

SANEAMENTO BÁSICO E TECNOLOGIAS ECOLÓGICAS NO BRASIL: DESAFIOS, SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS E PERSPECTIVAS DE ECONOMIA CIRCULAR**BASIC SANITATION AND ECOLOGICAL TECHNOLOGIES IN BRAZIL: CHALLENGES, SUSTAINABLE SOLUTIONS, AND PERSPECTIVES ON A CIRCULAR ECONOMY**

Daniel Rodrigo Bernardes Vilanova¹, Daniela Maria Snichelotto Mikaki², Gustavo Borges de Oliveira¹, Luciana Martines Viana³, Pedro Bravo Frutos Júnior⁴, Thalitta Castro de Souza¹, Ricardo Costa⁵, Marcio Magera Conceição⁵

e2415333

<https://doi.org/10.33947/geociencias.v24i1.5333>

PUBLICADO: 11/2025

RESUMO

O saneamento básico é um dos principais desafios socioambientais do Brasil, impactando diretamente a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Apesar dos avanços legais e institucionais, como o Novo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020), o país ainda enfrenta grandes desigualdades no acesso à água tratada, esgotamento sanitário e manejo adequado dos resíduos sólidos, principalmente em áreas rurais e periferias urbanas. Diante desse contexto, cresce o interesse por soluções inovadoras baseadas em tecnologias ecológicas alinhadas aos princípios da economia circular, que favorecem o reaproveitamento de recursos e a redução de impactos ambientais. A metodologia adotada neste artigo consistiu em uma revisão bibliográfica sistemática, compreendendo a análise de artigos acadêmicos, relatórios técnicos, políticas públicas e estudos de caso, provenientes de bases como SciELO, Portal de Periódicos Capes, Google Scholar e documentos institucionais. O recorte temporal priorizou publicações das duas últimas décadas que contemplassem tanto desafios históricos quanto inovações recentes e experiências práticas em diferentes regiões do país. Os principais resultados apontam que tecnologias como tanques de evapotranspiração, círculos de bananeira, wetlands construídos e fossas sépticas biodigestoras têm sido alternativas viáveis para áreas carentes de infraestrutura tradicional. Destacam-se ainda práticas de reuso de água, aproveitamento do lodo e geração de biogás em estações de tratamento de esgoto. Estudos de caso revelam impactos positivos na saúde, no ambiente e na inclusão social, com maior protagonismo comunitário e potencial de geração de renda. Contudo, desafios persistem relacionados à regulação, financiamento, aceitação cultural e capacitação técnica. Conclui-se que para a universalização do saneamento ecologicamente sustentável no Brasil, é fundamental promover a integração entre políticas públicas, inovação tecnológica, fortalecimento da regulação e incentivos à economia circular, além da participação efetiva da sociedade civil para garantir equidade e resiliência dos serviços.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento básico. Economia circular. Tecnologias ecológicas. Políticas públicas. Regulação.

ABSTRACT

Basic sanitation is one of Brazil's main socio-environmental challenges, directly impacting public health, the environment, and sustainable development. Despite legal and institutional advances, such as the New Legal Framework for Sanitation (Law No. 14,026/2020), the country still faces significant inequalities in access to treated water, sewage systems, and proper solid waste management, especially in rural areas and urban peripheries. In this context, there is growing interest in innovative solutions based on ecological technologies aligned with the principles of the circular economy, which encourage resource reuse and the reduction of environmental impacts. The methodology adopted in this article consisted of a systematic literature review, including the analysis of academic articles, technical reports, public policies, and case studies from sources such as SciELO, Capes Periodicals Portal, Google Scholar, and institutional documents. The temporal scope prioritized publications from the last two decades that address both historical challenges and recent innovations and practical experiences from different regions of the country. The main results indicate that technologies such as evapotranspiration tanks, banana circles, constructed wetlands, and biodigester septic tanks have emerged as viable alternatives in areas lacking traditional infrastructure. Practices such as water

¹ Faculdade UNILAGOS, Araruama (RJ), Daniel@faculdadeunilagos.edu.br; profgustavoborges@gmail.com; Tcastros@hotmail.com.

² Universidade Paulista (UNIP), São Paulo/SP, danisnic@gmail.com.

³ Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial - SENAC – SP, luciana.mviana@sp.senac.br.

⁴ Docente do Estado de Educação Básica II, Guarulhos (SP), pedrohistoria2011@gmail.com.

⁵ Docente do Mestrado em Análise Ambiental, Universidade Guarulhos, Guarulhos (SP), ricardo.costa@ung.br; marcio.conceicao@ung.br.

SANEAMENTO BÁSICO E TECNOLOGIAS ECOLÓGICAS NO BRASIL: DESAFIOS, SOLUÇÕES
SUSTENTÁVEIS E PERSPECTIVAS DE ECONOMIA CIRCULAR
Daniel Rodrigo Bernardes Vilanova, Daniela Maria Snichelotto Mikaki, Gustavo Borges de Oliveira,
Luciana Martines Viana, Pedro Bravo Frutos Júnior, Thalitta Castro de Souza, Ricardo Costa, Marcio Magera Conceição

reuse, sludge utilization, and biogas generation in sewage treatment plants are also highlighted. Case studies show positive impacts on health, the environment, and social inclusion, with greater community engagement and potential for income generation. However, challenges remain related to regulation, financing, cultural acceptance, and technical training. The article concludes that achieving ecologically sustainable universal sanitation in Brazil requires the integration of public policies, technological innovation, regulatory strengthening, and incentives for the circular economy, as well as effective civil society participation to ensure equity and resilience in services.

KEYWORDS: Basic sanitation. Circular economy. Ecological Technologies. Public policy. Regulation.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico é amplamente reconhecido como elemento essencial para a garantia da saúde pública, a minimização das desigualdades sociais e a promoção da sustentabilidade ambiental no âmbito urbano e rural brasileiro (Sousa; Santana, 2016; Vilarinho; Couto, 2023). Apesar dos avanços institucionais e regulatórios proporcionados pelo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020), persistem desafios estruturais, financeiros e logísticos que dificultam a universalização do acesso à água tratada, à coleta e ao tratamento de esgoto, bem como à destinação adequada de resíduos sólidos (Brasil, 2020; Vilarinho; Couto, 2023).

Dados recentes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento demonstram que quase metade da população não tem acesso a sistemas adequados de esgotamento sanitário e uma parcela relevante ainda carece de abastecimento regular de água potável (SNIS, 2020). Essa situação impacta diretamente na incidência de doenças de veiculação hídrica, degradação ambiental e aumento das desigualdades regionais, evidenciando a urgência da adoção de soluções inovadoras e sustentáveis (Paes; Crispim; Furtado, 2014; Santos; Kuwajima; Santana, 2020). Assim, Conceição *et al.*, (2022) menciona em seu estudo que alguns municípios brasileiros em sua maioria desconhecem a geração e a composição dos seus resíduos sólidos domésticos (RSD), deixando para o agente privado, através de licitações públicas, o oferecimento mercadológico de tal demanda pública, tanto do serviço quanto do valor econômico para a realização da coleta e destino dos RSD.

A articulação entre a economia circular e governança pública se faz fundamental diante dos desafios contemporâneos de sustentabilidade ambiental, econômica e social. A economia circular traz consigo um modelo alternativo, centrado na valorização dos resíduos como um recurso, promovendo a reciclagem, a remanufatura e a extensão do ciclo de vida dos materiais, práticas que oferecem significativo potencial para a conservação ambiental e a geração de renda, inclusive para populações de menor escolaridade (Conceição *et al.*, 2021, Conceição *et al.*, 2022).

No entanto, os estudos realizados por Conceição e seus colaboradores, em Portugal e em São Paulo indicaram que, apesar de uma viabilidade econômica e benefícios macro ambientais associados, a plena implementação de uma economia circular depende de uma integração estratégica entre a governança pública, uma vez que políticas públicas fragmentadas ou insuficientes limitam consideravelmente o

reaproveitamento dos resíduos sólidos urbanos e a consolidação do mercado da reciclagem (Conceição *et al.*, 2021, Conceição *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a governança pública possui um papel estratégico, seja como agente normativo e regulador, ou seja, como catalisador do engajamento de múltiplos atores sociais e econômicos. De acordo com Conceição *et al.* (2022) em seu estudo com RSD em Guarulhos, ressalta que, em países em desenvolvimento, a ausência de vontade política, a precariedade da infraestrutura, as dificuldades logísticas e as prioridades orçamentárias alocadas a outros setores inviabilizam a criação de instrumentos e políticas integradas voltadas à economia circular.

Métodos integrativos como por exemplo o uso do aplicativo VERDES ilustra como a interação entre gestão pública, a inovação tecnológica e compromisso institucional podem aumentar os benefícios econômicos, ambientais e sociais do reaproveitamento de resíduos sólidos, entretanto, esses instrumentos só atingem sua finalidade em ambientes de governança pública quando acompanhados da participação social, do planejamento de longo prazo e da valorização de externalidades positivas para o meio ambiente bem como da economia local (Conceição *et al.*, 2021, Conceição *et al.*, 2022).

Outras tecnologias aplicadas ao saneamento básico, ganharam palco para um debate, como por exemplo a utilização dos tanques de evapotranspiração, wetlands construídos, fossas sépticas biodigestoras, reúso de água bem como a valorização dos subprodutos obtidos como por exemplo o lodo e o biogás (Lima, 2012; Martinetti; Shimbo; Teixeira, 2009; Chernicharo *et al.*, 2018). Essas tecnologias, inseridas em um paradigma de uma economia circular, apresentam potencial para promover a autossuficiência local, reduzir o consumo de recursos naturais e transformar resíduos em insumos úteis à agricultura e à energia (Geissdoerfer *et al.*, 2017; Anício *et al.*, 2021).

No Brasil, experiências com o uso dessas tecnologias, apresentam impactos positivos na promoção da saúde, participação comunitária e geração de renda. No entanto a implementação dessas metodologias ainda enfrenta diversas barreiras regulatórias e culturais, tornando mais complicado a transição para um modelo de saneamento integrado, ecológico e circular (Kacprzak *et al.*, 2017; Sanasa, 2022). Com isso, o objetivo deste ensaio é analisar, de forma integrada, a evolução das políticas públicas de saneamento básico no Brasil, as soluções ecológicas implementadas e as perspectivas de economia circular, identificando os principais desafios e oportunidades para a consolidação de um modelo sustentável e inclusivo. Justifica-se a relevância do tema diante da urgência em superar o modelo linear de “extrair, transformar e descartar”, que resulta em desperdício de recursos e impactos ambientais negativos, e da necessidade de promover a equidade no acesso aos serviços essenciais (EMF, 2013; Geissdoerfer *et al.*, 2017).

METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica transversal, com foco em identificar, analisar e comparar diferentes abordagens, desafios e soluções relativas ao saneamento básico e às tecnologias ecológicas no Brasil. A pesquisa transversal, nesse contexto, consiste na realização de uma análise abrangente do estado do conhecimento disponível em um determinado período, envolvendo múltiplas fontes e perspectivas (Marconi; Lakatos, 2011).

SANEAMENTO BÁSICO E TECNOLOGIAS ECOLÓGICAS NO BRASIL: DESAFIOS, SOLUÇÕES
SUSTENTÁVEIS E PERSPECTIVAS DE ECONOMIA CIRCULAR
Daniel Rodrigo Bernardes Vilanova, Daniela Maria Snichelotto Mikaki, Gustavo Borges de Oliveira,
Luciana Martines Viana, Pedro Bravo Frutos Júnior, Thalitta Castro de Souza, Ricardo Costa, Marcio Magera Conceição

Inicialmente, foi realizado um levantamento sistemático de publicações acadêmicas, relatórios institucionais, legislações e estudos de casos aplicados as realidades urbanas e rurais brasileiras, abrangendo trabalhos publicados prioritariamente nas duas últimas décadas. A busca foi conduzida em bases científicas digitais como SciELO, Google Scholar e Portal de Periódicos da Capes, utilizando os seguintes descritores: “saneamento básico”, “tecnologias ecológicas”, “economia circular”, “regulação”, “esgotamento sanitário” e “sustentabilidade”. Complementarmente, foram consultados documentos oficiais do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), legislações recentes (Lei nº 11.445/2007, Lei nº 14.026/2020) e relatórios de órgãos de referência e empresas do setor (Brasil, 2020).

Após o levantamento, procedeu-se à leitura integral de cerca de 40 materiais selecionados, conforme metodologia de revisão sistemática, extraíndo-se e categorizando-se informações relevantes sobre evolução histórica do saneamento, regulação, implantação e efetividade de tecnologias ecológicas, e experiências de reaproveitamento de resíduos e economia circular (Vilarinho; Couto, 2023).

A síntese dos dados foi guiada por análise qualitativa, buscando identificar convergências, desafios persistentes e evidências de impacto socioambiental. Durante a análise transversal, foram enfatizados comparativos entre contextos regionais (urbanos e rurais, públicos e privados), assim como diferentes escalas de implementação das soluções descritas. Dessa forma, garantiu-se uma abordagem abrangente, crítica e multidisciplinar, adequada à natureza da pesquisa transversal (Marconi; Lakatos, 2011; Paes; Crispim; Furtado, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O saneamento básico ao longo do tempo em território nacional

A história do saneamento básico no Brasil (Tabela 1) é marcada por avanços e retrocessos, refletindo as transformações sociais, econômicas e institucionais do país. Desde o período colonial, as soluções eram predominantemente individuais e rudimentares, evoluindo gradualmente para arranjos coletivos e modelos de prestação pública e privada (Vilarinho; Couto, 2023). A institucionalização das políticas públicas de saneamento ganhou impulso com a criação do PLANASA na década de 1970 e, mais recentemente, com a promulgação da Lei nº 11.445/2007 e sua atualização pelo Novo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020), que busca padronizar a regulação e estimular a participação do setor privado (Brasil, 2020).

Apesar dos avanços normativos, persistem desafios estruturais: cerca de 16% da população ainda não dispõe de água tratada, e quase metade do esgoto gerado é lançado sem tratamento nos corpos d'água, agravando a poluição e os impactos ambientais (SNIS, 2020). A regulação do setor, embora formalizada desde 2007, ainda não abrange aproximadamente 34% dos municípios, evidenciando a necessidade de fortalecimento institucional e de mecanismos de governança integrados (ANA, 2023).

SANEAMENTO BÁSICO E TECNOLOGIAS ECOLÓGICAS NO BRASIL: DESAFIOS, SOLUÇÕES
SUSTENTÁVEIS E PERSPECTIVAS DE ECONOMIA CIRCULAR
Daniel Rodrigo Bernardes Vilanova, Daniela Maria Snichelotto Mikaki, Gustavo Borges de Oliveira,
Luciana Martines Viana, Pedro Bravo Frutos Júnior, Thalitta Castro de Souza, Ricardo Costa, Marcio Magera Conceição

Tabela 1 – Linha do Tempo do Saneamento Básico no Brasil.
Table 1 – Timeline of Basic Sanitation in Brazil.

Período / Ano	Marco / Evento	Descrição	Referência
Período Colonial	Soluções rudimentares	Uso de poços, fontes, chafarizes públicos e descarte manual de dejetos (por escravizados) mediante valas e ao mar; primeiros sistemas coletivos surgem em zonas urbanas.	Vilarinho; Couto (2023)
1723	Aqueduto do Rio Carioca (RJ)	Conclusão da obra considerada o primeiro sistema coletivo de abastecimento de água do Brasil, visando atender a população do Rio de Janeiro.	Vilarinho; Couto (2023)
1967	Lei nº 5.318/1967 - Política Nacional de Saneamento	Instituição do marco legal para planejamento urbano e início da coordenação federal nas ações de saneamento.	BRASIL (1967); Vilarinho; Couto (2023)
1973	Criação do PLANASA	Implantação do Plano Nacional de Saneamento: criação das Companhias Estaduais de Saneamento, ampliação da infraestrutura urbana e modelos de sociedades de economia mista.	Vilarinho; Couto (2023)
1990	Extinção do BNH e fim do PLANASA	Crise econômica e encerramento da principal fonte de financiamento ao setor, início do período chamado de "vazio institucional".	Vilarinho; Couto (2023)
1997	Lei nº 9.433/1997 - Política Nacional de Recursos Hídricos	Estrutura o sistema de gestão integrada dos recursos hídricos, incorporando princípios de sustentabilidade e participação social.	BRASIL (1997); Vilarinho; Couto (2023)
2007	Lei nº 11.445/2007 - Marco Legal do Saneamento	Estabelece diretrizes nacionais para o setor, define os quatro eixos do saneamento e introduz regulação, controle social e planos municipais obrigatórios.	BRASIL (2007); Vilarinho; Couto (2023)
2010	Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010)	Define responsabilidades compartilhadas e estratégias para a gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos.	BRASIL (2010); Vilarinho; Couto (2023)
2013	Aprovação do PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico traça metas de curto, médio e longo prazo, com base nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.	Miranda <i>et al.</i> (2020)
2020	Lei nº 14.026/2020 - Novo Marco Legal do Saneamento	Estabelece metas de universalização até 2033 (99% água potável, 90% coleta e tratamento de esgotos), obrigações econômicas e estímulo à regulação e regionalização.	BRASIL (2020a); Vilarinho; Couto (2023)
2020-2023	Novos Decretos Regulamentares	Detalhamento das metodologias de comprovação de capacidade econômico-financeira, prestação regionalizada e normas de referência para regulação do setor.	BRASIL (2023a, 2023b); Vilarinho; Couto (2023)

Fonte: Os autores (2025)

A literatura destaca que a universalização do saneamento depende não apenas de investimentos financeiros, mas também do aprimoramento da regulação, da capacitação técnica e da articulação entre diferentes níveis de governo e atores sociais (Santos; Kuwajima; Santana, 2020). A manutenção de órgãos

SANEAMENTO BÁSICO E TECNOLOGIAS ECOLÓGICAS NO BRASIL: DESAFIOS, SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS E PERSPECTIVAS DE ECONOMIA CIRCULAR
Daniel Rodrigo Bernardes Vilanova, Daniela Maria Snichelotto Mikaki, Gustavo Borges de Oliveira, Luciana Martines Viana, Pedro Bravo Frutos Júnior, Thalitta Castro de Souza, Ricardo Costa, Marcio Magera Conceição

supervisores, como a Agência Nacional de Águas (ANA), é fundamental para promover a maturidade regulatória, reduzir assimetrias e fortalecer os mecanismos de controle e transparência (Pacheco, 2006).

A busca por soluções ecológicas no saneamento básico, ao longo do tempo (Tabela 1) tem se intensificado diante da necessidade de conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental e a promoção da saúde pública (Paes; Crispim; Furtado, 2014). Tecnologias como fossas sépticas biodigestoras, sistemas de wetlands construídos, reúso de água e aproveitamento de subprodutos das estações de tratamento de esgoto (ETEs) representam alternativas viáveis e sustentáveis, especialmente em áreas rurais e comunidades tradicionais (Lima, 2012; Martinetti; Shimbo; Teixeira, 2009).

O uso de tecnologias ecológicas no saneamento básico no Brasil

A Tabela 2, apresenta uma linha do tempo com os principais marcos e inovações na adoção de tecnologias ecológicas no saneamento básico brasileiro, evidenciando a evolução do setor nas últimas décadas.

Tabela 2 – Uso de tecnologias ecológicas no saneamento básico no Brasil.
Table 2 – Use of ecological technologies in basic sanitation in Brazil

Período	Tecnologia Ecológica	Local/Contexto	Impactos/Resultados	Referência
Décadas de 1980-1990	Wetlands construídos (sistemas alagados artificiais)	Projetos-piloto em zonas rurais e periurbanas	Tratamento biológico eficiente, baixa energia, uso de plantas nativas	Martinetti; Shimbo; Teixeira (2009)
Anos 2000	Fossa séptica biodigestora	Zona rural brasileira; assentamentos	Redução de patógenos, geração de fertilizante orgânico (biofertilizante)	Lima (2012)
Anos 2000-2010	Círculos de bananeiras	Comunidades periurbanas e rurais	Tratamento de águas cinzas, eliminação do esgoto a céu aberto, geração de alimentos	Paes; Crispim; Furtado (2014)
Anos 2010-2020	Tanque de evapotranspiração (TEvap)	Projetos em assentamentos rurais e comunidades tradicionais	Tratamento de águas negras, reúso de nutrientes no solo, paisagismo produtivo	Paes; Crispim; Furtado (2014); Machado <i>et al.</i> (2021)
Anos 2010-2020	Reúso de água em ETEs	Regiões metropolitanas (indústria e áreas verdes)	Economia de água potável, solução para escassez hídrica	Anício <i>et al.</i> (2021)
Presente	Economia circular no saneamento (lodo, biogás, compostagem)	Grandes cidades brasileiras	Redução de resíduos, aproveitamento energético, uso agrícola do lodo	Sanasa (2022); Anício <i>et al.</i> (2021)

Fonte: Os autores (2025)

O reaproveitamento do lodo de esgoto como fertilizante orgânico, a geração de biogás para produção de energia e a utilização da água de reúso para fins industriais, agrícolas e urbanos são exemplos de práticas alinhadas aos princípios da economia circular (Kacprzak *et al.*, 2017; Chernicharo *et al.*, 2018).

SANEAMENTO BÁSICO E TECNOLOGIAS ECOLÓGICAS NO BRASIL: DESAFIOS, SOLUÇÕES
SUSTENTÁVEIS E PERSPECTIVAS DE ECONOMIA CIRCULAR
Daniel Rodrigo Bernardes Vilanova, Daniela Maria Snichelotto Mikaki, Gustavo Borges de Oliveira,
Luciana Martines Viana, Pedro Bravo Frutos Júnior, Thalitta Castro de Souza, Ricardo Costa, Marcio Magera Conceição

No entanto, as implementações dessas soluções enfrentam barreiras normativas, técnicas e culturais, como a ausência de diretrizes claras para usos alternativos do lodo e do biogás, a resistência da população ao consumo de subprodutos e a carência de incentivos econômicos (Anício *et al.*, 2021).

Experiências exitosas, como a Usina Verde de Compostagem em Campinas, que transforma lodo de esgoto em adubo orgânico utilizado em áreas verdes e viveiros municipais, demonstram o potencial de inovação e geração de valor a partir de resíduos tradicionalmente descartados (Sanasa, 2022). Contudo, a disseminação dessas práticas ainda é limitada, exigindo maior integração entre políticas públicas, regulação e educação ambiental.

A economia circular propõe a transição de um modelo linear para um sistema em que produtos, materiais e recursos são mantidos em uso pelo maior tempo possível, promovendo a redução, reutilização, reciclagem e valorização dos resíduos (Ellen Macarthur Foundation, 2017). No contexto do saneamento, a adoção de práticas circulares pode contribuir para a segurança hídrica, a mitigação das mudanças climáticas e a geração de empregos verdes (Geissdoerfer *et al.*, 2017; Ghisellini; Cialani; Ulgiati, 2016).

No Brasil, a integração entre saneamento e economia circular ainda é incipiente, com lacunas legais e institucionais que dificultam a implementação efetiva de práticas inovadoras (Anício *et al.*, 2021; Viana, 2021). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e o Novo Marco Legal do Saneamento representam avanços, mas carecem de regulamentação específica para subprodutos do saneamento, como o lodo e o biogás, e de incentivos para a adoção de tecnologias limpas (Gonçalves; Barroso, 2019).

A experiência internacional evidencia que a transição para a economia circular requer não apenas investimentos em infraestrutura e tecnologia, mas também mudanças culturais, fortalecimento da governança e harmonização de normas e metas (Parlamento Europeu, 2023). Países como Alemanha, China e Austrália têm avançado na regulação e incentivo à circularidade, enquanto o Brasil ainda enfrenta desafios relacionados à informalidade, à fragmentação institucional e à resistência à inovação (EMF, 2013; McDowall *et al.*, 2017).

Estudos de Casos: A economia circular no saneamento

A economia circular no saneamento vem ganhando destaque tanto na Europa quanto na América Latina, que indica um esforço global em adotar modelos mais sustentáveis de gestão de recursos hídricos e resíduos sólidos.

Na Europa, a prática da economia circular se encontra em um nível mais elevado, apresentando marcos regulatórios sólidos, políticas integradas e exemplos concretos de reutilização de águas residuais em larga escala.

A Estratégia Espanhola de Economia Circular destaca a reutilização como eixo central para a gestão sustentável dos recursos hídricos, conectando produção, consumo, gestão de resíduos e reintrodução de materiais na cadeia produtiva (Espanha, 2018). A reutilização de águas tratadas é regulamentada por decretos específicos, como o Real Decreto 1620/2007 da Espanha, que detalha usos permitidos, procedimentos para concessão e parâmetros de qualidade, trazendo incentivos econômicos e orientações técnicas para promover sua adoção de modo seguro e eficiente (Espanha, 2007). Além disso, as políticas

SANEAMENTO BÁSICO E TECNOLOGIAS ECOLÓGICAS NO BRASIL: DESAFIOS, SOLUÇÕES
SUSTENTÁVEIS E PERSPECTIVAS DE ECONOMIA CIRCULAR
Daniel Rodrigo Bernardes Vilanova, Daniela Maria Snichelotto Mikaki, Gustavo Borges de Oliveira,
Luciana Martines Viana, Pedro Bravo Frutos Júnior, Thalitta Castro de Souza, Ricardo Costa, Marcio Magera Conceição

públicas são voltadas para a integração multissetorial, com incentivos à pesquisa, adoção tecnológica e transparência, o que fortalece a aceitação social e o engajamento de todos os atores relevantes (Ellen Macarthur Foundation, 2013; Castillo-Díaz *et al.*, 2024).

Países como Alemanha, Bélgica, Holanda e Suíça já alcançaram taxas de reciclagem de resíduos urbanos superiores a 50%, impulsionadas por incentivos regulatórios e metas ambientais rigorosas (INE, 2018; WWF, 2018).

Em Portugal, embora haja avanços recentes, políticas públicas tardias e questões econômicas limitam o alcance pleno da economia circular, com taxas de reciclagem ainda inferiores à média europeia. A reciclagem de resíduos sólidos em cidades como Coimbra demonstra viabilidade econômica e benefícios sociais, como economia de recursos naturais, geração de empregos e redução de poluentes, mas depende da efetividade das políticas locais e do engajamento da população (Conceição *et al.*, 2021).

Por sua vez, na América Latina e no Brasil, o cenário é marcado por desafios ligados à legislação, acesso desigual à infraestrutura de saneamento, falta de incentivos e cultura de descarte linear. O Brasil apresenta uma riqueza em recursos hídricos, no entanto observa-se desigualdades regionais e a falta de diretrizes específicas para o uso consciente desse recurso. Estudos apontam que a legislação brasileira carece de alternativas normativas claras para o reuso desse recurso para diversas finalidades (Cervi, 2021).

Avanços tecnológicos e incentivos ao reuso da água são apontados como meios de mitigar a escassez, reduzir custos e promover o desenvolvimento sustentável, mas exigem a atualização da legislação, políticas de educação ambiental e campanhas de conscientização, tanto para a população quanto para gestores públicos e privados. A implementação de sistemas colaborativos de governança, forte participação do setor público e articulação com empresas e sociedade civil também aparece como fator determinante para o sucesso das práticas circulares (Bauli, 2020).

No âmbito das políticas públicas de inovação ambiental, destaca-se o papel central do governo como stakeholder impulsionador, especialmente na integração da economia circular com políticas de resíduos sólidos, saneamento e inovação tecnológica. (Conceição *et al.*, 2021, Conceição *et al.*, 2022).

A experiência de municípios brasileiros, como Guarulhos, mostra que a gestão eficiente dos resíduos sólidos pode gerar impactos econômicos e ambientais positivos, poupando recursos naturais, reduzindo emissões e criando empregos. A análise dos resultados do programa VERDES destaca que a adoção plena da reciclagem é viável, mas depende de reestruturações no modelo de gestão, maior prioridade política e mudança de cultura (Conceição *et al.*, 2022).

Em síntese, os estudos revelam que a Europa está mais avançada na integração de economia circular no saneamento, especialmente em termos de instrumentos regulatórios, incentivos econômicos e articulação institucional. A América Latina e o Brasil mostram potencial, mas enfrentam desafios estruturais, normativos e culturais, que precisam ser superados por meio de políticas públicas inovadoras, atualização legislativa, educação e fortalecimento da governança colaborativa.

SANEAMENTO BÁSICO E TECNOLOGIAS ECOLÓGICAS NO BRASIL: DESAFIOS, SOLUÇÕES
SUSTENTÁVEIS E PERSPECTIVAS DE ECONOMIA CIRCULAR
Daniel Rodrigo Bernardes Vilanova, Daniela Maria Snichelotto Mikaki, Gustavo Borges de Oliveira,
Luciana Martines Viana, Pedro Bravo Frutos Júnior, Thalitta Castro de Souza, Ricardo Costa, Marcio Magera Conceição

CONSIDERAÇÕES

A análise da trajetória do saneamento básico no Brasil revela que, apesar dos avanços normativos e das experiências inovadoras, o país ainda enfrenta desafios significativos para a universalização dos serviços e a consolidação de um modelo sustentável e circular. A adoção de tecnologias ecológicas e práticas de economia circular no setor de saneamento é fundamental para promover a saúde pública, a preservação ambiental e o desenvolvimento socioeconômico.

Contudo, a efetivação desse paradigma depende de esforços integrados entre governo, setor privado, academia e sociedade civil, bem como do fortalecimento da regulação, da educação ambiental e da cultura de inovação. É imprescindível superar as lacunas normativas, investir em infraestrutura e capacitação, e promover a conscientização sobre os benefícios do reaproveitamento de resíduos e da circularidade.

Somente por meio de uma abordagem holística, baseada em evidências e orientada para o longo prazo, será possível garantir o acesso universal ao saneamento básico, reduzir as desigualdades e construir uma sociedade mais saudável, resiliente e sustentável.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Plano Estratégico 2023-2026**. Brasília, DF: ANA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/planejamentoestrategico/pei-2023-2026.pdf>. Acesso: mar. 2025.

ANÍCIO, S. O.; ALVES, D. A.; SILVA, E. I.; SILVEIRA, L.; BRANCO-FILHO, T. C. T.; MALHEIROS, T. F. Situação da economia circular a partir do novo marco legal do saneamento básico no Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 25, n. 2, 2021.

BAULI, M. R. **Economia Circular**: uma análise das estruturas de governança. 2020. 159 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

BRASIL. Decreto nº 11.598, de 12 de julho de 2023. Estabelece a metodologia para comprovação da capacidade econômico-financeira dos prestadores de serviços públicos de abastecimento de água potável ou de esgotamento sanitário. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2023.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2007.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e altera a Lei nº 9.605/98. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2010.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984/00. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2020.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2020a.

SANEAMENTO BÁSICO E TECNOLOGIAS ECOLÓGICAS NO BRASIL: DESAFIOS, SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS E PERSPECTIVAS DE ECONOMIA CIRCULAR
Daniel Rodrigo Bernardes Vilanova, Daniela Maria Snichelotto Mikaki, Gustavo Borges de Oliveira, Luciana Martines Viana, Pedro Bravo Frutos Júnior, Thalitta Castro de Souza, Ricardo Costa, Marcio Magera Conceição

BRASIL. Lei nº 5.318, de 26 de setembro de 1967. Institui a Política Nacional de Saneamento e cria o Conselho Nacional de Saneamento. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1967.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1997.

CASTILLO-DÍAZ, F. J.; BELMONTE-UREÑA, L. J.; DIÁNEZ-MARTÍNEZ, F.; CAMACHO-FERRE, F. Challenges and perspectives of the circular economy in the European Union: A comparative analysis of the member states. **Ecological Economics**, v. 224, 2024.

CERVI, J. **Gestão de Recursos Hídricos e Economia Circular: Estudo Comparativo Entre Brasil e Espanha**. 2021. Disponível em: https://www.upf.br/uploads/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20%20JOLINE%20CERVI_299018.pdf. Acesso em: abr 2025.

CHERNICHARO, C. A. L.; RIBEIRO, T. B.; PEGORINI, E. S.; POSSETTI, G. R. C.; MIKI, M. K.; SOUZA, S. N. Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário - Parte 1: tópicos de interesse. **Revista DAE**, v. 66, p. 5-16, 2018.

CONCEIÇÃO, M. M.; CONCEIÇÃO, J. T. P.; LAZZARESCHI, N.; SALES, M. D.; DALMAS, F. B. Quanto custa e quanto rende o lixo doméstico gerado por dia, mês e ano na cidade de Guarulhos – um olhar socioeconômico dos seus restos. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 6, 2022.

CONCEIÇÃO, M. M.; CONCEIÇÃO, J. T. P.; SILVA, A. R.; ALVES, M. F.; SALES, M. D.; FERREIRA, M. L. Viabilidade econômica da reciclagem dos resíduos domésticos da cidade de Coimbra – utilizando o aplicativo VERDES-PT. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 2, p. 1-13, 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). **Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition**. [S. l.]: EMF, 2013. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org>. Acesso em: abr 2025.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). **Towards the circular economy: economic and business rationale for an accelerated transition**. [S. l.]: EMF, 2017. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>. Acesso em: mar. 2025.

ESPAÑA. **Espanha Circular 2030: Estrategia Española de Economía Circular**. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica, 2018. Disponível em: <https://www.miteco.gob.es/es/calidadyevaluacionambiental/temas/economiacircular/estrategia.html>.

ESPAÑA. Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre. Por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. **Boletín Oficial del Estado**, Madrid, 2007.

GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N.; HULTINK, E.J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, 2017.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGLIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 114, p. 11-32, 2016.

GONÇALVES, T. M.; BARROSO, A. F. F. A economia circular como alternativa à economia linear. In: **Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe**, v. 11, 2019. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/12561/2/EconomiaCircularAlternativa.pdf>. Acesso em: maio 2025.

SANEAMENTO BÁSICO E TECNOLOGIAS ECOLÓGICAS NO BRASIL: DESAFIOS, SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS E PERSPECTIVAS DE ECONOMIA CIRCULAR
Daniel Rodrigo Bernardes Vilanova, Daniela Maria Snichelotto Mikaki, Gustavo Borges de Oliveira, Luciana Martines Viana, Pedro Bravo Frutos Júnior, Thalitta Castro de Souza, Ricardo Costa, Marcio Magera Conceição

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (INE). **Indicadores de Desenvolvimento Europeu**. Portugal: INE, 2018.

KACPRZAK, M. *et al.* Sewage sludge disposal strategies for sustainable development. **Environmental Research**, n.1 56, p. 39–46, 2017.

LIMA, F. T. S. Projeto de implantação de sistema de fossa séptica biodigestora e clorador no Sítio Rio Manso/RJ. **Revista Fluminense de Extensão Universitária**, v. 2, n. 2, p. 11-26, 2012.

MACHADO, E. L.; COLARES, G. S.; CERENTINI, P.; PARANHOS, G. Avaliação de ciclo de vida e econômica de Sistema de Tratamento e Reuso de Efluentes integrando reatores anaeróbios, Wetlands construídos e ozonização. **Revista Jovens Pesquisadores**, v. 11, n. 1, p. 45-59, 2021.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MARTINETTI, T. H.; SHIMBO, I.; TEIXEIRA, B. A. N. Pesquisa-ação participativa para execução de sistema de tratamento local de efluentes sanitários residenciais sustentável: caso do assentamento rural Sepé-Tiaraju. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 3, p. 43-55, 2009.

MCDOWALL, W. *et al.* Políticas de economia circular na China e na Europa. **Revista de Ecologia Industrial**, v. 21, n. 3, p. 651-661., 2017.

MIRANDA, J. *et al.* **Estudos de Direito do saneamento**. Lisboa: Faculdade de Direito - Universidade de Lisboa, 2020. v. 18. 1000 p.

PACHECO, R. S. Regulação no Brasil: desenho das agências e formas de controle. **Revista de Administração Pública**, v. 40, n. 4, p. 523-543, 2006.

PAES, W. M.; CRISPIM, M. C.; FURTADO, G. D. Uso de tecnologias ecológicas de saneamento básico para solução de conflitos socioambientais. **Gaia Scientia**, v. 8, n. 1, p. 226-247, 2014.

PARLAMENTO EUROPEU. **Economia circular: definição, importância e benefícios**. [S. l.]: Parlamento Europeu, 2023. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/>.

SANASA. **Usina Verde de Compostagem**. [S. l.]: SANASA, 2022. Disponível em: <https://www.sanasa.com.br/>. Acesso em: mar. 2025.

SANTOS, G. R.; KUWAJIMA, J. I.; SANTANA, A. S. **Regulação e investimento no setor de saneamento no Brasil**: trajetórias, desafios e incertezas. Rio de Janeiro: Ipea, 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2019**. Brasília: SNS/MDR, 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos 2019**. Brasília: SNS/MDR, 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Ministério das Cidades**. Brasília: SNS/MDR, 2023.

SOUSA, S. M. P S.; SANTANA, R. N. N. Saneamento ambiental no Brasil: legado histórico e desafio para a política social. **Argumentum**, Vitória, v. 8, n.1, p. 158-173, 2016.

VIANA, F. L. E. Economia Circular e Gestão de Resíduos Sólidos? Perspectivas para o Brasil e o Nordeste. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 52, p. 9-25, 2021.

SANEAMENTO BÁSICO E TECNOLOGIAS ECOLÓGICAS NO BRASIL: DESAFIOS, SOLUÇÕES
SUSTENTÁVEIS E PERSPECTIVAS DE ECONOMIA CIRCULAR
Daniel Rodrigo Bernardes Vilanova, Daniela Maria Snichelotto Mikaki, Gustavo Borges de Oliveira,
Luciana Martines Viana, Pedro Bravo Frutos Júnior, Thalitta Castro de Souza, Ricardo Costa, Marcio Magera Conceição

VILARINHO, C. M. R.; COUTO, E. A. Saneamento básico e regulação no Brasil: desvendando o passado para moldar o futuro. **Revista Digital de Direito Administrativo**, v. 10, n. 2, p. 233–257, 2023.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE (WWF). **Relatório Anual 2018**. Gland, Suíça: WWF International, 144 p. 2018. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?71502/Relatorio-Anual-2018>.