

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE GESTÃO PÚBLICA
TECNOLOGIA EM GESTÃO PÚBLICA

EMERSON SOUSA LOPES

POLÍTICA DE ECONOMIA CIRCULAR E REUSO DE ÁGUA: DIRETRIZES JURÍDICAS E SOCIOAMBIENTAIS PARA A RESILIÊNCIA HÍDRICA NO SEMIÁRIDO

SUMÉ - PB
2026

EMERSON SOUSA LOPES

POLÍTICA DE ECONOMIA CIRCULAR E REÚSO DA ÁGUA: DIRETRIZES JURÍDICAS E SOCIOAMBIENTAIS PARA A RESILIÊNCIA HÍDRICA NO SEMIÁRIDO

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo Científico) apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão Pública do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Pública.

Orientador: Professor Dr. José Irivaldo Alves Oliveira Silva.

SUMÉ - PB
2026



L864p Lopes, Emerson Sousa.

Política de economia circular e reuso da água: diretrizes jurídicas e socioambientais para a resiliência hídrica no semiárido. / Emerson Sousa Lopes. - 2026.

53 f.

Orientador: Professor Dr. José Irivaldo Alves Oliveira Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (modalidade artigo científico) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso Superior de Tecnologia em Gestão Pública.

1. Economia circular. 2. Reuso da água – diretrizes jurídicas. 3. Resiliência hídrica. 4. Semiárido brasileiro. 5. Escassez hídrica – semiárido. 6. Revisão sistemática da literatura. 7. Governança da água. I. Silva, José Irivaldo Alves Oliveira. II. Título.

CDU: 35(045)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

EMERSON SOUSA LOPES

POLÍTICA DE ECONOMIA CIRCULAR E REÚSO DA ÁGUA: DIRETRIZES JURÍDICAS E SOCIOAMBIENTAIS PARA A RESILIÊNCIA HÍDRICA NO SEMIÁRIDO

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo Científico) apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão Pública do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Pública.

BANCA EXAMINADORA:

Professor Dr. José Irivaldo Alves Oliveira Silva.
Orientador – UAGESP/CDSA/UFCG

Professor Dr. Bruno Vicente Lippe Pasquarelli.
Examinador I – UAGESP/CDSA/UFCG

Professor Dr. Kevin Ferreira Corcino.
Examinador II – UAGESP/CDSA/UFCG

Trabalho aprovado em: 29 de julho de 2026.

SUMÉ - PB

AGRADECIMENTOS

Sou grato à natureza cósmica do universo que, mediante seu movimento sinérgico, me anima ao desejo da ciência e ao aperfeiçoamento epistemológico.

Aos meus familiares que intercedem por mim, constantemente, para a evolução do meu ser tridimensional.

Aos meus mentores espirituais que me livram de caminhos tortuosos, me guardam das mazelas da vida em tempos sombrios, regem meus pensamentos, dissipam as ciladas que obstruem o sucesso, dirimem o entusiasmo do prazer a ciência e ao conhecimento.

Por fim, sou grato a todos os (as) professores mestres e doutores da Universidade Federal de Campina Grande, que cooperaram para o meu crescimento profissional, pessoal e acadêmico, em especial ao orientador, Prof. Dr. José Irivaldo Alves Oliveira Silva, entusiasta das Ciências Sociais Aplicadas, que oportunamente abriu as portas do universo acadêmico e me aguçou o desejo pela pesquisa em gestão dos recursos hídricos no semiárido nordestino brasileiro.

“A água de qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba”.

Guimarães Rosa

RESUMO

A escassez hídrica, agravada pelas mudanças climáticas, pelo crescimento populacional e pela urbanização acelerada, constitui um dos maiores desafios do século XXI, especialmente em regiões semiáridas. Este estudo analisa a relevância da implementação de uma política pública de reuso de água atrelada aos princípios da economia circular como estratégia de promoção a resiliência hídrica no semiárido brasileiro. Por meio de uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e métodos exploratório e descritivo , realizou-se revisão sistemática da literatura em bases científicas como Scopus e Web of Science, além de levantamento documental de experiências normativas e institucionais no Brasil e no exterior. Os resultados demonstram que países como Israel, Singapura, Espanha e Arábia Saudita alcançaram índices expressivos de reuso de água mediante marcos regulatórios robustos, governança multinível e inovação tecnológica, enquanto o Brasil reutiliza menos de 1% de sua capacidade, carecendo de normatização federal específica e de coordenação entre os entes federativos. No semiárido nordestino, os elevados índices de perda na distribuição e a vulnerabilidade climática tornam urgente a adoção de políticas integradas que articulem ampliação da infraestrutura de reuso, estímulo a tecnologias circulares, redução da contaminação hídrica e fomento à pesquisa adaptada. Conclui-se que a economia circular da água, alicerçada em instrumentos de gestão e planejamento integrado, regulamentação jurídica e socioambiental adequadas, constitui caminho viável e necessário para transformar a gestão hídrica na região, promovendo segurança hídrica, justiça social e sustentabilidade ambiental para as atuais e futuras gerações.

Palavras-chave: Economia Circular; Políticas Públicas; Reuso de Água; Semiárido.

ABSTRACT

Water scarcity, exacerbated by climate change, population growth, and rapid urbanization, poses one of the greatest challenges of the 21st century, particularly in semi-arid regions. This study analyzes the relevance of implementing a public policy for water reuse linked to circular economy principles as a strategy to foster water resilience in the Brazilian semi-arid region. Through applied research employing a qualitative approach and exploratory, descriptive, and documentary methods, a systematic literature review was conducted using scientific databases such as Scopus and Web of Science, alongside a documentary survey of regulatory and institutional experiences in Brazil and abroad. The results demonstrate that countries such as Israel, Singapore, Spain, and Saudi Arabia have achieved significant water reuse rates through robust regulatory frameworks, multilevel governance, and technological innovation, whereas Brazil reuses less than 1% of its capacity, lacking specific federal regulations and coordination among government entities. In the Northeastern semi-arid region, high distribution loss rates and climate vulnerability make it urgent to adopt integrated policies that coordinate the expansion of reuse infrastructure, incentivize circular technologies, reduce water contamination, and foster tailored research. The study concludes that a circular water economy grounded in integrated management and planning tools, as well as appropriate legal and socio-environmental regulations offers a viable and necessary path to transform water management in the region, promoting water security, social justice, and environmental sustainability for current and future generations.

Keywords: Circular Economy; Public Policies; Water Reuse; Semiarid Region.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Experiências internacionais de reuso de água.....24

QUADRO 2 – Experiências estaduais de tecnologias para o reuso…….....27

QUADRO 3 – Experiências jurídicas estaduais.....28

QUADRO 4 – Experiências jurídicas municipais.....30

QUADRO 5 – Matriz Lógica para elaboração de políticas públicas do reuso de água.....38

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Relação da quantidade de artigos publicados por ano.....19

FIGURA 2 – Planejamento Integrado para o reuso.....20

FIGURA 3 – Instrumentos para o planejamento do reuso.....22

FIGURA 4 – Políticas de Alinhamento das experiências internacionais com o ODS6.....25

FIGURA 5 – Monitoramento de secas no Brasil.....33

FIGURA 6 – % de desperdício de água nos estados do nordeste brasileiro.....34

FIGURA 7 – Impacto das políticas públicas Para o reuso de água…….....…….....…….37

FIGURA 8 – Arranjos e Instrumentos na complexidade da Governança Multinível.....…..40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO…….10

2 A ECONOMIA CIRCULAR NA GESTÃO E GOVERNANÇA DA ÁGUA……..11

3 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS EXPERIÊNCIAS DE REUSO……...……..12

3.1 O reuso de água no Brasil……..…...12

3.2 O Reuso de água na União Europeia……15

3.3 O Reuso de água na Ásia e Oriente Médio…….…..16

4 METODOLOGIA…….17

4.1 Procedimentos de coleta de dados……17

4.2 Análise de dados Scopus e Web of Science……...19

5 GESTÃO, PLANEJAMENTO E ECONOMIA CIRCULAR…….20

6 EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS DE REUSO……...…..…….....23

6.1 Diretrizes Jurídicas e Socioambientais……23

7 **DIRETRIZES NACIONAIS DE REUSO…….....27**

7.1 A Relevância Sociambiental do Reuso Para o Nordeste…….....32

7. Política Pública Essencial Para o Semiárido…….……...36

8 CONCLUSÃO……..…...42

REFERÊNCIAS…….44

1 INTRODUÇÃO

As práticas de reutilização da água são milenares e acompanham o desenvolvimento das civilizações (Santos *et al*., 2024). Contudo, a primeira regulamentação formal sobre o reuso foi publicada em 1918, no estado da Califórnia (EUA), estabelecendo um marco inicial para a gestão desse recurso (Angelakis *et al*., 2018). Posteriormente, novas diretrizes foram elaboradas em 1973 e atualizadas em 2006, com foco na aplicação agrícola (Lima *et al.*, 2018).

Apesar da consolidação histórica dessas práticas, ainda persistem lacunas no campo de conhecimento significativas no que se refere a regulação, à gestão e a governança política da reutilização dos recursos hídricos. A escassez hídrica, intensificada pelas mudanças climáticas, pelo crescimento populacional e pela urbanização acelerada, configura-se como um dos maiores desafios do século XXI.

Diante deste cenário, o reuso de águas residuais tratadas emerge como estratégia fundamental para a gestão sustentável dos recursos hídricos, alinhando-se aos princípios da economía circular em um contexto de emergência climática. A Organização das Nações Unidas (ONU, 2026) declarou que o mundo entrou na era da “falência hídrica”, tornando a produção sustentável de água um desafio global (Aleisa, 2024), especialmente em regiões semiáridas, nas quais, segundo Silva (2023), esse objetivo é particularmente difícil de ser alcançado.

A proteção dos recursos hídricos é fator essencial para a construção de cidades resilientes conforme protagonizado pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6 (Água Potável e Saneamento), 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima) da Agenda 2030 da ONU (Marchioni *et al*., 2023). Nesse sentido, as estratégias de abastecimento hídrico devem priorizar a redução do consumo e o reaproveitamento dos recursos naturais.

A integração entre o consumo de água e um plano econômico circular constitui prática essencial e viável para enfrentar os desafios da escassez (Czuba *et al*., 2021). Essa interconexão é fundamental para promover a segurança hídrica, contribuir para a adaptação climática e melhorar a qualidade de vida das comunidades.

Neste contexto, o presente estudo examina experiências nacionais e internacionais relacionadas a diretrizes jurídicas e socioambientais em gestão e governança de políticas públicas para a reutilização da água como forma sustentável de consumo. Os achados documentais, sistematizados na metodologia desta pesquisa, abarcam modelos de gestão e

governança que podem ser reaproveitados e replicados no seminário brasileiro, região marcada por problemas crónicos de secas e deficit na gestão dos recursos hídricos.

No geral, o objetivo desta pesquisa consiste em analisar a importância de uma política pública fundamentada na gestão e governança do reuso de água, atrelada aos princípios da economia circular. Assim, o problema de pesquisa que orienta este trabalho é: **de que modo o reuso de água atrelado a economia circular poderia ser incorporado como política pública no semiárido?** A busca por respostas a essa questão fundamenta-se na revisão da literatura e na análise documental, mediante os resultados de experiências nacionais e internacionais encontradas através do método proposto.

> A justificativa para a realização deste estudo reside na urgência de enfrentar a escassez de água no semiárido, região que sofre com escassez hídrica permanente e com perdas na distribuição de águas superiores a 45% na maioria dos estados e crescente vulnerabilidade climática, enquanto o Brasil reutiliza menos de 1% de sua capacidade de reuso por carecer de regulamentação específica e coordenação de políticas multiníveis.

Além disso, cumpre destacar que esta pesquisa é resultado de projeto científico vinculado ao Programa de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), com concessão do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), no período de 2024 a 2026. Além de contribuir para a construção de políticas públicas, o estudo visa fomentar a ciência, a inovação e a tecnologia no campo da gestão e regulação de recursos hídricos no semiárido.

2 A ECONOMIA CIRCULAR NA GESTÃO E GOVERNANÇA DA ÁGUA

Pesquisas do Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (FGVces) apontam que a economia circular emerge como uma opção promissora ao modelo económico linear predominante que fundamenta-se na obtenção, fabricação e eliminação de recursos. O pensamento linear da economia implica em ultrapassar os limites planetários e o consumismo e de desigualdade social , além de mostrar ser um sistema insustentável (FGV, 2024).

> A economia circular da água surge como um paradigma transformador que reconhece não apenas a água como um recurso finito, mas como um elemento central em sistemas regenerativos capazes de conciliar desenvolvimento socioeconômico e sustentabilidade ambiental (De Roo *et al*., 2021). Nesse sentido, Sgroi, M.; Vagliasindi, F. G. A.; Roccaro, P.

(2018) estabelecem que, embora as soluções técnicas demonstrem eficácia, a implementação do reuso enfrenta barreiras econômicas significativas.

Portanto, a gestão e governança da água no contexto da economia circular exige a superação de barreiras multidimensionais. Conforme evidenciado por Riasi *et al.* (2023), a reciclagem e a reutilização da água exigem arranjos institucionais robustos, além de políticas efetivamente implementadas em relação ao meio ambiente e ao uso seguro da água.

Além disso, diretrizes do Fórum Económico Mundial evidenciam que "os métodos lineares de produção e consumo são insustentáveis para o planeta" (Hodkinson *et al.*, 2018, p.3). Partido deste apontamento é evidente que um planejamento integrado para a gestão hídrica através da economia circular possibilita implementação de política de governança da água de forma sustentável, com tecnologia e inovação no planejamento estratégico. Nesse sentido, a economia circular tem como objetivo transformar a forma como usamos a matéria, buscando separar o crescimento econômico da necessidade de desperdiçar o recurso natural (Hodkinson *et al.*, 2018).

3 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS EXPERIÊNCIAS DE REUSO

3.1 O Reuso de Águas no Brasil

A partir de 2010 o Brasil começou a publicar suas regulamentações, em âmbito estadual (Santos *et al.*, 2020). Contudo, existem somente alguns estados da federação que dispõe de norma jurídica específica para o reuso (Moura *et al.*, 2020).

Entre 2010 e 2020 os estados da Bahia (2010), Ceará (2016), São Paulo (2020-2022), Minas Gerais (2020), Rio Grande do Sul (2020), Mato Grosso do Sul (2022), Distrito Federal (2022) e o Paraná (2023) publicam regulamentos de reuso para diversos fins, através de diretrizes nacionais do Interáguas (IRDA, 2023; Santos *et al.*, 2020), grupo de profissionais que atua nos serviços públicos e realiza projetos de gestão e planejamento municipal.

Embora existam regulamentações estaduais que tratam do reuso, o Brasil ainda precisa de regulamentação adequada e específica que trate do assunto em âmbito federal, de forma unificada e integrada, pois o país reutiliza menos de 1% da sua capacidade de reuso.

Para tanto, em 2024 a Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Câmara dos Deputados aprovou o Projeto de Lei 1641/19 que inclui, entre os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, o reuso de água e a compatibilidade entre a qualidade do recurso hídrico e as exigências de seu uso (Brasil, 2024). Outras alterações foram

acrescentadas no texto do projeto, em parecer, para que o reuso seja para fins não potáveis. A previsão de análise de viabilidade técnica e econômica do projeto ainda está em tramitação no Congresso Nacional.

Existem elementos legais sobre a reuso de águas no Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecido pela Lei nº 9.433/97, mas é importante salientar que do ponto de vista jurídico, a matéria sobre o reuso precisa ser regulamentada para que tenha eficácia no impacto sobre a sociedade, principalmente em âmbito municipal. Não são somente as questões normativas que podem ser barreiras para a viabilização de uma gestão eficiente, existem outras implicações, ao passo que a eficácia da lei seja atingida, a efetividade social é fundamental para a consolidação jurídico-normativa das questões regulatórias.

Santos (2024) enfatiza que o desenvolvimento de uma sociedade está também relacionado a questões políticas, institucionais, de educação social, culturais e a aceitação de outros fatores, (ex.: novas tecnologias). O Brasil ainda está em processo de adequação à nova realidade do reuso de águas em comparação com outros países que tem políticas de governança da água mais consolidada (Lima, 2018), para entender isso, comparado a outros países o Brasil atualmente usa somente 1,5% do seu esgoto tratado (IRDA, 2023).

Embora o percentual de reutilizaçãodo esgoto tratado seja baixo, nos últimos anos Brasil tem tido experiências regulatórias regionais significativas. A Lei n° 16.033/16 que dispõe sobre a Política de Reuso de Água Não Potável no âmbito do Estado do Ceará (MPCE, 2016), a Resolução CONERH n° 75 de 2010, do estado da Bahia, estabelece normas para o reaproveitamento não potável de água com propósitos agrícolas e florestais e segundo o Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM, 2020), a Deliberação Normativa n° 65, ratificada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), estabelece diretrizes para o reaproveitamento direto de água imprópria para consumo, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) em contratos de PPP`s.

Entretanto, existem experiências preocupantes, como ocorreu na cidade de Palmeira dos Índios, estado do Alagoas, que observou que o lodo da Estação de Tratamento de Água (ETA) em excesso ocasiona desequilíbrio ambiental nos corpos hídricos, afeta a saúde da população e causa efeitos nocivos ao meio ambiente (Oliveira *et al.*, 2023).

Outro estudo sobre o tratamento de água cinza realizado no Rio Grande do Norte mostrou que a falta de água enfrentada pela população do nordeste brasileiro é resultado da distribuição desigual dos recursos hídricos, que, por sua vez, é consequência das condições climáticas, socioambientais locais e regionais, resultando em prejuízos econômicos e sociais. Nesta distribuição, dá-se preferência ao consumo industrial ao invés do consumo humano, promovendo mais o progresso das atividades produtivas (Costa *et al.*, 2022).

A região semiárida em sua totalidade sofre com escassez hídrica permanente (Águas do Brasil, 2020). A reutilização de águas residuais como estratégia para enfrentar a seca no semiárido nordestino teve início em 1980 após experiências realizadas principalmente em Israel e nos EUA (IRDA, 2022). Entretanto, segundo Costa *et al* (2022) é imprescindível encontrar estratégias para lidar com as adversidades climáticas, para o autor a reutilização de água cinza é uma estratégia eficiente para lidar com a falta de água hidráulica, considerando que sua implementação reduz o uso de água potável na irrigação agrícola e indústrias. Neste cenário, o uso de sistemas de tratamento descentralizados é essencial e tratamento de esgoto surge como uma opção vantajosa.

Existem tecnologias solciais que (ex:, construção de cisternas) foram sendo implantadas no semiárido nordestino ao longo dos anos. A Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA), organização da sociedade civil, desenvolve dois programas: Programa de 1 milhão de Cisternas (P1MC) e o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), que permitem uma série de progressos não apenas para as famílias de baixa renda, mas também para as comunidades rurais em geral, como o aumento da participação escolar, a redução da ocorrência de enfermidades devido ao uso de água poluída com patógenos e a redução da sobrecarga de trabalho das mulheres nas tarefas domésticas diária.

Além disso, o CITinova, projeto do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) visa reduzir emissões de gases de efeito estufa e promover benefícios econômicos, sociais e ambientais, por meio de planejamento urbano integrado e políticas públicas sustentáveis, utilizando tecnologias inovadoras nas cidades brasileiras (Brasil, 2021). Em Recife no Pernambuco, por exemplo, o projeto foi iniciado com Jardins de Filtração para a transformação ecológica e despoluição do Rio Capibaribe através do uso de energia limpa em embarcações (Brasil, 2021).

3.2 O Reuso de Águas na União Europeia

No que se refere as experiências internacionais, o caso da União Europeia mostra que a região consolidou a relação entre reuso de água, economia circular e adaptação climática em um arcabouço regulatório recente. O Plano para a Economia Circular de 2020 e a Estratégia da UE para a Adaptação às Alterações Climáticas de 2021 estabelecem as bases para a integração destas políticas (Cordeiro *et al*., 2023). Além disso, o Regulamento (UE) 2020/741 estabelece requisitos para a reutilização da água na irrigação, promovendo a harmonização de normas entre os países e criando condições para o desenvolvimento de um mercado interno de água recuperada (Fidélis*et al*., 2025).

Por outro lado, a revisão da Diretiva de Tratamento de Águas Residuais Urbanas (UWWTD), aprovada provisoriamente em janeiro de 2024, aprofunda o compromisso de estabelecer metas de neutralidade energética para instalações de tratamento acima de 10.000 habitantes-equivalentes e ao exigir a implementação de planos integrados de gestão de águas urbanas (Cordeiro *et al*., 2023). A diretiva prevê ainda a redução da poluição mediante sistema de responsabilidade estendida do produtor para fármacos e produtos de higiene pessoal, criando mecanismo de financiamento para tratamentos avançados que do reuso.

Dessa forma, a orientação da UE prioriza a poupança e a eficiência como medidas sustentáveis de gestão da água, em relação ao investimento em infraestruturas de abastecimento. A Comunicação da Comissão de 2007 sobre Escassez de Água e Secas propôs uma hierarquia da água segundo a qual as opções de abastecimento só devem ser consideradas depois de esgotadas as melhorias na eficiência do lado da procura, incluindo a reutilização (Cordeiro *et al*., 2023). Esta hierarquia alinha-se aos princípios da economia circular ao priorizar a redução do consumo e a reutilização sobre a expansão da oferta.

A Espanha destaca-se como referência na implementação de políticas integradas de reuso. O Real Decreto 1620/2007 estabelece regime jurídico completo, abrangendo condições técnicas, modelo econômico e processos de licenciamento que define padrões de qualidade conforme o uso pretendido (Fidélis *et al*., 2025; Expósito *et al*., 2024). A legislação espanhola incorpora preocupações econômicas, considerando a localização das estações de tratamento, a produtividade da água nas diferentes culturas e a disponibilidade de recursos convencionais.

O caso da bacia do rio Guadalquivir ilustra a complexidade da implementação, embora as autoridades hidrográficas inicialmente tenham proibido a reutilização para proteger fluxos de retorno e vazões ambientais, pressões políticas e interesses de agricultores levaram à autorização de pequenos volumes nos ciclos posteriores de planejamento (Expósito *et al*., 2024). Esta tensão entre reuso direto e manutenção de fluxos ecológicos evidencia a necessidade de integrar políticas de economia circular.

Portugal, por sua vez, publicou o Decreto-Lei n.º 119/2019, estabelecendo padrões de qualidade e termos para licenciamento da produção e utilização de água para reutilização (Cordeiro *et al*., 2023). A legislação portuguesa, contudo, "carece de um modelo econômico e de instrumentos que possam promover a implementação de projetos" (Cordeiro *et al*., 2023, p. 8), constituindo instrumento necessário para saúde e segurança ambiental, como fator determinante para o aumento da reutilização.

Outra política estratégica da UE é Plano Estratégico PENSAAR 2020 que reconheceu a falta de sucesso das metas anteriormente estabelecidas, atribuindo-o a "dificuldades decorrentes dos quadros regulamentares desta atividade, e a níveis de Imposto sobre os Recursos Hídricos que não proporcionam os incentivos necessários à reutilização" (Cordeiro *et al*., 2023, p. 15).

3.3 O Reuso na Ásia e Oriente Médio

Já os países do Conselho de Cooperação do Golfo (CCG) apresentam modelo distinto, caracterizado pela dependência de recursos hídricos não convencionais. O Kuwait, país com maior estresse hídrico entre 177 nações (índice de 38,50%), desenvolveu infraestrutura avançada que garante acesso universal à água potável, mas às custas de subsídios governamentais que representam aproximadamente 92% do custo de produção (Aleisa, 2024). Esta realidade evidencia que a circularidade hídrica, enfrenta barreiras econômicas e políticas significativas quando não internaliza os custos ambientais.

O Decreto Real saudita de 2000 determinou que todas as águas residuais devem ser submetidas a tratamento terciário, independentemente da categoria de reuso (Alhajri *et al*., 2025). Esta política rigorosa reflete a percepção da água recuperada como recurso estratégico em contexto de escassez absoluta. A emissão de fatwa (decisão islâmica) autorizando o uso de

água reutilizada na agricultura, recreação e rituais demonstra a importância de considerar fatores religiosos e culturais na aceitação pública (Gul *et al*., 2021), ampliando o conceito de circularidade além das dimensões técnicas e económicas.

4 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se por uma abordagem metodológica qualitativa e está estruturada nos eixos exploratório, descritivo e documental. Essa triangulação metodológica permite uma compreensão abrangente do fonômeno investigado, conciliando a revisão da literatura a interpretação aprofundada de conteúdos normativos institucionais.

O estudo busca analisar a relevância do reuso de água atrelado a aconomia circular como políticas pública para o seniárido brasileiro. Os achados sitematizados ao longo da pesquisa podem servir como parâmetros e diretrizes replicaveis para a construção de políticas públicas regionais e locais, contribuindo para a gestão sustentável dos recursos hídricos na região.

4.1 Procedimentos e Coleta de Dados

Para responder o objeto deste estudo, realizou-se uma revisão sistemática da literatura, combinada com análise documenta, abrangendo artigos científicos indexados em base de dados, bem como normas, relatórios técnicos e planos governamentais. Essa abordagem permitiu mapear o panorama atual do reuso de água sob a ótica da economia circular, identificando experiências exeitosa, barreiras institucionais e instrumentos de governança.

A análise de conteúdo, fundamentada nos pressupostos de Birdin (1977), foi empregaga como técnica para a compreensõa de indicadores regulatórios, de governança e sustentabilidade. Essa técnica possibilita a identificação de categorias temáticas recorrentes nos documentos analisados, tais como: instrumentro de governança, modelos de financiamento, barreiras institucionais e potencial de replicabilidade de experiências bem-sucedidas.

A partir dos protocolos do “estado da arte”, entende-se que, “um assunto avança quando estudos anteriores são sintetizados logicamente com base nas descobertas de assuntos anteriores” (Paul; Criado, 2020, p. 1). Nesse sentido, a revisão sistemática realizada, buscou sintetizar o conhecimento produzido sobre a interseção entre reuso de água, economia circular e políticas públicas, principalmente no contexto do semiárido.

As publicações científicas foram consultadas em duas bases de dados de amplo conhecimento internacional: Scopus e Web of Science. A escocha dessas bases justifica-se pela cobertura multidisciplinar, rigor nos critérios de indexação e pela relevância em escala global. A coleta de dados foi realizada por meio de consultas estruturadas com combinações de palavras-chave, utilizando operadores booleanos (AND, OR). As expressões de busca foram:

- *"Water Reuse" AND "Circular Economy"*
- *"Water" AND "Climate" AND "Scarcity" AND " Reuse" OR "SDG6"*
- *"Water Reuse" AND "Climate" AND "Sarcity"*

Como critério de exclusão analisou-se os resumos dos artigos recuperados, comparando-se os arquivos e descartando-se os documentos duplicados, uma vez que um mesmo artigo poderia estar indexado em ambas as bases. Em seguida, realizou-se a seleção dos documentos mais relevantes para o desenvolvimento textual do tema, priorizando aqueles com maior impacto e alinhamento com os objetivos da pesquisa.

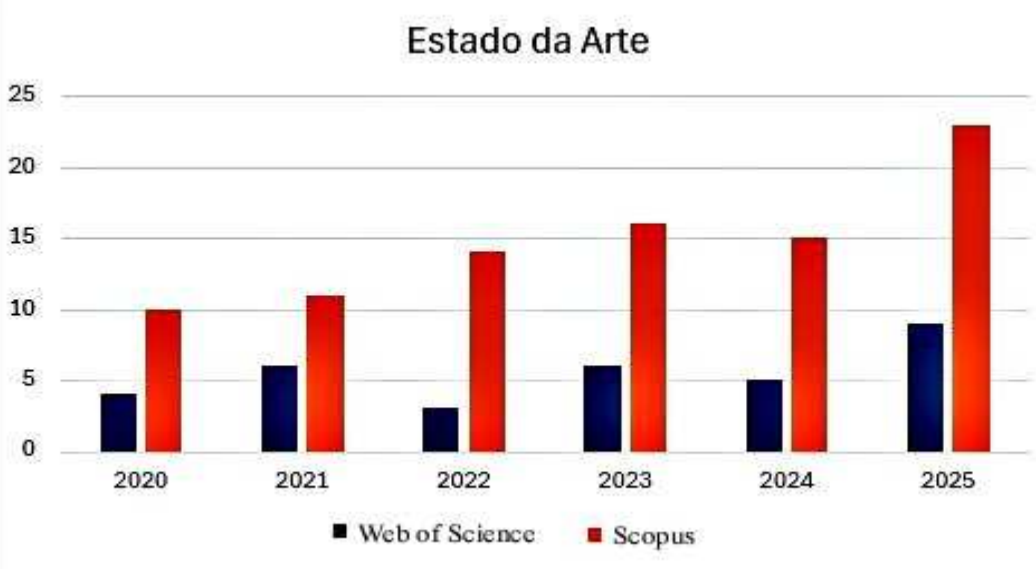
O recorte temporal abrangeu os últimos cinco anos (2020-2025), com intúito de captar as tendências mais recentes no debate académico, sobre reuso de água, economia circular e políticas públicas. Os dados coletados foram submetidos a análise de conteúdo (Bardin, 1977), permitindo a categorização dos achados em eixos temáticos.

Além da busca em bases científicas, realizou-se análise documental em sítios eletrônicos de organizações públicas e privadas, incluindo agências reguladoras, minitérios, institutos de pesquisas e organismosnacuionais e internacionais disponíveis como a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Instituto Trata Brasil, o Instituto Reuso de Água (IRDA), o Conselho Empresarial Brasileiro Para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), além de legislações federais, estaduais e municipais. Essa etapa complementar resultou na identificação de normas, relatórios técnicos e planos estratégicos que enriqueceram a base empírica da pesquisa, visando oferecer subsídios concretos para a formulação de políticas públicas de reuso alinhadas aos princípios da economia circular.

4.2 Análise de dados Scopus e Web of Science

A figura 1 ilustra a evolução temporal das publicações recuperadas na s plataformas Scopus e Web of Science. Os artigos analisados referem-se ao período de 2020 a 2025 e abrangem multiplas áreas de conhecimento, refletindo a interdisciplinaridade do tema.

Figura 1. Relação da quantidade de artigos publicados por ano



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da Scopus e Web of Science (2026).

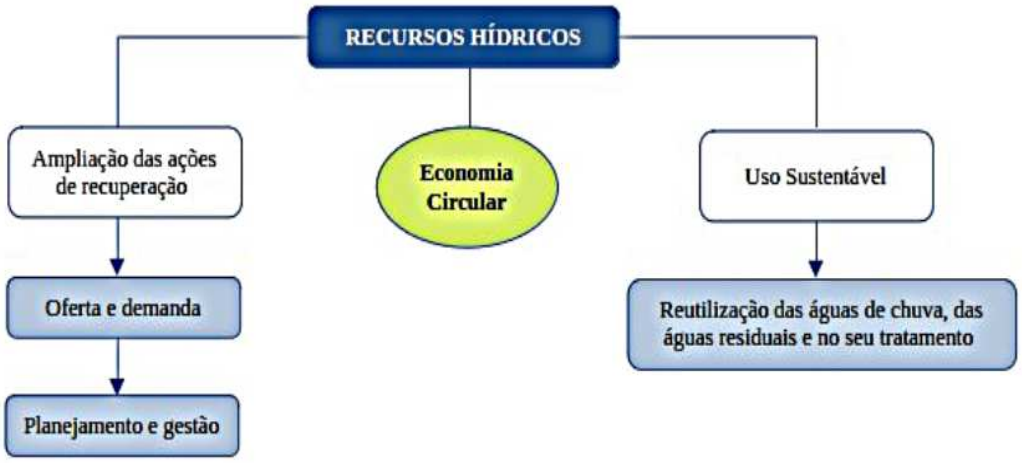
Na plataforma da Scopus, foram recuperados 43 documentos utilizando a métrica *“Water Reuse” AND “Circular Economy”* e 33 documentos recuperados a partir da busca com os termos *"water" AND "climate" AND "scarcity" AND "reuse" OR "SDG6"*. O refinamento da amostra priorizou os artigos mais relevantes, identificados com base no número de citações e na aderência temática. Os resultados indicam um crescente interesse acadêmico na intersecção entre gestão e regulação hídrica alinhado ao desenvolvimento sustentável, com ênfase em soluções de reuso para mitigar a escassesz da água.

No repositório Web of Science adotou-se o mesmo procedimento de refinamento. Foram selecionadas 26 publicações indexadas a partir da combinação dos descritores *"water reuse" AND "climate" AND "scarcity"*. O recorte temporal e os critérios de seleção foram os mesmos utilizados na Scopus. Os resultados também apontaram um aumento expressivo no número de publicações sobre as temáticas propostas, contribuindo para a relevância do tema.

5 GESTÃO, PLANEJAMENTO E ECONOMIA CIRCULAR

O diagrama da figura 2 "Economia Circular Integrada a Gestão Hídrica", que apresenta os elementos "recursos hídricos", "ampliação das ações de recuperação", "oferta e demanda", "planejamento e gestão", "economia circular", "uso sustentável" e "reutilização das águas de chuva, das águas residuais e no seu tratamento", estabelece um fluxo contínuo que conecta a gestão tradicional dos recursos hídricos às práticas circulares.

Figura 2 – Economia Circular Integrada a Gestão de Recursos Hídricos



Fonte: Elaborado pelo autor, (2026).

As diretrizes de gestão e conomia circular integradas aos recursos hídricos deve superar a fragmentação institucional característica de muitos contextos, promovendo a coordenação entre os níveis federal, estadual e municipal, bem como entre os diferentes setores e usuários da água (De Roo *et al.*, 2021).

A representação visual reforça os achados de Drechsel *et al*. (2022), ao afirmarem que o tratamento de águas residuais para reutilização oferece oportunidades em diversas escalas, coomo por exemplo na expanção de mercados de ativos ambientais por meio da implementação de novas tecnologias, pois permite que regiões doadoras sejam compensadas com água recuperada pela liberação de água doce para usos de maior valor agregado, aumentando a produtividade hídrica econômica.

A respeito deste aspecto, é interessante citar aqui o caso recente do estado do Ceará, na gestão de água. O sistema de crédito hídrico do Ceará (SCH) criou uma de uma ferramenta de políticas públicas destinada a monetização da água como ativo ambiental, fundamentada em tecnologia blockcahin (CearaPar, 2026).

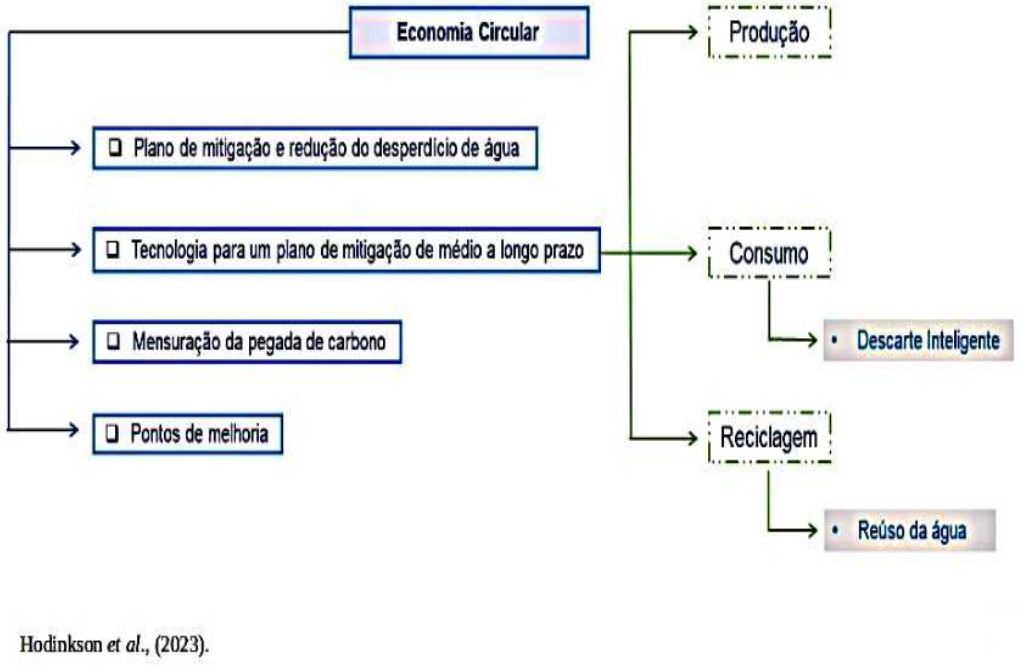
Percebe-se que a gestão dos recursos hídricos está interligada ao fator tecnológico e circular, tem especto de gestão multinível, como cita a Lei 19.693, sancionada pela Assembleia Legislativa do Estado do Ceará ao expressar no Art. 8.º que "São agentes do MCH-CE: I – Originadores; II – C ompradores; III – Operadores Credenciados; IV – CearaPar; V – Cogerh". Mais adiante a Lei expressa também que

> Art. 5º – Compete à Companhia de Participação e Gestão de Ativos do Ceará – CearaPar avaliar a elegibilidade e aprovar o Operador Credenciado, nos termos de regulamento.
>
> § 2.º O Operador Credenciado remunerará a CearaPar com 2% (dois por cento) da receita total auferida no âmbito do SCH-CE.
>
> Art. 12. Compete ao Operador Credenciado:
> VI – destinar 30% (trinta por cento) da receita à SPE de reinvestimento em infraestrutura hídrica.

Para entender o contexto, o Operador Credenciado é obrigado a pagar 2% de todo o seu faturamento com créditos hídricos à CearaPar como contrapartida pela aprovação, supervisão e estruturação do sistema. É um custo regulatório embutido na operação, garantindo à estatal uma participação nos resultados do mercado criado pela lei. Enquanto os 30% são um reinvestimento obrigatório em infraestrutura hídrica (fim social), os 2% são a remuneração da CearaPar pelo seu papel regulador e estruturante no sistema.

Nesse aspecto, a gestão regulatória está intrinsecamente ligada a inovação tecnológica e isso dialoga com as diretrizes do Fórum Económico Mundial de 2018, representado na figura 3 como instrumento de planejamento integrado atrelado a economia circular, na gestão e governança hídrica.

Figura 3 – Instrumentos para o planejamento de reuso



Fonte: Elaborado pelo autor, (2025).

A Figura 3, intitulada "Instrumentos Para o Planejamento de Reuso", assunto proposto por Hodkinson *et al*. (2018), estabelece uma conexão fundamental entre as dimensões da economia circular, produção, consumo, reciclagem e reúso da água, e elementos estratégicos como plano de mitigação e redução do desperdício, tecnologia para plano de mitigação de médio a longo prazo, mensuração da pegada de carbono e pontos de melhoria.

A economia circular como base para o planejamento integrado de reuso permite a aleboração de um plano de mitigação e redução do desperdício de água, atavés deste plano pode-se implementar tecnologias para o consumo hídrico sustentável.

Uma produção científica através da revisão sistemática de tecnologias e estratégias de gestão da água, entre 2018 e 2024, produzida por Chilicaus *et al*., (2025) mostrou que “[…] a transição para uma economia circular na gestão da água exige a superação de barreiras multidimensionais, que vão desde a percepção pública e os desafios de precificação até os marcos regulatórios e a adaptação tecnológica” (Chilicaus *et al*., 2025. p. 2). Além disso o estudo ainda aponta que

> […] as evidências demonstram que a implementação bem-sucedida requer uma orquestração cuidadosa de intervenções tecnológicas, reformas institucionais, instrumentos econômicos e processos participativos. Não existe uma solução única, sendo necessárias abordagens adaptativas contextualizadas que mantenham os princípios fundamentais da circularidade, ao mesmo tempo que reconhecem as especificidades locais (Chilicaus *et al*., 2025. p. 28).

Esta abordagem integrada ressoa com os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, que, conforme destaca Marques (2021), já possui em sua concepção sinais claros de uma orientação mais moderna: a perceção de que a água tem valor económico enquanto recurso escasso e o foco no uso racional como objetivo.

Além das possibilidades de inovação nos modelo de consumo, a implementação de novas tecnologias como instrumentos de planejamento possibilita a mensuração da pegada de carbono (cálculo que permite a quantidade de gases de efeito estufa) e consequentemente identificar os pontos de melhoria no planejamento como um todo, assim, se consegue eficácia e efetividade sob o prisma produção, consumo (com descarte inteligente) e reciclagem para o reuso de água.

6 EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS DE REUSO

6.1 Diretrizes Jurídicas e Socioambientais

As experiências dos países que foram verificadas apontam que suas políticas estão mais alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) comparado às experiências nacionais, como nos casos exposto no quadro 1 apresentado a diante.

Embora os países da União Europeia se destacam na cooperação entre países para unificação regulatória e avançam na gestão de saneamento, chegando a quase 100% da cobertura universal no atendimento a populações, a Ásia e o Oriente Médio, estão mais alinhados as metas de desenvolvimento sustentável de governança hídrica e investem pesadamente em conjunto de metas integradas, nacionalização de planejamento para o reuso e sólidas parcerias público-privadas para o avanço tecnológico no tratamento de águas residuais. Isso mostra a importância do poder estatal na concessão de serviços públicos, de forma mais eficaz e eficiente garantindo maiores resultados.

Quadro 1 – Experiências Internacionais de reuso de água

País	Tecnologias	Regulamentação	Aplicações do Reuso	% de Reutilização
Espanha	Ultrafiltração por Membrana e Osmose Reversa	Diretiva 91/271/UE (desde 1991)	Irrigação, Áreas Turísticas e Industriais (Não potável)	13%
Itália	Osmose Reversa, Filtragem e Desinfecção UV	Diretiva 91/271/UE	Agricultura, Irrigação, Industrial e Consumo Humano (Potável)	4% a 5%
Portugal	Dessalinização, Radiação e Ultrafiltração por Osmose Rev.	Decreto-Lei n° 119/2019 e diretiva 91/271/UE	Reuso Não Potável para diversos fins	1,2%
Arábia Saudita	Dessalinização e Biorreator de Membrana Anaeróbica (Ambra)	Regulamentação própria desde 1991	Agricultura, Irrigação e Produção de Alimentos (Potável)	59%
Israel	Osmose Reversa, Irrigação por Gotejamento e Biofiltração	Regulamentação própria (desde 1959, atualizada 2010)	Agricultura e Irrigação (Potável)	90% (do esgoto é tratado)
Singapura	Microfiltração, Osmose Reversa e Desinfecção UV	Clean Water Policy (meats integradas)	Potável e Não Potável para todos os fins	40% (proj. 55% em 2060)
China	Dessalinização, Desinfecção Biológica e Osmose Reversa	Implementação específica a partir de 2008	Industrialização e Agricultura	20%

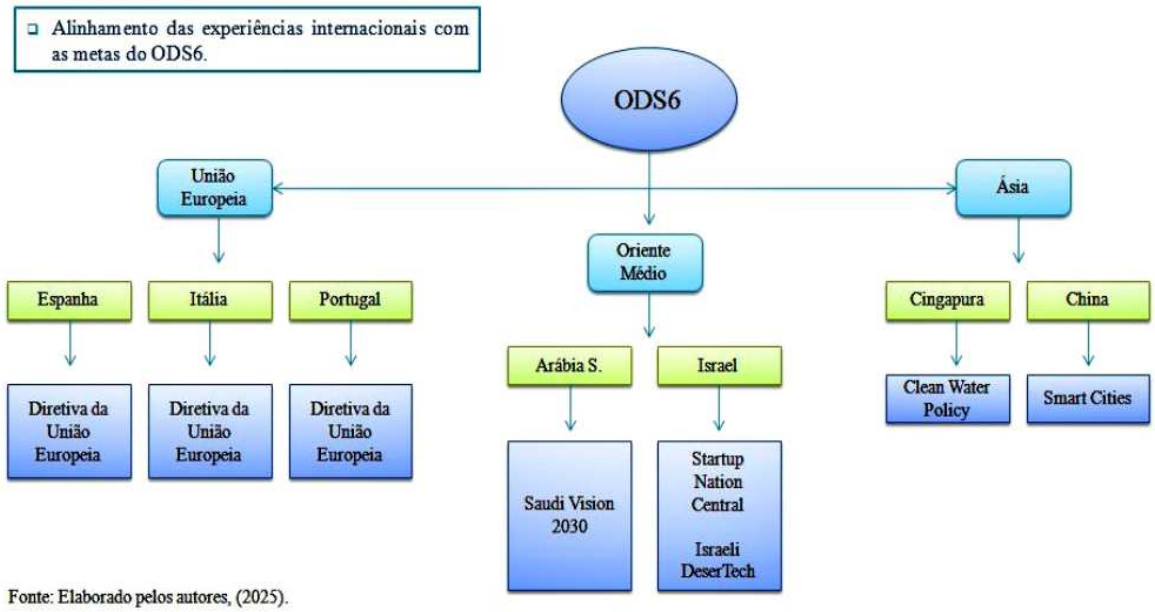
Fonte: Adaptado, IRDA, (2023) e Lima *et al* (2018).

No Oriente Médio o Estado de Israel destaca-se como caso de maior sucesso, reutilizando aproximadamente 90% do seu efluente tratado, majoritariamente para agricultura, mediante tecnologias avançadas (e.g., osmose reversa) e um sólido marco legal próprio (Silva, 2023). A Arábia Saudita enfrenta escassez hídrica extrema (Almulhim; Al-Said, 2023), entretanto, segundo a *Saudi Water Authority* o país apresenta o segundo maior índice com 59% de reutilização e tratamento de esgoto, utilizando dessalinização e tratamentos avançados para fins agrícolas e potáveis, sob uma regulamentação especifica (SWA, 2024).

Entre os países europeus, a Espanha lidera com 13% de reuso, como a implementação de tecnologias de ponta (e.g., ultrafiltração e osmose reversa), principalmente para irrigação e usos industriais (Crespo-Barnabé *et al*., 2022), seguindo a Diretiva 91/271 da União Europeia. A Itália, signatária do bloco econômico europeu, também adotou o mesmo regulamento normativo (Diretiva 91/271) e, atualmente conta com uma taxa entre 4% e 5% de reuso, possui um potencial subaproveitado, utilizando tecnologias similares, mas com aplicação diversificada, incluindo consumo humano potável. No caso de Portugal, o país conta com apenas 1,2% de reaproveitamento de esgoto, começa a estruturar sua política com o Decreto-Lei n° 119/2019, mas vale lembrar que embora o país tenha norma regulatória própria para o reuso, também aderiu às diretrizes da EU, potencializando suas normas e políticas internas.

No cenário asiático, Singapura é um exemplo de planejamento integrado (*Clean Water Policy*), reutilizando 40% de suas águas com projeção de alcançar 55% até 2060 (Lima *et al*., 2018), empregando microfiltração e osmose reversa para fins potáveis e não potáveis. A China, com um índice de 20%, prioriza o reuso para industrialização e agricultura (Santos *et al*., 2024), com um marco de implementação recente (Garcia; Weins, 2022).

Figura 4 – Políticas de Alinhamento das experiências internacionais com o ODS6.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2025).

A figura 4 demonstra as políticas dos países em alinhamento com o ODS6 (água potável e saneamento). Em Israel a *Startup Nation Central*, por exemplo, é uma organização sem fins lucrativos com foco no crescimento empresarial para fortalecer a economia local. A organização abrange mais de 300 instituições que já arrecadaram mais de US$ 350 milhões em investimentos. Através da *Israeli DeserTech* o país promove a agricultura, energia, água e infraestrutura e o combate à desertificação (*Startup Nation Central*, 2022).

Já na Arábia Saudita o *Saudi Vision* 2030 é um plano de reforma do governo para a transformação econômica do país de forma diversificada e sustentável, através de uma reforma holística de políticas econômicas e investimentos estratégicos. O relatório anual do programa revela uma contribuição de 45% do setor privado para o PIB, sendo que 64,8% das empresas oferecem responsabilidade social corporativa (*Saudi Vision*, 2023).

No que se refere a China, dados do Consulado Geral da República Popular da China no Rio de Janeiro (CGRPC, 2023) apontou que entre 2012 e 2022 o país conquistou um crescimento econômico expressivo de 6,2% com apenas 3% no consumo de energia fazendo o consumo cair 26% através do sistema de baixo carbono. A governança ambiental chinesa teve posicionamento estratégico importante para atingir o pico de redução de CO_2 antes de 2030 para alcançar a neutralidade carbônica antes de 2060.

A Embaixada da China no Brasil (ERPCB, 2019) aponta que atualmente os cientistas chineses desenvolveram uma tecnologia de dessalinização inovadora que usa palha de arroz e luz solar para produzir água limpa. Além da dessalinização da água do oceano, a tecnologia também pode ser usada para retirar água limpa de diversas fontes de recursos hídricos como planícies de maré, pantanais e pântanos.

Ao longo dos últimos dez anos a China vem implementando outros métodos contra a degradação ambiental, apostando em cidades inteligentes (*SmartCities*) com a construção de “cidades esponjas” para escoar grandes quantidades de água por causa das enchentes causadas pelas mudanças climáticas (Exame, 2025), segundo o editorial da revista a tecnologia é aplicada em estradas, calçadas e telhados impermeáveis, além da construção de jardins verticais para melhorar a qualidade do ar. Cidades como Shanghai, Zhoushan, SuzhouXi’an melhoraram o escoamento de água em aproximadamente 70%.

7 DIRETRIZES NACIONAIS DO REUSO DE ÁGUA

No que diz respeito à reutilização de águas residuais no território brasileiro, observa-se um cenário emergente e diversificado, onde a regulamentação e as tecnologias aplicadas variam conforme as necessidades e realidades locais. Segundo o Instituto Reuso de Água – IRDA (2023) a maioria dos estados, como Ceará, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Rio Grande do Sul e Paraná, direciona o efluente tratado predominantemente para agricultura e irrigação de forma não potável.

As tecnologias mais comuns incluem sistemas de lodo ativado, reatores anaeróbios (UASB), reatores de batelada sequencial (RBS) e métodos de desinfecção por meio da cloração e radiação UV, expresso no quadro 2 das experiências nacionais de reuso.

Quadro 2 – Experiências estaduais de tecnologias para o reuso

Estado	Tecnologias	Aplicação do Reuso
Bahia	Lodo Ativado, Cloração, Radiação UV, Ultrafiltração, Osmose Reversa	Industrial (Não Potável)
Ceará	Cloração, Radiação UV, Osmose Reversa	Industrial e Agrícola (Não Potável)
Minas Gerais	Reatores UASB, Wetlands, ETEs, Círculos de Bananeiras	Agricultura e Irrigação (Não Potável)
Mato Grosso do Sul	Reatores UASB, Reatores de Batelada Sequencial (RBS), ETEs, Círculos de Bananeiras	Agricultura e Irrigação (Não Potável)
Distrito Federal	Reatores UASB, Reatores de BateladaSequencial (RBS), Tanques de Evapotranspiração	Agricultura e Irrigação (Não Potável)
Rio Grande do Sul	Lodos Ativados, Eletroflotação, Reatores Anaeróbios, Filtros Biológicos, RBS	Agricultura e Irrigação (Não Potável)
São Paulo	Cloração, Radiação UV, Carvão Ativado, Tecnologias Eletroquímicas	Industrial e Urbano (Potável)
Paraná	Reatores UASB, Reatores de BateladaSequencial (RBS)	Agricultura e Irrigação (Não Potável)

Fonte: Adaptado – IRDA. (2023).

O estado de São Paulo se destaca por possuir a regulamentação mais abrangente, permitindo o reuso potável para fins urbanos, utilizando tecnologias avançadas como carvão ativado e processos eletroquímicos, conforme a Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020. A Bahia, por sua vez, aplica o reuso principalmente para fins industriais, com base na Resolução CONERH nº 75/2010, empregando desde tratamentos convencionais até métodos mais avançados (e.g., ultrafiltração e osmose reversa).

Nota-se que as recentes atualizações dos marcos regulatórios, como as resoluções publicadas a partir de 2020, indicam um esforço crescente para institucionalizar a prática. Contudo, as aplicações permanecem majoritariamente restritas a usos não potáveis, com exceção de São Paulo que na última década vem fragmentando os serviços de saneamento.

A adoção de tecnologias naturais, como *Wetlands* (zonas húmidas) e círculos de bananeiras em estados como Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, revela uma adaptação às realidades regionais e uma busca por soluções de menor custo.

Dessa forma, verifica-se que o Brasil apresenta um panorama fragmentado de reuso de água, mas com evolução regulatória recente e tendência de expansão, como aponta as experiências estaduais do quadro 3, sendo fundamental a troca de experiências para consolidar a prática como estratégia de segurança hídrica.

Quadro 3. Diretrizes jurídicas estaduais

Estado	Norma	Ementa	Objeto
Bahia	Resolução CONERH nº 75/2010	Estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reuso direto não potável de água na modalidade agrícola e/ou florestal	Reuso agrícola e florestal
Ceará	Lei nº 16.033/2016	Dispõe sobre a política de reuso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará	Política estadual de reuso
Distrito Federal	Resolução nº 005/2022	Estabelece diretrizes para o aproveitamento ou reuso de água não potável em edificações	Reuso em edificações
Mato Grosso do Sul	Resolução CERH/MS nº 72/2022	Estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reuso direto de água não potável, proveniente de ETE	Reuso de efluentes de ETE
Minas Gerais	Deliberação Normativa CERH-MG nº 65/2020	Estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reuso direto de água não potável, proveniente de ETE	Reuso de efluentes de ETE
Rio de Janeiro	Decreto nº 47.403/2020	Dispõe sobre a Política de Reuso	Política estadual de

		de Água para Fins não Potáveis	reuso
São Paulo	Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020	Disciplina o reuso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de ETE	Reuso urbano de efluentes de ETE
São Paulo	Decisão de Diretoria CETESB nº 134/2022/P/C/E/I	Critérios e procedimentos para a prática segura de reuso indireto potável de água de reuso proveniente de ETE	Primeira norma brasileira sobre reuso indireto potável
Paraná	Resolução CERH nº 122/2023	Estabelece diretrizes e critérios gerais para reuso de água	Norma geral de reuso
Rio Grande do Sul	Resolução CONSEMA nº 419/2020	Estabelece critérios e procedimentos para a utilização de água de reuso para fins urbanos, industriais, agrícolas e florestais	Norma multissetorial

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do CEBDS e IRDA (2025).

Inicialmente, existe uma clara diferença na abordagem escolhida pelos estados. Alguns estados, como o Ceará (Lei nº 16.033/2016) e o Rio de Janeiro (Decreto nº 47.403/2020), optaram por implementar uma política mais abrangente de reuso. Esta abordagem visa criar uma proteção jurídica para facilitar a prática em múltiplas áreas. O Ceará, pioneiro e historicamente vulnerável à seca, mostra com esta lei sua intenção de institucionalizar o reuso como uma ferramenta permanente de segurança hídrica que vai além de medidas específicas.

Por outro lado, estados como Mato Grosso do Sul (Resolução CERH/MS nº 72/2022), Minas Gerais (Consulta Legislativa CERH-MG nº 65/2020) e São Paulo (Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020) ao regularem as águas residuais tratadas como um recurso, atingem o cerne do problema e transformam os danos ambientais (descarga de águas residuais em massas de água) num ativo econômico e hídrico.

Já o Distrito Federal (Resolução nº 005/2022), introduz uma importante variante, com foco na reuso em edificações que promove o aproveitamento de águas cinzas. Uma abordagem que dialoga com os conceitos de sustentabilidade urbana e edifícios verdes reduzindo a pressão sobre os sistemas de abastecimento público e de esgotos e proporcionando progressos na gestão da água em toda a cidade.

Outro foco importante são as normas voltadas para usos rurais específicos, como o caso da Bahia (Resolução CONERH nº 75/2010), para os setores agrícola e florestal. Dada a escala de consumo de água na agricultura irrigada no Brasil, especialmente no semiárido baiano, esta norma visa oferecer uma alternativa segura que crie barreiras sanitárias para proteger o solo, as culturas e os trabalhadores. Por fim, o caso de maior referência e que merece atenção especial na discussão é o caso de São Paulo com a decisão da diretoria da CETESB nº. 134/2022/P/C/E/I.

O panorama da produção normativa sobre reuso nas cidades brasileiras revela a atuação pioneira de municípios na criação de marcos legais específicos para o reuso, em contraste com a ausência histórica de regulamentação jurídica federal. O quadro 4 faz apontamento de alguns desses municípios. A diversidade de abordagens institucionais reflete diferentes concepções sobre o papel do poder público no fomento do reuso.

Quadro 4. Diretrizes jurídicas municipais

Município	**Instrumento Regulatório**	**Ano**	**Escopo Principal**
São Paulo (SP)	Lei Municipal 16.174	2015	Incentiva o uso de água de reuso e de chuva para fins não potáveis, como lavagem de ruas, irrigação e lavagem de veículos. Estabelece normas para uso de águas cinzas e institui obrigatoriedade de sistemas de reuso em lava-rápidos.
Aquapolo (RMSP/ABC)	Contrato de PPP	2012	Maior projeto de reúso industrial da América do Sul (ETE-ABC Sabesp)
Campinas (SP)	-Lei Municipal n° 12.474 -Políticas ativas SANASA	2006	Programa Municipal de conservação, uso racional e reutilização de água em edificações e dá outras providências.
Belo Horizonte (MG)	Lei Municipal nº 10.840	2015	Obriga reúso de águas cinzas em edificações novas ≥20m³/dia; parâmetros de qualidade
Mirassol (SP)	Lei Municipal nº 3.617	2013	Obriga reservatório de captação de água de chuva
Cruzília (MG)	Lei Municipal nº 2.616	2022	Inclui "produção de água de reuso" no saneamento básico
Vitória (ES)	Lei Ordinária n° 6.259	2004	Reuso, não potável, proveniente das Estações de Tratamento de Esgoto, para a lavagem de ruas, praças públicas, passeios públicos, próprios municipais e outros logradouros, bem como para irrigação de jardins, praças, campos esportivos e outros equipamentos públicos.
Araucária (PR)	Operação Sanepar	>20 anos	Unidade pioneira de reuso para polo industrial
Fortaleza/Região	Lei Estadual nº	2016	Incentivo ao reuso não potável, foco em ETEs

Metropolitana (CE)	10.487		
Caicó (RN)	Lei Municipal nº 4.603	2013	Padrões de qualidade para reuso residencial (irrigação)
Brasília (DF)	Em consulta pública (ANA)	2026	Futura norma nacional unificada
Manaus (AM)	Lei Municipal 1.192	2007	Incentiva o reuso para fins não potáveis, como atividades paisagísticas, agrícolas, florestais e industriais

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados brutos de sítios eletrônicos municipais.

As primeiras regulamentações de reuso tiveram início nos anos 2000 e focaram em incentivos para o reuso não potável em equipamentos públicos. A Lei Ordinária nº 6.259 de Vitória (ES), de 2004, e a Lei Municipal 1.192 de Manaus (AM), de 2007, são exemplos dessa fase, direcionando o reaproveitamento para a lavagem de logradouros, irrigação e atividades industriais, mas sem estabelecer parâmetros técnicos detalhados.

Em paralelo a aprovação legislativa, desenvolveram-se projetos estruturantes de grande escala, como o Contrato de PPP do Aquapolo na Região Metropolitana de São Paulo (2012) e da Sanepar em Araucária (PR), ao atender polos industriais com água de altíssima qualidade proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs).

Observa-se que houve uma segunda geração de instrumentos a partir de 2010, com obrigatoriedades e critérios de qualidade mais rigorosos, especialmente para novas edificações. A Lei Municipal nº 3.617 de Mirassol (SP), de 2013, embora mais simples, obrigou a captação de água de chuva. Já a Lei Municipal nº 10.840 de Belo Horizonte (MG), de 2015, representa um marco de sofisticação técnica ao obrigar o reuso de águas cinzas em edificações novas. No mesmo ano, a Lei Municipal 16.174 de São Paulo (SP) adotou escopo semelhante, mas com foco em usos urbanos específicos como lavagem de veículos e ruas. Já no O município de Campinas (SP) já havia, em 2006, por meio da Lei Municipal nº 12.474 e políticas ativas da SANASA, um programa de conservação e reutilização em edificações.

No Nordeste destaca-se duas produções normativas relevantes, a Lei Estadual nº 10.487 do Ceará (2016) e a Lei Municipal nº 4.603 de Caicó (RN) (2013) focaram no incentivo ao reuso não potável, estabelecendo padrões específicos para a irrigação residencial.

Em um movimento mais recente e conceitualmente inovador, a Lei Municipal nº 2.616 de Cruzília (MG) (2022) incluiu expressamente a "produção de água de reuso" como parte integrante do serviço de saneamento, ampliando a definição legal para a gestão.

Entende-se que as experiências acumuladas por municípios como São Paulo, Belo Horizonte e Campinas, sinaliza a transição de um modelo padronizado do reuso para um arcabouço nacional coeso, capaz de conferir segurança jurídica e incentivar investimentos no setor, alinhando o Brasil às práticas globais de gestão eficiente dos recursos hídricos.

7.1 A Relevância Socioambiental do Reuso Para o Nordeste

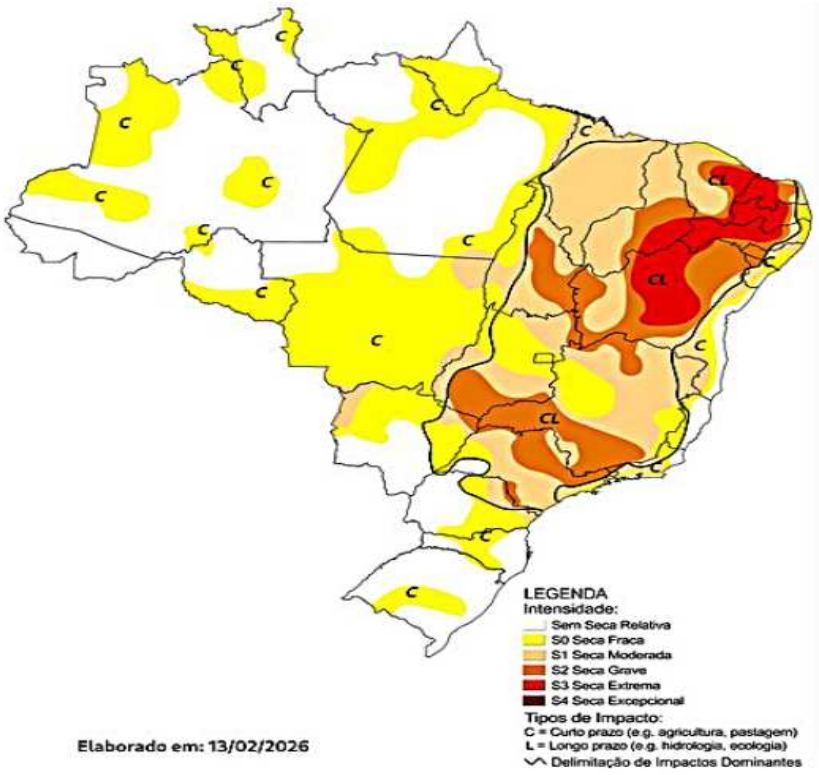
O censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023) aponta que entre 2010 e 2022 a população brasileira cresceu 6,5% e que a região nordeste teve a menor taxa de crescimento anual (0,24%) comparado as demais regiões. Em 2022 viviam 54,6 milhões de habitantes no Nordeste, o que correspondia 26,9% dos habitantes do país. Em contrapartida, a Articulação Semiárido Brasileiro (ASA, 2026) aponta que 606 cidades do Semiárido apresentaram crescimento (48%), indicando uma tendência de migração interna.

Nesse sentido, o aumento da população gera conflitos relacionados aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos transfronteiriços, gerando comportamentos egoístas na disputa de águas superficiais para benefícios particulares (Ramadan *et al*., 2021). A partir da discussão dos autores, é possível entender que esse tipo de individualidade do consumo de água, dado o crescimento populacional, contrapõe o modelo de produção sustentável (Kahn *et al.,* 2025), argumentado na introdução deste texto.

Nota-se que existe um desequilíbrio crônico na região, no que tange a relação entre sociedade, ambiente e o consumo hídrico. Quando a disponibilidade de água é limitada em comparação com a demanda, a forma como a água é distribuída torna-se relevante (Narain-Ford *et al*., 2021). À medida que esses desequilíbrios nas relações se perpetuam, a crise hídrica se agrava mais ainda com as mudanças climáticas.

Além das questões que envolvem o índice populacional, o Nordeste brasileiro enfrenta anomalias negativas e piora nos indicadores de volume hídrico (ANA, 2026), o que reverberou no avanço expressivo das secas, gerando impactos de médio a longo prazo. Estudos do Monitor de Secas (2025-2026) da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) traz um panorama da intensidade do problema, como replicado na figura 5.

Figura 5. Monitoramento de Secas no Brasi
l



Fonte: Adaptado.
Monitor de secas. ANA (2026).

O estudo aponta que embora houve a redução nos indicadores de seca severa (S2) e extrema (S3) na Bahia e Piauí, por outro lado, em razão das chuvas abaixo do esperado, houve progressão da seca extrema (S3) em Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, da grave (S2) em Alagoas, Sergipe e Bahia, e da moderada (S1) no Maranhão e em parte do litoral nordestino (ANA, 2026).

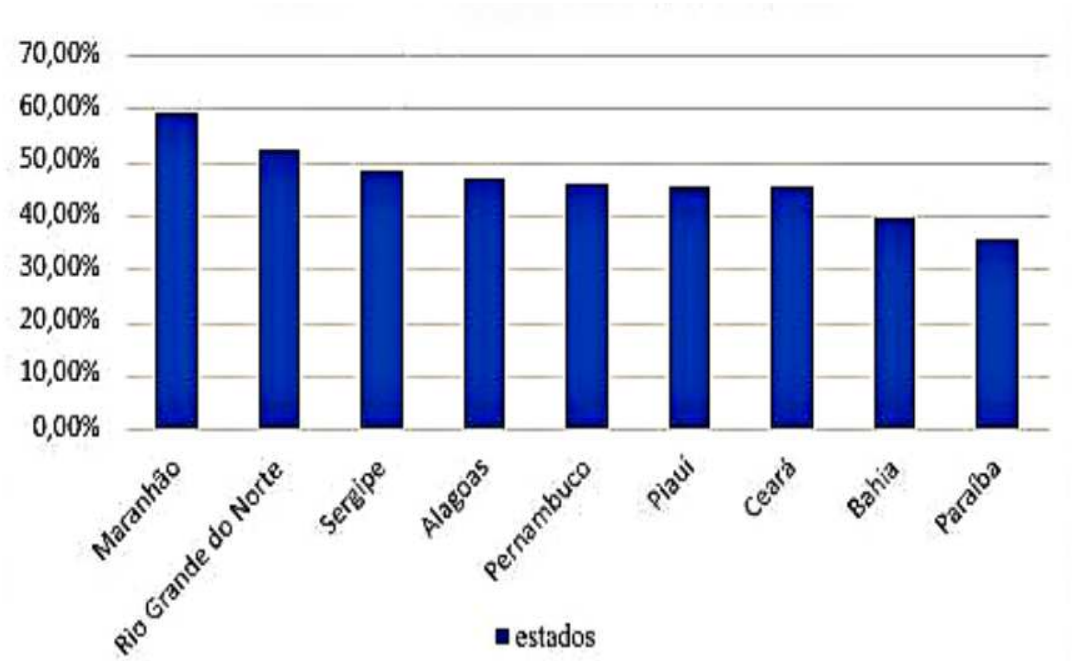
Partindo do problema e das evidências, o reuso de água alicerçado na economia circular faz-se necessário como estratégia fundamental, uma vez que estudos recentes comprovam a tendência do aumento da população global que deverá chegar a 9,7 bilhões em 2050, um aumento de 26% em relação aos números atuais (Qureshi, 2020).

Observa-se que os descompassos da gestão de águas nas regiões semiáridas do Brasil, principalmente no Nordeste, são de grandes proporções. Além da dinâmica demográfica e territorial do clima, existe também a persistência da má gestão dos recursos naturais, um exemplo disso é o desperdício de água.

Os índices de perdas de água na distribuição nos estados nordestinos revelam um cenário preocupante que contrasta drasticamente com a realidade de escassez hídrica característica da região, especialmente no semiárido.

Os dados do gráfico apresentado na figura 6 representa a porcentagem de água tratada que é perdida antes de chegar ao consumidor (seja por vazamento, ligações clandestinas, ou falhas de medição), são um termômetro crítico da gestão dos recursos hídricos e da infraestrutura de saneamento básico, o que também impacta na economia da região.

Figura 6. % de desperdício de água nos estados do nordeste brasileiro.



Fonte: Adaptado, Instituto Trata Brasil (2023).

Segundo os dados do Instituto Trata Brasil (2023), os índices de desperdício de água nos estados nordestinos revelam um quadro crônico e predominantemente crítico, que compromete a eficiência hídrica regional. O Maranhão (59,18%) e o Rio Grande do Norte lideram o ranking de perdas, com taxas alarmantes que indicam que mais da metade de toda água captada e tratada é perdida no sistema de distribuição, configurando um colapso na eficiência operacional, prejuízo econômico e ambiental de grandes proporções.

Em um patamar, encontram-se Sergipe (48,36%), Alagoas (46,94%), Pernambuco (45,95%), Piauí (45,33%) e Ceará (45,18%), cujos índices, situados na faixa de 45% a 49%, evidenciam que a ineficiência é um problema generalizado e não uma exceção pontual da região. Por outro lado, Bahia (39,70%) e, especialmente, Paraíba (35,30%) apresentam os melhores desempenhos relativos (Trata Brasil, 2023).

Além do melhor desempenho na gestão de perdas o estado da Paraíba também se destaca em eficiência na distribuição do recurso, mediante projetos financiados pelo Banco Mundial sob a gerenciamento de águas da Companhia de Águas e Esgostos da Paraíba (CAGEPA). A companhia tem colocado a perdas como prioridade política da empresa, proporcionando a criação do `Plano de Ação da Nova Política de Combate às Perdas no Faturamento e na Distribuição`. “A nova política da Cagepa é norteada pelo Road Map: uma mentoria desenhada utilizando conceitos de Business Intelligence em organizações de Saneamento Básico para melhorar os processos de redução e controle de perdas nos sistemas de distribuição” (CAGEPA, 2023).

Embora ainda distantes dos padrões ideais, a Organização das Nações Unidas considera aceitável um índice de perdas de até 25% (Trata Brasil, 2024) esses números sugerem que ações de gestão mais efetivas, investimento em infraestrutura e políticas de controle podem mitigar o desperdício.

Para tanto, as experiências analisadas nesta pesquisa demonstram que o reuso de água é uma política pública transversal, que conecta gestão hídrica, resiliência climática e economia circular. Para regiões semiáridas a criação de um arcabouço político e jurídico robusto é fundamental. Este deve ir além da definição de padrões de qualidade, incorporando: modelos econômicos que viabilizem o investimento e a operação (por exemplo, através de subsídios ou tarifas que reflitam o custo ambiental); mecanismos de governança que integrem os setores de abastecimento, saneamento e agricultura e estratégias de engajamento público para superar barreiras sociais.

Além disso, a análise de viabilidade deve considerar as externalidades positivas, como a redução da poluição e a preservação de aquíferos, justificando o investimento público como medida de adaptação climática essencial para a segurança hídrica no semiárido.

7.2 Política Pública Essencial Para o Semiárido Brasileiro

Munné *et al*., (2023) entende que a implementação de políticas públicas eficazes é fundamental para fomentar o reuso da água atrelado a economia circular. Para Gul *et al*., (2021) algumas estratégias incluem: Oferecer benefícios fiscais para empresas que adotem práticas de reuso e reciclagem de água; promover campanhas educativas sobre a importância do reuso da água e da economia circular; financiar a construção de estações de tratamento de água e sistemas de distribuição que possibilitem o reuso de água e, criar normas que garantam a segurança e a qualidade da água reutilizada.

A figura 7 sugere uma sequência de instrumentos de governança essenciais para a implementação de políticas públicas de reuso. Embora o gráfico não apresente dados quantitativos, a estrutura de 1 a 4 pode ser interpretada como uma ordem de prioridades ou fases de maturidade de uma política pública voltada para a economia circular.

A matriz esquemática relaciona quatro tipos de políticas públicas (incentivos fiscais, educação e conscientização, investimento em infraestrutura e regulamentação) com uma escala de impacto potencial. Desse modo, uma governança eficaz do reuso no semiárido nordestino não pode ser isolada em um único instrumento. Ela demanda uma abordagem integrada (um misto de comando-controle, investimento público, mudança cultural e estímulo econômico) para enfrentar os desafios das mudanças climáticas na região semiárida.

O processo de políticas públicas fortalece a resiliências das comunidades rurais e urbanas, garantindo segurança hídrica e promovendo melhorias na saúde, na agricultura e na economia local. O tipo de política e o impacto potencial, portanto, reforça a tese de que uma governança integrada é indispensável para transformar práticas isoladas de reuso em um sistema sustentável que enfrente os desafios climáticos no semiárido.

A estrutura da figura 7 demonstra uma cadeia lógica de causalidade no prisma da importância da gestão e governança do reuso atrelado à economia circular e mudanças climáticas no semiárido nordestino. As políticas públicas atuam como catalizadoras: ao regulamentar e incentivar o reuso e a circularidade da água, elas reduzem a demanda sobre fontes convencionais (como açudes e aquíferos), mitigando os efeitos da seca.

Figura 7. Impacto das políticas públicas Para o Reuso



Fonte: Elaborado pelo autor, (2026).

O gráfico apresenta uma hierarquia conceitual que correlaciona sete elementos-chave para a compreensão do impacto de políticas públicas na adaptação climática, organizados em ordem crescente de magnitude e abrangência. O reuso da água (1) e a economia circular da água (2) são a base técnica e operacional, evoluindo para as políticas públicas como instrumento de governança, que por sua vez viabilizam a adaptação climática (4). Como consequência, observa-se a redução da pressão dos recursos hídricos (5), o fortalecimento da resiliência das comunidades (6) e, finalmente, a elevação da qualidade de vida (7).

Esses parâmetros de reuso estão diretamente ligados às metas da ONU. O ODS 6 pode ser o mais impactado, pois visa aumentar a reciclagem e a reutilização segura de águas residuais, o reuso contribui para a disponibilidade hídrica e a gestão sustentável dos recursos, reduzindo a pressão sobre as fontes de água doce (Qadir *et al*., 2023; Aleisa, 2024), assim, as comunidades (ODS 11) são beneficiadas pelo reuso urbano da água, que pode fornecer uma fonte alternativa para irrigação de áreas verdes, lavagem de ruas e combate a incêndios, aumentando a resiliência das cidades (ODS 13).

Entretanto, para que as metas de sustentabilidade da ONU sejam atingidas, é preciso a viabilização de um plano de avaliação de políticas públicas exequível que tenha objetivos, indicadores de impacto e pressupostos bem alinhados, como sugere a matriz lógica de Costa e Castanhar (2003), apresentada no quadro 5, facilita o processo de criação de políticas públicas, desde a implementação, avaliação de impacto e reformulação, conforme as mudanças sociais.

Quadro 5. Matriz lógica para elaboração de políticas públicas do reuso de água

Objetivo Geral	**Indicadores de Impacto**	**Fontes de Verificação**	**Pressupostos**
Promover a segurança hídrica e a resiliência climática no semiárido por meio da adoção de práticas de reuso e economia circular da água.	– Redução do déficit hídrico (m^3/ano). – Aumento da resiliência hídrica em períodos de estiagem prolongada. – Melhoria dos índices de qualidade da água em corpos receptores.	– Agência Nacional de Águas (ANA). – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). – Relatórios do IPCC e estudos climáticos regionais.	– Continuidade de investimentos públicos e privados. – Estabilidade institucional e articulação federativa.
Objetivos Específicos	**Indicadores de Resultado**	**Fontes de Verificação**	**Pressupostos**
1. Ampliar a infraestrutura de reuso de água para fins agrícolas e industriais no semiárido.	– Número de estações de tratamento de esgoto com sistemas de reúso implantados. – Volume de água de reúso destinado à agricultura (m^3/ano).	– SNIS. – Secretarias estaduais de meio ambiente e recursos hídricos.	– Articulação entre setores público e privado. – Marcos regulatórios favoráveis.
2. Estimular a adoção de tecnologias circulares no uso da água nas comunidades rurais e urbanas.	– Número de municípios com planos municipais de saneamento que incorporam economia circular. – Percentual de domicílios com sistemas de captação e reúso de	– Pesquisas domiciliares (IBGE). – Cadastros municipais e relatórios de programas de saneamento rural.	– Participação comunitária ativa. – Capacitação técnica local.

	água pluvial ou cinza.		
3. Reduzir a contaminação hídrica e os impactos ambientais associados ao descarte inadequado de efluentes.	– Índice de qualidade da água (IQA) em bacias hidrográficas do semiárido. – Redução de carga poluente lançada em corpos d'água.	– Agências de bacia hidrográfica. – Relatórios de monitoramento ambiental (CONAMA).	– Fiscalização ambiental efetiva. – Educação ambiental continuada.
4. Fomentar a pesquisa e a inovação em tecnologias de reuso e economia circular adaptadas ao semiárido.	– Número de projetos de pesquisa aplicada financiados com recursos públicos. – Patentes registradas ou tecnologias sociais certificadas.	– Plataforma Lattes (CNPq). – Relatórios de instituições de pesquisa (Embrapa, universidades).	– Parcerias com universidades e centros de pesquisa. – Recursos para inovação tecnológica.

Fonte: Adaptado, Avaliação de programas públicos (Costa; Castanhar, 2003)

A utilização de uma matriz lógica, conforme problematizado por Costa e Castanhar (2003) é fundamental, essa ferramenta facilita o monitoramento sistemático, a identificação de riscos e a aferição do desempenho, garantindo que os resultados possam ser atribuídos às ações implementadas e que as lições aprendidas subsidiem ajustes e a tomada de decisão baseada em evidências.

Neste caso, a promoção da segurança hídrica e resiliência climática no semiárido, por meio do reuso e economia circular da água, pode estruturar-se em quatro eixos: ampliação da infraestrutura de reuso para agricultura e indústria, estímulo a tecnologias circulares em comunidades, redução da contaminação da água e fomento à pesquisa adaptada.

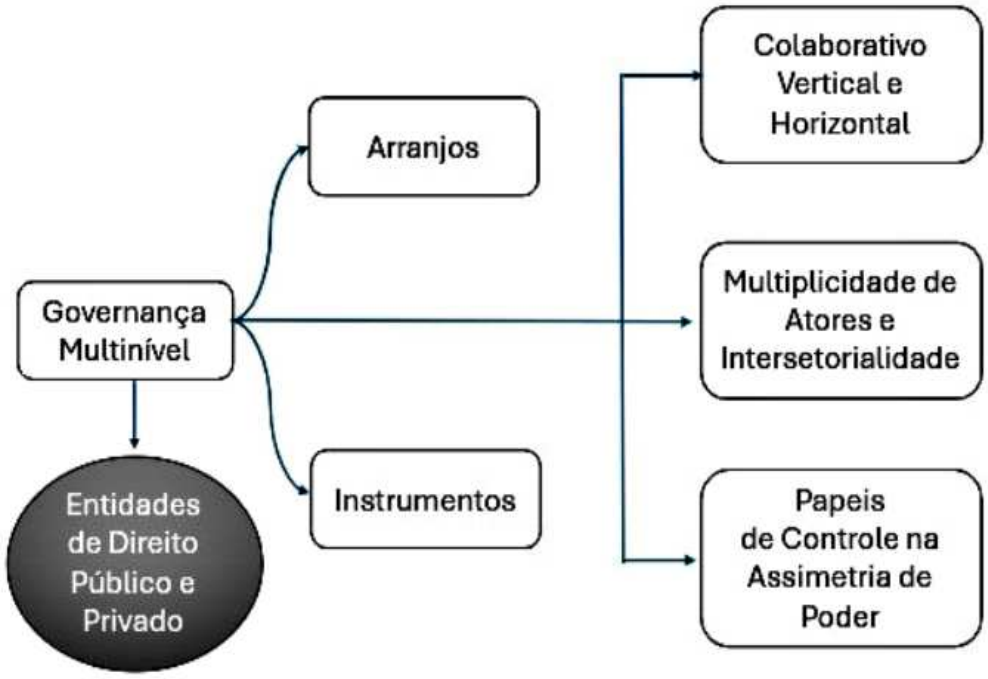
Os indicadores como volume de água reutilizada, domicílios com captação pluvial, melhoria do IQA e patentes serão verificados em fontes oficiais (ANA, SNIS, IBGE, agências de bacia) e dependem de pressupostos como articulação federativa, participação social, fiscalização efetiva e parcerias tecnológicas.

O alcance de uma política pública eficaz do reuso de água no âmbito da gestão municipal, deve ser pautada em arranjos e instrumentos de governança multinível, o que pressupõe que a construção da política é influenciada pelos arranjos que se dão entre a rede de stakeholders envolvida nas tomadas de decisões. Assim, uma estratégia bem planejada e coordenada envolvendo diferentes níveis pode ajudar a desenvolver novas habilidades, o que

permite a abrangência de ações por meio da flexibilização do controle central nas ações locais (Pires; Gomide, 2016).

Para tanto, os arranjos e a instrumentalidade do processo no ciclo de políticas públicas são meios e ferramentas para a eficiência e eficácia na consolidação de projetos públicos. Nesse sentido, a figura 8 traz um panorama resumido, com base nos estudos identificados, sobre a relação da governança multinível, os atores articuladores de políticas e os instrumentos fundamentais para a o pensamento e consolidação das ações.

Figura 8. Arranjos e Instrumentos na complexidade da Governança Multinível



Fonte: Elaborado pelo autor, (2026).

Ao passo que arranjos horizontais das atividades de governo envolvem os mais diversos organismos da sociedade, a complexidade desta relação toma maior amplitude, dado o nível da burocracia das funções e atividades estatais.

Ocorre que a relação entre os atores se consolida no âmbito do Direito Negocial, ou seja, entre o poder público e o poder privado, nas decisões do governo central e nos contratos privados da administração pública, que regem tanto o Direito Privado quanto o Direito Público nas atribuições das competências institucionais.

Portanto, os arranjos e instrumentos de uma governança multinível concerne na questão de recursos de poder para transformar ideias em ações políticas, mas que envolva ampla participação no que tange à construção do escopo de projetos públicos, aos objetivos e finalidades os quais essas políticas são direcionadas (Bichir, 2018). Dessa forma, os papeis institucionais influenciam as tomadas de decisões e por fim os parâmetros de decisão e execução da política pública municipal.

Entretanto, existem desafios a serem observados. Aleisa (2024), ao discutir a experiência da gestão municipal no Kuwait, enfatiza que as propostas de reformas que visam o ajuste tarifário, enfrentam oposições do público, mas principalmente do Poder Legislativo, portanto a “vontade de governo”, bem como a relação dialógica entre o legislativo, o executivo e a sociedade civil.

Outro fator a ser considerado são as projeções de economia do setor público, a análise de viabilidade econômica é fundamental. Estudos de caso em escolas rurais do Chil, ilustra um desafio comum: projetos de reuso descentralizado podem não ser economicamente viáveis se considerados apenas os custos diretos e a economia de água, devido aos altos custos de investimento inicial, entretanto subsídios governamentais para o investimento inicial são necessários para tornar essas iniciativas atrativas (Rodríguez *et al*., 2020).

Em contrapartida, o exemplo do município de Prato, na Itália, mostra um modelo inovador onde uma associação de empresas financiou a infraestrutura de distribuição de água recuperada para o seu distrito, pois era a principal usuária. Isso demonstra que o município pode atuar como facilitador, criando as condições para parcerias público-privadas (PPPs) ou arranjos colaborativos com os usuários finais (Cordeiro *et al.*, 2023). A definição de tarifas que incentivem o uso da água recuperada em detrimento da água potável, possivelmente por meio de subsídios cruzados, é outra alavanca econômica crucial (Expósito *et al*., 2024).

Além disso, alternativas de baixo custo, como zonas úmidas construídas, são particularmente adequadas para contextos municipais, seja em áreas periurbanas ou para o tratamento de águas cinzas em nível de bairro ou edifício. (Compaoré *et al*., 2023; Qadir *et al*., 2023). Essas soluções reduzem a carga sobre o sistema central de esgoto e oferecem uma forma resiliente para aumentar a disponibilidade hídrica local, alinhando-se aos princípios da economia circular e da adaptação climática (Apostolaki, 2025).

A aceitação pública é repetidamente citada como uma barreira crítica. Para superá-la, os municípios precisam de estratégias de comunicação transparentes com a população (Cordeiro *et al*., 2023). Além disso, campanhas de conscientização sobre a escassez hídrica e os benefícios ambientais do reuso podem aumentar a disposição da população em aceitar a prática, especialmente para reuso não potável (Gul *et al*., 2021; Duckett *et al*., 2024).

Além da questão da transparência, garantia da qualidade da água é inegociável. A tecnologia pode ser uma aliada e garantir a segurança do processo, otimizando o uso de recursos (Odone *et al*., 2024). Os municípios, portanto, devem exigir e fomentar o uso de tecnologias de tratamento (como membranas, filtração e desinfecção UV) que garantam a segurança do reuso, e implementar sistemas de monitoramento contínuo para manter a confiança e a conformidade com as normas (Czuba *et al*., 2021; Macrì *et al*., 2024). Dessa forma, a figura 6 sugere um padrão estratégico para o fomento da política de reuso na gestão da esfera municipal.

8 CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo analisar a importância de uma política pública de reuso de água atrelado a economia circular como estratégia para a promoção da resiliência hídica no semiárido brasileiro. Para tanto partiu-se do seguinte problema de pesquisa: de que modo o reuso de água atrelado a economía circular poderia ser incorporado como política pública no semiárido brasileiro?

A resposta a esta questão, respaldada pelo conjunto de evidências científicas, normativas e experiências analisadas ao longo deste estudo é positiva. Contudo, essa incorporação não se dará de forma expontânea ou meramente técnica, ela exige um esforço coordenado e multidimencional que envolve a superação de barreiras, econômicas, sociais e regulatórias.

Os achados da pesquisa revelam um cenário paradoxal. Por um lado, observa-se um aumento significativo da produção acadêmica na intersecção entre economia circular, reúso de água e políticas públicas, indicando que o tema está na vanguarda do debate científico global, mas por outro lado, o semiárido brasileiro ainda enfrenta problemas crônicos de gestão, dinâmica demográfica desfavorável, recorrencias de secas extremas, elevado desperdício de água na distribuição (com índices que superam 45% na maioria dos estados) e vulnerabilidade climática crescente que tornam urgente a adoção de soluções integradas e inovadoras.

Em termos de lacunas preenchidas, este estudo contribuiu para sistematizar o panorama regulatório nacional e internacional sobre reuso de água, evidenciando que países como Israel, Singapura, Espanha e Arábia Saudita alcançaram índices expressivos de reutilização mediante marcos regulatórios robustos, governança multinível e inovação tecnológica.

No caso brasileiro, a pesquisa mapeou a fragmentação normativa existente, identificando que a ausência de regulamentação federal específica e de coordenação entre os entes federativos constitui um dos principais entraves à expansão do reuso. Além disso, o estudo demonstrou que a economia circular aplicada à água pode ser operacionalizada por meio de instrumentos de gestão e planejamento integrado, como matrizes lógicas, arranjos de governança multinível e políticas públicas indutoras de tecnologia e participação social.

O trabalho conseguiu responder que o reuso de água atrelado à economia circular é viável e necessário como política pública no semiárido, desde que estruturado em eixos integrados: ampliação da infraestrutura de reuso para agricultura e indústria, estímulo a tecnologias circulares em comunidades, redução da contaminação hídrica e fomento à pesquisa adaptada.

Contudo, não conseguiu mensurar quantitativamente o impacto potencial dessas políticas na redução do déficit hídrico regional, nem estimar os custos de implementação em escala municipal. Tais limitações decorrem da natureza exploratória e documental do estudo, que priorizou a análise qualitativa e a sistematização de experiências.

Para dar continuidade a esta pesquisa, recomenda-se a realização de estudos de caso em municípios do semiárido que já implementaram políticas de reuso, com o objetivo de avaliar a eficácia, a eficiência e a sustentabilidade dessas iniciativas. Sugere-se, ainda, a elaboração de modelos econométricos que possam estimar os custos e benefícios socioambientais do reuso em diferentes escalas territoriais. Futuras investigações poderiam explorar a articulação entre políticas de reuso e instrumentos econômicos, como pagamento por serviços ambientais, créditos hídricos e subsídios cruzados, bem como analisar a percepção e a aceitação social da água recuperada em comunidades.

Por fim, destaca-se a importância de pesquisas que integrem a dimensão jurídica à dimensão tecnológica e social, propondo marcos regulatórios adaptados às especificidades do semiárido brasileiro. A continuidade deste estudo pode contribuir para a construção de um arcabouço nacional coeso, capaz de conferir segurança jurídica, incentivar investimentos e promover a justiça hídrica, alinhando o Brasil às práticas globais de gestão sustentável.

REFERÊNCIAS

ANGELAKIS, A.N. *et al.***"Water Reuse: From Ancient to Modern Times and the Future"**.Frontiers in Environmental, v. 6, 2018. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2018.00026/full Acesso em: 16 abr. 2025.

ALEISA, E. **Navigating Kuwait's water scarcity challenges: A holistic analysis of water resources, environmental impact, cost, and policy implications**. Desalination, v. 586, 2024. (p. 1,3, 9-10, 12, 14). Disponível em: https://www-sciencedirect-com.ez292.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0011916424005381?via%3Dihub Acesso em: 15 jun. 2026.

ALHAJRI, M. F. et al. "**Status of wastewater treatment and reuse in Saudi Arabia and its forecasting for the year 2035"**. Applied Water Science, v. 15, p. 167, 2025. (p. 3). Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-025-02484-4 Acesso em: 03 abr. 2025.

ALMULHIM, A. I; AL-SAIDI, M. **"Circular economy and the resource nexus: Realignment and progress towards sustainable development in Saudi Arabia"** 2023. Environmental Development, v. 46, jun. 2023. p. 4-7. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211464523000519 Acesso em: 3 abr. 2025.

APOSTOLAKI, S. **"Nature-based solutions: From flood defense to addressing water scarcity and climate change risks"**. Nature-Based Solutions, v. 7, p. 100233, 2025. (p. 2-4). Disponível em: https://www-sciencedirect-com.ez292.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2772411525000229?via=ihub Aceso em: 16 jun. 2026.

ÁGUAS DO BRASIL. **"Instrumento de Um Novo modelo de Gestão das Águas"**, 2020. Disponívell em: https://aguasdobrasil.org/artigo/reuso/ Acesso em: 25 fev. 2026.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **"Consulta pública da NR de diretrizes para reúso não potável de água de efluentes da prestação do serviço de esgoto segue até 26 de fevereiro"**. Brasília, 26 jan. 2026. Disponível em: www.gov.br/ana. Acesso em: 24 fev. 2026.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **“Monitor de Secas”**. 2026. Disponível em: https://monitordesecas.ana.gov.br/mapa Acesso em: 14 mar. 2026.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (ASA). **“É no Semiárido que a vida pulsa”**. Disponívell em: https://asabrasil.org.br/semiarido/ Acesso em: 15 mar. 2026.

BARDIN, Laurence. **“Análise de conteúdo”**. Lisboa: Edições 70, 1977. 229 p. 51. Disponível em: https://madmunifacs.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/08/anc3a1lise-de-contec3bado-laurence-bardin.pdf Acesso em: 02 jul. 2026.

BERNABÉ-CRESPO, M. B *et al*. **“A Examining the implementation of potable water reuse in sewersheds of Southeastern Spain”**. UrbanWaterJournal.v. 19. p. 630-635. 2022. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1573062X.2022.2069043 Acesso em: 15 ago. 2025.

BICHIR, R. **“Governança multinível”**. 2018. Universidade de São Paulo - SP. Boletim de Análise Político-Institucional. p. 51-53. n. 19 dezembro de 2018. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/275b8edc-83aa-4e27-b3ac-40965b4b165d/content Aceso em: 17 ago. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.546, de 4 de abril de 2023. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Lei de Saneamento Básico), para estabelecer medidas de prevenção a desperdícios, de aproveitamento das águas de chuva e de reuso não potável das águas cinzas. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 5 abr. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/l14546.htm Aceso em: 13 mar. 2026.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **“Nova lei determina reaproveitamento de águas usadas e de chuva em novas edificações”**. Agência Câmara Notícias, Brasília, 5 abr. 2023. Disponível em: www.camara.leg.br/noticias. Acesso em: 24 fev. 2026.

BRASIL. Projeto de Lei 1.641/2019. Altera a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, para incluir entre os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos o reuso da água e a compatibilidade entre a qualidade do recurso hídrico e as exigências de seu uso. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2426146 Acesso em: 14 de mar. 2026.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **“Nova lei determina reaproveitamento de águas usadas e da chuva em novas edificações”**. 2023. Disponível em: https://www.camara.leg.br/noticias/951008-nova-lei-determina-reaproveitamento-de-aguas-usadas-e-de-chuva-em-novas-edificacoes/#:~:text=A%20Lei%2014.546/23%2C%20publicada,%2C%20agr%C3%ADcolas%2C%20florestais%20e%20industriais. Acesso em: 15 mar. 2026.

BRASIL. Agência Brasil. **“Lei obriga reaproveitamento de águas de esgoto e de chuva”**. Brasília, 9 mar. 2023. Disponível em: agenciabrasil.ebc.com.br. Acesso em: 24 fev. 2026.

BRASIL. **“CITinova promove sustentabilidade em cidades brasileiras”**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Governo Federal, Brasília, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/noticias/citinova-promove-sustentabilidade-em-cidades-brasileiras Acesso em: 14 ago. 2025.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DA PARAÍBA – CAGEPA. **“Cagepa Põe Paraíba entre os estados mais eficientes do país e 1 do NE em gestão de perdas”** Disponível em: https://www.cagepa.pb.gov.br/cagepa-poe-paraiba-entre-os-estados-mais-eficientes-do-pais-e-1o-do-ne-em-gestao-de-perdas/ Acesso em 03 de set. de 2026.

CZUBA, K. *et al*. **“Towards the circular economy: a pilot-scale membrane technology for the recovery of water and nutrients from secondary effluent”**. Science of the Total Environment, v. 791, p. 14, 66, 82, 2021. (p. 2-3). Disponível em: https://www-sciencedirect-com.ez292.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0048969721033374?via%3Dihub Acesso em: 16 mar. 2026.

CORDEIRO, S. *et al*. **“Water reuse, a sustainable alternative in the context of water scarcity and climate change in the Lisbon Metropolitan Area”**. Sustainability, v. 15, p. 12578, 2023. (p. 2, 5-8, 11-15). Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/15/16/12578 Acesso em: 23 mar. 2026.

COSTA, Frederico Lustosa da; Castanhar, José Cezar. **“Avaliação de programas públicos: desafios conceituais e metodológicos”**. RAP, Rio de Janeiro, v. 37, n. 5, p. 969-992, set./out. 2003. Disponível em: https://periodicos.fgv.br/rap/article/view/6509 Acesso em: 08 mar. 2025.

COMPAORÉ, C. O. T. *et al*. **“Constructed wetland technology for the treatment and reuse of urban household greywater under conditions of Africa's Sahel region”**. Water Supply, v. 23, n. 6, p. 2505-2520, 2023. (p. 7-8). Disponível em: https://iwaponline.com/ws/article/23/6/2505/95022/Constructed-wetland-technology-for-the-treatment Acesso em: 25 mar. 2026.

CONSULADO GERAL DA REPÚBLICA POPULAR DA CHINA. **“China Lidera o Desenvolvimento Verde para Construir a Bela Terra Casa”**. Rio de Janeiro, 2023. http://riodejaneiro.china-consulate.gov.cn/pot/zlgxw/202312/t20231213_11201159.htm Acesso em: 14 abr. 2025.

CEPART. **“Créditos Hídricos – Legislação”**. Disponível em: https://cepart.com.br/creditos_hidricos/#legislacao. Acesso em: 12 jul. 2026.

CEBDS | IRdA&GO - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável | Instituto Reúso de Água & GO Associados. (2025). **“Panorama Regulatório do Reúso de Água no Brasil”**. Rio de Janeiro. Santos, A. S., & Lima, M. Disponível em: https://cebds.org/publicacoes/panorama-regulatorio-do-reuso-de-agua/ Acesso em 2 de jul. 2026.

DE ROO, A. *et al*. **“The Water-Energy-Food-Ecosystem Nexus in the Mediterranean Current Issues and Future Challenges”**. Frontiers in Climate, v. 3, 2021. Disponívl em: https://www.frontiersin.org/journals/climate/articles/10.3389/fclim.2021.782553/full Acesso em: 12 jul. 2026.

DUCKETT, D. *et al*. **“Making waves: Promoting municipal water reuse without a prevailing scarcity driver”**. *Water Research*, v. 249, p. 120965, 2024. (p. 2, 4). Disponível em: https://www-sciencedirect-com.ez292.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0043135423014057?via%3Dihub Acesso em: 02 jul. 2026.

DRECHSEL, P.; QADIR, M.; BAUMANN, J. **“Water reuse to free up freshwater for higher-value use and increase climate resilience and water productivity”**. Irrigation and Drainage, v. 71, n. S1, p. 100-109, 2022. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ird.2694?getft_integrator=clarivate&src=getftr Acesso em: 03 jul. 2026.

EXPÓSITO, A.; DÍAZ-CANO, E.; BERBEL, J. **“The potential use of reclaimed water for irrigation purposes: Is it overestimated?”** Water Resources Management, 2024. (p. 4, 7, 9). Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-024-03878-w?getft_integrator=clarivate Acesso em: 02 jul. 2026.

EMBAIXADA DA REPÚBLICA POPULAR DA CHINA NO BRASIL. **“Inaugurou-se em Hangzhou o pimeio pograma China-Brasil de líderes em inovaçõ cientíica e tcnológica”**. Brasil, 2020. Disponível em: http://br.china embassy.gov.cn/por/szxw/201904/t20190419_4403109.htm#:~:text=Beijing%2C%2018%20abr%20(Xinhua),%C3%A1guas%20residuais%20e%20do%20mar. Acesso em: 14 abr. 2025.

FIDÉLIS, T.; AFYOUNI, A.; RIAZI, F. **“Integrating spatial concerns into water reuse regulations: Insights from the European Union and the Iberian Peninsula”**. Water, v. 17, p. 1625, 2025. (p. 4-7, 10). Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4441/17/11/1625 Acesso em: 02 jul. 2026.

FARFAN CHILICAUS, G. C. *et al*. **Circular Economy and Water Sustainability: Systematic Review of Water Management Technologies and Strategies (2018-2024)**. *Sustainability* [s.l.], 2025. p. 2 e 28. DOI: 10.3390/su17052034. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/17/14/6544 Acesso em: 3 set. 2026.

GUL, S.; K. M. GANI.; G. F. BUX. **“Reclaimed wastewater as an ally to global freshwater sources: a PESTEL evaluation of the barriers”**. AQUA — Water Infrastructure, Ecosystems and Society, v. 70, n. 2, p. 123-137, 2021. (p. 3-4, 6-8, 10-11). Disponível em:https://iwaponline.com/aqua/article/70/2/123/80308/Reclaimed-wastewater-as-an-ally-to- global Acesso em: 01 jul. 2026.

GARCIA, J. R; WEINS, N. W. **“Economia Política da água na China e no Brasil: Algumas Reflexões”**. ResearchGate. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica Vol. 35, No. 2: 1-19, 2022. p. 6-8. Disponível em:https://www.researchgate.net/publication/359634832_Economia_Politica_da_agua_na_China_e_no_Brasil_Algumas_Reflexoes Acesso em: 27 set. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Lei N.º 16.033, de 20.06.16 Que Dispõe Sobre a Política de Reúso De Água Não Potável no Âmbito do Estado do Ceará, Ministério Público do Ceará, 2016. Disponível em: https://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2015/12/Lei-Estadual-n%C2%BA16.033-2016-Disp%C3%B5e-sobre-a-Pol%C3%ADtica-de-Re%C3%BAso-de-%C3%81gua-N%C3%A3o-Pot%C3%A1vel-no-Estado-do-Cear%C3%A1.pdfAcesso em 18 set. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM). Portal dos comitês, 2020. Disponível em: https://comites.igam.mg.gov.br/w/minas-gerais-regulamenta-norma-sobre-o-reuso-de-agua-nao-potavel-no-estado#:~:text=No%20%C3%BAltimo%20s%C3%A1bado%20(20%2F06,de%20sistemas%20p%C3%BAblicos%20e%20privados. Acesso em: 18 set. 2025.

HODINKSON, G. *et al*. **“Word Economic Forum. “Circular Economy in Cities Evolving the Model for a Sustainable Urban Future”**. p. 3-4. 2018. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/White_paper_Circular_Economy_in_Cities_report_2018.pdf Acesso em: 08 set. 2025.

INSTITUTO REUSO DE ÁGUA – IRDA. **“Reuso de Águas no Brasil: um pouco da história e perspectivas futuras”** Lisboa, 2022. Disponível em: https://reusodeagua.org/reuso-de-agua/ Acesso em: 18 set. 2025.

INSTITUTO REUSO DE ÁGUA – IRDA. **“Quadro Regulatório”**, 2023. Disponível em: https://reusodeagua.org/quadro-regulatorio/ Acesso em: 18 set. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **“Agência IBGE Notícias”**. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37237-de-2010-a-2022-populacao-brasileira-cresce-6-5-e-chega-a-203-1-milhoes Acesso em: 9 mar. 2026.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **“Região Nordeste Desperdiça Quase Metade de Água Potável, aponta estudo do Trata Brasil”**. 2023. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/regiao-nordeste-desperdica-quase-metade-da-agua-potavel-aponta-estudo-do-trata-brasil/ Acesso em:15 mar. 2026.

KAHN, M.; SANGIORGIO, M.; ROSA, L. **“Potential of wastewater reuse to alleviate water scarcity under future warming scenarios”**. Environmental Research Letters, v. 20, p. 034012, 2025. (p. 5, 8). Disponível em: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/adb31d Acesso em: 02 jul. 2026.

LIMA, M. A. M *et al*. **“Análise Prática dos Aspectos Legais das Principais Plantas de Reuso Potável de Água no Mundo”**. 18.º ENASB/18.º SILUBESA, Porto, 2-12 outubro p. 2-4. 2018. Disponível em: https://reusodeagua.org/nossosartigoscientificos/ Acesso em: 15 ago. 2025.

MARQUES, G. F. **“Economia de Recursos Hídricos e Instrumentos Econômicos para Gestão”**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2021. p. 68. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/94125?guid=1728325748507&returnUrl=%2Fsophia_web%2Fresultado%2Flistar%3Fguid%3D1728325748507%26quantidadePaginas%3D1%26codigoRegistro%3D94125%2394125&i=3 Acesso em: 02 jul. 2026.

MACRÌ, M. *et al*. **“Antibiotic resistance and pathogen spreading in a wastewater treatment plant designed for wastewater reuse”**. Environmental Pollution, v. 363, p. 125051, 2024. (p. 1-2, 10). Disponível em: https://www-sciencedirect-com.ez292.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0269749124017664?via%3Dihub Acesso em: 04 jul. 2026.

MARCHIONI, M. *et al*. **“Costs-benefit Analysis for the use of Shallow Groundwater as non-conventional Water Resource”**. Environmental Science and Pollution Research, 2023. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-023-03483-3?getft_integrator=clarivate Acesso em: 04 jul. 2026.

MOURA, P. G.*et al*. **“Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil”**. 791-792. 2020. Disponívell em: https://www.scielo.br/j/esa/a/7888VSVHBqZK7Bnz85X5Z8x/?format=html&lang=pt Acesso em: 15 ago. 2025.

MUNNÉ, A. *et al*. **“Indirect potable water reuse to face drought events in Barcelona city**. **Setting a monitoring procedure to protect aquatic ecosystems and to ensure a safe drinking water supply”**. Science of the Total Environment, v. 866, p. 16,13,39, 2023. (p. 2). Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722084431?pes=vor&getft_integrator=clarivate Acesso em: 02 jul. 2026.

NARAIN-FORD, D. M. *et al*. **“Shifting the imbalance: Intentional reuse of Dutch sewage effluent in sub-surface irrigation”**. Science of the Total Environment, v. 752, p. 14,22,14, 2021. (p. 2, 4). Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720357430 Acesso em: 02 jul. 2026.

OLIVEIRA, S. F. M de.*;* T. M. TENÓRIO.; S. K. J. MARQUES. **“Caracterização do lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA) da cidade de Palmeira dos Índios - Alagoas para potencial aplicação em massas cerâmicas”**. Revista Matéria, v. 28 nº 4. Alagoas, 2023. p. 2. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rmat/a/6Dp7D8PKRPDVkhxqPhGHGjw/?lang=pt Acesso em: 12 mar. 2025.

ODONE, G. *et al*. "**A novel smart fertigation system for irrigation with treated wastewater: Effects on nutrient recovery, crop and soil"**. *Agricultural Water Management*, v. 297, p. 108832, 2024. (p. 2-3). Disponível em: https://www-sciencedirect-com.ez292.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0378377424001677?via%3Dihub Acesso em: 04 jul. 2026.

PAUL, J; CRIADO, R. A**. "The art of writing literature review: What do we know and what do we need to know"** Elsevier International Business Review. p. 1. 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969593120300585#preview-section-references Acesso em: 15 ago. 2025.

PIRES, R. R. C.; GOMIDE, A. **"Governança e Capacidades Estatais a Partir da Abordagem dos Arranjos e Instrumentos de Políticas Públicas"**. Universidade de São Paulo – SP. Boletim de Análise Político-institucional. p. 25-28. n. 19 dezembro 2018. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/entities/publication/0729eb83-7d08-4bf8-b8b4-18b73f04f6ff Acesso em: 17 ago. 2025.

QADIR, G. *et al*. **"Staircase wetlands for the treatment of greywater and the effect of greywater on soil microbes"**. Sustainability, v. 15, p. 6102, 2023. (p. 1- 22). Disponível em: https://link-springer-com.ez292.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s13201-025-02484-4 Acesso em: 19 jun. 2026.

QURESHI, A. S. **"Challenges and prospects of using treated wastewater to manage water scarcity crises in the Gulf Cooperation Council (GCC) Countries"**. Water, v. 12, p. 1973, 2020. (p. 2). Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4441/12/7/1971v Acesso em: 05 jul. 2026.

RIASI, F. *et al*. **"Institutional arrangements for water reuse: assessing challenges for the transition to water circularity"**. Water Policy, v. 25, n. 3, p. 218, 2023. Disponível em: https://iwaponline.com/wp/article/25/3/218/93609/Institutional-arrangements-for-water-reuse Acesso em: 06 jul. 2026.

RODRÍGUEZ, C. *et al*. **"Cost–Benefit Evaluation of Decentralized Greywater Reuse Systems in Rural Public Schools in Chile"**. *Water*, v. 12, n. 12, p. 3468, 2020. (p. 11-12). Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4441/12/12/3468 Acesso em: 03 jul. 2026.

RAMADAN *et al*. Optimization-based proposed solution for water shortage problems: A case study in the Ismailia Canal, East Nile Delta, Egypt. Water, v. 13 2481. p. 1-7. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4441/13/18/2481 Acesso em: 06 jul. 2026.

REVISTA EXAME. **"O que são 'cidades-esponja', criadas pelo arquiteto chinês que morreu em queda de avião no Pantanal"**. São Paulo, 2025. Disponível em: https://exame.com/esg/o-que-sao-cidades-esponja-criadas-pelo-arquiteto-chines-que-morreu-em-queda-de-aviao-no-pantanal/ Acesso em: 16 de jun de 2026.

SGROI, M.; VAGLIASINDI, F. G. A.; ROCCARO, P. **“Feasibility, sustainability and circular economy concepts in water reuse”**. Current Opinion in Environmental Science & Health, v. 2, p. 20-25, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468584417300211 Acesso em: 05 jul. 2026.

SANTOS, A. S. P *et al*. **“Uma perspectiva para a aceitação do reúso da água: histórico da valorização das águas residuais ao longo do desenvolvimento da sociedade”**. ScieloBrazil. Política da Água Vol. 26. p. 337-343. 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/7888VSVHBqZK7Bnz85X5Z8x/?format=html&lang=pt Acesso em: 15 ago. 2025.

SOUSA, C. M.*et al*. **“Reuso de Água de Drenagem Subterrânea em Canteiro de Obras e para Irrigação de Jardins: Um Estudo de Caso em Fortaleza - CE”**. Revista Brasileira de Metodologia, 2021. p. 625. disponívell em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/8qdLcgmrBdBMLqXwyH8H6GR/?lang=pt Acesso em: 12 ago. 2025.

SANTOS, A. S. P *et al*. **“A technical–scientific content management system on water reuse as an environmental education tool: the experience of a Portugal/Brazil partnership”**. IWA Publishing. v. 24. p.3. Disponível em: https://iwaponline.com/ws/article/24/10/3603/104793/A-technical-scientific-content-management-system Acesso em: 15 ago. 2025.

SILVA, J. I. A. O. **“Governança Comparada da Água”**. Veredas do Direito. Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável. v. 20. Belo Horizonte – MG, 2023. p.3-4. Disponível em: https://revista.domhelder.edu.br/index.php/veredas/article/view/2105 Acesso em: 15 ago. 2025.

SAUDI WATER AUTHORITY – SWA. **“Estratégia da Autoridade Saudita de Águas”**. Reino da Arábia Saudita, 2025. Disponível em: https://www.swa.gov.sa/en/ Acesso em: 15 mai. 2025.

SAUDI VISION. **“Vision 2030 Annual Report”**, 2023. Disponível em: https://www.vision2030.gov.sa/en/annual-reports Acesso em: 15 mai. 2025.

STARTUP NATION CENTRAL. **“Your partner in the Israeli tech ecosytem”.** Israel, 2024. Disponível em: https://startupnationcentral.org/

INTERÁGUAS. 2019. Acesso em: https://www.interaguas.org/ Acesso em 15 Mar. 2025.

UNIVERSIDADE DAS NAÇÕES UNIDAS (UNU INWEH). **“O mundo entra na era da falência global da água”**. 2026. Disponível em: https://unu-edu.translate.goog/inweh/news/world-enters-era-of-global-water-bankruptcy?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=tc Acesso em: 15 mar. 2026.