



REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

REÚSO DE ÁGUAS NO BRASIL: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS

* Suetônio Mota ¹

WATER REUSE IN BRAZIL: CURRENT SITUATION AND PERSPECTIVES

Recibido el 6 de abril de 2021. Aceptado el 27 de julio de 2021

Abstract

This paper discusses the current situation of water reuse in Brazil and presents the perspectives for its use. A discussion is made about the federal and some states' laws, which establish the criteria, procedures and quality standards for the various modalities of reuse, emphasizing that the legal framework at the federal level is still very incipient. It is highlighted that the modalities of industrial and urban reuse were the ones that developed the most in the country, not having news about the use of treated sewage in medium or large systems in irrigation and fish farming. The paper presents the perspectives for the reuse of waters in Brazil, highlighting the proposals for direct or indirect drinking reuse. It is also emphasized the need for a broad program of awareness of the population to face the existing resistance to this practice. The necessary instruments for water reuse in Brazil are discussed, including a legal and institutional framework.

Keywords: population awareness, reuse modalities, use of treated wastewater, wastewater, sanitation.

¹ Universidade Federal do Ceará, Brasil.

* *Autor correspondente:* Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Campus do Pici. CEP: 60455.760 Fortaleza – Ceará, Brasil. Email: suetonio@ufc.br

Resumo

Neste trabalho discute-se a situação atual do reúso de água no Brasil e apresentam-se as perspectivas para sua utilização. É feita uma discussão sobre as legislações federal e de alguns estados, que estabelecem os critérios, procedimentos e padrões de qualidade para as diversas modalidades de reúso, ressaltando-se que o aparato legal no nível federal ainda é muito incipiente. É destacado que as modalidades de reúso industrial e urbano foram as que mais se desenvolveram no país, não se tendo notícias da utilização de esgotos tratados em sistemas de portes médio ou grande na irrigação e na piscicultura. O trabalho apresenta as perspectivas para o reúso de águas no Brasil, destacando-se as propostas para o reúso potável direto ou indireto. Ressalta-se, também, a necessidade de um amplo programa de conscientização da população para enfrentar as resistências existentes a essa prática. São discutidos os instrumentos necessários para o reúso de água no Brasil, incluindo um arcabouço legal e institucional.

Palavras chave: conscientização da população, modalidades de reúso, uso de esgotos tratados, águas residuárias, saneamento.

Introdução

A água doce é um recurso precioso e sua escassez pode levar ao estresse hídrico, impactando a agricultura, a indústria e outros setores. O aproveitamento de águas residuárias é cada vez mais considerado como uma oportunidade para atender à demanda de água doce (Dingemans *et al.*, 2020).

As motivações para a busca de soluções alternativas que podem diminuir o estresse hídrico são evidentemente importantes. Mesmo que renováveis, os recursos hídricos de qualidade e potabilidade são escassos. Como alternativa, o reúso pode ajudar a diminuir a utilização de águas potáveis para atividades que não necessitam de potabilidade (Moura *et al.*, 2020).

À medida que as populações e a demanda por água aumentam, são necessárias fontes de água mais sustentáveis. O reúso de águas é uma grande oportunidade para suprir as demandas. As águas residuárias tratadas estão disponíveis para aplicações não potável e potável (Cutrovo, 2015).

O potencial de reutilização de águas residuárias tratadas ainda não foi explorado em muitas áreas. Uma transição para uma economia circular poderia criar sinergias significativas para a ampla adoção do reúso como um abastecimento de água alternativo (Voulvoulis, 2018).

O reúso de água completa o ciclo do abastecimento de água e esgotamento sanitário, fornecendo uma fonte alternativa de água. As águas residuárias tratadas com o nível de qualidade adequado podem repor o abastecimento de água e reduzir a demanda. A transição para uma economia circular tem o potencial de transformar barreiras atuais relacionadas ao reúso da água (Giakoumis *et al.*, 2020).

O reúso de água pode ser direto ou indireto. O reúso é direto quando há o uso planejado de esgoto tratado, conduzido diretamente ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos. O reúso é indireto quando o esgoto tratado é lançado de modo planejado no ambiente (águas superficiais ou subterrâneas), passando por um processo de diluição e depuração, antes de ser utilizado. As modalidades de reúso são: na irrigação, na aquicultura, para fins industriais, para fins urbanos, para fins ambientais, para a recarga de aquíferos e para fins potáveis. Ressalte-se que no Brasil não é permitido o uso de águas de reúso para fins potáveis e para recarga de aquíferos.

O Brasil ainda luta para superar as barreiras relacionadas à coleta e tratamento de esgoto, mas tem grande potencial para o aproveitamento de águas residuárias, o qual ainda não foi totalmente alcançado, apesar de várias iniciativas promissoras iniciais (Stepping, 2016).

Este trabalho teve como objetivo realizar uma ampla discussão sobre o reúso de água no Brasil. São discutidas a legislação existente e as modalidades de reúso mais utilizadas no país, e apresentadas as perspectivas de adoção dessa prática a médio e longo prazos. Ênfase especial é dada ao reúso potável da água, considerando a perspectiva de sua adoção, especialmente em grandes centros urbanos.

Metodologia

O trabalho foi desenvolvido a partir de pesquisa bibliográfica sobre a situação atual do reúso de águas no Brasil. Foram levantados os dispositivos legais que regem a matéria no país, com ênfase para os estados que já possuem legislação própria sobre o reúso de água. Os dispositivos legais estaduais foram discutidos e comparados. Na busca de referências foram realizadas pesquisas em periódicos, dissertações, legislação vigente e outras publicações, utilizando palavras chave, buscando-se, principalmente, os trabalhos a partir de 2016.

Em seguida, levantaram-se informações sobre algumas experiências exitosas de práticas de reúso no Brasil, destacando-se que, embora algo já tenha sido feito, muito ainda deve ser realizado para disseminar o aproveitamento de esgotos tratados em todo o país.

Por fim, discutem-se as perspectivas para o reúso planejado de água no Brasil, a médio e longo prazos, ressaltando-se que práticas como a utilização de esgotos tratados na irrigação e na piscicultura devem ser bastante difundidas. Ênfase especial é dada ao reúso potável, o qual, embora ainda não estabelecido para o país, deve ser discutido visando a sua utilização, devido à crescente escassez de água nos grandes centros urbanos.

Resultados e discussão

Reúso de águas no Brasil

Aspectos legais

No Brasil não existe uma legislação em nível federal que estabeleça os procedimentos e padrões de qualidade para o reúso de água.

No nível nacional podem ser destacadas duas resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), citadas a seguir:

- Resolução nº 54/ 2005 – CNRH: estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água.
- Resolução nº 121/2010 – CNRH: estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH nº 54/2005.

No entanto, essas duas resoluções não detalham os procedimentos para a adoção da prática de reúso, sendo bastante genéricas. Observe-se que, de acordo com a Resolução nº 54/2005, não estão previstas as modalidades de reúso potável e de recarga de aquíferos, no Brasil.

Em 2019, a Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT) editou a Norma Brasileira ABNT NBR 16783:2019 (ABNT, 2019), tratando do “Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações”, a qual contém diretrizes para caracterização, projeto, uso, operação e manutenção de sistemas alternativos de água não potável em edificações. Como fontes alternativas de águas não potáveis, a NBR 16783:2019 considera: água de chuva; água pluvial; água de rebaixamento de lençol; águas cinzas; águas cinzas escuras; águas negras e esgoto sanitário.

Os seguintes usos foram contemplados: descarga em bacias sanitárias e mictórios; lavagem de logradouros, pátios, garagens e áreas externas; lavagem de veículos; irrigação para fins paisagísticos; uso ornamental; sistemas de resfriamento (torres de resfriamento); arrefecimento de telhados.

Os parâmetros de qualidade para uso da água não potável estabelecidos pela NBR 16783:2019 constam da Tabela 1.

Alguns estados brasileiros editaram seus próprios documentos legais relacionados ao reúso de água, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 1. Parâmetros de qualidade para uso da água não potável estabelecidos pela NBR 16783:2019 no Brasil.

Parâmetro	Limite
pH	6.0 a 9.0
<i>E. coli</i>	≤ 200 NMP/100 mL
Turbidez	≤ 5 uT
DBO _{5,20}	≤ 20 mg O ₂ /L
CRL (Cloro Residual Livre)	0.5 a 5.0 mg/L (máximo recomendado de 2.0 mg/L)
Sólidos Dissolvidos Totais	≤ 2.0x10 ³ mg/L
ou	ou
Condutividade Elétrica ¹	≤ 3.2x10 ³ mg/L
Carbono Orgânico Total ²	< 4 mg C/L

¹Os valores de condutividade apresentam correlação com os sólidos dissolvidos totais.

²Somente para água de rebaixamento de lençol.

Tabela 2. Documentos legais de disciplinamento do reúso de águas de alguns estados do Brasil.

Estado	Documento Legal	Objetivo
Ceará	Resolução COEMA nº 2/2017.	Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras e para reúso de águas.
São Paulo	Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020	Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário.
Rio Grande do Sul	Resolução CONSEMA nº 419/2020	Estabelece critérios e procedimentos para a utilização de água de reúso para fins urbanos, industriais, agrícolas e florestais.
Minas Gerais	Deliberação Normativa CERH-MG nº 65/2020	Estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados.

As modalidades de reúso definidas nas legislações dos quatro estados estão especificadas na Tabela 3.

Acessando-se os documentos legais dos quatro estados, constata-se que há variações quanto às exigências de padrões de qualidade para as diversas modalidades de reúso, sendo algumas mais restritivas que outras. Isso ressalta a necessidade de uma legislação nacional que defina diretrizes para os estados e municípios visando uniformizar os padrões a serem estabelecidos para os diversos parâmetros.

Tabela 3. Modalidades definidas nas legislações estaduais.

Modalidades de reúso	CE	SP	RS	MG
Urbano				
Irrigação paisagística	X	X	X	
Lavagem de logradouros	X	X	X	X
Abatimento de poeiras			X	X
Construção Civil	X	X	X	X
Desobstrução de tubulações	X	X	X	X
Lavagem de veículos	X	X	X	X
Combate a incêndios	X	X		X
Estações de tratamento de efluentes			X	
Em edificações	X			X
Agrícolas e Florestais	X	X	X	X
Fins ambientais	X			X
Aquicultura	X			
Fins industriais	X		X	X

CE – Estado do Ceará; SP – Estado de São Paulo; RS – Estado do Rio Grande do Sul; MG – Estado de Minas Gerais.

Exigências muito restritivas dificultam o cumprimento da legislação, pois resultam na necessidade da implantação de tratamentos mais sofisticados, muitas vezes sem necessidade, o que encarece os sistemas de tratamento de esgoto, tornando, em alguns casos, inviável a prática de reúso.

Por exemplo, no Estado do Ceará é exigido que não sejam detectados coliformes tolerantes na água de irrigação de culturas a serem ingeridas cruas cuja parte consumida tenha contato direto com a água, enquanto a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006b) recomenda para irrigação irrestrita um valor de Número Mais Provável (NMP) igual ou inferior a 1.0×10^3 / 100 mL.

Em 2018, o Ministério das Cidades e o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura desenvolveu o trabalho “Elaboração de proposta do plano de ação para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil”, conhecido como Programa de Desenvolvimento do Setor de Águas - INTERÁGUAS. O Produto III – Critério de Qualidade da Água (MCID / IICA, 2018) contém propostas de padrões de qualidade para a água de reúso, definindo valores para cada modalidade. Ressalte-se que referido documento consta apenas de proposta de padrões, não tendo a mesma, até o momento, sido transformada em um dispositivo legal. Neste documento, são incluídas as modalidades de reúso para recarga de aquíferos e para fins potáveis, não estabelecidas na Resolução nº 54/2005, antes referida.

Exemplos de reúso de água no Brasil

A prática de reúso de forma planejada ainda não está amplamente difundida no Brasil. Na realidade, tem-se praticado o reúso indireto não planejado, sendo comum a captação e utilização de águas de recursos hídricos que receberam esgotos precariamente tratados ou, mesmo, não tratados, para uso em irrigação, piscicultura, industrial, outros, e até mesmo como água para abastecimento humano.

De forma planejada, no entanto, ainda são poucos os sistemas em escala real que utilizam esgoto tratado, sendo que as modalidades que mais utilizam o reúso de água no país são os usos industrial e urbano. Muitas indústrias no Brasil já utilizam esgotos tratados como forma de reduzir os custos com a captação de águas doces e minimizar as despesas com lançamentos em corpos receptores, além de adotar prática considerada ambientalmente correta.

Os usos urbanos mais comuns são a lavagem de vias e logradouros públicos, irrigação paisagística e utilização em edificações, onde as águas de reúso são utilizadas nas descargas de aparelhos sanitários, na irrigação de jardins e na lavagem de pisos.

O maior sistema de reúso do Brasil é o projeto Aquapolo, que foi concebido e implantado para produzir água de reúso para as empresas do Polo Petroquímico de Capuava, utilizando o esgoto tratado na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da região do ABC, no estado de São Paulo. Este projeto é considerado o 5º maior empreendimento de recuperação de água para fins industriais do mundo e tem capacidade de fornecer uma vazão de 1.0 m³/s. Em 2015, o Aquapolo ampliou sua atuação para fora do Polo Petroquímico do ABC e passou a atender às empresas da região, as quais deixaram de utilizar água potável em seus processos produtivos. A adução da água é feita através de tubulação de aço com cerca de 17 km de extensão (Lima *et al.*, 2017).

Outro exemplo que se destaca é o caso da cervejaria AMBEV, que, por meio do reúso, junto a outras iniciativas de uso racional da água, conseguiu reduzir o consumo de água por litro envasado de bebida, de 5.0 litros em 2002 para 3.04 litros em 2017, por meio de um investimento de R\$ 150 milhões ao longo desses 15 anos (Confederação Nacional da Indústria, 2020).

O Plano de Gestão Estratégica e de Negócios (2019-2023) da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece, 2019) faz referência a dois importantes projetos de reúso:

- Em parceria com a Companhia Estadual de Recursos Hídricos (COGERH) e a Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH), está em construção uma Estação Produtora de Água de Reúso (EPAR) com capacidade inicial de tratamento de 1.15 m³/s, com possibilidade de expansão para 1.60 m³/s, com o objetivo de suprir a demanda hídrica do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP). Esta estação utilizará como fonte 10 (dez) Estações de

Tratamento de Esgoto (ETE) existentes, localizadas em Fortaleza e Caucaia, que serão transformadas em estações elevatórias para o transporte dos efluentes até a EPAR.

- Outro importante projeto, em parceria com a Vicunha Serviços, é o reúso industrial no eixo Pacajus-Horizonte, com investimentos previstos na ordem de R\$ 27 milhões. A concepção a ser adotada contempla a instalação de uma ETE com capacidade de 75.0 m³/h para o tratamento avançado dos efluentes industriais da região e venda da água de reúso para a Vicunha Têxtil.

Outros exemplos de reúso industrial poderiam ser citados, considerando que esta modalidade é a mais utilizada no Brasil (Maturó, 2009; Viana, 2017).

O reúso urbano de água também tem avançado no país, embora em ritmo ainda lento. Várias cidades brasileiras já utilizam esgoto tratado para irrigação paisagística, lavagem de vias e logradouro públicos, abatimento de poeiras em obras civis e desobstrução de tubulações e galerias. Um exemplo é a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), que fornece os efluentes das estações de tratamento de esgoto de Barueri, Parque Novo Mundo e São Miguel Paulista para as cidades de São Paulo, Carapicuíba, São Caetano do Sul, Barueri, Diadema e Santo André, para fins urbanos.

Outra reúso urbano de água é o aproveitamento das águas cinza produzidas nas edificações, provenientes das pias e lavatórios, dos ralos de chuveiros, de banheiras e de máquinas ou tanques de lavar roupas. Várias cidades do Brasil já utilizam as águas cinza nas descargas de sanitários, na irrigação de jardins e na lavagem de pisos.

Costa (2020) avaliou as águas cinza provenientes dos lavatórios e dos chuveiros de um empreendimento composto de duas torres residenciais, localizado na cidade de Fortaleza, estado do Ceará, onde residiam, em média, 224 pessoas, tendo constatado que, com a utilização das águas cinza, houve uma redução no consumo de água potável de 38.4 litros, o que correspondeu a 21.5% do consumo *per capita*. O consumo de água cinza foi menor do que sua capacidade de produção. As águas cinza são utilizadas nas descargas de vasos sanitários e na irrigação de jardins, nesse empreendimento.

No Hotel Confort Inn, situado em Macaé, no estado do Rio de Janeiro, com 126 apartamentos, foi implantado um sistema de aproveitamento de águas cinza. O consumo médio mensal de água potável no hotel, que se situava, tradicionalmente, em torno de um valor de 1515 m³/mês, foi reduzido, após a implantação do sistema de reúso, para 1017 m³/mês (29% de economia de água). Antes da implantação do sistema de uso de águas cinza, o indicador específico de consumo foi calculado em 395 litros por apartamento por dia e, com o reúso instalado, esse valor foi reduzido a 265 litros por apartamento por dia. O custo de implantação do sistema de reúso

correspondeu a 0.34% do valor investido na construção do hotel. Com a economia gerada no consumo de água, o investimento no sistema de reúso teve previsão de amortização calculado para 50 meses (Gonçalves *et al.*, 2010).

Os projetos de utilização planejada de esgotos tratados em irrigação e piscicultura praticamente não existem, embora se pratique, há muito tempo, o reúso não planejado da água em todo o país. Os sistemas existentes são em escala piloto, tendo como objetivo, principalmente, o desenvolvimento de pesquisas.

Um exemplo de um pequeno projeto de reúso em irrigação é o Projeto Palmas para Santana (2016), implantado, em 2014, no município de Santana do Seridó, no estado do Rio Grande do Norte. Este projeto consta da irrigação, com esgoto doméstico tratado, de 1 ha, onde estão plantados 20000 pés de palma forrageira (*Opuntia sp.*). A produção estimada é de 400 toneladas por hectare por ano. São efetuados dois cortes nas palmas por ano, sendo destinadas à alimentação de rebanhos.

Enquanto a implantação de sistemas de irrigação utilizando esgotos na irrigação e na piscicultura é incipiente, são muitas as pesquisas realizadas no Brasil sobre o reúso de águas. Ressalte-se a experiência do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) que, durante a primeira década deste século, desenvolveu inúmeros estudos sobre o reúso de água, com a participação de vários grupos de pesquisa de diferentes instituições nacionais. Pode-se dizer que os trabalhos resultantes deste programa constituem a maior contribuição para a formulação de uma política de reúso no Brasil (Bastos, 2003; Florêncio *et al.*, 2006; Mota; Von Sperling, 2009).

Os estudos realizados, não só no Brasil mas em diversos outros países, demonstram a viabilidade da utilização de esgotos em irrigação, podendo-se destacar as seguintes vantagens: aumento da disponibilidade hídrica para esta atividade; fornecimento de alguns nutrientes às culturas, com redução dos gastos com fertilizantes químicos; aumento da produtividade agrícola de muitas culturas; aumento da fertilidade do solo pela presença de microelementos e nutrientes essenciais às plantas; benefícios ambientais, sociais e econômicos.

Perspectivas para o reúso de águas no Brasil

Com base no exposto até aqui, pode-se concluir pela necessidade de se incrementar no Brasil a prática de reúso planejado como um todo e especialmente em algumas modalidades. Assim, recomendam-se que: sejam ampliados os usos de esgotos domésticos tratados para fins industriais e urbanos; sejam implantados projetos de reúso de água em irrigação e piscicultura; sejam aprofundados os estudos e avaliadas as possibilidades da adoção do reúso potável, principalmente nos municípios de grande porte onde há carência de mananciais para abastecimento público.

A Agência Nacional de Águas (2018) considera que o uso de efluente sanitário tratado é uma alternativa comprovada para a melhoria da disponibilidade hídrica em certos contextos, e já em andamento no país, embora de maneira limitada. A Agência Nacional de Águas elaborou um projeto de reúso de água com o objetivo de fornecer subsídios para que seja instituído o reúso como uma política de Estado. A meta proposta para o reúso não potável direto no país é de aproximadamente 13.0 m³/s, até 2030, frente aos quase 2.0 m³/s estimados em 2017. Esse número representaria 4% do total de água reusada no mundo, valor que colocaria o Brasil numa posição de destaque.

A seguir, comentam-se as diversas modalidades de reúso de água, indicando-se as perspectivas quanto a sua utilização.

Reúso industrial

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (2020), nos curto e médio prazos (entre 2023 e 2028), é estimado que a água de reúso de efluente tratado de esgoto doméstico para fins industriais no Brasil cresça para 10.0 a 15.0 m³/s em diferentes cenários estipulados.

Entre as diversas utilidades da água de reúso nas indústrias, destacam-se: lavagem de peças, lavagem de pisos, irrigação de jardins, uso em caldeiras, utilização em sistemas de resfriamento, uso nos próprios processos industriais.

Embora já existam muitos projetos de reúso de água em indústrias brasileiras, essa modalidade deve ser ampliada, considerando os seus benefícios econômicos, financeiros e ambientais.

Reúso urbano

O reúso de água em áreas urbanas, embora já presente em algumas cidades brasileiras, deve ser ampliado. As concessionárias de saneamento podem disponibilizar os efluentes das estações de tratamento de esgoto para utilização em diversos fins nas cidades, podendo-se destacar: irrigação paisagística, lavagem de vias e logradouros públicos, Construção Civil, desobstrução de tubulações de esgoto e galerias de águas pluviais, lavagem de veículos, uso ornamental e combate a incêndios.

Nas edificações, as águas cinza, oriundas de chuveiros, pias, banheiros e de lavagens de roupas, após tratamento, podem ser utilizadas nos próprios prédios, na descarga de sanitários, irrigação de jardins, lavagem de pisos e outros usos não potáveis.

O reúso urbano, incluindo a utilização de águas cinza é uma das modalidades que tem ainda muito que se expandir nas cidades brasileiras.

Reúso em irrigação

No Brasil, conforme já comentado, pouco tem sido feito com relação ao aproveitamento de esgotos tratados na irrigação, não existindo sistemas implantados de reúso planejado de água para esse fim, com médio e longo portes.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (2019), encontra-se em andamento o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Piancó-Piranhas-Açu, para os estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, o qual propõe, entre as ações prioritárias, quatro projetos de reúso de água. O plano foi concluído em 2016, contendo o planejamento da gestão hídrica para a bacia e as ações a serem implantadas em vinte anos, para garantir água às populações da região. Entre as ações previstas, já estão em andamento quatro projetos de reúso de água para fins agrícolas, três no Rio Grande do Norte (Jucurutu, São Fernando e Serra Negra) e um na Paraíba (Itaporanga).

O reúso de água em irrigação deve ser incentivado em regiões com extensos períodos de estiagem, como o Nordeste brasileiro, podendo alcançar significativas áreas, aproveitando-se dos nutrientes presentes nos esgotos domésticos tratados. Deve-se, também, utilizar-se do reúso de água na irrigação em locais onde a oferta de água não é suficiente para atender aos seus diversos usos.

Como exemplo explicativo, foram adotados os seguintes dados para estimar a área que poderia ser irrigada usando os esgotos tratados de uma população com 1000 habitantes, na região Nordeste do Brasil.

- População: 1000 habitantes
- Produção média de esgoto por habitante: 150 L/hab.dia
- Consumo de água na irrigação: 18000 m³/ha.dia (valor usual adotado na região)

Com esses dados, determina-se que seria possível irrigar uma área estimada de 3.04 hectares para cada 1000 habitantes, a partir dos seguintes cálculos:

- Vazão de esgoto: $1000 \times 0.15 = 150 \text{ m}^3/\text{dia}$ (54750 m³/ano)
- Área a irrigar: $54750 \div 18000 = 3.04 \text{ ha}$

O valor de consumo adotado (18000 m³/ha.dia) é um parâmetro utilizado na região Nordeste brasileira, mas que pode variar em função do tipo de cultura e das condições edáficas e climáticas do local. Observe-se, também, que o esgoto tratado pode ser utilizado em irrigação em outras regiões do país onde a demanda por água é superior à oferta, ou quando se precisar liberar os mananciais disponíveis para usos mais nobres, como o abastecimento de água.

Uma das razões que têm contribuído para a não implantação de sistemas de irrigação com esgoto tratado é o custo da água de reúso em relação ao valor cobrado para a água bruta. Muitas vezes,

o preço cobrado pela água, pelo órgão de gestão de recursos hídricos, é inferior ao da água de reúso, levando o consumidor a optar por usar a água bruta. Outra dificuldade diz respeito à facilidade encontrada pelos consumidores de água de captá-la diretamente de mananciais, muitas vezes, poluídos, sem que haja cobrança pelo órgão gestor. A distância e o desnível entre as áreas urbanas e os locais dos sistemas de irrigação, se elevados, também podem dificultar o reúso de água.

Quanto ao aspecto sanitário, a qualidade do efluente tratado vai depender do tipo de culturas a serem irrigadas. Culturas alimentícias que se desenvolvam rentes ao solo ou que tenham contato com a água de irrigação devem ser regadas com efluentes de estações de tratamento de esgoto mais completas, ao contrário dos outros tipos de culturas, onde pode haver a irrigação restrita.

De um modo geral, na região Nordeste do Brasil, sistemas com, no mínimo, quatro lagoas de estabilização em série (01 anaeróbia + 01 facultativa + 02 de maturação) têm resultado em efluentes com teores de coliformes termotolerantes e de helmintos inferiores aos limites recomendados para a irrigação irrestrita: $NMP/100 \text{ mL} \leq 1.0 \times 10^3$ coliformes termotolerantes; ovos de helmintos ≤ 1 ovo/L (Mota, 2016).

Menezes *et al.* (2007), estudando o sistema de lagoas de estabilização da estação de tratamento de esgoto de Aquiraz – CE, composto de uma lagoa anaeróbia, uma lagoa facultativa e duas lagoas de maturação, determinaram os seguintes resultados: para coliformes termotolerantes, valor médio de 5.8×10^2 (média geométrica) NMP/100 mL; para ovos de helmintos, valor médio igual a zero.

Além das lagoas de estabilização em série, outros sistemas de tratamento de esgotos podem produzir efluentes com parâmetros mais ou menos restritivos, em função do tipo de irrigação (restrita ou irrestrita).

Uma grande vantagem do uso de esgotos em irrigação é evitar-se o seu lançamento em corpos hídricos que, em muitas situações, como acontece na região semiárida do Nordeste brasileiro, não têm capacidade de diluir e depurar os poluentes presentes no líquido.

Sendo a irrigação a atividade que mais consome água no país, é importante que as águas de reúso sejam aproveitadas, contribuindo para suprir parte da vazão necessária a esse fim.

Reúso em piscicultura

Efluentes de estações de tratamento de esgoto podem ser utilizados para a aquicultura, em especial para a piscicultura. No Brasil, não se tem notícias de sistemas de piscicultura usando esgotos tratados de portes médio ou grande, embora esse uso tenha ocorrido de forma não planejada.

Segundo Bevilacqua et al. (2006), considerando-se uma contribuição de esgoto de 150 a 200 L/hab.dia e uma demanda genérica para piscicultura igual a 10 L/s.ha, constata-se que os esgotos produzidos por pessoa seriam suficientes para suprir uma área de cultivo de peixes de 1.7 – 2.3 m². Uma população de 1000 habitantes produziria, em média, água de reúso para o cultivo de peixes em 0.2 hectares. Obviamente, esses valores dependem da espécie de peixe, das características da água de reúso, das condições climáticas do local e de outros fatores, servindo o valor calculado apenas como estimativa da área necessária.

Quanto ao aspecto microbiológico, a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006a) recomenda, para o cultivo de peixes em águas residuárias tratadas, os seguintes parâmetros: NMP/100 mL de coliformes fecais $\leq 1.0 \times 10^3$ no tanque de piscicultura (ou $\leq 10.0 \times 10^3$ no aflente ao tanque de piscicultura); ausência de ovos de helmintos.

Considerando a importância da piscicultura para a população, do ponto de vista social e econômico, recomenda-se que seja incrementado no país o uso de esgotos domésticos tratados, nessa atividade.

Reúso potável

O reúso de água potável é uma opção entre muitas outras no desenvolvimento de um portfólio diversificado e resiliente de abastecimento de água e deve ser considerado juntamente com outras opções mais amplamente aceitas, como conservação de água, importação de água, dessalinização e reúso de água não potável (USEPA, 2018).

Existem duas formas de reúso potável planejado da água: (1) reúso potável direto, em que os esgotos, após passarem por um tratamento avançado são introduzidas diretamente no sistema de abastecimento de água; (2) reúso potável indireto, em que águas residuárias tratadas são lançadas em um recurso hídrico (um aquífero, um curso de água ou um reservatório superficial) antes que a água misturada seja introduzida em um sistema de abastecimento de água.

O reúso potável envolve a produção de água segura a partir de águas residuárias. Devido à péssima qualidade microbiana das águas residuárias municipais e às ameaças de contaminação química, o reúso potável é, muitas vezes, uma atividade complexa, geralmente envolvendo processos avançados de tratamento e substancial experiência em gestão (WHO, 2017).

A prática de reúso potável direto para abastecimento público já está estabelecida em diversos estados americanos, na África do Sul, Austrália, Bélgica, Namíbia e Singapura, sem que tenham sido detectados problemas de saúde pública associados. A existência de precedentes bem-sucedidos, a visão de segurança adicional no abastecimento de água e a disponibilidade de água

com qualidade elevada são fatores positivos para a aceitação comunitária da prática de reúso potável direto (Hespanhol, 2015).

Importar água de longas distâncias muitas vezes significa o investimento de elevados recursos financeiros, justificando o reúso potável para abastecimento de grandes cidades. Como exemplo, Guedes (2018) afirma que, usando o critério de planejamento para importar água de bacias distantes, foi desenvolvido o projeto de captação de água no reservatório Cachoeira do França, no Rio São Lourenço, Alto do Juquiá, para uma produção máxima de 6.4 m³/s, visando ao abastecimento da grande São Paulo. Segundo Hespanhol *et al.* (2021), nesse projeto o sistema adutor, incluindo as linhas de água bruta e de água tratada, tem, aproximadamente, 100 km, atingindo a Região Metropolitana de São Paulo após um recalque superior a 300 m. O projeto, além de envolver os já ultrapassados sistemas convencionais de tratamento, não apresenta quaisquer aspectos de viabilidade técnica, econômica e ambiental, pois demanda um investimento superior a 2.2 bilhões de reais.

O reúso potável da água surge, então, como uma alternativa para abastecimento de cidades onde os custos com os sistemas de abastecimento convencional sejam muito elevados. Na Tabela 3 apresentam-se as vantagens e desafios do reúso potável da água.

Tabela 3. Vantagens e desafios do reúso potável da água.

Vantagens	Desafios
<ul style="list-style-type: none">• Abastecimento de água independente das condições climáticas.• Sistemas de coleta de esgoto existentes e, eventualmente, em muitos casos, estações de tratamento de esgoto estão próximos dos centros populacionais.• Redução dos impactos ambientais dos lançamentos de esgoto (particularmente dos danos microbiológicos e, em alguns casos, dos nutrientes).• Geralmente menos dispendioso do que a dessalinização da água do mar.• Crescente aceitação pública.	<ul style="list-style-type: none">• As fontes de águas residuárias são de qualidade muito pobre, com elevadas concentrações de microrganismos patogênicos e podem potencialmente conter uma ampla gama de contaminantes químicos.• Geralmente, há necessidade do uso de processos de tratamento complexos e um alto nível de conhecimento técnico.• As consequências de falhas nos sistemas podem ser significativas.• Enquanto a aceitação do público está crescendo, as preocupações com o uso de águas residuárias como fonte de água potável precisam ser tratadas por meio da educação visando à participação pública.

Fonte: WHO, 2017.

Um programa de reúso potável de água deve ser integrado por componentes regulatórios, tecnológicos e de conscientização da população, como indicado na Tabela 4.

Tabela 4. Componentes chave de um programa de reúso potável da água.

Componente chave	Aspectos a considerar
Regulatório	<ul style="list-style-type: none"> • Riscos associados à saúde pública e medidas para mitigá-los; • Elementos do processo regulatório; • Requisitos para o treinamento e certificação dos operadores;
Tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologias de tratamento e suas capacidades de desempenho para a produção de águas tratadas em níveis avançado para a proteção da saúde pública; • Desempenho do tratamento avaliado por meio da confiabilidade operacional, qualidade da água (isto é, monitoramento), programas de operação e manutenção, programas de controle na fonte e gestão dos resíduos; • Múltiplas barreiras de tratamento, incluindo os aspectos técnicos, operacionais e de gestão; • Aspectos associados à mistura com águas oriundas de tratamentos avançados relacionada a outras fontes.
Conscientização pública	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo de comunicar e engajar as partes interessada da comunidade e o público no projeto de reúso potável da água; • Metas e desafios de conscientização da comunidade para o reúso potável da água; • Planejamento de ferramentas, materiais e suporte financeiro para um efetivo programa de conscientização para o reúso potável da água.

Fonte: *WaterReuse Research Foundation (2015)*.

Em complementação aos processos tradicionais de tratamento de água e de esgotos, existem vários sistemas avançados de tratamento, os quais devem ser avaliados com o objetivo de produzir água de reúso para fins potáveis, podendo-se enumerar: sistemas de membranas; processos oxidativos avançados (POA); carvão biologicamente ativado; ozonização; aeração por nanobolhas (Metcalf e Eddy, 2013; Mancuso et al., 2021; WHO, 2017).

A busca por água cada vez mais distante para abastecimento de grandes cidades, a custos bastante elevados, bem como a enorme quantidade de resíduos líquidos produzidos e lançados nos recursos hídricos dessas áreas urbanas, indicam a necessidade de se avaliar se não é melhor, em termos econômicos e ambientais, tratar os esgotos em nível avançado, transformando-os em água potável para abastecimento da própria população responsável pela sua geração.

Participação da população

A participação da população, aqui entendida como os integrantes de órgãos públicos e privados, e a população em geral, é indispensável para o êxito de qualquer programa de reúso de água. Geralmente,

o uso de águas residuárias encontra forte resistência pública devido à falta de conscientização e confiança em relação aos riscos à saúde humana. A conscientização e a educação são as principais ferramentas para superar as barreiras sociais, culturais e de consumo (Unesco, 2017).

Um programa de reúso deve ser motivo de ampla divulgação e discussão com todos os setores da população, incluindo os atores públicos e privados. Um programa permanente de conscientização da população sobre os benefícios e riscos do reúso de água deve ser desenvolvido. É necessário que todo programa de reúso de água seja discutido com a comunidade.

Instrumentos para o reúso de água no Brasil

Para garantir que o reúso de água se expanda no Brasil são necessários vários instrumentos institucionais e legais que disciplinem as diversas modalidades de utilização de esgotos tratados. Um arcabouço institucional deve ser estabelecido definindo as atribuições dos diversos componentes responsáveis pelo reúso da água, nas suas várias etapas, nos níveis federal, estadual e municipal: órgão federal regulamentador; órgão federal de saúde pública; órgãos encarregados da produção e distribuição do esgoto tratado (companhias de saneamento, serviços autônomos de água e esgoto, empresas privadas); órgãos com atribuições de outorga da água; órgãos responsáveis pelo controle ambiental (federal, estaduais e municipais).

Faz-se necessária uma legislação federal que estabeleça critérios, procedimentos e padrões de qualidade para a utilização de águas de reúso para os diversos fins. Os estados e municípios poderão ter sua legislação própria, compatíveis com a lei federal. A criação de incentivos fiscais para a prática do reúso é uma medida recomendada para estimular a sua utilização pela iniciativa privada.

Embora já tenham sido realizados muitos trabalhos sobre reúso de água, há necessidade de que novas pesquisas sejam desenvolvidas, com ênfase para os impactos ambientais resultantes dessa prática, destacando-se os efeitos dos poluentes emergentes. Para o êxito dos programas de reúso de água é necessário que haja a formação de pessoal especializado, para atuação nas fases de projeto, operação e manutenção dos sistemas. A conscientização da população é indispensável para mostrar a importância do reúso de água e vencer a resistência que ainda existe à essa prática, no país.

Na Tabela 5 enumeram-se os instrumentos necessários para o reúso de água no Brasil e suas respectivas atribuições.

Tabela 5. Instrumentos necessários para a expansão do reúso de água no Brasil

Instrumentos	Atribuições
Arcabouço institucional	Definição de estrutura organizacional com as atribuições dos diversos atores responsáveis pelo reúso, incluindo os órgãos federais, estaduais, municipais e particulares envolvidos.
Legislação	Definição de critérios, procedimentos e padrões de qualidade para as diversas modalidades de reúso de água.
Incentivos fiscais	Estabelecimento de incentivos fiscais para produtores e consumidores de águas de reúso.
Pesquisas	Desenvolvimento de pesquisas sobre tratamento de esgotos para reúso de água e sobre os impactos ambientais decorrentes de sua utilização.
Recursos humanos	Formação de pessoal especializado para atuar nas diversas etapas do reúso de água.
Educação ambiental	Realização de programas visando à conscientização da população sobre os benefícios do reúso de água, os riscos associados e as medidas de controle.

Conclusões

O uso planejado de esgotos tratados ainda não está amplamente difundido no Brasil, ocorrendo, com frequência, o reúso não planejado da água. Esgotos não tratados ou submetidos a precários tratamentos são lançados em corpos receptores e as águas misturadas são usadas para diversos fins, inclusive para o abastecimento humano. A modalidade de reúso que mais se desenvolveu no país foi para fins industriais, seguida dos usos urbanos.

Embora já tenham sido desenvolvidas muitas pesquisas sobre o reúso de água na irrigação e na piscicultura, não se tem notícia da existência de sistemas de médio e longo portes que utilizem esgoto tratado nessas atividades.

A legislação brasileira não inclui entre as modalidades de aproveitamento de esgotos tratados o reúso potável e a recarga de aquíferos. No entanto, considerando as dificuldades das grandes cidades brasileiras, que cada vez mais necessitam captar água a grandes distâncias e a custos muito elevados, é necessário que sejam discutidas e avaliadas formas de aproveitamento de esgotos para abastecimento humano, após tratamentos avançados.

Há necessidade de que sejam criados mecanismos para incentivar a prática de reúso planejado no Brasil, recomendando-se que sejam ampliados os usos de esgotos domésticos tratados para

fins industriais e urbanos e que sejam implantados projetos de reúso de água em irrigação e piscicultura. Também, deve ser considerada a adoção do reúso potável, principalmente nos municípios de grande porte onde há carência de mananciais para abastecimento público.

A participação da população é indispensável para o êxito de qualquer programa de reúso de água. Um programa permanente de conscientização da população sobre os benefícios e riscos do reúso de água deve ser desenvolvido.

Referências

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2019) *ABNT NBR 16783: uso de fontes alternativas de água não potável em edificações*. Rio de Janeiro: ABNT.
- ANA, Agência Nacional de Águas (2017) *Atlas Irrigação: Uso da água na agricultura irrigada*. Brasília: Ana.
- AANA, Agência Nacional de Águas (2018) *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual*. Brasília: Ana.
- ANA, Agência Nacional de Águas (2019) *Reúso d'água: ação da ANA para implantar plano da bacia Piancó-Piranhas-Açu resulta em quatro plantas no RN e PB*. Acesso: 6 de abril de 2021. Disponível: <https://www.ana.gov.br/noticias/reuso-d2019agua-acao-da-ana-para-mplantar-plano-da-bacia-pianco-piranhas-acu-resulta-em-quatro-plantas-no-rn-e-pb>
- Bastos, R. R. X. (coord.) (2003) *Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura*. Rio de Janeiro: Abes / RiMa.
- Bevilacqua, P. D., Bastos, R. R. K. X., Lanna, E. A. T. (2006) Uso de esgotos tratados para produção animal. In: Florêncio, L.; Bastos, R. R. K.; Aisse, M. (coord). *Tratamento e utilização de esgotos sanitários*. Rio de Janeiro: Abes.
- Cagece, Companhia de Água e Esgoto do Ceará (2019) *Plano de Gestão Estratégica e de Negócios (2019-2023)*. Fortaleza: Cagece.
- Confederação Nacional da Indústria (2020) *Estudo sobre o impacto econômico dos investimentos de reúso de efluentes tratados de esgoto para o setor industrial*. Brasília: CNI.
- Costa, T. H. S. (2020) Avaliação quali-quantitativa de águas cinza para uso em um condomínio residencial. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Cutrovo, J. A. (2015) Potable water reuse history and a new framework for decision making. *International Journal of Water Resources Development*, **32**(4), 1-11. <https://doi.org/10.1080/07900627.2015.1099520>
- Dingemans, M. M. L., Smeets, P.W M. H., Medema, G., Frijns, J., Raat, K. J., van Wezel, A. P., Bartholomeus, R. P. (2020) Responsible Water Reuse Needs an Interdisciplinary Approach to Balance Risks and Benefits. *Water*, **12**. <https://doi.org/10.3390/w12051264>
- Florêncio, L., Bastos, R. R. K., Aisse, M. (coord) (2006) *Tratamento e utilização de esgotos sanitários*. Rio de Janeiro: Abes.
- Giakoumis, T., Vaghela, C. Volvoulis, N. (2020) The role of water reuse in the circular economy. *Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection*, **5**, 227-252. <https://doi.org/10.1016/bs.apmp.2020.07.013>
- Gonçalves, R. F., Simões, G. M. da S., Wamke, R. (2010) Reúso de águas cinza em edificações urbanas – estudo de caso em Vitória (ES) e Macaé (RJ). *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, **3**(1), 120-131.
- Guedes, P. (2018) Sistema São Lourenço é inaugurado e deve abastecer 2 milhões na Grande SP. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/sistema-sao-lourenco-e-inaugurado-e-deve-abastecer-2-milhoes-de-pessoas-na-grande-sp.ghtml>. Acesso em: 03 de abril de 2021.
- Hespanhol, I. (2015) A inexorabilidade do reúso potável direto. *Revista DAE*, **63**, 63-80.

- Hespanhol, I., Mancuso, P. C. S., Mierzwa, J. C., Hespanhol, A., Cervato-Mancuso, A. M. (2021) A inexorabilidade do reúso potável direto. In: Mancuso, P. C. S.; Mierzwa, J. C., Hespanhol, A., Hespanhol, I. *Reúso de água potável como estratégia para a escassez*. Santana de Parnaíba (SP): Manole.
- Lima, S. R. M., Siqueira, E. U. S., Portéglio, L. O. (2017) O reúso da água de efluente no Polo Petroquímico de Capuava, São Paulo. In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, RJ.
- Mancuso, P. C. S., Mierzwa, J. C., Hespanhol, A., Hespanhol, I. (ed.). (2021) *Reúso de água potável como estratégia para a escassez*. Santana de Parnaíba (SP): Manole.
- Maturo, J. (2009) Vicunha avalia implantar reúso de água em outras duas fábricas do Nordeste. Acesso em 21 de junho de 2021. Disponível em <https://gbljeans.com.br/mercado/producao-limpa/vicunha-avalia-implantar-reuso-de-agua-em-outras-duas-fabricas-do-nordeste>
- MCID / IICA (2018) Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. *Produto III – Critérios de Qualidade da Água*. Brasília: Banco Mundial.
- Menezes, M. A. S., Caixeta, C. E. T., Vasconcelos, M. M., Mota, S. (2007) O Centro de Pesquisa sobre Tratamento de Esgoto e Reúso de Águas. In: Mota, S.; Aquino, M. D.; Santos, A. B. (org.). *Reúso de águas em irrigação e piscicultura*. Fortaleza: UFC / Centro de Tecnologia.
- Metcalf & Eddy (2013) *Wastewater engineering: treatment and resource recovery*. New York: AECOM Press.
- Mota, S. (2016) *Introdução à Engenharia Ambiental*, 6ª ed. Rio de Janeiro: Abes.
- Mota, S., Von Sperling, M. (coord) (2009) *Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção*. Rio de Janeiro: Abes.
- Moura, P. G., Aranha, F. N., Handam, N. B., Martin, L. E., Salles, M. J., Carvajal, E., Jardim, R., Sotero-Martins, A. (2020) Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **25**(6), 791-808. <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180201>
- Projeto Palmas para Santana (2106) *Palmas para Santana: projeto de reúso de esgoto salva gado da seca*. Acesso: 09 de maio de 2020. Disponível: <https://www.youtube.com/watch?v=3Vas0vihDxU>
- Stepping, K. (2016) *Urban Sewage in Brazil: Drivers of and Obstacles to Wastewater Treatment and Reuse*. Bonn: Deutsches Institut für Entwicklungspolitik. ISSN 1860-0441.
- UNESCO (2017) United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. *Wastewater: the untapped resource*. Paris: Unesco, UN-Water.
- USEPA, United State Environmental Protection Agency. (2018) *Mainstreaming potable water reuse in the United States: Strategies for leveling the playing field*. Washington (DC): USEPA.
- Viana, F. L. E. (2017) Indústria siderúrgica. *Caderno Setorial ETENE*, 2(13).
- Voulvoulis, N. (2018) Water reuse from a circular economy perspective and potential from an unregulated approach. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, **2**, 32–45. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.01.005>
- WaterReuse Research Foundation. (2015) *Framework for Direct Potable Reuse*. Alexandria, VA: WaterReuse Research Foundation.
- WHO, World Health Organization (2017) *Potable reuse: guidance for producing safe drink water*. Geneva: WHO.
- WHO, World Health Organization (2006a) *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 3. Wastewater and excreta use in aquaculture*. Geneva: WHO.
- WHO, World Health Organization (2006b) *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 3. Wastewater use in agriculture*. Geneva: WHO.