220>.

MOURA, P. G.; ARANHA, F. N.; HANDAM, N. B.; MARTIN, L. E.; SALLES, M. J.; CARVAJAL, E.; JARDIM, R.; SOTERO-MARTINS, A. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 791–808, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180201>.

NASCIMENTO JUNIOR, M. M. **O distrito soteropolitano de brotas na primeira república (1889-1930)**: conflitos sociais na produção, apropriação e uso do seu espaço

urbano. 2019. 617 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/32024>. Acesso em: 16 fev. 2025.

OLIVEIRA, D. C. S.; AZEVEDO, P. G. F.; CAVALCANTI, L. A. P. Processos biológicos para o tratamento de efluentes: uma revisão integrativa. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 8, n. 18, p. 397-415, 2021. DOI: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2021\)081826](https://doi.org/10.21438/rbgas(2021)081826).

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. ONU, 2019. Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Manual sobre planejamento e gestão hídrica**. Brasília: OMM, 2021.

PALHARES, J. C. P. **Produção animal e recursos hídricos: uso da água nas dimensões quantitativa e qualitativa e cenários regulatórios e de consumo**. Brasília: Embrapa, 2021. Disponível: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1137256/producao-animal-e-recursos-hidricos--uso-da-agua-nas-dimensoes-quantitativa-e-qualitativa-e-cenarios-regulatorios-e-de-consumo>. Acesso em: 16 fev. 2025.

PIERMAN, A.; GRECO, R. M. A água seus caminhos e descaminhos entre os povos. **Revista APS**, v.8, n.2, p. 151-164, 2005. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/nates/files/2009/12/agua.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

PINHEIRO, A. V. **Alternativas para destinação final do lodo gerado no tratamento de esgoto sanitário**. 2012. 66 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012. Disponível em: https://www2.ufjf.br/engenhariacivil/files/2012/10/2012_alice_venturi.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

REBOUÇAS, A. da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos Avançados**, v. 11, n. 29, p. 127–154, jan. 1997. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40141997000100007>.

REZENDE, A. T. **Reúso urbano de água para fins não potáveis no Brasil**. 2016. 105 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC-AMANDA-REZENDE-FINAL.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

ROCHA, J. V. R. **Tecnologias utilizadas nos sistemas descentralizados de tratamento de esgoto sanitário no Brasil**. 2021. 59 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/9789>. Acesso em: 16 fev. 2025.

ROMEIRO, A. R. Civilização e inovação – Porque a revolução industrial foi um fenômeno

dependente de uma trajetória civilizacional. **Texto para Discussão**, Campinas, n. 410, p. 1-108, 2021. Disponível em: <https://www.eco.unicamp.br/images/arquivos/artigos/TD/TD410.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SALAZAR, D.; ESCOBAR, M.; YATES, D.; ALJANAHI, M.; Y.; ALQATTAN, A. K. Advancing water sustainability in Bahrain through water resource management knowledge platforms. **Desalination and Water Treatment**, v. 263, p. 265-266, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28242>.

SALLES, C. P. **Manual de Comunicação e Organização Social: esgotamento sanitário**. Brasília: Codevasf, 2015. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/acesso-a-informacao/institucional/biblioteca-geral-rocha/publicacoes/manuais/manual-de-comunicacao-e-organizacao-social-esgotamento-sanitario.pdf/view>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SANTOS, C. M. A. **O papel do abastecimento hídrico na produção do espaço urbano do bairro do jatobá em Patos-PB**. 2023 135 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caicó, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/55075>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SANTOS, E.; UNGARI, H. C. N.; SANTOS, M. B. **Principais técnicas de remediação e gerenciamento de áreas contaminadas por hidrocarbonetos no estado de São Paulo**. 2008. 128 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2016/06/Edson_Helio_Matilde.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia, 2000. Disponível em: https://lamorh.ufes.br/sites/lamorh.ufes.br/files/field/anexo/introducao_ao_gerenciamento_de_recursos_hidricos.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

SILVA, D.C.; ADAMES, L.V.; PIRES, L.O.; MARQUES, R. F. C.; ADORNO, M. A. T.; MAINTINGUER, S. I. Aplicação de resíduo da agroindústria citrícola para a produção de hidrogênio utilizando culturas puras e mistas. **Revista Matéria**, v. 26, n. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210002.1269>.

SILVA, J. C.; MEDEIROS, P. A. **Tratamento de Águas Residuais: princípios e tecnologias**. Rio de Janeiro: Editora Blucher, 2020.

SILVA, L. R. **Estudo da importância da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) para o controle de qualidade de efluentes**. 2022. 35 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/123456789/11648/1/Estudo%20da%20import%C3%A2ncia%20da%20Demanda%20Bioqu%C3%ADmica%20de%20Oxig%C3%AAnio%2028DBO%29.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SOARES, C. M. T.; FEIDEN, A.; TAVARES, S. G. Fatores que influenciam o processo de digestão anaeróbia na produção de biogás. **Nativa**, v. 5, n. esp., p. 509-514, 2017. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v5i7.5155>.

SOARES, I. P.; SCHULTZ, E. L.; GAMBETTA, R.; GONÇALVEZ, S. B. **Biogás e suas contribuições para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2022. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1149613/1/DOC-49-final-1.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SOUZA, J. B. D.; CORRÊA, E. F. B.; CARVALHO, T. R. C.; CHAVES, P. V. A. Soluções e medidas tecnológicas para a gestão de recursos hídricos em organizações brasileiras: uma revisão integrativa. **GETEEC**, v. 12, n. 38, p. 35-55, 2023. Disponível em:

<https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2946>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SPEHAR, J. C. **Análise conceitual e estratégias de implementação da economia circular no contexto urbano**. 2022. 110 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2022. Disponível em:

https://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/46569/1/2022_JessicaCostaSpehar.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

SZIGETHY, L.; ANTENOR, S. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos**. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade, 2020.

TOKUDA, E. N.; LIMA, C. G. R.; OLIVEIRA, J. N. Análise espacial e temporal de eventos de secas na região hidrográfica Alto Rio Paraná de 1990 a 2020. **Mercator**, v. 23, p. e23001, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2024.e23001>.

VILLANI JUNIOR, W. A governança nos serviços municipais de água e esgoto: uma visão estruturada para o século XXI. [S.l.: s.n.], 2017. Disponível em: <https://saaeb.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Livro-A-Governanca-nos-servicos-municipais-de-agua-e-esgoto-Tomo-I-2018.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

WHO. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. New York: WHO, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 16 fev. 2025.