

AVALIAÇÃO DAS PRÁTICAS DE REÚSO DIRETO DE ÁGUA EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO NO BRASIL: ALINHANDO-SE AOS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

¹Sabrina de Oliveira Anício²João Miguel Mercês Bega³Tadeu Fabrício Malheiros

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste trabalho foi avaliar quantitativamente as práticas de reuso direto do efluente tratado pelas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) no Brasil, com o intuito de compreender o panorama nacional da estratégia.

Método: Para alcançar o objetivo proposto, foram utilizados dados disponibilizados pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) referente ao ano de 2017. O estudo foi realizado de forma quantitativa, buscando analisar as proporções de municípios que efetivamente utilizam o efluente tratado de ETEs para as atividades previstas nas legislações de reuso.

Resultados: Os resultados obtidos indicam que, apesar da existência de leis regulamentadoras, o reuso direto de água ainda é incipiente no Brasil. As proporções de municípios que adotam práticas de reuso são baixas em todas as regiões do país: Sul (0,9%), Sudeste (4,5%), Norte (2,3%), Nordeste (4,7%) e Centro-Oeste (1,8%).

Conclusões: Diante das baixas proporções de municípios que efetivamente praticam o reuso direto do efluente tratado, conclui-se que são necessários esforços em diversas instâncias para incentivar e encorajar a adoção dessa estratégia. É fundamental investir em desenvolvimento científico e tecnológico, elaborar políticas públicas e incentivos financeiros, além de estabelecer leis mais precisas e específicas relacionadas ao reuso de água. Somente com a soma de esforços será possível combater a escassez hídrica e alcançar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) para o setor de saneamento no Brasil.

Palavras-chave: Reuso De Água; Disponibilidade Hídrica; Desenvolvimento Sustentável; Ods 6; Marco Legal Do Saneamento.

Received on: December/06/2021

Approved on: July/14/2022

DOI: <https://doi.org/10.19141/2237-3756.lifestyle.v9.n00.pe01452>

¹ Doutoranda em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/ USP), São Paulo (Brasil). Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). Email: sabrina55oliveira@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5438-1388>

² Doutorando no Programa de Engenharia Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (PPGSHS/EESC/USP), São Paulo (Brasil). Professor bolsista do Departamento de Engenharia Civil da FEIS/UNESP [disciplinas ministradas: Hidráulica I (2021-atual), Instalações Prediais: Hidráulicas, Sanitárias e Gás (2019-2020) e Sistemas de Abastecimento de Água, Coleta de Esgoto e Drenagem Urbana (2019-2020)]. **Email:** joabega@usp.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4386-5488>

³ Professor Doutor na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo e Coordenador do Mestrado Profissional em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais – PROFCIAMB, São Paulo (Brasil). **Email:** tmalheiros@usp.br **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-9455-4199>

ASSESSMENT OF DIRECT WATER REUSE PRACTICES IN BRAZILIAN SEWAGE TREATMENT PLANTS: ALIGNING WITH SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

ABSTRACT

Purpose: This study evaluates the direct reuse of treated effluent in Sewage Treatment Plants (STPs) in Brazil, using data from the 2017 National Basic Sanitation Survey (NBSS). It aligns with the United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs) and the new legal framework for sanitation in the country.

Method: The study comprehensively analyzes data from the 2017 NBSS to assess the prevalence of direct water reuse practices in STPs across Brazil. Employing a quantitative approach, the research aims to gain insights into the current state of direct water reuse.

Originality/Relevance: This research adds value to the existing literature by providing an up-to-date and comprehensive evaluation of direct water reuse practices in Brazil. It highlights the relevance of these practices in relation to sustainable development goals and the legal framework for sanitation.

Results: The findings indicate that direct water reuse practices are still in their early stages in Brazil, despite existing regulatory laws. The utilization of treated effluent from STPs for activities specified in the legislation remains relatively low across different regions [South (0.9%), Southeast (4.5%), North (2.3%), Northeast (4.7%), and Midwest (1.8%)].

Keywords: Water reuse, Water scarcity, Sustainable development, Sewage Treatment Plants (STPs), Sanitation framework

1. Introdução

A água é essencial para a produtividade e subsistência das atividades humanas. Os setores industrial, agrícola e residencial demandam grandes volumes de água em razão do crescimento populacional e da densificação das cidades (JOSEPH et al., 2020). A tendência de crescimento demográfico contínuo dos próximos anos intensifica a pressão antropogênica sobre os recursos hídricos finitos (NAVARRO et al., 2021). No entanto, parte da água utilizada em tais setores não recebe o correto tratamento e disposição, retornando aos ambientes aquáticos e afetando os ecossistemas e outras populações a jusante (ÁLVAREZ et al., 2017; MARINHO et al., 2020). No Brasil, apenas 49,1% dos esgotos gerados recebem tratamento antes do lançamento em corpos de água receptores (BRASIL, 2020). Soma-se, ainda, o cenário alarmante de mudanças climáticas, com destaque para situações críticas, como eventos de secas intensas (IPCC, 2021). Por mais que o Brasil detenha aproximadamente 12% das reservas de água doce do planeta, há incertezas em relação à suficiência do abastecimento de água potável e ao fornecimento de energia pelas usinas hidrelétricas em virtude da baixa disponibilidade hídrica (SAMORA; MANO, 2021). Portanto, alternativas voltadas para uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos se tornam ainda mais necessárias.

Não há concordância na literatura sobre o que é o termo desenvolvimento sustentável (DS), frequentemente confundido com a sustentabilidade (SARTORI; LATRÔNICO;

CAMPOS, 2014; BEGA et al., 2021). Desenvolvimento aponta para mudanças graduais e orientadas e não significa somente crescimento quantitativo (GALLOPPÍN, 2003). A sustentabilidade pode ser definida como a capacidade de um sistema (natural, econômico e social) de se adaptar ou resistir às alterações, endógenas ou exógenas, por tempo indeterminado (DOVERS; HANDMER, 1992). No geral, DS consiste no desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades (WCED, 1987). Nas bacias hidrográficas, DS trata-se de uma maneira multidimensional de abordar as conexões e dependências entre os sistemas no uso da água, de forma que as tentativas de atingir a vitalidade econômica sejam realizadas no contexto de melhoria e manutenção da integridade ecológica, bem-estar social e segurança para todos (FLINT, 2004). Essa definição pode ser aplicada e observada em diversas escalas. O reúso direto do efluente tratado nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) caminha no sentido do DS e da segurança hídrica (UN-WATER, 2013), apresentando grande potencial para se tornar uma estratégia para o enfrentamento das crises hídricas nos próximos anos.

A água poluída pode ser recuperada e reusada para fins benéficos diversos. A sua qualidade e o objeto específico do reúso estabelecerão os critérios de segurança a serem adotados, os níveis de tratamento recomendados e os custos de capital, operação e manutenção associados (HESPANHOL, 2002). O reúso direto de esgoto tratado está alinhado com as ideias defendidas pelo conceito de economia circular, constituindo alternativa para a diminuição de descargas de águas contaminadas (LÓPEZ; SANZ; MORENO, 2019). A economia circular é uma das estratégias de DS (KISELEV; MAGARIL; RADA, 2019) que consiste na promoção do uso mais eficiente dos recursos (KAYAL et al., 2019) a partir do fechamento de ciclos. Por sua vez, o reúso de água faz com que o recurso retorne ao ecossistema de maneira mais sustentável, minimizando o descarte de resíduos e diminuindo a necessidade de utilização de recursos ‘novos’, provenientes dos processos de tratamento de água (FISHER et al., 2020). Ressalta-se a necessidade de planejamento e controle nas práticas de reúso para evitar, por exemplo, possíveis danos à saúde ou impacto negativo sobre o solo e as águas.

Práticas de reúso direto do efluente tratado de ETEs vêm sendo consideradas como uma das formas de combate à escassez hídrica, sobretudo no Brasil, devido ao grande volume de esgoto gerado e tratado (HESPANHOL, 2008). É admissível, portanto, incluir o uso da água e a geração de efluentes nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em específico, o seu reúso (UN, 2015). Partindo-se desse pressuposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar, de forma quantitativa, as práticas de reúso direto do efluente tratado pelas ETEs no

Brasil, por meio dos dados disponibilizados pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) no ano de 2017 (IBGE, 2017a), provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A análise buscou, ainda, entender como o país tem adotado tais práticas e, posteriormente, discutir as possíveis causas e implicações do cenário observado.

2. Fundamentação teórica

2.1. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Na Cúpula das Nações Unidas sobre o DS de 2015, reunião que contou com a participação de diversos países, estabeleceu-se uma agenda mundial composta por 17 ODS e 169 metas que devem ser cumpridos até o ano de 2030 (UN, 2015). Tais objetivos foram constituídos com base no sucesso dos Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM) (ver ROMA, 2019). Os ODS incluem temas atuais (e.g., mudanças climáticas, desigualdade econômica e consumo sustentável), envolvem uma diversidade de campos de atuação e representam um plano de ação global para erradicar a pobreza extrema e a fome, proteger o planeta, oferecer educação de qualidade ao longo da vida para todos e promover sociedades pacíficas e inclusivas (UN, 2021). A estratégia política para a implantação dos ODS tem ênfase nacional, apesar da dimensão global, cabendo ao governo de cada país determinar estruturas de governança, prioridades, formas de financiamento e monitoramento de resultados. A Agenda 2030 lida, assim, com o risco de os ODS serem cumpridos de maneira desigual pelo mundo e, ainda, de alguns países nem sequer atingirem resultados parciais, sobretudo os classificados como ‘pobres’ e ‘em desenvolvimento’ (BUSS et al., 2012; BUSS et al., 2014).

No conjunto de ODS, o de número 6 é dedicado à água potável e ao saneamento e busca garantir a disponibilidade e o manejo sustentável da água e saneamento para todos. O saneamento é inerentemente associado a todos os aspectos do desenvolvimento e fundamental para sustentar o crescimento econômico na agricultura, na indústria e na geração de energia, igualmente para a manutenção de ecossistemas saudáveis. Considerando-se que o Brasil enfrenta atualmente o pior período de seca em quase um século (SAMORA; MANO, 2021), práticas como o reúso de efluente tratado de ETEs são essenciais para o aumento futuro da disponibilidade hídrica. O Quadro 1 apresenta as metas para o ODS 6 relacionadas ao reúso e os indicadores correspondentes.

Quadro 1: Metas do ODS 6 relacionadas ao reúso da água e efluentes tratados e seus respectivos indicadores

Meta	Descrição	Indicadores
6.3	Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo a metade a proporção de águas residuárias não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente;	6.3.1 – Proporção de águas residuárias tratadas de forma segura;
		6.3.2 – Proporção de corpos hídricos com boa qualidade ambiental;
6.a	Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio a capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reúso;	6.a.1 – Montante de ajuda oficial ao desenvolvimento na área da água e saneamento, inserida num plano governamental de despesa;

Fonte: Adaptado de Silva (2018).

A meta 6.3 destaca, dentre outras esferas do saneamento, o aumento da reciclagem e do reúso de águas residuais, de maneira segura e em escala global. Além disso, a meta 6.a estabelece o incentivo à cooperação internacional e o apoio à capacitação para países em desenvolvimento, em diversas atividades e programas, incluindo as tecnologias de reúso de efluentes (UN, 2015). Em escala global, as metas são monitoradas e revisadas de acordo com um conjunto de indicadores desenvolvidos pelo Grupo Interagencial de Peritos sobre os Indicadores dos ODS (SILVA, 2018). A comissão de estatística da Organização das Nações Unidas (ONU) analisa e verifica tais indicadores, selecionados em razão da meta a ser alcançada. Por mais que os indicadores do ODS 6 sejam apresentados considerando o país, a sua aplicação na escala de unidades da federação e regiões hidrográficas pode auxiliar na gestão de áreas mais críticas (BEGA et al., 2021). A ONU apresenta alternativas viáveis para os seus cálculos, de modo a incentivar os países que ainda não tomaram medidas referentes a esse objetivo (UN, 2021). A administração local é fundamental na consolidação dos ODS.

2.2. Aspectos legais do reúso direto do efluente tratado no Brasil

A Lei 14.026, de 15 de julho de 2020 (BRASIL, 2020), atualiza o marco legal do saneamento básico, que, dentre outros aspectos, considera como um dos princípios fundamentais o estímulo ao reúso de efluentes sanitários e a necessidade de os contratos de prestação de serviços públicos de saneamento básico conterem metas relacionadas a tais práticas, bem como considerarem sua comercialização como uma das possíveis fontes de receitas alternativas, complementares ou acessórias. A legislação também estabelece que a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) se torna o órgão responsável por

definir normas de referência para o reúso de efluentes sanitários tratados, de acordo com fatores de saúde pública e com as normas ambientais.

No que concerne às legislações federais relacionadas ao reúso direto de água, o Brasil conta com duas resoluções principais vinculadas ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH): a nº 54, de 28 de novembro de 2005 (BRASIL, 2005), e a nº 121, de 16 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010). A primeira resolução estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água e define água de reúso como a água residuária que está dentro dos padrões estabelecidos para sua utilização conforme a modalidade. Além disso, apresenta o reúso direto de água como o uso planejado de água de reúso, sem que haja lançamento prévio em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos. A segunda resolução é complementar, específica para as modalidades agrícola e florestal. Embora de extrema importância, tais legislações ainda são pouco precisas no que se refere aos parâmetros de qualidade e às tecnologias de tratamento (ANÍCIO et al., 2021). Apesar de não ter valor legal, há, ainda, a NBR 13969 (ABNT, 1997), que objetiva, para sistemas locais de tratamento de esgotos com unidade preliminar sob a forma de tanques sépticos, apresentar alternativas para o tratamento complementar e a disposição final do efluente obtido. A norma estabelece quatro classes de reúso, alguns parâmetros de qualidade e alternativas para o tratamento avançado.

Com legislações nacionais pouco específicas em relação às práticas de reúso, destacam-se determinadas legislações estaduais, como as existentes nos estados da Bahia, de Minas Gerais, do Rio Grande do Sul e de São Paulo. Essas, em sua maioria, apresentam os usos recomendados para o efluente tratado e são mais precisas quanto às características qualitativas necessárias para as águas destinadas ao reúso direto (para maiores detalhes, ver ANÍCIO et al., 2021).

2.3. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

A PNSB é uma investigação realizada pelo IBGE a nível nacional que objetiva, a partir da consulta às entidades executoras de serviços de saneamento, obter informações sobre as condições do saneamento básico no país. Os resultados da pesquisa apresentam um panorama da oferta e da gestão dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nas diferentes escalas do território nacional, tornando-se instrumento avaliativo para esforços voltados para a melhoria e expansão desses serviços (IBGE, 2017a), constituindo, assim, subsídio para que os poderes públicos e a sociedade formulem políticas públicas nesse contexto (IBGE, 2020). O reúso direto do efluente tratado [i.e., a reutilização das águas residuais

oriundas do tratamento do esgoto que não são descarregadas no meio ambiente, destinadas, a partir do ponto de descarga, a um local onde o reúso é praticado (IBGE, 2020)] é um dos aspectos considerados dentre as diversas abordagens da PNSB no que se refere ao esgotamento sanitário. A pesquisa mais recente, de 2017 (IBGE, 2017b), conta com duas tabelas (148 e 149) de reúso direto de água, destacando a quantidade de municípios com rede coletora de esgoto, ETEs em funcionamento e práticas de reúso. Na tabela 148, os municípios são classificados conforme a população atendida (i.e., divididos em faixas populacionais) e, na 149, de acordo com a região geográfica e unidade federativa. Quando o reúso direto do efluente é praticado, o número de municípios que adota tais práticas é apresentado conforme o destino do efluente: nos equipamentos e instalações da própria entidade; industrial; irrigação paisagística; agricultura; serviços urbanos; aquicultura; e outro.

3. Metodologia

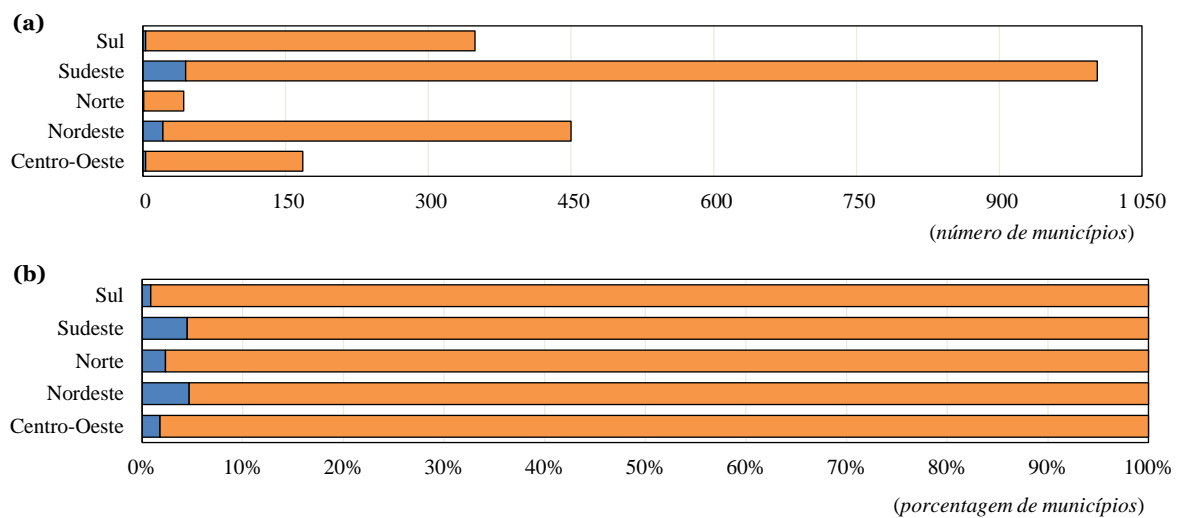
A presente pesquisa caracteriza-se como exploratória por visar a elevação do conhecimento e a compreensão de um problema em perspectiva e ajudar no desenvolvimento de questões relevantes para o objetivo pretendido (MATTAR, 2000). O procedimento utilizado foi o de obtenção de informações em fontes secundárias (e.g., artigos científicos e relatórios disponibilizados por órgãos governamentais e concessionárias de serviços públicos). No caso da abordagem documental, foram consideradas as tabelas 148 e 149 da PNSB de 2017 (IBGE, 2017b), citadas no item 2.3. Os dados foram explorados em escala nacional, por região geográfica, por unidade federativa e por faixa populacional. Gráficos e tabelas foram elaborados de forma esquemática para melhor apresentação e interpretação dos resultados, buscando auxiliar na compreensão do panorama brasileiro do reúso direto de efluente tratado em ETEs.

4. Resultados e Discussão

De acordo com a PNSB de 2017 (IBGE, 2017b), o Brasil tem 5.570 municípios e 2.013 (36,1%) contam com ETEs em operação, dos quais 73 (3,6%) utilizam práticas de reúso direto do efluente tratado. Tais práticas são pouco empregadas no país, possivelmente pela falta de precisão das leis nacionais que existem sobre o reúso de efluentes tratados, estando determinados fatores condicionados a apenas uma NBR, sem valor legal (ANÍCIO et al., 2021) e desatualizada. Informações sobre o volume do efluente tratado destinado ao reúso não estão disponíveis, podendo haver grandes variações conforme a gestão hídrica na região.

O número de municípios que pratica reúso direto de efluente tratado nas ETEs nas regiões geográficas está apresentado na Figura 1. A baixa adoção do reúso nas regiões acompanha a tendência geral do país, com todas as porcentagens inferiores a 5,0%. A região Sudeste tem a maior quantidade de ETEs em operação no Brasil (1.003) e de municípios que praticam reúso direto do efluente tratado (45). De maneira similar, a região Nordeste também conta com uma adoção mais acentuada dessas práticas. Observa-se, também, que, proporcionalmente, a segunda é a que mais reusa o efluente tratado em seus municípios, apesar da diferença, em termos proporcionais, ser ínfima: 4,7% (Nordeste) e 4,5% (Sudeste). As maiores práticas nas duas regiões podem ser reflexo de crises hídricas que ambas vêm enfrentando, com problemas em diversos setores (BEZERRA, 2016; MARENGO; ALVES, 2015), impulsionando a busca por fontes alternativas para garantir a disponibilidade de água (NAVARRO et al., 2021). Por outro lado, as regiões Centro-Oeste (1,8%), Norte (2,3%) e Sul (0,9%) apresentam menores porcentagens de municípios que adotam o reúso.

Figura 1: (a) Prática (azul) e não prática (laranja) de reúso direto do efluente tratado em municípios com Estações de Tratamento de Esgoto em operação e (b) suas respectivas proporções, por região geográfica – 2017



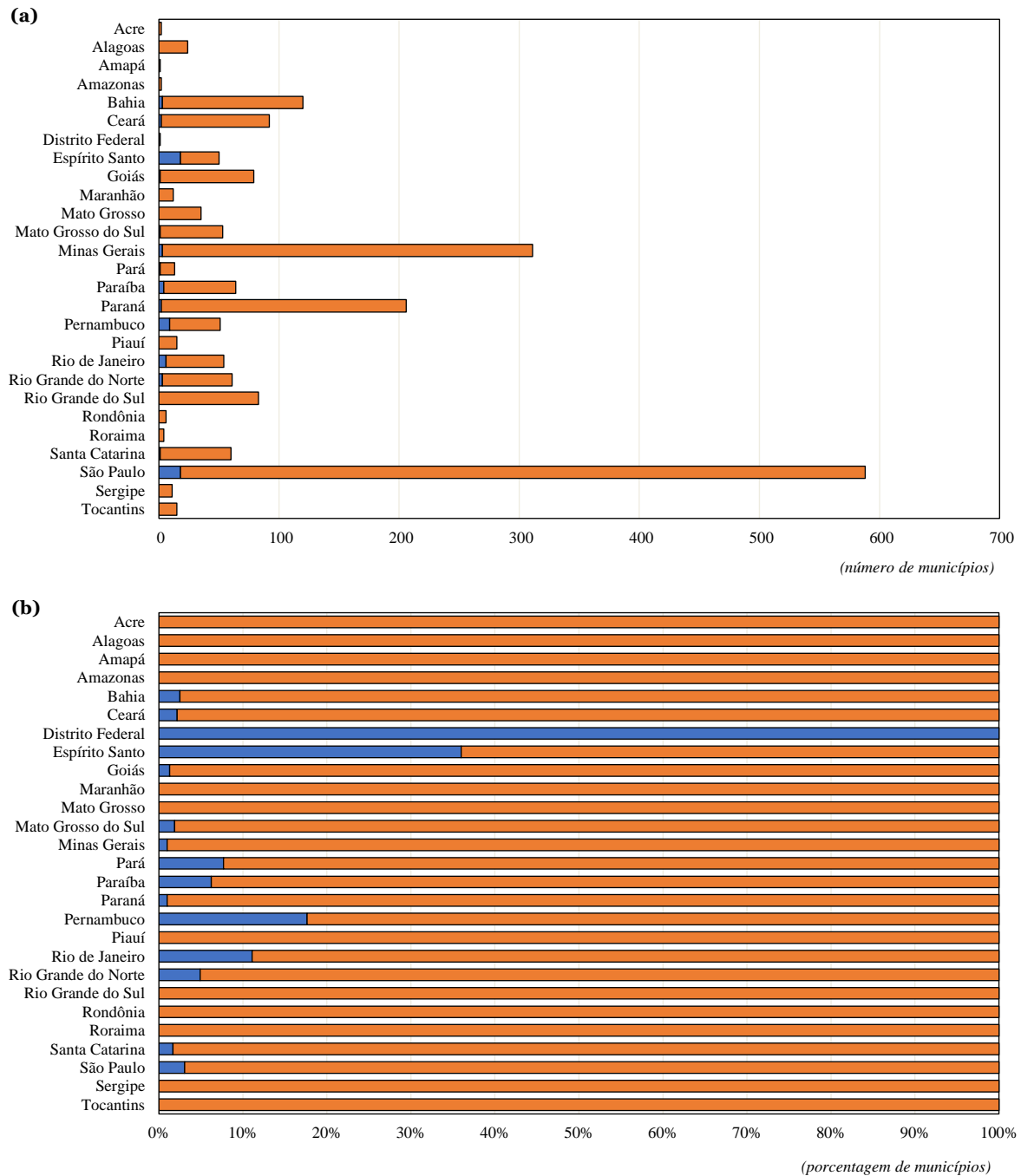
Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados retirados da PNSB (IBGE, 2017b).

A água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento urbano, agrícola e industrial nas regiões áridas e semiáridas (HESPANHOL, 2002). Gestores e entidades de planejamento de recursos hídricos procuram, continuamente, novas fontes de recursos para complementar a baixa disponibilidade hídrica, o que pode explicar a maior porcentagem de ETEs com reúso de efluente tratado na região Nordeste. Entretanto, o fenômeno da escassez hídrica não é atributo exclusivo das regiões áridas e semiáridas. Muitas regiões com recursos hídricos

abundantes, porém insuficientes para atender demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo, que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida, como a região Sudeste. Por exemplo, as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (região Sudeste) têm aproximadamente 5,8 milhões de habitantes e disponibilidade hídrica per capita de $917,1 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, bem abaixo do considerado como crítico ($1.500,0 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), tendo, ainda, apresentado redução de 4,0% nos últimos cinco anos e aumento de 26,2% na demanda (BEGA et al., 2021). Cenário similar é encontrado em diversos municípios da região Sudeste, como em São José do Rio Preto – SP, conforme relataram Oliveira et al. (2019), demonstrando a necessidade de ampliação de reúso nas ETEs da região e justificando uma das maiores porcentagens observadas (Figura 1).

A Figura 2 apresenta o número de municípios que praticam reúso direto de água de acordo com a unidade federativa a que pertencem. Em números absolutos, destaque negativo é dado para o estado de Minas Gerais que, apesar de contar com o segundo maior número de ETEs em operação no país (311) (São Paulo: 588), apresenta baixa taxa de reúso de acordo com o número de municípios (0,01%). Em contrapartida, pertencente à mesma região geográfica (Sudeste), o Espírito Santo, em termos proporcionais, é o estado que mais reusa o efluente tratado em seus municípios (36,0%), acompanhado por Pernambuco (17,6%) e Rio de Janeiro (11,1%). Nota-se que apesar da região Norte (2,3%) apresentar uma taxa de reúso menor que a Nordeste (4,7%) e a Sudeste (4,5%), o estado do Pará (7,7%) é o quarto maior em termos de práticas de reúso por município. No entanto, o estado tem somente 13 ETEs em operação e uma com prática de reúso, devendo os dados serem avaliados com cautela. De fato, investimentos devem ser realizados na instalação de ETEs e na coleta dos esgotos sanitários gerados nos municípios, de modo a preservar a qualidade da água dos corpos hídricos receptores. A região Norte detém a maior reserva de água doce superficial do Brasil (~ 70%) e os maiores índices de perda de água no sistema de abastecimento público [e.g., Amazonas (68,9%) e Roraima (75,4%)] (BRASIL, 2020). A ‘abundância’ hídrica pode corroborar para a existência de apenas 43 municípios com ETEs em operação na região, com o único que pratica reúso localizado no Pará.

Figura 2: (a) Prática (azul) e não prática (cinza) de reúso direto do efluente tratado em municípios com Estações de Tratamento de Esgoto em operação e (b) suas respectivas proporções, por unidade federativa – 2017

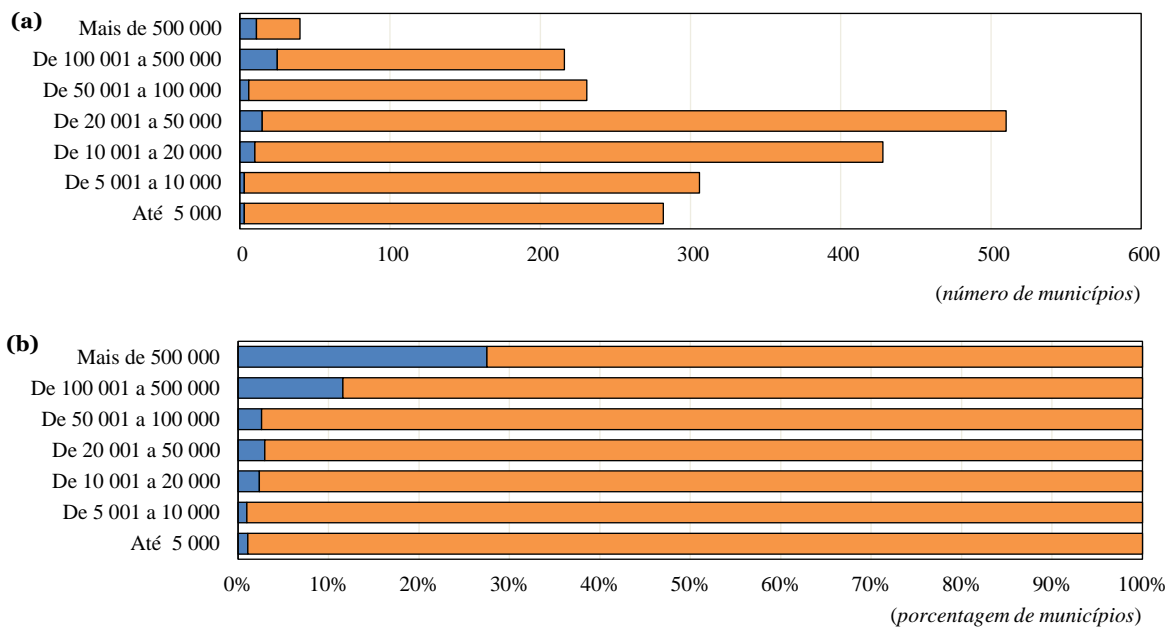


Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados retirados da PNSB (IBGE, 2017b).

Levando-se em consideração a faixa populacional (Figura 3), observa-se que a maioria dos municípios brasileiros são pequenos (10.001 - 50.000 habitantes). Porém, fica claro que as práticas de reúso direto do efluente tratado em ETEs estão diretamente relacionadas ao número de habitantes dos municípios, sendo essas crescentes à medida que aumenta a população em razão da maior geração de esgoto sanitário. Assim, a vazão de efluente gerado pelos sistemas

de tratamento tende a ser maior, o que também facilita a sua utilização em atividades em que o reúso seja possível, sem que haja prejuízo na vazão dos cursos de água a jusante do ponto de descarte das ETEs (a retirada não deve prejudicar a disponibilidade hídrica das comunidades próximas). Por outro lado, o crescimento populacional é uma das razões da grande pressão nos recursos hídricos, como apontaram Navarro et al. (2021), reafirmando a necessidade de práticas de reúso em regiões densamente habitadas.

Figura 3: (a) Prática (azul) e não prática (cinza) de reúso direto do efluente tratado em municípios com Estações de Tratamento de Esgoto em operação e (b) suas respectivas proporções, por faixa populacional – 2017



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados retirados da PNSB (IBGE, 2017b).

Os tipos de reúso praticados no Brasil e por regiões geográficas, estão mostrados na Tabela 1. No Brasil, 56,7% das práticas de reúso são voltadas para o uso interno dos sistemas, em equipamentos e instalações das próprias unidades. Posteriormente, o segundo maior uso é na agricultura (16,7%) em razão da extensão das atividades agrícolas no país (i.e., grande volume de água demandado). De acordo com o último relatório de progresso do ODS 6 (UN, 2021), as atividades agrícolas são as maiores consumidoras de água, principalmente em países de baixa e média renda, responsáveis pelo uso de 72% de todo o volume do recurso retirado no mundo. A agricultura depende de suprimento de água em um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida sem o uso de novas fontes de suprimento e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais (HESPANHOL, 2002). Hespagnol (1994) reforçou que, na década de 80, o uso de esgotos para irrigação de culturas aumentou,

significativamente, devido aos seguintes fatores: custo elevado de fertilizantes; dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação; aceitação sociocultural da prática de reúso agrícola; segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos (se as precauções adequadas são efetivamente tomadas); e o reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática. A aplicação de efluente tratado em ETEs na agricultura é uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas. Atualmente, no Nordeste, 51,9% do reúso é utilizado na agricultura.

Tabela 1: Tipos de reúso direto de efluente tratado praticados no Brasil

Tipo de reúso	Brasil	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul
EIPE	51 (56,7%)	2 (50,0%)	5 (18,5%)	1 (100,0%)	40 (72,7%)	3 (100,0%)
Industrial	3 (3,3%)	1 (25,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (3,6%)	0 (0,0%)
Irrigação paisagística	11 (12,2%)	0 (0,0%)	6 (22,2%)	0 (0,0%)	5 (9,1%)	0 (0,0%)
Agricultura	15 (16,7%)	1 (25,0%)	14 (51,9%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Serviços urbanos	8 (8,9%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	8 (14,6%)	0 (0,0%)
Aquicultura	1 (1,1%)	0 (0,0%)	1 (3,7%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Outro	1 (1,1%)	0 (0,0%)	1 (3,7%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)

EIPE: Equipamentos e instalações da própria entidade.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados retirados da PNSB (IBGE, 2017b).

Em seguida, destacam-se os usos para irrigação paisagística (12,2%) e serviços urbanos (8,9%). Nos centros populacionais, os maiores potenciais de reúso de esgoto tratado são: irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais; reserva de proteção contra incêndio; controle de poeira em movimentos de terra, etc.; irrigação de jardins e parques públicos, quadras de golfe, centro esportivos, campos de futebol, jardins de escolas e universidades, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias; descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais; e lavagem de trens e ônibus públicos. Os problemas associados ao reúso urbano não potável são, sobretudo, os altos custos de sistemas duplos de distribuição e dificuldades operacionais. No entanto, os custos devem ser considerados em relação aos múltiplos benefícios, como, por exemplo, o de adiar ou eliminar a utilização de novos mananciais para o abastecimento público frente ao aumento da demanda (HESPANHOL, 2002). Muitos países desenvolvidos em regiões de escassez hídrica exercem, extensivamente, as práticas de reúso de efluente secundário nos serviços urbanos. No Brasil, tais práticas estão restritas à região de maior desenvolvimento econômico (Sudeste), especificamente nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, apesar da escassez hídrica acentuada em outras regiões (e.g., Nordeste).

Os usos industriais ainda são incipientes no Brasil (3,3%) quando comparados aos demais, apesar de serem grandes consumidores de água (JOSEPH et al., 2020) e menos restritivos à sua qualidade. No entanto, tais usos podem ser expandidos nos próximos anos, atrelados a investimentos públicos e privados e estimulados pela possibilidade de uso em diversas atividades (e.g., torres de resfriamento, caldeiras, construção civil e processos industriais). As indústrias têm avaliado as possibilidades internas de reúso de efluentes tratados, especialmente, em razão dos custos elevados da água industrial associados às demandas crescentes. A água produzida por meio de tratamento de efluentes secundários e distribuída por adutoras que servem um agrupamento significativo de indústrias é um grande atrativo para abastecimento industrial a custos razoáveis (HESPANHOL, 2002). Deve-se considerar, também, que determinados sistemas industriais praticam o chamado reúso macro interno, que consiste na utilização de efluentes da própria indústria (FIRJAN, 2015). Reúso e conservação devem ser estimulados nas próprias indústrias, por meio de utilização de processos industriais e de sistemas de lavagem com baixo consumo de água.

As metas 6.3 e 6.a do ODS 6 preveem, até 2030, aumentar substancialmente a reciclagem e reutilização segura de águas residuais e ampliar as tecnologias de reúso, conforme supracitado. As práticas de reúso do efluente tratado de ETEs podem ser mais exploradas no Brasil (Figuras 1 e 2), uma vez que, atualmente, menos de 4% das ETEs aplicam o reúso direto. Esforços das agências de saneamento e dos gestores ambientais voltados para a ampliação do reúso devem ser mais intensos nas regiões Sul, Centro-Oeste e Norte. O novo marco legal do saneamento (BRASIL, 2020) ao considerar o estímulo ao reúso de efluentes sanitários, a necessidade de metas a tais práticas pelas prestadoras de serviços públicos de saneamento básico e a sua comercialização como uma das possíveis fontes de receitas, corrobora para o seu aumento no território nacional, caminhando no sentido do DS e atendimento das metas 6.3 e 6.a do ODS 6. Essas atividades estão, ainda, alinhadas a princípios circulares, de maneira a reforçar a ideia do uso completo dos valores dos produtos antes do seu descarte final, a partir de ciclos. Dessa forma, o reúso direto de água se apresenta como uma alternativa viável e sustentável para o enfrentamento de crises de disponibilidade hídrica, uma realidade enfrentada pelo país.

5. Conclusões

Embora existam leis regulamentadoras, o reúso direto de água ainda é pouco praticado no Brasil, com proporções baixas de municípios que utilizam efluente tratado de ETEs para as atividades consideradas nas legislações, seja a nível federal, regional ou estadual. Observa-se a necessidade de esforços em diversas instâncias, a partir de desenvolvimento científico e tecnológico, de políticas públicas e incentivos financeiros e do estabelecimento de leis mais precisas e específicas. Tais aspectos podem incentivar e encorajar a adoção de práticas de reúso, contribuindo para sua expansão progressiva.

6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP).

7. Referências bibliográficas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. [S. l.], p. 60, 1997.

ÁLVAREZ, X.; VALERO, E.; SANTOS, R. M. B.; VARANDAS, S. G. P.; SANCHES FERNANDES, L. F.; PACHECO, F. A. L. Anthropogenic nutrients and eutrophication in multiple land use watersheds: Best management practices and policies for the protection of water resources. **Land Use Policy**, [S. l.], v. 69, p. 1–11, 2017. DOI: 10.1016/J.LANDUSEPOL.2017.08.028.

ANÍCIO, S. O.; MEIRELES, E.; BRANCO FILHO, T. C. T.; MALHEIROS, T. F. Aspectos legais da adoção de práticas de economia circular em estações de tratamento de esgoto no Brasil. **Anais eletrônicos da 17ª Semana da Engenharia Ambiental**, [S. l.], p. 10, 2021. Disponível em: <http://soac.eesc.usp.br/index.php/SEAMB/xviiseamb/paper/view/3210/1992>. Acesso em: 11 out. 2021.

BEGA, J. M. M.; BORGES, A. V.; LAGO, C. A. F.; MENDES, J. P.; AZEVEDO, P. T.; SANTOS, W. J. R.; MARIOSA, D. F. Avaliação da sustentabilidade dos indicadores de saneamento do Plano das Bacias PCJ 2020-2035. **Ambiente & Sociedade**, [S. l.], v. 24, 2021.

BEZERRA, M. B. A crise hídrica como reflexo da seca: o Nordeste Setentrional em alerta. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 2, 2016.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 julho de 2020: “**Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência.**”, 2020.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005: “**Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.**”, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução nº 121, de 16 de dezembro de 2010: “**Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2005.**”, 2010.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Secretaria Nacional de Saneamento (SNS). **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos serviços de água e esgoto.** Brasília: SNS/MDR, 2020.

BUSS, P. M.; MACHADO, J. M. H.; GALLO, E.; MAGALHÃES, D. P.; SETTI, A. F. F.; FRANCO NETTO, F. A.; BUSS, D. F.. Governança em saúde e ambiente para o desenvolvimento sustentável. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S. l.], v. 17, n. 6, p. 1479–1491, 2012. DOI: 10.1590/S1413-81232012000600012.

BUSS, P. M.; MAGALHÃES, D. P.; SETTI, A. F. F.; GALLO, E.; NETTO, F. A. F.; MACHADO, J. M. H.; BUSS, D. F.. Saúde na Agenda de Desenvolvimento pós-2015 das Nações Unidas. **Cadernos de Saúde Pública**, [S. l.], v. 30, n. 12, p. 2555–2570, 2014. DOI: 10.1590/0102-311XAT011214.

DOVERS, S. R.; HANDMER, J. W. Uncertainty, sustainability and change. **Global Environmental Change**, [S. l.], v. 2, n. 4, p. 262–276, 1992. DOI: 10.1016/0959-3780(92)90044-8.

FIRJAN - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria**, 2015.

FISHER, O. J.; WATSON, N. J.; ESCRIG, J. E.; GOMES, R. L. Intelligent Resource Use to Deliver Waste Valorization and Process Resilience in Manufacturing Environments: Moving towards sustainable process manufacturing. **Johnson Matthey Technology Review**, [S. l.], v. 64, n. 1, p. 93–99, 2020. DOI: 10.1595/205651320X15735483214878.

FLINT, R. W. The Sustainable Development of Water Resources. **Water Resources Update**, [S. l.], v. 127, p. 41–51, 2004.

GALLOPÍN, G. C. Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. **Medio Ambiente y Desarrollo**, [S. l.], 2003.

HAGENVOORT, J.; ORTEGA-REIG, M.; BOTELLA, S.; GARCÍA, C.; LUIS, A.; PALAU-SALVADOR, G. Reusing Treated Waste-Water from a Circular Economy Perspective — The Case of the Real Acequia de Moncada in Valencia (Spain). **Water**, [S. l.], 2019.

HESPANHOL, I. **Health and Technical Aspects of the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture**. In: Socioeconomic and Environmental Issues in Water Projects – Selected Readings, Ed. Fritz Rodrigues, The Economic Developing Institute of the World Bank, The World Health Organization. 1994.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

HESPANHOL, Ivanildo. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 22, n. 63, p. 131–158, 2008. DOI: 10.1590/S0103-40142008000200009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - Sobre**. 2017a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?edicao=28244&t=sobre>. Acesso em: 7 out. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - Tabelas**. 2017b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?edicao=28244&t=resultados>. Acesso em: 7 out. 2021.

IPCC - International Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press, [S. l.], 2021.

JOSEPH, N.; RYU, D.; MALANO, H. M.; GEORGE, B.; SUDHEER, K. P. A review of the assessment of sustainable water use at continental-to-global scale. **Sustainable Water Resources Management** 2020 6:2, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 1–20, 2020. DOI: 10.1007/S40899-020-00379-7.

KAYAL, B.; ABU-GHUNMI, D.; ABU-GHUNMI, L.; ARCHENTI, A.; NICOLESCU, M.; LARKIN, C.; CORBET, S. An economic index for measuring firm’s circularity: The case of water industry. **Journal of Behavioral and Experimental Finance**, [S. l.], v. 21, p. 123–129, 2019. DOI: 10.1016/j.jbef.2018.11.007.

KISELEV, A. V.; MAGARIL, E. R.; RADA, E. C. Energy and sustainability assessment of municipal wastewater treatment under circular economy paradigm. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, [S. l.], v. 237, p. 109–120, 2019. DOI: 10.2495/ESUS190101. KLEDYŃSKI, Z. et al. Condition of circular economy in Poland. **Archives of Civil Engineering**, [S. l.], v. 66, n. 3, p. 37–80, 2020. DOI: 10.24425/ace.2020.131820.

LÓPEZ, M. G.; SANZ, B. M.; MORENO, J. M. Internalization analysis of environmental costs of wastewater treatment in the Valencian community, Spain. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, [S. l.], v. 229, p. 57–66, 2019. DOI: 10.2495/WRM190061.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. Crise Hídrica em São Paulo em 2014: Seca e Desmatamento. GEOUSP: **Espaço e Tempo (Online)**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 485, 2015. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2015.100879.

MARINHO, E. R.; VITORINO, M. I.; BARBOSA, I. C. C.; COSTA, L. G. S.; SANTOS, M.

R. S.; SOUZA, H. E. N. As atividades Antrópicas na Modulação da Qualidade de Água do rio Guamá, em São Miguel do Guamá, Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 182–195, 2020. DOI: 10.26848/RBGF.V13.1.P182-195.

NAVARRO, F. A. R.; GESUALDO, G. C.; FERREIRA, R. G.; RÁPALO, L. M. C.; BENSO, M. R.; DE MACEDO, M. B.; MENDIONDO, E. M. A novel multistage risk management applied to water-related disaster using diversity of measures: A theoretical approach. **Ecohydrology and Hydrobiology**, [S. l.], 2021. DOI: 10.1016/J.ECOHYD.2021.07.004.

OLIVEIRA, J. N.; BEGA, J. M. M.; ANDREETTA, A.; TOKUDA, E. N. O conflito entre a expansão urbana e o uso da água subterrânea. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 9, p. 373-386, 2019. DOI: 10.29150/jhrs.v9.6.p373-386.

SAMORA, R.; MANO, A. **UPDATE 2-Brazil on drought alert, faces worst dry spell in 91 years.** 2021. Disponível em: <https://www.reuters.com/article/brazil-drought-idAFL2N2NF29M>. Acesso em: 8 out. 2021.

SARTORI, S.; LATRÔNICO, F.; CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. **Ambiente & Sociedade**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 1–22, 2014.

SILVA, E. R. A. da (Coord.). **Agenda 2030: ODS - Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Brasília: IPEA, 2018. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&id=33895. Acesso em: 19 out. 2020.

UN - United Nations. **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development**, 2015.

UN - United Nations. **Summary Progress Update 2021: SDG 6 — water and sanitation for all**, 2021. Disponível em: https://www.unwater.org/app/uploads/2021/07/SDG-6-Summary-Progress-Update-2021_Version-July-2021.pdf. Acesso em: 10 out. 2021.

UN-WATER - United Nations Water. Water security & the global water agenda. **UN Water Analytical Brief. Hamilton, Canada: UN University**, 2013.

WCED. **Our common future.** Oxford: Oxford University Press, 1987.