



## ANÁLISE DO POTENCIAL DE REÚSO DE EFLUENTES SANITÁRIOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA

Anna Elis Paz Soares <sup>1</sup>  
Suzana Maria Gico Lima Montenegro <sup>2</sup>  
Simone Rosa da Silva <sup>3</sup>  
Amaury Gouveia Pessoa Neto <sup>4</sup>  
Amanda Rafaely Monte do Prado <sup>5</sup>  
Jamerson Lucas Rocha Gonçalves Macena <sup>6</sup>

### RESUMO

**Objetivo:** Apresentar uma avaliação do potencial do reúso de efluentes oriundos de estações de tratamento de esgoto doméstico na bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

**Referencial teórico:** Em regiões que enfrentam déficit hídrico, o reúso de efluentes se apresenta como uma alternativa para aliviar as pressões e diminuir a contaminação dos mananciais. Nesse sentido, justifica-se a escolha da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca devido aos municípios integrantes estarem suscetíveis à escassez e poluição hídrica, bem como o rio Ipojuca ter sido classificado como o terceiro mais poluído do país.

**Método:** A metodologia consistiu na caracterização da bacia; levantamento de dados junto à concessionária dos serviços de saneamento para realizar a avaliação quantitativa e qualitativa da oferta de água de reúso; identificação das demandas a partir dos usos consuntivos (indústria e irrigação), das outorgas vigentes e do cadastro de clientes da concessionária; e produção de mapas georreferenciados para análise espacial do balanço hídrico.

**Resultados e conclusão:** Foram identificadas 12 Estações de Tratamento de Esgoto, das quais quatro ainda se encontram em obras, cujas capacidades nominais de tratamento são maiores que as demandas para irrigação e indústria identificadas, exceto em duas delas. Em termos de qualidade, para os parâmetros analisados, as estações demonstraram bom desempenho, onde o efluente poderia ser usado para usos restritos sem a necessidade de tratamento adicional. Por fim, geoespacialmente, as demandas localizam-se num raio de 10km a partir das estações analisadas, na maioria dos casos.

**Implicações da pesquisa:** É possível inferir que a bacia possui um potencial de reúso a ser explorado como uma alternativa para melhoria da disponibilidade hídrica e redução do lançamento de efluentes no rio Ipojuca.

**Originalidade/valor:** Os resultados obtidos através de análise inédita na bacia servem de referência para os formuladores e executores das políticas de gestão de recursos hídricos, além de incentivo aos potenciais produtores e consumidores da água de reúso.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade Hídrica, Água de Reúso, Tratamento de Esgoto, Escassez de Água.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil.  
E-mail: [anna.elis@ufpe.br](mailto:anna.elis@ufpe.br) Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9839-3057>

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil.  
E-mail: [suzanam.ufpe@gmail.com](mailto:suzanam.ufpe@gmail.com) Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2520-5761>

<sup>3</sup> Universidade de Pernambuco (UPE), Recife, Pernambuco, Brasil.  
E-mail: [simonerosa@poli.br](mailto:simonerosa@poli.br) Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7138-7546>

<sup>4</sup> Universidade de Pernambuco (UPE), Recife, Pernambuco, Brasil.  
E-mail: [agpn@poli.br](mailto:agpn@poli.br) Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6320-8066>

<sup>5</sup> Universidade de Pernambuco (UPE), Recife, Pernambuco, Brasil.  
E-mail: [armp@poli.br](mailto:armp@poli.br) Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9293-1344>

<sup>6</sup> Universidade de Pernambuco (UPE), Recife, Pernambuco, Brasil.  
E-mail: [jamersonmacena@gmail.com](mailto:jamersonmacena@gmail.com) Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-5120-4268>



## ANALYSIS OF THE POTENTIAL FOR REUSING SANITARY EFFLUENTS IN THE HYDROGRAPHIC BASIN OF THE IPOJUCA RIVER

### ABSTRACT

**Objective:** This study aims to present an assessment of the potential for reusing effluents from domestic sewage treatment plants in the Hydrographic Basin of the Ipojuca River.

**Theoretical Framework:** In regions facing water scarcity, effluent reuse emerges as an alternative to alleviate pressures and reduce contamination of water sources. In this regard, the choice of the Ipojuca River Watershed is justified due to the susceptibility of its constituent municipalities to water scarcity and pollution, as well as the fact that the Ipojuca River has been classified as the third most polluted in the country.

**Methodology:** The methodology involved basin characterization, data collection from the sanitation services provider to perform quantitative and qualitative evaluation of reclaimed water supply, identification of demands based on consumptive uses (industry and irrigation), existing water use permits, and the provider's customer database. Additionally, georeferenced maps were generated for spatial analysis of the water balance.

**Results and Conclusion:** Twelve Sewage Treatment Plants were identified, four of which are still under construction, with nominal treatment capacities exceeding the identified irrigation and industrial demands, except for two of them. In terms of quality, for the analyzed parameters, the treatment plants demonstrated satisfactory performance, suggesting that the effluent could be utilized for restricted purposes without the need for further treatment. Lastly, geospatially, the demands are located within a radius of 10km from the analyzed plants, in most cases.

**Research Implications:** It can be inferred that the basin holds a significant reuse potential to be explored as an alternative for enhancing water availability and reducing effluent discharge into the Ipojuca River.

**Originality/Value:** The results obtained through this unprecedented analysis in the watershed serve as a reference for policymakers and implementers of water resources management policies, as well as an encouragement for potential producers and consumers of reclaimed water.

**Keywords:** Water Sustainability, Reclaimed Water, Sewage Treatment, Water Scarcity.

RGSA adota a Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



## 1 INTRODUÇÃO

O uso global da água doce cresce a uma taxa de cerca de 1% ao ano, ao mesmo tempo em que o estresse hídrico, relação de desequilíbrio entre a demanda e a oferta de água, afeta diversas partes do mundo. Enquanto quatro bilhões de pessoas vivem em regiões que enfrentam a escassez física da água, cerca de 1,6 bilhões de pessoas enfrentam a escassez hídrica econômica, ou seja, quando há água fisicamente disponível, mas não existe infraestrutura para que ela seja utilizada (UNESCO, 2021).

Por sua vez, a escassez hídrica provoca conflitos pelo uso da água entre os diferentes setores de usuários, potencializados pelo lançamento de cargas poluidoras contínuas e seu impacto na qualidade da água dos corpos hídricos. Esses conflitos tornam-se mais acentuados em regiões cortadas por rios intermitentes, cujos leitos secam durante algum período do ano. Tal cenário aumenta os desafios para a gestão de recursos hídricos e a garantia da segurança hídrica em regiões semiáridas (ANA, 2020; CIRILO, 2015).

Para o Estado de Pernambuco, a dificuldade em garantir água potável para o abastecimento humano é uma constante. Detentor de uma das menores disponibilidades



hídricas per capita do Brasil, Pernambuco, assim como outros estados do nordeste brasileiro, enfrentou uma das maiores estiagens dos últimos anos, no período 2012-2017, verificando-se eventos de seca com tempos de retorno maiores que 100 anos (ANA, 2015; ANA, 2017).

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o consumo médio per capita de água em Pernambuco, no ano de 2020, foi de 103,48 L/hab./dia, enquanto na região nordeste e no Brasil esses valores foram 120,31 e 152,13 L/hab./dia, respectivamente. Dentre todos os estados do Brasil, apenas a Paraíba apresentou um consumo per capita menor, sendo este 102,36 L/hab./dia (SNIS, 2021).

Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos é o sexto Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS), dentre os 17 objetivos estabelecidos pela União das Nações Unidas em 2015. Para que essa meta seja alcançada, é apontado que os recursos hídricos devem ser administrados com sabedoria, tornando os serviços de água confiáveis e acessíveis, juntamente com a evolução da infraestrutura e tecnologias relacionadas (BARACHO; SCALIZE, 2023; UNESCO, 2019).

Nesse contexto de escassez e poluição dos corpos hídricos, a água de reúso proveniente do efluente de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) doméstico se apresenta como uma importante alternativa a ser explorada. Além de aliviar as pressões nos mananciais, o reúso contribui para garantir água em quantidade e em qualidade para os diversos usos, diminuir a contaminação dos corpos d'água, reduzir conflitos pelo uso da água e contribuir para o desenvolvimento socioeconômico regional, principalmente em regiões que enfrentam déficit hídrico (IWA, 2018; SANTOS *et al.*, 2021).

Várias localidades ao redor do mundo como, por exemplo, em Beijing (China), Chennai (Índia), Durban (África do Sul), Kampala (Uganda), Lima (Perú), Califórnia (Estados Unidos da América), Austrália, Portugal e Israel, já vem explorando o reúso de efluente tratado para fins agrícolas, industriais, urbanos, recarga de aquífero e manutenção de vazão em cursos d'água (IWA, 2018; REBELO *et al.*, 2020; WHO, 2018).

Embora a prática do reúso de efluentes no Brasil ainda não esteja consolidada, as empresas de saneamento e as prefeituras vêm mostrando o desejo de implantar o reúso para diversos fins aplicáveis às distintas realidades locais. No entanto, entraves burocráticos e a falta de regulamentação tem impedido o avanço da produção e comercialização da água de reúso no país (IDS, 2019; ÁGUAS DO BRASIL, 2020). Um dos projetos de destaque no cenário nacional é o Aquapolo, em São Paulo, que tem capacidade de tratar até 1.000 L/s e fornecer água de reúso para indústrias (AQUAPOLO, 2022).

A própria concessionária dos serviços de saneamento em Pernambuco tem desenvolvido alguns projetos pilotos de reúso em conjunto com outros órgãos oficiais, a partir dos quais a água de reúso produzida nas ETEs de Caruaru, Parnamirim e Afogados da Ingazeira, por exemplo, tem sido utilizada para irrigação de áreas verdes, campo de futebol, lavagem de equipamentos, produção de espécies vegetais típicas da caatinga, oleaginosas e forragem animal (COMPESA, 2020).

Diante do exposto, o presente artigo objetiva apresentar uma avaliação do potencial do reúso de efluentes oriundos de estações de tratamento de esgoto doméstico na Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (BHRI), considerando a disponibilidade e qualidade dos esgotos sanitários tratados nos sistemas públicos para atendimento das possíveis demandas identificadas na área de estudo.

A BHRI foi escolhida pela representatividade da realidade Pernambucana e disponibilidade de dados para realização das etapas metodológicas. Além disso, a referida bacia está totalmente inserida no estado de Pernambuco e parcialmente na região semiárida, cujos municípios integrantes estão suscetíveis à escassez hídrica e poluição dos mananciais. Ainda, faz-se importante pontuar que o Rio Ipojuca foi classificado como o terceiro mais poluído do



Brasil (IBGE, 2015). Perante essa realidade, diversos estudos e ações têm sido desenvolvidos na bacia, visando à melhoria da segurança hídrica na região.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os esgotos domésticos compreendem as águas servidas provenientes das instalações sanitárias, contendo fezes e urina (águas negras), e a parcela de água proveniente de banhos, lavagens e demais usos domésticos (águas cinzas). Já os esgotos industriais são originados dos mais diversos processos da indústria e sua composição pode variar de orgânica a mineral, geralmente mais rica em sólidos dissolvidos minerais do que os esgotos domésticos (FUNASA, 2019; SPERLING, 2011).

Os esgotos de origem doméstica produzidos nas cidades devem ser coletados e encaminhados para o tratamento, através da rede coletora pública, de modo a remover seus principais poluentes antes do lançamento nos corpos hídricos. Por sua vez, o processo de tratamento, realizado nas ETEs, é dividido em etapas de acordo com o grau de remoção de poluentes que se deseja atingir (FUNASA, 2019; SPERLING, 2011).

O efluente produzido na ETE pode ser lançado em corpo hídrico, retornando à natureza, ou ser derivado para usos específicos, como irrigação, atividades de manutenção e limpeza urbana, processos industriais, entre outros. Neste caso, o efluente passa a ser denominado de água de reúso, definida como o produto de um esgoto tratado e polido para reutilização (MOURA *et al.*, 2020).

Segundo o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), o reúso pode ser classificado quanto ao método conforme é realizado em direto ou indireto. O reúso é dito indireto quando as águas residuais são descartadas nos corpos hídricos superficiais ou subterrâneos, diluídas e depois captadas e tratadas para novo uso. O reúso direto consiste no uso planejado da água de reúso, conduzida ao local de utilização sem lançamento ou diluição (CNRH, 2005).

Quanto à finalidade de uso, o reúso é classificado em potável ou não potável. Os usos não potáveis exigem níveis de tratamento menos elevados, o que implica em menor custo e facilidade de execução. Sendo assim, o reúso não potável pode ser aplicado para fins industriais, agrícolas e paisagísticos, para recarga de aquífero, manutenção de vazão em cursos d'água, manutenção da própria rede coletora de esgotos, entre outros (WHO, 2017).

Santos *et al.* (2021) trazem, ainda, a classificação quanto ao grau de restrição ao usuário: no reúso restrito o acesso do público à água de reúso é limitado, no reúso irrestrito esse acesso é liberado. Conseqüentemente, o segundo caso requer um maior controle e exigência quanto à qualidade e segurança do efluente. Também é possível classificar o reúso quanto ao local de utilização: se o efluente é utilizado dentro das próprias instalações onde ele foi produzido, refere-se ao reúso interno; se for encaminhado para reúso em ambientes externos àquele onde ele foi produzido, refere-se ao reúso externo.

## 3 MÉTODO

Para o desenvolvimento da pesquisa, adotou-se como método o estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Ipojuca. Após ampla revisão bibliográfica acerca do tema, a metodologia teve início com a caracterização da referida bacia. Com foco na geração de água de reúso a partir de efluentes sanitários de origem doméstica, buscou-se informações junto a Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), que é responsável pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos municípios que integram a BHRI.

Com base no exposto, procedeu-se ao levantamento junto à mesma para identificar as estações de tratamento de efluentes em operação e suas principais características, visando à



elaboração da base de dados necessária para as subseqüentes fases da pesquisa. Além disso, foram identificados os Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) em fase de projeto ou com obras em execução, a fim de viabilizar a avaliação de um panorama prospectivo referente à geração de água de reúso na bacia.

Munidos desses dados preliminares, efetuou-se a avaliação tanto quantitativa quanto qualitativa do potencial de oferta de água de reúso nos municípios em questão. Posteriormente, empreendeu-se a tarefa de identificar os possíveis destinatários para essa água de reúso. Por fim, por meio da elaboração de mapas, procedeu-se à análise espacial da viabilidade do reúso de efluentes nos municípios que integram a BHRI.

### 3.1 Localização e Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca

A bacia hidrográfica do rio Ipojuca, representada na Figura 1, abrange territórios parciais de 25 municípios pernambucanos, dos quais 12 possuem sede dentro da bacia, cobrindo uma área superficial de 3.435,34 km<sup>2</sup>, que equivale a 3,49% do território de Pernambuco. O rio Ipojuca tem suas nascentes na Serra do Pau D'arco, município de Arcoverde, e apresenta extensão de cerca de 320 km, cortando as regiões fisiográficas do sertão, agreste, mata sul e metropolitana de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2005).

Dos 25 municípios que tem parte de seus territórios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Ipojuca, somente Amaraji não tem a Compesa como prestador de serviços de saneamento, no que diz respeito ao abastecimento de água. No entanto, em termos de tratamento de esgoto, apenas Ipojuca, Vitória de Santo Antão, Gravatá, Caruaru, Tacaimbó, Arcoverde e Venturosa contavam com estações em operação pela Companhia no ano de 2022.

O rio Ipojuca é intermitente desde sua nascente até as proximidades do município de Gravatá, a partir de onde se torna perene (SRH/PE, 2010), abrangendo sete dos 12 municípios com sede na bacia: Poção, Sanharó, Belo Jardim, Tacaimbó, São Caitano, Caruaru e Bezerros. Todos eles apresentam lançamento de efluentes, principalmente domésticos, captação de água em áreas de lançamento de efluentes e disposição de lixo no leito seco do rio, o que se reflete na qualidade da água do rio Ipojuca (APAC, 2017).

Visando melhorar esses indicadores, a bacia foi contemplada com o Programa de Saneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (PSA-Ipojuca), iniciado em 2013, com investimentos da ordem de 330 milhões de dólares em sistemas de esgotamento sanitário e melhoria do abastecimento de água nos municípios com sede na área de abrangência da bacia. Nesse contexto, foram implantados novos Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) nas cidades de Tacaimbó e Gravatá. Outros SES estão em execução nas cidades de Sanharó, Belo Jardim, Bezerros e Escada, com previsão de conclusão entre 2023 e 2024, além do SES do município de Caruaru que passou por melhorias e ampliação (COMPESA, 2022). Essas ações representam também um incremento na produção de efluente doméstico tratado na bacia, que constitui uma nova fonte para minimização do estresse hídrico e melhoria da qualidade ambiental da região.

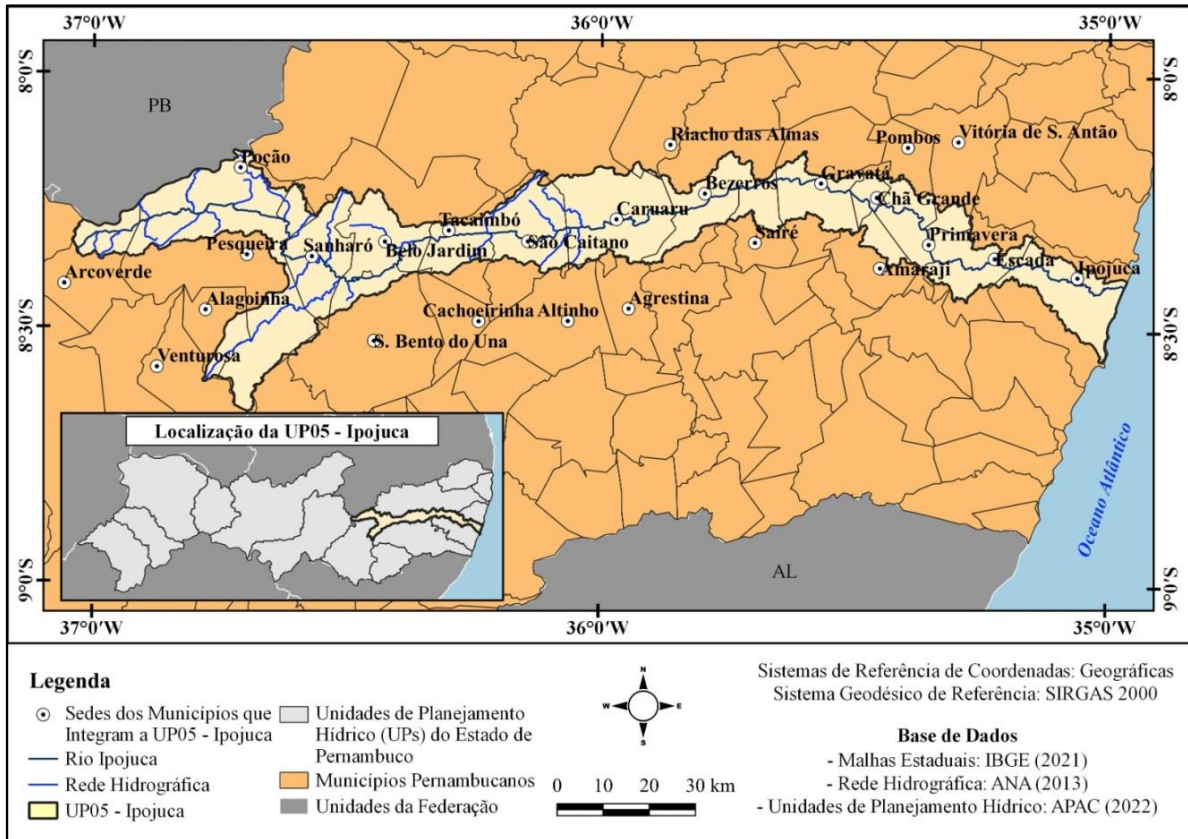


Figura 1. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca.

Fonte: autores (2023).

### 3.2 Caracterização da Oferta Potencial de Água de Reúso

Para definição das ETEs com potencial de geração de água de reúso, foram considerados os seguintes critérios: nível mínimo de tratamento secundário, o que possibilita uma maior probabilidade de atendimento aos parâmetros qualitativos (INTERÁGUAS, 2017; SANTOS; UTSUMI; SANTOS, 2023; SANTOS *et al.*, 2021; USEPA, 2012); ETEs que já possuíssem projeto para reúso; ETEs em fase de construção, para análise de cenário futuro. Após definição das estações de tratamento, a oferta de efluente doméstico tratado disponível para reutilização foi quantificada adotando a capacidade nominal de tratamento das estações que estavam operando e das que se encontravam em obras.

A avaliação qualitativa, por sua vez, foi realizada em função do nível de tratamento e diagnóstico da eficiência das operações. Para tanto, a Compesa forneceu os parâmetros físico-químicos e biológicos medidos nas ETEs em determinados meses, no período de 2020 a 2022. Os dados de qualidade foram tratados estatisticamente, onde os valores médios dos resultados analíticos foram comparados com os estabelecidos pelas legislações pertinentes.

Nesse âmbito, tanto o Brasil quanto o Estado de Pernambuco ainda não possuem legislação regulamentando o reúso direto não potável de água, com definição de parâmetros de qualidade por modalidade. No entanto, em 2022, foi lançada consulta pública pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) com uma proposta de resolução e definição de critérios de qualidade para a água de reúso (MIDR, 2022). Como a resolução ainda estava em debate no momento de desenvolvimento da pesquisa, optou-se por utilizar como referência os valores adotados pela *United States Environmental Protection Agency* (USEPA, 2012), referência internacional para o reúso de água, e pela Deliberação Normativa CERH/MG nº 65/2020, do estado de Minas Gerais (CERH/MG, 2020), por trazer parâmetros e intervalos de referência mais condizentes com a realidade nacional.



Dos critérios avaliados nesses normativos, a Compesa disponibilizou os dados de algumas campanhas de medição dentro do período 2020 a 2022. Foram obtidos dados para coliformes termotolerantes, ovos de helmintos, pH e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), para os quais a Tabela 1 traz os valores de referência de acordo com USEPA (2012) e CERH/MG (2020). Não foram identificados dados de turbidez, RAS, cloro residual e condutividade nos dados disponibilizados para análise.

**Tabela 1.** Características das ETEs potenciais geradoras de água de reúso na BHRI.

ND: não detectável.

Finalidade	Referências	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)	pH	DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	Ovos de helmintos/L
Uso Agrícola	USEPA (2012)	ND (irrestrito) < 200 (restrito)	6,0 - 9,0	≤ 10 (irrestrito) ≤ 30 (restrito)	-
	CERH/MG (2020)	≤ 1x10 <sup>4</sup> (irrestrito) ≤ 1x10 <sup>6</sup> (restrito)	6,0 - 9,0	≤ 15 (irrestrito) ≤ 30 (restrito)	≤ 1
Uso Urbano	USEPA (2012)	ND (irrestrito) < 200 (restrito)	6,0 - 9,0	≤ 10 (irrestrito) ≤ 30 (restrito)	-
	CERH/MG (2020)	≤ 1x10 <sup>4</sup>	6,0 - 9,0	-	≤ 1

Fonte: elaborada pelos autores a partir de USEPA (2012) e CERH/MG (2020).

### 3.3 Caracterização da Demanda Potencial para a Água de Reúso

Inicialmente, foi feita uma análise global a partir dos dados de consumo na agricultura irrigada e na indústria de transformação, por município, obtidos do Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil (ANA, 2019). Para análise espacial do potencial de consumo da água de reúso, foram utilizados os bancos de dados de outorga superficial e subterrânea da Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac) e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), além do cadastro de grandes clientes obtido junto à Concessionária de saneamento. Neste último, foram selecionadas indústrias que consomem tanto água bruta quanto tratada, com a ressalva de que parte desse consumo poderia ser substituído por água de reúso em seus processos. A Compesa classifica como grandes clientes imóveis com consumo médio mensal de água e/ou coleta de esgoto maior que 150 m<sup>3</sup> (COMPESA, 2019).

Cabe ressaltar que nem todo uso depende de outorga, existem também os usos considerados insignificantes, que independem de outorga pelo poder público. Os tipos de usos da água a serem outorgados e os que podem ser dispensados variam conforme o corpo hídrico e o órgão gestor. No caso da BHRI, derivações e captações em águas superficiais com vazão menor ou igual a 43,2 m<sup>3</sup>/dia ou barramentos de rios intermitentes com volume de acumulação de até 200.000 m<sup>3</sup> são isentos de outorga pela Apac. Da mesma forma, também são isentas as captações de águas subterrâneas destinadas exclusivamente ao usuário doméstico ou rural, com poço tubular ou amazonas de profundidade inferior a 20 m ou com vazão de até 5 m<sup>3</sup>/dia (APAC, 2021). Consequentemente, o mapeamento dos pequenos produtores rurais e demais usos difusos na bacia não foram contemplados nessa análise.

### 3.4 Elaboração de Mapas Georreferenciados

A partir das principais informações das ETEs geradoras de água de reúso e dos potenciais consumidores elencados nas etapas anteriores, foi criada uma base de dados georreferenciada incluindo informações como tipologia de tratamento, vazão efluente, vazão de demanda e dados de localização dos possíveis consumidores da água de reúso. Os mapas foram criados utilizando a ferramenta QGIS, versão 3.10.9.

O QGIS, projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto licenciado sob a Licença Pública Geral



(GNU) (CRUVINEL *et al.*, 2021). Segundo Silva Junior (2021, p. 50), “essa possibilidade de organizar as informações coletadas no diagnóstico e analisá-las espacialmente é uma potente ferramenta de apoio à gestão”.

Considerando que há duas formas principais de levar a água de reúso até seus consumidores: condução através de caminhão pipa e através de adutoras, a análise foi realizada contemplando os limites municipais e os consumidores num raio de distância a partir das ETEs para atendimento via caminhão pipa. Diversos estudos apontam distâncias economicamente viáveis para transporte da água de reúso variando entre 5 km e 100 km, dependendo das condições locais (ARAÚJO; SANTOS; SOUZA, 2017; CNI, 2019; CRUVINEL *et al.*, 2021; EMBASA, 2021, FARIA, 2020, OBRACZKA *et al.*, 2019). No presente estudo, adotou-se o raio de 10 km a partir das ETEs para avaliação espacial de produção e demanda para a água de reúso.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização da Oferta Potencial de Água de Reúso

A Tabela 2 apresenta as Estações de Tratamento selecionadas como potenciais geradoras de água de reúso, seguindo os critérios pré-estabelecidos. A Figura 2 apresenta a localização das ETEs na BHRI.

**Tabela 2.** Características das ETEs potenciais geradoras de água de reúso na BHRI.

ETE	Município	Concepção da Unidade	Capacidade Nominal de Tratamento (L/s)	Vazão de Tratamento em 2020 (L/s)
Nossa senhora do Ó	Ipojuca	Lagoas Facultativas	32	28,77
Luiz Bezerra Torres	Caruaru	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) + Filtro Submerso Aerado + Desinfecção final (cloro)	17	9
Alto do Moura	Caruaru	RAFA + Filtro Submerso Aerado + Desinfecção final (cloro)	9	7
Caruaru-Rendeiras	Caruaru	RAFA + Lagoa Aerada + Lagoa Decantação	253	65
Arcoverde III	Arcoverde	2 Lagoas Facultativas + 1 Lagoa Maturação	7,15	1,72
Venturosa	Venturosa	RAFA + Filtro Biológico Percolador + Flocculador + Decantador + Adensador de Lodo + Leito de Secagem + Tanque de Contato	19,81	1,18
Tacaimbó	Tacaimbó	2 RAFA + 2 Tanques de Lodo Ativado + Decantadores Secundários + Desinfecção final (cloro)	33,03	10
Gravatá	Gravatá	4 RAFA + 4 Tanques de Lodo Ativado + Decantadores Secundários + Desinfecção (ultravioleta)	120	35
ETE Centro 1 (em obras)	Belo Jardim	Lodos Ativados com câmara pré-anóxica (remoção de matéria orgânica e nitrogênio) + Desinfecção final (cloro)	140	
Bezerros (em obras)	Bezerros		90	
Escada (em obras)	Escada		120,81	
Sanharó (em obras)	Sanharó	ETE pré-fabricada: Reator Anóxico + Reator Biológico de Leito Móvel +	40	





		Decantador Secundário + Físico-químico para desfosfatação + Decantador Secundário + Desinfecção final (cloro)		
<b>Vazão Total</b>			<b>881,80</b>	<b>159,23</b>

Fonte: elaborado pelos autores a partir de Compesa (2020, 2022).

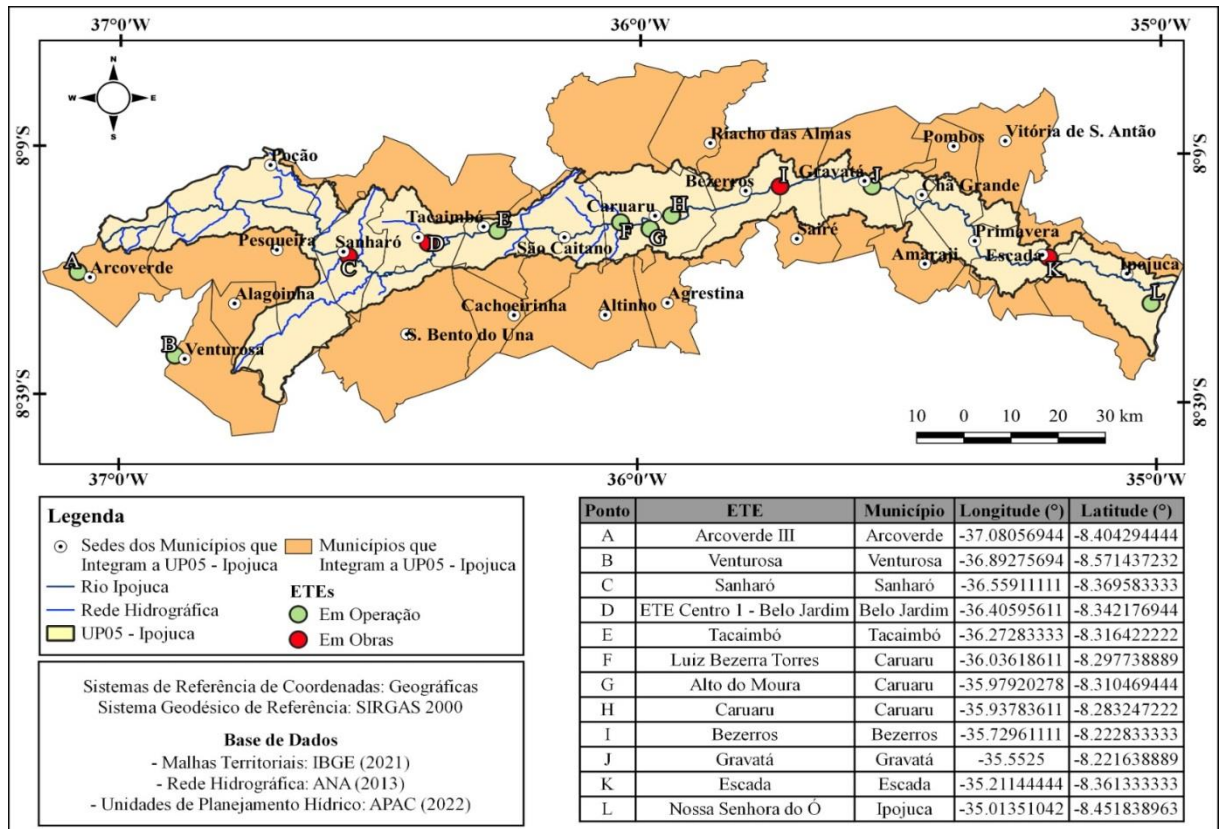


Figura 2. Localização das ETEs potenciais geradoras de água de reúso.

Fonte: autores (2023).

Em 2020 estavam sendo gerados 159,23 L/s, equivalente a 573 m<sup>3</sup>/h e ao volume diário de 13.757 m<sup>3</sup>, de efluentes nas ETEs em operação na bacia. Considerando a capacidade nominal das ETEs em operação e a conclusão das que estão em obras, a capacidade de produção de efluente tratado na bacia pode chegar a 2.986 m<sup>3</sup>/h, o que equivale a 71.661m<sup>3</sup>/dia. Portanto, há a expectativa de aumento do volume de esgoto tratado em mais de cinco vezes e, consequentemente, do potencial de produção de água de reúso.

Inclusive a ETE Caruaru já possui sistema piloto para produção de água de reúso, em fase de testes, capaz de tratar 240 m<sup>3</sup>/dia. O sistema é formado por estação elevatória de esgoto tratado, linha de recalque, torre de carga, dois filtros de polimento (areia), sistema de aplicação de cloro, seis tanques de armazenamento com capacidade total de 60 m<sup>3</sup> e sistema de distribuição e irrigação de canteiros (COMPESA, 2020).

A água de reúso produzida está sendo utilizada de forma experimental em dois projetos: um deles, em parceria com a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pesquisa a irrigação do plantio de palma; o outro, em parceria com uma empresa local, produz mudas ornamentais e florestais. Além desses projetos, a água de reúso é utilizada na própria unidade para irrigação de áreas verdes, incluindo um campinho de futebol, e limpeza em geral.

Quanto à localização, percebe-se que as ETEs Venturosa e Arcoverde III não estão localizadas dentro da área de delimitação da BHRI. No entanto, optou-se por mantê-las no



estudo, uma vez que parte dos seus territórios municipais faz parte da bacia. Todas as outras ETEs estão localizadas dentro da bacia às margens do rio Ipojuca e seus afluentes.

Em termos de qualidade do efluente tratado, percebe-se que a maioria das ETEs já possui uma etapa de desinfecção final, importante para a remoção de patógenos. Na Tabela 3 são discriminados os valores médios calculados e a quantidade de amostras fornecidas pela empresa de saneamento para os parâmetros: coliformes termotolerantes, pH, DBO e ovos de helmintos.

**Tabela 3.** Características das ETEs potenciais geradoras de água de reúso na BHRI.

ETEs	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)		Ph		DBO (mg O <sub>2</sub> /L)		Ovos de Helmintos (ovo/L)	
	Nº Amostras	Valor médio	Nº Amostras	Valor médio	Nº Amostras	Valor médio	Nº Amostras	Valor médio
Nossa Senhora do Ó	29	9,16 x 10 <sup>2</sup>	32	8,2	33	18	0	NI
Luiz Bezerra Torres	6	8,35 x 10 <sup>3</sup>	29	7,4	27	110	0	NI
Alto Do Moura	10	7,66 x 10 <sup>3</sup>	30	7,3	28	106	0	NI
Caruaru	21	2,71 x 10 <sup>3</sup>	32	8,6	33	17	6	< 1
Arcoverde III	21	3,45 x 10 <sup>3</sup>	31	8,9	30	23	0	NI
Venturosa	14	7,76 x 10 <sup>3</sup>	26	7,8	24	28	5	< 1
Tacaimbó	10	5,52 x 10 <sup>3</sup>	33	7,2	33	47	2	< 1
Gravatá	14	3,50 x 10 <sup>3</sup>	32	7,4	32	38	4	< 1

NI: não informado.

Fonte: autores (2023).

Considerando a USEPA como referência, nenhuma ETE atinge os intervalos do parâmetro coliformes termotolerantes. No entanto, tomando como base os valores do CERH/MG, mais adequado à realidade local, o uso agrícola restrito e o uso urbano são possíveis para todas as ETEs, sem que o efluente precise passar por outras etapas de tratamento para sua adequação.

De acordo com os dados que foram fornecidos pela Companhia, quanto ao critério de DBO, o efluente das ETEs Nossa Senhora do Ó, Caruaru, Arcoverde III e Venturosa também se mostra apto para os usos restritos, sendo menor que 30 mg/L. Quanto ao pH, todas as ETEs se enquadram no intervalo de referência de 6,0 a 9,0. Para o parâmetro ovos de helmintos, haviam dados para as ETEs Caruaru, Venturosa, Tacaimbó e Gravatá, que também se enquadram no limite adotado pelo CERH/MG.

Embora outros critérios precisem ser avaliados, o fato de algumas das ETEs já produzirem efluentes com valores dentro dos intervalos recomendados é um indício positivo para a viabilidade do reúso. Ademais, etapas adicionais podem ser implantadas nas plantas de tratamento para polimento do efluente e produção de água de reúso com parâmetros mais restritos, possibilitando um universo maior de finalidades de uso.

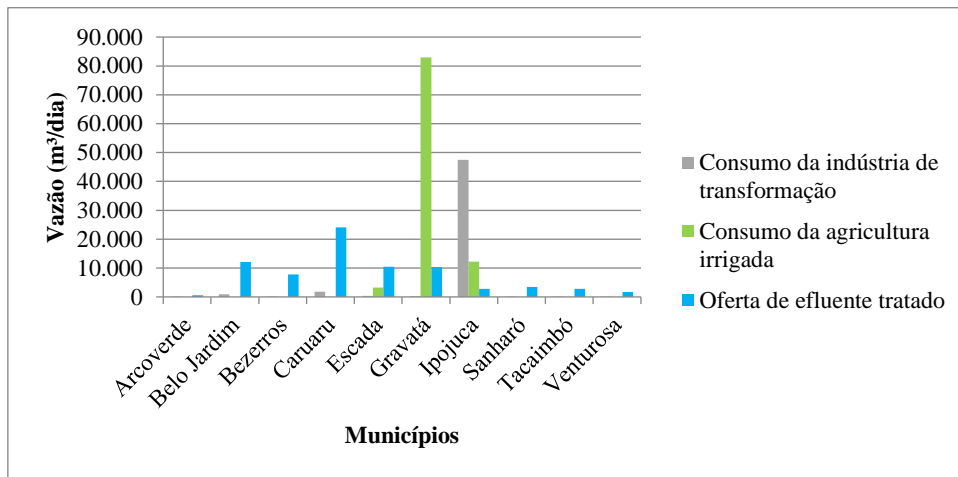
Como pontuam Obraczka *et al.* (2019), os custos com o tratamento de esgoto já fazem parte da rotina das empresas de saneamento para atendimento das legislações ambientais quanto ao lançamento dos efluentes em corpo hídricos, onde as melhorias necessárias para produção de água de reúso podem ser financiadas através da cobrança pelo fornecimento do recurso.

Nesse contexto, a Organização Mundial da Saúde chama a atenção para o reúso como uma oportunidade para aumentar o tratamento de esgoto e o uso produtivo desse efluente para diversos fins, especialmente em localidades com déficit nos serviços de coleta e tratamento de esgoto, com proporções significativas de águas residuais não tratadas, como é o caso da BHRI (WHO, 2018).



## 4.2 Caracterização da Demanda Potencial para a Água de Reúso

A Figura 3 apresenta a relação entre a vazão de efluente tratado considerando a capacidade nominal das ETEs e as vazões de consumo da agricultura irrigada e da indústria de transformação nos municípios em análise, para o ano de 2020, de acordo com a projeção do Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil (ANA, 2019). O consumo da indústria de transformação nos dez municípios totaliza 51.0956 m<sup>3</sup>/dia e da agricultura irrigada, 98.366 m<sup>3</sup>/dia. O consumo total é equivalente a 196% da capacidade nominal de tratamento das ETEs.



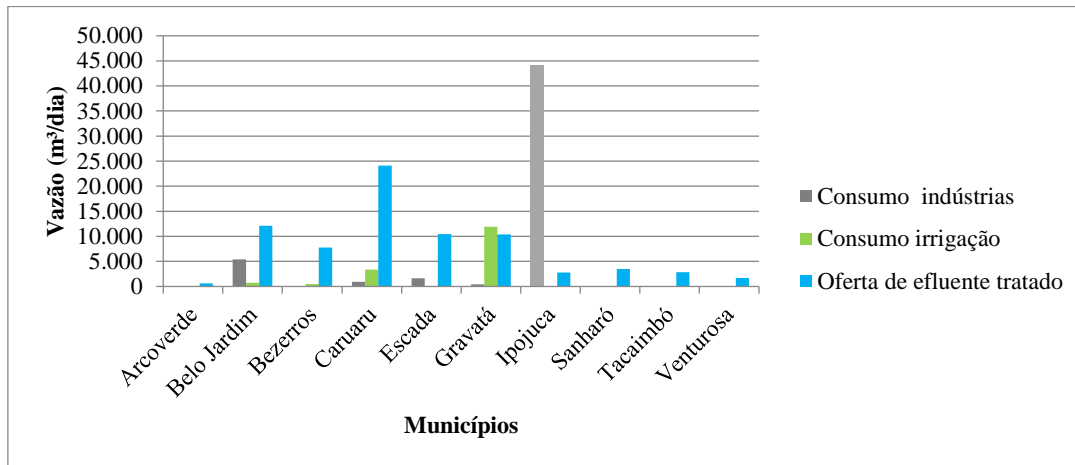
**Figura 3.** Relação entre os usos consuntivos e a produção de efluente tratado na BHRI.  
**Fonte:** autores (2023).

Observa-se que o volume de esgoto tratado nos municípios de Ipojuca e Gravatá, mesmo considerando as ETEs operando com capacidade nominal, é inferior às demandas de consumo, onde Gravatá se destaca na agricultura irrigada e Ipojuca tem um destaque maior na indústria de transformação. Segundo o Plano Hidroambiental da BHRI, no baixo curso do Ipojuca, onde estão localizados os municípios de Ipojuca e Escada, existe uma grande demanda para irrigação de cana-de-açúcar.

Freitas *et al.* (2013) pontuam que o consumo hídrico excessivo e a expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Brasil têm impulsionado o desenvolvimento de pesquisas direcionadas à viabilidade do uso de efluentes de esgoto doméstico tratado para irrigação desta cultura. Deon (2010) demonstrou que a irrigação com efluente não alterou a qualidade industrial da cana-de-açúcar, causando aumento do desempenho vegetativo e ganho de produtividade. Barbosa (2017) e Paula *et al.* (2010) também reportam aumento de produtividade através da irrigação da cana com água de reúso proveniente de esgotos sanitários.

Já em Gravatá, a demanda seria para as atividades de floricultura, fruticultura e horticultura (SRH, 2010). Além de Escada, Gravatá e Ipojuca, os demais municípios não apresentaram vazões de retirada e consumo para agricultura irrigada. Sanharó, Tacaimbó, Venturosa e Arcoverde apresentaram consumo industrial inferior a 100 m<sup>3</sup>/dia cada. Nessa categoria, destacam-se ainda os municípios de Caruaru (1819 m<sup>3</sup>/dia), Belo Jardim (923 m<sup>3</sup>/dia) e Escada (417 m<sup>3</sup>/dia), nos quais a produção de efluente ainda superaria a demanda.

Em uma segunda análise, considerando os bancos de dados de outorga da Apac e da ANA, assim como o cadastro de clientes da Compesa, a Figura 4 traz a relação entre as demandas mapeadas e a produção de efluente tratado, em gráfico. Neste caso, o consumo industrial nos 10 municípios equivale a 52.495 m<sup>3</sup>/dia e o da irrigação, a 16.625 m<sup>3</sup>/dia. Juntos, representam 90,72% do efluente gerado nas ETEs considerando a capacidade nominal.



**Figura 4.** Relação entre os usos mapeados e a produção de efluente tratado na BHRI.

**Fonte:** autores (2023).

Observa-se que as tendências quanto às demandas industriais e de irrigação nos municípios permanecem, apesar de diferenças com relação aos valores gerais, com destaque para Ipojuca, Gravatá, Caruaru, Belo Jardim e Escada. Localizado na Região Metropolitana do Recife, o município de Ipojuca possui a maior concentração de indústrias. No entanto, apenas duas delas, a Petroquímica e a Petrobras, correspondem a aproximadamente 91% do consumo diário estimado para a categoria industrial.

O município de Caruaru, por sua vez, se destaca como polo comercial e industrial, especialmente a indústria de confecção de roupas (SRH, 2010). Silva; Xavier; Sobral. (2022) pontuam a importância das lavanderias industriais que processam peças de jeans na região e utilizam a água como matéria-prima principal.

Já em Belo Jardim, três indústrias são responsáveis pelo consumo nesta categoria: Notaro e ASA (setor alimentício), e Acumuladores Moura (baterias automotivas). Esse grupo tem outorga de captação no sistema hídrico Bitury/Belo Jardim, formado pelo açude Bitury (Engenheiro Severino Guerra), localizado no rio Bitury, afluente à margem esquerda do rio Ipojuca, e pelo reservatório Belo Jardim (Pedro Moura), construído pela Compesa.

O Bitury foi construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), em 1961, passando a ser utilizado para abastecimento público em meados da década de 1970. Nesta região, há registro de conflitos pelo uso da água devido ao esgotamento da disponibilidade hídrica do reservatório. Além de usos para abastecimento público e indústrias, o Marco Regulatório do sistema hídrico Bitury/Belo Jardim, Resolução ANA/APAC nº55/2018, aponta uma vazão média anual de 36 L/s (3.110 m³/dia) para usos diversos no entorno dos dois reservatórios, incluindo os que independem de outorga de direito de uso. Desse total, 26 L/s seria para atender o uso de pequenos irrigantes, onde um estudo preliminar realizado pela Apac havia mapeado aproximadamente 40 ha de área irrigada no entorno do açude Bitury e cerca de 20 ha no reservatório Belo Jardim (ANA, 2018; ANA/APAC, 2018).

Nesse cenário, o efluente tratado na ETE Belo Jardim teria um importante papel no fornecimento de água de reúso na região, auxiliando no aumento da oferta de água e no equilíbrio do balanço hídrico, dirimindo os conflitos pelo uso da água entre os usuários dos reservatórios. Importante ressaltar que durante períodos de estiagem e escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais (BRASIL, 1997) seguido pelo abastecimento urbano (ANA, 2018). Consequentemente, nessas situações, a alocação de água para indústrias, irrigantes e outros usuários é anulada ou reduzida.

Os municípios de Arcoverde, Bezerros, Sanharó, Tacaimbó e Venturosa apresentaram demanda inexpressiva para indústria e irrigação a partir dos cadastros de outorga e da Compesa, sendo também as localidades com as menores vazões de efluente tratado em 2020. Para esses



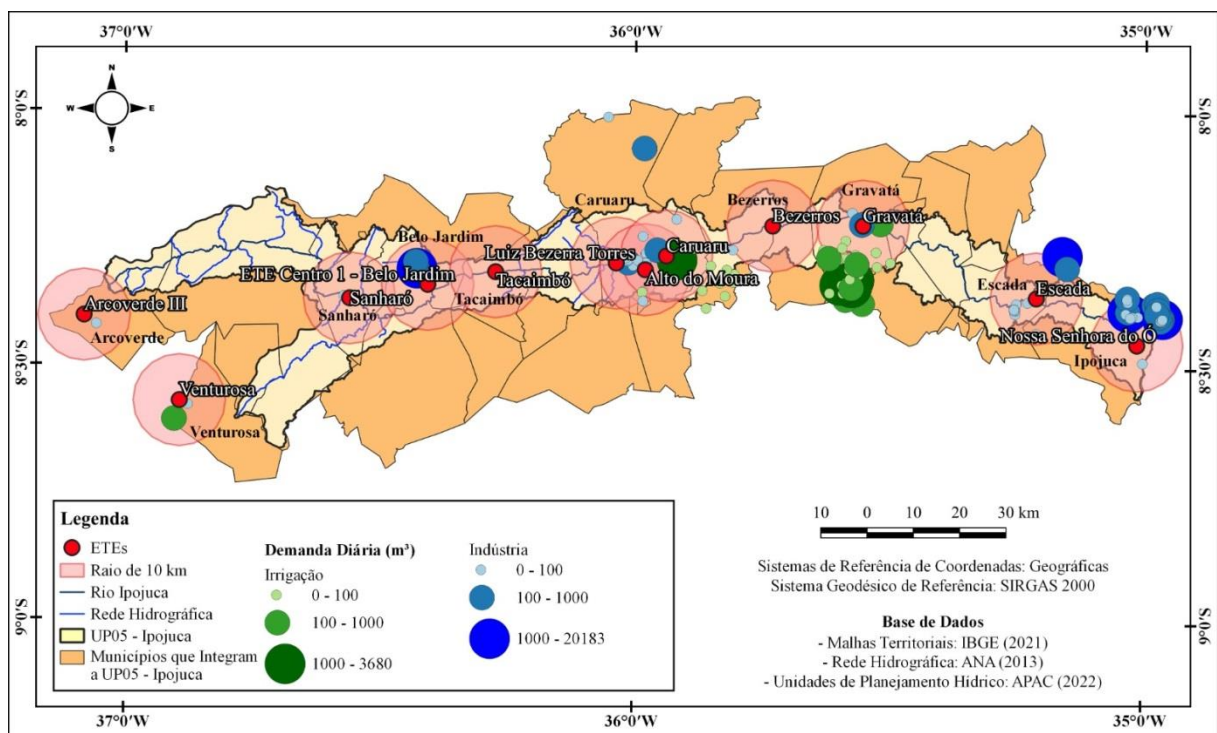
municípios, a água de reúso fornecida pelas ETEs pode representar um atrativo para o desenvolvimento da agricultura irrigada e da indústria. Além desses usos, destaca-se a possibilidade de utilização de água de reúso para fins urbanos, como limpeza de vias, irrigação paisagística, lavagem de carros, entre outros, que podem ser explorados.

Considerando a baixa disponibilidade hídrica nos municípios que fizeram parte do estudo, especialmente os localizados na região semiárida, a água de reúso pode ser percebida como uma oportunidade de incentivo ao desenvolvimento de atividades econômicas, sendo uma fonte de água constante. Por outro lado, considerando os baixos índices de saneamento, a transformação do efluente tratado em um produto comercializável pode aumentar a receita da companhia de saneamento e os investimentos para melhoria dos serviços em busca da universalização.

### 4.3 Análise Espacial do Potencial de Reúso na Bacia

Com base nas demandas explicitadas na Figura 4, procedeu-se à elaboração do mapa que delimita os potenciais geradores e consumidores de água de reúso nos 10 municípios da BHRI, conforme representado na Figura 5. Através desta representação geoespacial, é perceptível a concentração das demandas no município de Ipojuca, as quais podem ser supridas em um raio de 10 km a partir da estação de tratamento. No caso de Gravatá, parte das demandas encontra-se fora dos limites da bacia e do alcance de 10 km. No entanto, foi constatada a viabilidade de atendimento ao considerar um raio de 20 km.

Em Caruaru, a maioria dos consumidores encontra-se nas proximidades das três estações, uma realidade similar à de Belo Jardim, onde as unidades industriais estão situadas dentro do raio de abrangência da ETE. É igualmente relevante ressaltar que a distribuição da água de reúso pode ultrapassar os limites municipais. A título de exemplo, as ETEs de Bezerros e Tacaimbó podem atender às demandas de Gravatá e Belo Jardim, respectivamente. Por último, tanto em Arcoverde quanto em Venturosa, as demandas localizam-se fora da área da bacia, porém próximas das ETEs, facilitando a distribuição da água de reúso por caminhão pipa.



**Figura 5.** Mapeamento dos geradores e potenciais consumidores para a água de reúso da BHRI.

**Fonte:** autores (2023).



## 5 CONCLUSÃO

Em termos de balanço hídrico, a disponibilidade de efluente tratado pelos sistemas públicos de saneamento é menor que a demanda hídrica apenas nos municípios de Ipojuca e Gravatá. Nas demais localidades, a capacidade nominal de tratamento das ETEs, em operação e obras, é maior que as demandas para irrigação e indústrias identificadas através das metodologias adotadas. Já em termos de qualidade, para os parâmetros analisados, as ETEs em operação demonstraram bom desempenho, onde o efluente poderia ser usado para alguns usos mais restritos sem a necessidade de tratamento adicional.

Espacialmente, constatou-se que parte dos consumidores poderiam ser atendidos a uma distância de 10 km a partir das ETEs, e que o efluente produzido em municípios com baixa demanda poderia ser utilizado para atendimento de outras localidades, aumentando-se a distância a ser percorrida. Dessa forma, é possível inferir que a BHRI possui um potencial de reúso a ser explorado, especialmente com o aumento do percentual de coleta de esgoto nos municípios, aumentando também a vazão de efluente tratado nas ETEs.

Sendo assim, recomenda-se para estudos futuros o desenvolvimento de ações para regulamentação da prática do reúso no estado de Pernambuco e na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, de acordo com os instrumentos de gestão de recursos hídricos. Ademais, faz-se necessário aprofundamento quanto à qualidade do efluente através de análises dos demais parâmetros requeridos nas normas de referência, possibilitando maior segurança para a prática do reúso e a avaliação quanto a necessidade de adequação das ETEs para inclusão de novas etapas de tratamento.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pela bolsa PQ do autor xxxxx; ao CNPq pelo financiamento ao INCT ONSEadapta, Proc. N 406919/2022-4; e ao INCT MC II.

## REFERÊNCIAS

- ÁGUAS DO BRASIL. (2020). *Reuso*: instrumento de um novo modelo de gestão das águas. Disponível em: <https://aguasdobrasil.org/artigo/reuso/>
- ANA. (2015). *Encarte especial sobre a crise hídrica. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil – informe 2014*. Brasília: ANA.
- ANA. (2017). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno*. Brasília: ANA.
- ANA. (2019). *Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil*. Brasília: ANA.
- ANA. (2020). *Enquadramento dos corpos d'água em classes*. Brasília: ANA.
- ANA. (2023). *Nota Técnica nº 14/2018/COMAR/SER*. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/alocacao-de-agua-e-marcos-regulatorios/marcos-regulatorios/marcos-regulatorios-pe>
- ANA/APAC. (2018). *Resolução Conjunta ANA/APAC nº 55, de 06 de agosto de 2018*. Disponível em: [https://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2018/0055-2018\\_Ato\\_Normativo.pdf?142753](https://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2018/0055-2018_Ato_Normativo.pdf?142753)



APAC. (2017). *Proposta de Implantação de Outorga de Lançamento de Efluentes na Bacia do Rio Ipojuca*: Produto 7- Relatório Final. Recife: Apac.

APAC. (2021). *Resolução nº 02/2021 – DC*, de 16 de abril de 2021. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/outorga>

AQUAPOLO. *História*. Disponível em: <http://www.aquapolo.com.br/historia/>

ARAÚJO, B. M., SANTOS, A. S. P., & SOUZA, F. P. (2017). Comparativo econômico entre o custo estimado do reúso do efluente de ETE para fins industriais não potáveis e o valor da água potável para a região sudeste do Brasil. *Perspectivas Online: ciências exatas e engenharia*, 17(07), 51-61.

BARACHO, R. O., & SCALIZE, P. S. (2023). Challenges and Facilitating Factors to Implement Water Safety Plans: a Systematic Review. *Revista De Gestão Social E Ambiental*, 17(2), e03206.

BARBOSA, E. A. A. *et al.* (2017). Water footprint of sugarcane irrigated with treated sewage and freshwater under subsurface drip irrigation, in Southeast Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 153, 448-456.

BRASIL. (1997). *Lei Nº 9.433*, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)

CERH/MG. (n.d.). Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. *Deliberação Normativa Nº 6*. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52040>

CIRILO, J. A. (2015). Crise hídrica: desafios e superação. *Revista USP*, 106, 45–48.

COMPESA. (2019). *Relatório de Sustentabilidade 2019*, Ano Base 2018. Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2019/08/Relat%C3%B3rio-de-sustentabilidade.pdf>

COMPESA. (2020). *Edital Chamamento Público Compesa nº 004/2020*. Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/portal-de-parcerias/reuso-para-etes/>

COMPESA. (2022). *Relatório Semestral PSA Ipojuca: janeiro a junho de 2022*. Recife: COMPESA.

Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. (2006). Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. *Diário Oficial da União*, seção 1, Brasília, DF, ed. 85, p. 91.

CRUVINEL, K. A. da S., *et al.* (2021). Reúso de água a partir de efluentes de Estações de Tratamento de Esgotos para irrigação de pastagens na bacia hidrográfica do rio Meia Ponte. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, 9(2), 126-140.

DEON, M. D. (2010). *Reciclagem de água e nutrientes pela irrigação da cana-de-açúcar com efluente de estação de tratamento de esgoto*. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.



- EMBASA. (2021). *Estudo de Avaliação das Potencialidades de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Estado da Bahia*. Salvador: Embasa.
- FARIA, A. A. (2020). *Análise do potencial de reúso de água para fins não potáveis a partir do efluente tratado de Estações de Tratamento de Esgotos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- FREITAS, C. A. S. de. (2013). Efluente de esgoto doméstico tratado e reutilizado como fonte hídrica alternativa para a produção de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(7), 727–734.
- FUNASA. (2019). *Manual de saneamento* (5ª ed.). Brasília: Funasa.
- IBGE. (2015). *Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2015*. Rio de Janeiro: IBGE.
- IDS. Instituto Democracia e Sustentabilidade. (2019). *Recomendações para o aprimoramento da tarifa da Sabesp*. São Paulo/SP: IDS.
- INTERÁGUAS. (2017). *Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil*. Produto III - critérios de qualidade de água (RP01B). Brasília: Ministério das Cidades e IICA.
- IWA. (2018). *Wastewater report 2018: the reuse opportunity*. Londres: IWA.
- MIDR. (2022). Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. *Consulta pública nº 3/2022*. Disponível em: <https://www.gov.br/participamaisbrasil/resolucao-do-cnrh-reuso-nao-potavel>
- MOURA, P. G., et al. (2020). Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 25(6), 791-808.
- OBRACZKA, M., et al. (2019). Reuso de efluentes de tratamento secundário como alternativa de fonte de abastecimento de água no município do Rio de Janeiro. *Sistemas & Gestão*, 14, 291-309.
- PAULA, A. M. de., et al. (2010). Reuso de efluentes nos estoques de carbono e nitrogênio no solo e na produtividade da cana sem despalha a fogo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 33., 2010, Uberlândia/MG. *Anais [...]*. Uberlândia: ICIAG/UFU.
- PERNAMBUCO. (2005). Secretaria de Planejamento – SEPLAN. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco - CONDEPE/FIDEM. *Bacia Hidrográfica Do Rio Ipojuca: Série Bacias Hidrográficas de Pernambuco Nº 1*. Recife: CONDEPE/FIDEM.
- REBELO, A., et al. (2020). Water reuse in Portugal: New legislation trends to support the definition of water quality standards based on risk characterization. *Water Cycle*, 1, 41-53.
- SANTOS, A. S. P., et al. (2021). Proposição de uma metodologia estruturada de avaliação do potencial regional de reúso de água: 01 – terminologia e conceitos de base. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, 9(2), 1-17.





SANTOS, J. S., UTSUMI, A. G., & SANTOS, C. E. D. (2023). Potencial de Utilização de Água de Reúso em Polo Nacional de Agricultura Irrigada. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(03), 1175-1185.

SILVA JUNIOR, L. C. S., *et al.* (2021). Proposição de uma metodologia estruturada de avaliação do potencial regional de reúso de água: 03 – metodologia de potencialidades (demandas e ofertas) e análise espacial. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, 9(2), 36-54.

SILVA, B. L., XAVIER, M. G. P., & SOBRAL, M. F. F. (2022). Jeans Processing and Water Reuse Systems in a Brazilian Semiarid Region. *Revista De Gestão Social E Ambiental*, 16(2), e03027.

SNIS. (2021). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto - ano de referência 2020. Brasília: SNS/MDR.

SPERLING, M. V. (2011). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos* - vol. 1: princípios do tratamento biológico de águas residuárias (4ª ed.). Belo Horizonte: UFMG.

SRH/PE. (2010). Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco. *Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca*. Tomo IV: Resumo Executivo / Projetos Técnicos. Recife.

UNESCO. (2021). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. World Water Assessment Programme. *The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water*. Paris: UNESCO.

USEPA. (2012). United States Environmental Protection Agency. *Guidelines for Water Reuse*. Washington: USEPA.

WHO. (2017). World Health Organization. *Potable Reuse: Guidance for Producing Safe Drinking-Water*. Geneva: WHO.

WHO. (2018). World Health Organization. *Progress on safe treatment and use of wastewater: piloting the monitoring methodology and initial findings for SDG indicator 6.3.1*. Geneva: World Health Organization and UNHABITAT.