

ISSN: 2238-2496 Impresso – 2764-7366 On-line

4

UNIVERSALIZAÇÃO DO ACESSO AO ESGOTAMENTO SANITÁRIO

IV PRÊMIO INEA DE MEIO AMBIENTE

A

Governo do Estado do Rio de Janeiro
Cláudio Castro, governador

Secretaria de Estado do Ambiente
e Sustentabilidade
Bernardo Rossi, secretário

Instituto Estadual do Ambiente
Renato Jordão Bussiere, presidente

Diretoria da Vice-Presidência
José Dias da Silva, diretor

Diretoria de Licenciamento Ambiental
Juliana Lucia Ávila, diretora

Diretoria de Pós-Licença
e Fiscalização Ambiental
Rodrigo Regis Lopes de Souza, diretor

Diretoria de Biodiversidade, Áreas
Protegidas e Ecossistemas
Cleber Ferreira Graça Filho, diretor

Diretoria de Segurança Hídrica
e Qualidade Ambiental
Cauê Bielschowsky, diretor

Diretoria de Recuperação Ambiental
Raul Marques Fanzeres, diretor

Diretoria Executiva e de Planejamento
José Antônio Paulo Fonseca, diretor

Diretoria das
Superintendências Regionais
João Pedro Rabelo Paixão, diretor

REVISTA
ineana

JANEIRO -
JUNHO 2025

V. 13
N. 1

ISSN: 2238-2496 Impresso – 2764-7366 On-line

Coordenação editorial/Editora

Tania Machado de Oliveira

Assistente editorial

Karin Thiele Dracxler

Produção editorial

Gerência de Publicações e Acervo Técnico
(GERPAT/Diretoria da Vice-Presidência)

Revisão

Tania Machado de Oliveira
Karin Thiele Dracxler
Eloisa Coelho Sabino
Maria Eduarda Mendes Laguardia
Vitor Costa de Sousa

Normalização

Wellington Lira dos Santos

Diagramação

Marcus Vinicius Reis Gama
Bruna Albuquerque de Lima

Capa

Marcus Vinicius Reis Gama,
adaptada da identidade visual
do IV Prêmio Inea de Meio Ambiente

Conselho Editorial

Alcides Pissinatti
Silvia Marie Ikemoto
Deise de Oliveira Delfino
Maicon Guerra de Miranda
Luciana Maria Baptista Ventura
Renata da Matta dos Santos
Ricardo Marcelo da Silva
Viviani de Moraes Freitas Ribeiro
Waldir Ruggieri Peres
Rogerio Borba da Silva
Tania Maria Machado de Oliveira

Comissão julgadora

Esta edição publica os três artigos vencedores do 4º Prêmio de Meio Ambiente (edição 2024), cuja Comissão Julgadora foi composta pelos seguintes avaliadores: José Edson Falcão de Farias Júnior; Lorena Costa Procópio; Raquel Simões Oliveira Franco Sêlos; Luciene Tomazine do Prado Paladino; Luiz Firmino Martins Pereira; Marilene de Oliveira Ramos Múrias dos Santos; Paulo Canedo de Magalhaes, Isaac Volschan e Marlus Newton P.B.V. Oliveira.

Também faz parte desta edição o artigo elaborado pelos técnicos da Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental da SEAS.

© Instituto Estadual do Ambiente (INEA)

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução de dados e informações contidas nesta publicação, desde que citada a fonte. Os artigos são de inteira responsabilidade de seus autores.

Periodicidade: semestral

Disponível em:

<https://www.inea.rj.gov.br/publicacoes/publicacoes-inea/ineana/>

Endereço para correspondência:

Gerência de Publicações e Acervo Técnico
Av. Venezuela, 110, sala 113, térreo – Saúde
CEP 20081-312 – Rio de Janeiro/RJ

E-mail:

revistaineana@inea.rj.gov.br

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do INEA

R454 Revista Ineana [recurso eletrônico] / Instituto Estadual do Ambiente. – v. 1, n. 1 (2012-). – Rio de Janeiro: INEA, 2012-

Semestral.

Esta publicação é referente ao v. 13, n. 1 (jan./jun. 2025).
ISSN impresso: 2238-2496. ISSN on-line: 2764-7366.

1. Meio ambiente – Rio de Janeiro - Periódico. I. Instituto Estadual do Ambiente (RJ).

CDU 628(815.3)

inea instituto estadual
do ambiente

Impacto tarifário e expansão da utilização de Soluções baseadas na Natureza (círculo de bananeira) para fins de universalização do saneamento rural e promoção de agricultura sustentável

Mayná Coutinho Moraes
Rodrigo Santos Hosken

Desafios e perspectivas do Marco Legal do Saneamento: análise da capacidade de atendimento das ETEs e fossas sépticas no estado do Rio de Janeiro até 2033

Yuri G. Maia
Fernanda Araújo Menezes

Lodo de Valor: um projeto piloto para gestão sustentável de resíduos

Marina Fendeler Motta
Vinícius Florêncio de Oliveira

A universalização do saneamento ambiental como base para a construção de uma política pública voltada para a Economia Azul no estado do Rio de Janeiro

Márcio Barroso Santa Rosa; Moema Versiani Acselrad; Alex Leão da Fonseca; Helena Marquini Zuntini Pinto; Luiz Constantino da Silva Junior; Leonardo Silva Fernandes; Ana Larronda Asti

Editorial

Renato Jordão Bussiere

Presidente do Instituto Estadual
do Ambiente

Bernardo Rossi

Secretário de Estado do Ambiente
e Sustentabilidade

A "Universalização do Acesso ao Esgotamento Sanitário" foi o tema do IV Prêmio Meio Ambiente – 2024, promovido pelo Instituto Estadual do Ambiente (Inea), por meio de sua Universidade do Ambiente. Criado para estimular a produção de trabalhos acadêmicos sobre gestão ambiental, educação e pesquisa em matéria ambiental e conscientização pública para a preservação do meio ambiente, os trabalhos devem promover reflexões teóricas, analisar dados objetivos, avaliar casos concretos ou propor soluções inovadoras, de baixo custo e complexidade, que possam ser aplicadas no estado do Rio de Janeiro em curto e médio prazo.

O saneamento básico é fundamental para a saúde pública de um povo, para o progresso socioeconômico e a sustentabilidade ambiental de uma nação. No Brasil, sua estrutura e regulamentação foram inicialmente definidas pela Lei Federal nº 11.445/2007 e alteradas pela Lei Federal nº 14.026/2020, mais conhecida como novo Marco Legal do Saneamento. Esse novo Marco Legal define o saneamento básico como um conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais que abrangem o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos, além da drenagem e do manejo das águas pluviais urbanas.

Entre as metas do novo Marco, destaca-se a universalização dos serviços básicos de saneamento até 31 de dezembro de 2033, visando garantir o atendimento a 99% da população com água potável e a 90% da população com coleta e tratamento de esgotos. Contudo, a realidade do saneamento no Brasil apresenta desafios substanciais.

O estado do Rio de Janeiro tem 88,8% de sua população abastecida com água potável. Contudo, a análise por município revela grandes desigualdades. Oito municípios, por exemplo, têm menos da metade de sua população atendida, o que demonstra a necessidade de investimentos específicos e políticas públicas direcionadas para as áreas.

Com relação ao esgotamento sanitário, apenas 60% da população total do estado fluminense está conectada à rede coletora de esgoto. Dos esgotos coletados, menos de 50% é tratado, o que, comparado ao volume total de água consumida, corresponde a 32% do esgoto gerado efetivamente tratado. Ou seja, cerca de 70% de todo o esgoto produzido no estado é despejado diretamente em corpos d'água sem qualquer tratamento, representando uma ameaça à saúde pública e à integridade dos ecossistemas.

A Baía de Guanabara pode ser citada como um exemplo da falta de coleta de esgoto e da deficiência na gestão de resíduos. Entre 2002 e 2013, a poluição, somada a outros fatores como a sobrepesca e a degradação do ecossistema, reduziu em 68% a pesca local, prejudicando os recursos pesqueiros e comprometendo a pretendida certificação para o Rio de Janeiro, como “Metrópole Azul”. Investir na universalização do saneamento, por conseguinte, é a medida capaz de transformar essa realidade.

Diante desse cenário, o estado do Rio de Janeiro, em 2021, inaugurou uma revolução no setor de saneamento. O leilão da concessão dos blocos de saneamento – operado pelo governo do estado do Rio de Janeiro, tendo o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) como contratado para administrar o processo, tornou-se um acontecimento determinante na mudança de paradigma da história do saneamento no Brasil, em particular para a população fluminense e carioca. Anteriormente sob a responsabilidade da Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), a concessão trouxe uma série de inovações para a gestão dos serviços de saneamento no Rio de Janeiro. Enquanto a CEDAE permanece encarregada da captação, tratamento e adução de água nos municípios atendidos pelos sistemas Guandu e Imunana/Laranjal, as empresas privadas assumem agora a responsabilidade pela reservação, a distribuição de água e toda a rede de esgoto. A atuação conjunta dos órgãos ambientais estaduais, em parceria com concessionárias, prefeituras e sociedade civil, tem promovido melhorias reais na qualidade das águas e na recuperação dos ecossistemas.

Simultaneamente, o Programa de Saneamento Ambiental (PSAM) da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) vem realizando obras que fazem parte do plano de expansão do saneamento básico em diversas regiões do estado. A entrega dos coletores tronco de Manguinhos e Cidade Nova, a evolução significativa das obras no coletor tronco Faria-Timbó, os sistemas de esgotamento sanitário de Itaboraí, de Maricá, e do Parque Roquete Pinto, cada atuação do governo do Estado, por meio da SEAS, traz um impulso significativo e representa um passo fundamental rumo ao tão almejado sonho do saneamento universal para todos no estado fluminense, e a um Rio de Janeiro mais sustentável, em conformidade com as metas do Novo Marco do Saneamento.

Nesta edição da Revista Ineana, publicamos os três trabalhos vencedores do IV Prêmio Meio Ambiente: *Impacto tarifário e expansão da utilização de Soluções baseadas na Natureza (círculo de bananeira) para fins de universalização do saneamento rural e promoção de agricultura sustentável*; *Desafios e perspectivas do Marco Legal do Saneamento: análise da capacidade de atendimento das ETEs e fossas sépticas no estado do Rio de Janeiro até 2033*; e *Lodo de Valor: um projeto piloto para gestão sustentável de resíduos*.

Contamos também com o artigo *A universalização do saneamento ambiental como base para a construção de uma política pública voltada para a Economia Azul no estado do Rio de Janeiro*, elaborado pelos técnicos da Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental da SEAS, equipe responsável pela coordenação e acompanhamento de programas desenhados para alavancar, a partir da universalização do saneamento, políticas voltadas à segurança hídrica, à inovação colaborativa e ao fomento de atividades econômicas desenvolvidas em nossa região costeira e baías, que demandam água – doce ou salgada – para a sua manutenção e a sobrevivência de comunidades litorâneas e ribeirinhas fluminenses.

Boa leitura!

Impacto tarifário e expansão da utilização de Soluções baseadas na Natureza (círculo de bananeira) para fins de universalização do saneamento rural e promoção de agricultura sustentável

Tariff impact and expansion of the use of Nature-based Solutions (banana circle) for universal access to rural sanitation and the promotion of sustainable agriculture Rio de Janeiro until 2033

Mayná Coutinho Morais
Rodrigo Santos Hosken

Resumo

Este estudo aborda a importância de integrar a prestação de serviço público de saneamento em áreas rurais com tecnologias socioambientais voltadas ao enfrentamento das mudanças climáticas, garantindo a preservação do modo de vida rural. O acesso aos serviços de saneamento permanece precário em áreas rurais e periurbanas do Brasil, considerando que na maior parte dessas áreas ainda são adotadas formas pouco eficientes de manejo desses efluentes, destacando-se o lançamento *in natura* em corpos hídricos. Tais práticas geram, além do evidente risco de contaminação das águas, impactos na saúde humana, tanto nas comunidades quanto além de suas fronteiras, assim como impactos no ecossistema. O objetivo deste trabalho é promover estratégias factíveis de universalização do acesso ao esgotamento sanitário no estado do Rio de Janeiro, com foco particular nas áreas rurais e periurbanas, utilizando a Região Hidrográfica II - Guandu como estudo de caso. Analisou-se a vantagem econômico-financeira da utilização de Soluções baseadas na Natureza, com ênfase na técnica do círculo de bananeira, em comparação com estruturas convencionais de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), trazendo como inovação a avaliação do impacto tarifário associado à adoção dessa solução.

Palavras-chave

Saneamento Rural. Inclusão. Sustentabilidade. Tecnologia Ambiental.

Abstract

This study addresses the importance of integrating the provision of public sanitation services in rural areas with socio-environmental technologies aimed at tackling climate change, while ensuring the preservation of rural livelihoods. Access to sanitation services remains precarious in rural and peri-urban areas of Brazil, considering that in most of these areas, as inefficient effluent management practices, particularly the direct discharge of untreated sewage into water bodies, are still prevalent. These practices generate, in addition to the clear risk of water contamination, but also impact human health within and beyond these communities, as well as the surrounding ecosystems. The objective of this work is to promote feasible strategies to achieve universal access to sanitation services in the state of Rio de Janeiro, with a particular emphasis on rural and peri-urban areas, using the Hydrographic Region II - Guandu as a case study. The study analyzes the economic and financial advantage of adopting nature-based solutions, with a focus on the banana circle, in contrast to the detriment of conventional Sewage Treatment Plant (STP) infrastructure, introducing an unprecedented approach by evaluating the potential tariff implications of implementing this solution.

Keywords

Rural Sanitation. Inclusion. Sustainability. Environmental Technology.

1. Introdução

Dados do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) com data-base de 2017, revelam que o déficit de atendimento dos serviços de água nas áreas rurais dos municípios brasileiros era de 28,6%, o que correspondia a 9,2 milhões de habitantes sem acesso aos serviços. Em relação ao esgotamento sanitário, a situação era de um déficit de 74,4%, totalizando 23,9 milhões de pessoas sem acesso

aos serviços. Nota-se que esses valores divergem daqueles apresentados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), por exemplo. Tal divergência decorre do fato de que a base de dados utilizada pelo SNIS não considera o atendimento por soluções individuais, as quais, embora largamente utilizadas, são consideradas adequadas pelo Plansab e pelo Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR).

Além disso, os prestadores de serviço que reportam seus dados ao SNIS concentram sua atuação nas áreas urbanas. Já o Plansab utiliza dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), que se configura como uma pesquisa anual baseada em amostragem probabilística de domicílios. Sendo assim, é necessário cautela na análise, pois a divergência pode decorrer da insuficiência da amostra para representar a realidade do saneamento rural no país (Aesbe, 2023). É inegável que a divergência entre os dados do SNIS e do Plansab, demonstrando ainda mais o enorme desafio nacional de implantar um programa completo de saneamento rural em âmbito nacional.

Esse panorama reforça a urgência de abordagens sustentáveis e inclusivas para mitigar essas disparidades significativas. No estado do Rio de Janeiro, a universalização do esgotamento sanitário nas áreas rurais enfrenta diversos obstáculos, tais como a ausência de infraestrutura adequada, altos custos de implantação e manutenção e, ainda, a resistência cultural, desafios similares enfrentados por outros estados. Enquanto avanços foram consolidados para garantir a universalização de saneamento nas áreas urbanas do Rio de Janeiro, conforme o edital de concorrência internacional nº 01/2020, que trata da concessão dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário por blocos de municípios do estado do Rio de Janeiro e, em consonância com o Marco Legal do Saneamento, avanços são urgentes para as regiões rurais e periurbanas objetivando uma universalização verdadeira e totalmente inclusiva.

Ademais, a sustentabilidade econômico-financeira dos serviços de saneamento é condição essencial para a expansão do serviço com garantia de qualidade. Neste sentido a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) editou uma norma de referência que inclui as áreas rurais nos índices de atendimento de esgoto sanitário, promovendo, de fato, a universalização do serviço em áreas rurais e urbanas. A Resolução ANA nº 192/2024 aprovou a Norma de Referência nº 8/2024, que dispõe sobre metas progressivas de universalização de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, indicadores de acesso e sistema de avaliação. Conforme disposto nesse instrumento normativo, os titulares dos serviços de saneamento deverão elaborar plano ou programa específico para ações de abastecimento e esgotamento sanitário voltados à universalização do atendimento em áreas rurais.

Dentre as diversas tecnologias conhecidas para implantação de sistemas de tratamento de esgoto em regiões rurais, destaca-se o círculo de bananeiras (Tonetti *et al.*, 2018). Trata-se de uma técnica de pós-tratamento de esgoto e de águas cinzas, configurando uma Solução baseada na Natureza (SbN) com plantio de bananeiras, combinando a outras espécies vegetais, que se beneficiam da capacidade das plantas de absorver nutrientes e água. Essa tecnologia integra processos ecológicos, como a decomposição de matéria orgânica e a evapotranspiração. Além disso, as bananeiras apresentam potencial de captura de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas por meio do sequestro de CO na biomassa das plantas e do solo (Tonetti *et al.*, 2018; Zhao, 2014).

Neste sentido, este trabalho propõe a ampliação do uso de um sistema descentralizado de tratamento de efluentes sanitários que enfrenta as mudanças climáticas de forma sinérgica e apresenta viabilidade econômico-financeira, assegurando sua implantação e manutenção contínuas com custos reduzidos no estado do Rio de Janeiro. Este artigo explora, portanto, SbN como uma abordagem viável para garantir acesso inclusivo ao serviço, associando-se aos componentes de mitigação e adaptação climática, com o ineditismo de abordar a composição tarifária necessária para assegurar a sustentabilidade econômico – financeira da solução – elemento essencial para garantir a universalização nas áreas rurais, tendo como foco a técnica do círculo de bananeira. A proposta, ademais, é replicável e escalável em outras regiões do estado.

O conteúdo deste trabalho está solidamente fundamentado na legislação brasileira e em diretrizes internacionais que destacam a importância de um saneamento inclusivo e sustentável, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU). Em especial, este estudo contribui para os ODS 6 (Água Limpa e Saneamento), ao garantir a disponibilidade e gestão sustentável da água e do saneamento para todos, e ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), que visa tornar as cidades e comunidades mais inclusivas.

Foi analisado o case do Programa Sanear Guandu, do Comitê Guandu-RJ, bem como diferentes técnicas de sistemas descentralizados, inclusive comparando o círculo de bananeira com o sistema de ETE convencional rural. Essa técnica demonstrou ser uma solução sustentável e de baixo custo para o tratamento de esgoto, com potencial para promover a segurança hídrica e a mitigar as mudanças climáticas. Os dados obtidos foram organizados em conformidade com a lógica tarifária dos serviços de saneamento, garantindo a expansão e que se configure também na estratégia de ação climática do estado do Rio de Janeiro considerando os parâmetros de custo dos serviços e remuneração do capital que regem a lógica tarifária dos serviços de saneamento.

Trata-se de uma proposta inovadora no campo do saneamento, uma vez que não se identificam, até o presente momento, estudos que avaliem a expansão da técnica do círculo de bananeira como ferramenta de enfrentamento às mudanças climáticas articulada à expansão do acesso ao serviço de esgotamento sanitário com modelo tarifário compatível e financeiramente sustentável. Assim, espera-se que essa alternativa possa ser difundida para outras localidades. Os resultados iluminam a possibilidade de implementação de soluções sustentáveis e adaptáveis em contextos similares globalmente, destacando o caráter inovador das técnicas propostas. As conclusões são diretamente vinculadas aos objetivos propostos, evidenciando a coerência e robustez da pesquisa.

2. Material e métodos

Este trabalho foi desenvolvido a partir de fundamentações teóricas que abrangem os conceitos de sustentabilidade ambiental, práticas de saneamento ecológico e o impacto das SbN nas mudanças climáticas. As decisões metodológicas envolveram a escolha da técnica do círculo de bananeira, selecionada por seus benefícios ambientais e econômicos. Os métodos de coleta e análise de dados incluíram a avaliação de parâmetros como eficiência no sequestro de carbono e custo-benefício do sistema. Foram analisados dados de hierarquização e diagnósticos geoespaciais das áreas rurais e periurbanas dos municípios pertencentes à RH II – Guandu. A discussão inclui uma análise crítica da aplicabilidade prática dessas soluções, considerando variáveis como custo, eficácia e impacto ambiental. As conclusões são diretamente vinculadas aos objetivos propostos, demonstrando a coerência metodológica e integridade científica.

A metodologia aplicada combina análises quantitativas e qualitativas, proporcionando uma avaliação precisa das necessidades de infraestrutura em áreas carentes. Essa abordagem reforça não apenas a clareza e objetividade da investigação, mas também assegura uma estrutura analítica sistemática para a resolução do problema.

Entende-se que um dos grandes desafios da universalização do saneamento reside nos custos de implantação, operação e manutenção. Por isso, o modelo tarifário aplicado aos serviços de saneamento em áreas rurais demanda avanços normativos e operacionais que viabilizem a expansão necessária para o cumprimento das metas estabelecidas.

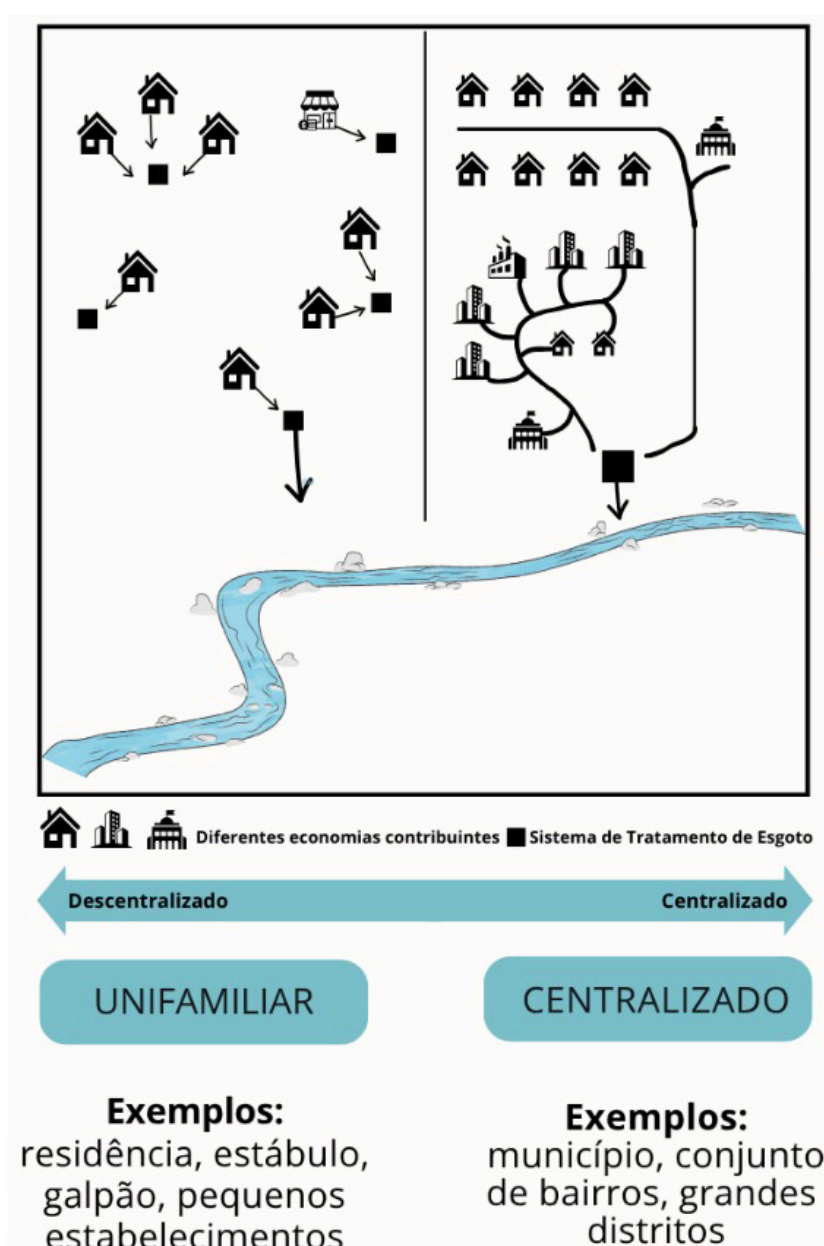
Inovação é um aspecto central deste estudo, que introduz uma abordagem diferenciada ao integrar sustentabilidade econômico-financeira, inclusão social e ação climática, com impacto direto na segurança hídrica. Esta metodologia não apenas proporciona uma compreensão aprofundada das necessidades

locais, mas também subsidiará a formulação de estratégias mais efetivas e sustentáveis para o esgotamento sanitário, contribuindo para a universalização efetiva do saneamento sanitário no contexto brasileiro.

3. Discussão

Os sistemas de efluentes rurais podem ser classificados como coletivos (centralizados) ou individuais (descentralizados). Os sistemas descentralizados coletam, tratam e destinam o esgoto próximo ao local de geração, ao contrário dos sistemas centralizados tradicionais. Para ilustrar a compreensão conceitual, apresenta-se a Figura 1. Alguns autores classificam os sistemas em centralizados ou descentralizados com base no número de habitantes atendidos, na carga orgânica do esgoto e/ou no volume diário gerado (Libralato; Ghirardini; Avezzù, 2012).

Figura 1 - Esquema de sistemas de tratamento de esgoto



Fonte: Elaborada pelos autores, adaptada de Tonetti *et al.*, 2018.

No sistema centralizado, normalmente ocorre o direcionamento do esgoto doméstico, coletado em todos os pontos, para uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), que pode conter até quatro níveis de tratamento: preliminar, primário, secundário e terciário, conforme demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Níveis de tratamento (sistemas centralizados)				
Nível de tratamento	Objetivo	Componentes removidos	Método	Destino dos sólidos
Tratamento preliminar	Remoção de Sólidos grosseiros	Madeira, tecidos, areia, plástico, papel, cabelo	Grades e desarenadores	Aterro sanitário
Tratamento primário	Remoção de Sólidos sedimentáveis e flutuantes	Sólidos sedimentáveis (acumulam no fundo), sólidos flutuantes (óleos e gorduras)	Decantadores	Adensamento, digestão biológica, secagem, disposição
Tratamento secundário	Degradação da matéria orgânica dissolvida	Matéria orgânica dissolvida	Tratamento biológico com microrganismos	Adensamento, digestão, secagem, disposição final
Tratamento terciário	Remoção de nutrientes específicos e desinfecção	Nitrogênio, fósforo	Métodos específicos conforme contaminante	Lançamento em corpos de água conforme legislação ambiental

Fonte: Elaborado pelos autores, adaptada de Tonetti et al., 2018.

A estratégia de descentralização deve ser compreendida como complementar – e não antagônica – ao uso dos sistemas centralizados, especialmente no contexto da universalização dos serviços de esgotamento sanitário (Libralato; Ghirardini; Avezzi, 2012). O Quadro 2 apresenta as vantagens dos sistemas descentralizados.

Quadro 2 – Vantagens dos sistemas descentralizados	
Área	Vantagens
Social	<ul style="list-style-type: none"> - Contribuem para a melhoria da saúde da população local - Podem gerar trabalho e renda - Podem ajudar a produzir alimentos, contribuindo com a segurança alimentar - São adaptáveis aos costumes e à cultura - Normalmente são bem aceitos pela população e entidades fiscalizadoras - Podem ajudar a compor o paisagismo local

Continua

Área	Vantagens
Econômico	<ul style="list-style-type: none"> - Os sistemas mais simples têm baixo custo de instalação - Consomem pouca energia e insumos externos - Alguns subprodutos do sistema têm valor comercial e podem gerar renda (alimentos, biogás, plantas ornamentais) - Há economia em adubos quando se utiliza o esgoto tratado na agricultura
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas unifamiliares podem ser compactos - Usam poucos insumos e energia na construção e operação - Reduzem a poluição do solo e corpos hídricos locais - Podem melhorar as condições ecológicas locais - Promovem o reúso de água e de nutrientes localmente
Operacional	<ul style="list-style-type: none"> - Dispensam a construção de rede coletora local e estações elevatórias - Têm boa flexibilidade operacional - Podem ser ampliados ao longo do tempo - Têm baixo consumo de materiais e energia - Em boa parte dos casos, não se cobra pelo tratamento - Não requerem mão de obra especializada - Podem tratar águas cinzas e de vaso sanitário separadamente - São pouco influenciados por desastres naturais

Fonte: Tonetti *et al.*, 2018.

Na escolha de uma tecnologia de tratamento, considera-se o custo de implantação, operação e manutenção. Em geral, os sistemas descentralizados apresentam menor custo operacional e de manutenção quando comparados aos centralizados. Contudo, alguns sistemas descentralizados exigem substituição de material filtrante e/ou disposição final adequada do lodo, o que aumenta o custo (Tonetti *et al.*, 2018). Este fator reforça a escolha da técnica do círculo de bananeira neste trabalho, cuja proposta visa à redução máxima de custos.

Observando o cenário disposto para o saneamento, as áreas rurais e comunidades remotas, muitas vezes, não são atendidas pelos serviços das companhias estaduais e, por isso, não são priorizadas pelos departamentos ou empresas municipais. Consequentemente, cabe às próprias comunidades a responsabilidade pela implantação, operação e manutenção dos sistemas de saneamento locais, frequentemente sem orientação ou apoio técnico qualificado. Comprometendo a perenidade do tratamento, resultando em abandono dos sistemas ou perda gradual de sua eficiência.

Mesmo quando há investimento inicial para implementar a infraestrutura, estes não são suficientes para a execução de obras e garantir o atendimento de qualidade para a população (Garrido *et al.*, 2016). Nesse cenário, a garantia da prestação continuada desse serviço de maneira qualificada e sustentável é a chave para o avanço da universalização. Este trabalho, portanto, destaca-se por seu caráter inovador, ao oferecer a ferramenta principal para garantir a prestação de serviço de saneamento nas áreas estudadas.

No caso específico dos sistemas isolados de esgotamento sanitário, recomenda-se a observância os seguintes itens em sua gestão (Garrido *et al.*, 2016; Tonetti *et al.*, 2018):

- Seleção de tecnologias apropriadas considerando o contexto local;
- Manutenção regular das unidades do sistema;
- Cobrança justa pelos serviços prestados;
- Apoio técnico e operacional dos municípios e concessionárias;

- e) Monitoramento dos efluentes tratados e dos corpos hídricos receptores;
- f) Envolvimento das comunidades na definição e operação do sistema.

Entre as tecnologias descentralizadas mais utilizadas no Brasil estão: fossa séptica biodigestora, biodigestor, fossa verde, sistemas alagados construídos e círculo de bananeiras, objeto deste estudo. Um quadro resumido com valores de referência de 2018 para um sistema que atende até cinco pessoas, com respectiva área necessária, é apresentado abaixo (Quadro 3):

Quadro 3 – Resumo dos custos estimados e área necessária para as tecnologias descentralizadas de saneamento rural		
Tecnologias	Área necessária	Custos
Fossa verde	7m ² a 10m ²	R\$ 1.500,00 a R\$ 2.500,00
Fossa séptica biodigestora	10m ² a 12m ²	R\$ 1.500,00 a R\$ 2.500,00
Sistemas alagados construídos	7,5m ² a 15m ²	R\$ 1.500,00 a R\$ 2.500,00
Círculos de bananeira	3m ² a 5m ²	Até R\$ 500,00
Biodigestor	5m ²	R\$ 1.500,00 a R\$ 2.500,00

Fonte: Elaborado pelos autores, adaptada de Tonetti et al., 2018.

O Programa Sanear Guandu-RJ analisou a aplicabilidade de diversas tecnologias de saneamento rural na região hidrográfica, abrangendo desde as descentralizadas até as mais centralizadas, fundamentando-se principalmente no Plano Nacional de Saneamento Rural (PNSR) e nas normas NBR nº 7229 e NBR nº 13969. Foram consideradas as tecnologias como: fossa seca, banheiro seco compostável, sistemas alagados construídos (*wetlands*), círculo de bananeiras, reator anaeróbio de fluxo ascendente compacto (RAFA compacto), fossa verde, fossa séptica biodigestora, tanque séptico, filtro anaeróbio, filtro de areia, vermifiltro, biodigestor, reator anaeróbio compartimentado (RAC) e biossistema integrado (BSI) (Comitê Guandu / AGEVAP, 2020).

O estudo contemplou os seguintes aspectos:

- **Ambiental:** conformidade com a diretriz DZ 215. R-4 do Inea, adotando padrões para o lançamento de efluentes.
- **Institucional:** alinhamento com os fundamentos do PNSR, tendo como referência a matriz tecnológica descrita no capítulo V do PNSR.
- **Concepção das Instalações Domiciliares:** consideração do esgoto bruto nas residências individuais, com adaptações para o uso agrícola do lodo e efluentes líquidos em propriedades rurais.
- **Hidrológico:** implementação de soluções que previnam a contaminação do nível freático, em conformidade com normas técnicas e a Resolução nº 430, do CONAMA.
- **Operacionais:** preferência por soluções de baixa complexidade operacional e manutenção reduzida, com custos operacionais minimizados (energia, pessoal e produtos químicos).
- **Econômicos:** adoção de tecnologias com custo de implantação compatível com a realidade socioeconômica local, priorizando alternativas de menor custo.

4. Solução centralizada rural

Uma solução centralizada para áreas rurais deve ser caracterizada por baixos custos operacionais e facilidade de manutenção. Portanto, as estruturas dimensionadas operam com escoamento por gravidade, eliminando a necessidade de bombas. Nesse contexto, é essencial priorizar sistemas de tratamento que utilizem processos físicos e biológicos naturais, evitando o uso de equipamentos complexos.

No caso do Programa Sanear Guandu, foi adotado um exemplo de sistema de tratamento composto por um tanque séptico e um filtro biológico de fluxo ascendente, considerado o mais adequado para zonas rurais e periurbanas dos municípios. Esta solução padronizada para baixas vazões apresenta alta eficiência na remoção de matéria orgânica, atingindo cerca de 85% de remoção de Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). Além disso, atende às exigências ambientais, possui baixa complexidade operacional e não requer mão de obra especializada, resultando em um custo adequado e inferior quando comparado a outras soluções.

Uma ETE rural, portanto, é projetada para tratar o esgoto gerado em áreas rurais, onde a densidade populacional é menor e as características dos efluentes diferem das áreas urbanas. O funcionamento de uma ETE rural pode variar conforme a tecnologia utilizada, mas geralmente envolve etapas simples que priorizam a sustentabilidade, o baixo custo operacional e fácil manutenção (Comitê Guandu / AGEVAP, 2020). O Quadro 4 apresenta os custos estimados para a bacia hidrossanitária de Ponte Coberta, no município de Paracambi/RJ, local com 108 residências no aglomerado (Comitê Guandu/ AGEVAP, 2020). O orçamento foi elaborado com base em dados de julho de 2020.

Quadro 4 – Custos para a bacia hidrossanitária de Ponte Coberta em Paracambi/RJ, local com 108 residências no aglomerado					
Orçamento ponte coberta				R\$ 669.407,13	R\$ 676.002,64
I	Serviços iniciais	unid	1	R\$ 88.040,97	R\$ 90.489,00
II	Rede coletora de esgoto	m	816	R\$ 329.567,84	R\$ 334.358,13
III	Estação de tratamento de esgoto I	unid	1	R\$ 251.798,32	R\$ 251.155,51

Fonte: Comitê Guandu/ AGEVAP, 2020.

5. Solução descentralizada rural



Para as soluções centralizadas, o Programa Sanear Guandu combinou tecnologias conforme análise de critérios territoriais, ambientais e adequação às legislações vigentes. O Quadro 5 e a Figura 2 apresentam-se os módulos combinados tecnicamente pelo Comitê Guandu (Comitê Guandu/ AGEVAP, 2020), onde demonstra-se que o módulo 10 como o de melhor custo-benefício para implantação, sendo, por esse motivo, o foco central do presente estudo.

Quadro 5 – Resumo dos módulos utilizados para as soluções centralizadas

Descrição da etapa	Preço unitário	
	Desonerado	Não desonerado
Módulo 1 - fossa + filtro + poço sumidouro tipo I	R\$5.761,78	R\$5.629,56
Módulo 2 - fossa + filtro + poço sumidouro tipo II	R\$5.981,95	R\$5.842,86
Módulo 3 - fossa + filtro + poço sumidouro tipo III	R\$7.081,74	R\$6.913,64
Módulo 4 - fossa + filtro + vala de infiltração tipo I	R\$7.125,15	R\$6.871,66
Módulo 5 - fossa + filtro + vala de infiltração tipo II	R\$7.799,98	R\$7.496,61
Módulo 6 - fossa + filtro + vala de infiltração tipo III	R\$8.600,54	R\$8.200,63
Módulo 7 - fossa + filtro + círculo de bananeiras	R\$5.341,98	R\$5.442,16
Módulo 8 - sistema fossa séptica biodigestora + círculo de bananeiras	R\$4.910,88	R\$5.048,89
Módulo 9 - fossa + filtro + lançamento em corpo híbrido	R\$4.869,96	R\$4.744,17
Módulo 10 - sistema biodigestor + círculo de bananeiras	R\$4.522,19	R\$4.595,77
Módulo 11 - sistema biodigestor + sumidouro tipo I	R\$4.840,47	R\$4.685,24

Fonte: Comitê Guandu/ AGEVAP, 2020.

Figura 2 – Orçamento do módulo 10

		<div>SANEAMENTO RURAL</div> <div>Levantamento de Dados Geoespaciais e Elaboração do Diagnóstico, da Hierarquização e dos Projetos Básico/Executivos de Esgotamento Sanitário das Áreas Rurais e Periurbanas dos Municípios Pertencentes a RH-II – Guandu</div>						<div>Tipo de Documento: Produto 4.3 - Projeto Básico/Executivo</div> <div>Cód. do Documento: PROD4.3-T2-ANX6-PBI-A00</div>					
MÓDULO 10 - SISTEMA BIODIGESTOR + CÍRCULO DE BANANEIRAS													
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	FONTE	UNID	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO R\$	BDI	DESONERADO		NÃO DESONERADO			
								PREÇO TOTAL R\$		PREÇO UNITÁRIO R\$	BDI	PREÇO TOTAL R\$	
								SEM BDI	COM BDI			SEM BDI	COM BDI
TOTAL MÓDULO 10								R\$ 3.488,00	R\$ 4.522,19				
Serviços Preliminares								R\$ 43,49	R\$ 56,38				
1												R\$ 3.722,17	R\$ 4.595,77
1.1	Com - 001	Mobilização - desmobilização - transporte equipamento para local da obra	Própria	Un	1	18,57	29,65	R\$ 18,57	R\$ 24,08	19,25	23,47	R\$ 19,25	R\$ 23,77
1.2	Com - 002	Deslocamento equipamento	Própria	Un	1	6,03	29,65	R\$ 6,03	R\$ 7,82	6,24	23,47	R\$ 6,24	R\$ 7,70
1.3	Com - 003	Transporte material granular - brita /areia	Própria	Un	1	8,26	29,65	R\$ 8,26	R\$ 10,71	8,42	23,47	R\$ 8,42	R\$ 10,40
1.4	Com - 004	Transporte material - peças concreto pre-moldado	Própria	Un	1	10,63	29,65	R\$ 10,63	R\$ 13,78	10,82	23,47	R\$ 10,82	R\$ 13,36
2	Fornecimento e instalação do biodigestor							R\$ 2.622,53	R\$ 3.400,11				
2.1	98524	Limpeza manual de vegetação em terreno com enxada.af_05/2018	Sinapi	M2	4	3,19	29,65	R\$ 12,76	R\$ 16,54	3,55	23,47	R\$ 14,20	R\$ 17,53
2.2	72915	Escavacao mecanica de vala em material de 2a. Categoria ate 2 m de profundidade com utilizacao de escavadeira hidraulica	Sinapi	M³	8,2	10,08	29,65	R\$ 82,66	R\$ 107,16	10,58	23,47	R\$ 86,76	R\$ 107,12
2.3	94116	Lastro com preparo de fundo, largura maior ou igual a 1,5 m, com camada de brita, lançamento mecanizado, em local com nível baixo de interferência. Af_06/2016	Sinapi	M3	0,09	143,73	29,65	R\$ 12,94	R\$ 16,77	154,00	23,47	R\$ 13,86	R\$ 17,11
2.4	FORN.	Fornecimento do Biodigestor com volume mínimo 640L	Fornecedor	UN	1	2.279,90	29,65	R\$ 2.279,90	R\$ 2.955,89	2.279,90	23,47	R\$ 2.279,90	R\$ 2.814,99
2.5	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	Sinapi	H	2	25,27	29,65	R\$ 50,54	R\$ 65,53	28,24	23,47	R\$ 56,48	R\$ 69,74
2.6	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	Sinapi	H	2	20,11	29,65	R\$ 40,22	R\$ 52,15	22,26	23,47	R\$ 44,52	R\$ 54,97
2.7	93382	Reaterro manual de valas com compactação mecanizada. Af_04/2016	Sinapi	M3	4,6	31,2	29,65	R\$ 143,52	R\$ 186,07	32,61	23,47	R\$ 150,01	R\$ 185,21
5	Execução do círculo de bananeiras							R\$ 689,20	R\$ 893,55				
5.1	98524	Limpeza manual de vegetação em terreno com enxada.af_05/2018	SINAPI	m²	24	3,19	29,65	R\$ 76,56	R\$ 99,26	3,55	23,47	R\$ 13,92	R\$ 17,19
5.2	72915	Escavacao mecanica de vala em material de 2a. Categoria ate 2 m de profundidade com utilizacao de escavadeira hidraulica	SINAPI	m³	8	10,08	29,65	R\$ 80,64	R\$ 104,55	10,58	23,47	R\$ 84,64	R\$ 104,51
5.6	4723	Plantio de árvore ornamental com altura de muda menor ou igual a 2,00m	SINAPI	un	8	35,38	29,65	R\$ 283,04	R\$ 366,96	65,46	23,47	R\$ 523,68	R\$ 646,59
5.7	93382	Reaterro manual de valas com compactação mecanizada. Af_04/2016	SINAPI	m³	8	31,12	29,65	R\$ 248,96	R\$ 322,78	34,55	23,47	R\$ 276,40	R\$ 341,27
6	Peças Hidráulicas							R\$ 132,78	R\$ 172,15				
6.1	9841	Tubo Pvc, Serie R, Dn 100 mm, Para Esgoto Ou Aguas Pluviais Predial (Nbr 5688)	SINAPI	m	6	22,13	29,65	R\$ 132,78	R\$ 172,15	22,18	23,47	R\$ 133,08	R\$ 164,31
REFERÊNCIA DE ORÇAMENTO													

Fonte: Comitê Guandu/ AGEVAP, 2020.

6. Impacto das mudanças climáticas e o papel do círculo de bananeira

As SbN são estratégias sustentáveis que utilizam processos naturais para resolver desafios ambientais. Comparadas aos métodos convencionais, as SbN são mais econômicas, eficientes e proporcionam benefícios adicionais, como a conservação da biodiversidade e o sequestro de carbono. Exemplos

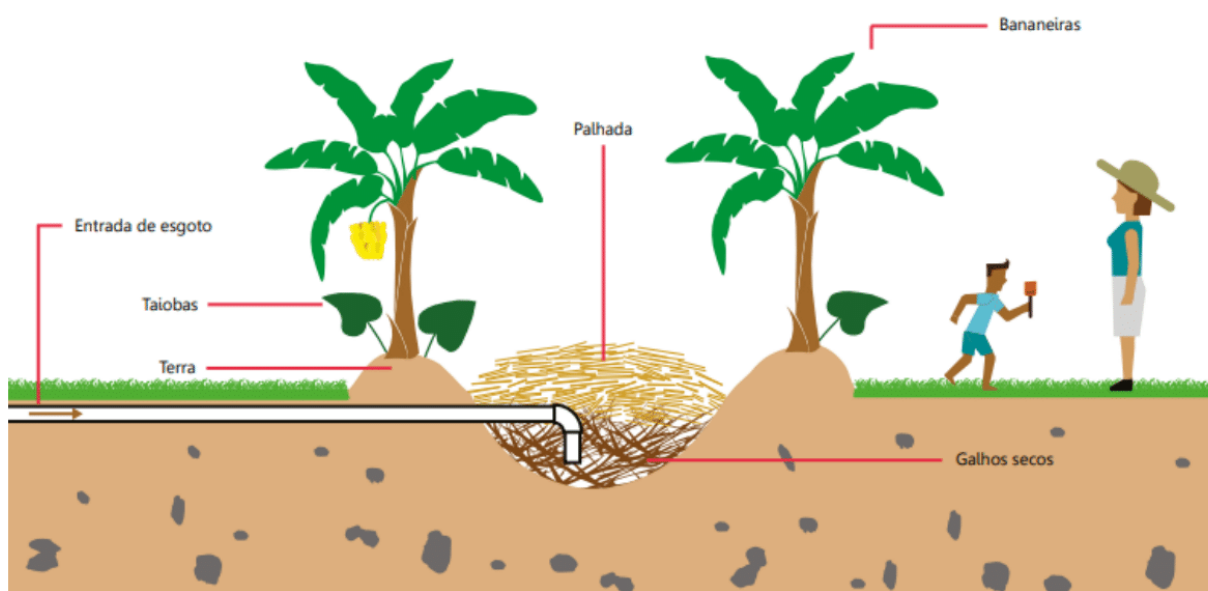
de sucesso incluem o uso de *wetlands* construídos e sistemas de agrofloresta para tratamento de esgoto (TNC, 2020).

O círculo de bananeira é uma técnica sustentável para o tratamento de esgoto sanitário que contribui significativamente para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas. O presente estudo observa que essa abordagem combina o sequestro de carbono pelas bananeiras com o tratamento de efluentes, proporcionando benefícios ambientais diversos.

O círculo de bananeira pode constituir uma etapa do tratamento de esgoto doméstico, sendo amplamente utilizado para o tratamento de águas cinzas. Para águas cinzas, não há necessidade de tratamento prévio; para esgoto doméstico, sim. Além disso, não requer remoção de lodo. Conforme demonstrado nas Figuras 3 e 4, o sistema é composto basicamente por uma cavidade preenchida com galhos, para onde são depositados os fluentes que advém da tubulação. O entorno da cavidade é plantado com bananeiras e/ou outras plantas adequadas ao solo e com nutrientes. O solo não pode ser compactado e nem impermeabilizado.

A técnica é simples, os galhos secos que preenchem a cavidade podem ser da própria bananeira ou mesmo capim seco, e a água cinza será tratada. Importante que esta água seja direcionada para o centro do conjunto de galhos secos, evitando a exposição da mesma. Para isso, utiliza-se um Joelho na extremidade da tubulação. As bananeiras são plantadas ao redor da cavidade, com espaçamento de aproximadamente 60 cm entre si, podendo ser intercaladas com outras espécies menores, como mamoeiro e taioba. As bananeiras consomem os nutrientes presentes no esgoto junto com a água que absorvem, crescendo de forma mais vigorosa, já os resíduos orgânicos (exemplo: restos de alimentos) são biodegradados no solo (Tonetti *et al.*, 2018).

Figura 3 – Círculo de bananeiras



Fonte: Tonetti *et al.*, 2018.

Figura 4 – Círculo de bananeiras implantado em Campinas: fase inicial e após um ano



Fonte: Tonetti *et al.*, 2018.

Além de atuar como sistema de tratamento, o círculo pode ser utilizado como forma de disposição final. O local de implantação precisa ser afastado do lençol freático e de nascentes. Em solos arenosos, é necessário adicionada uma camada de argila nas paredes e no fundo da cavidade para evitar a infiltração. Uma variação da técnica é a Bacia de Mulch, na qual as plantas são posicionadas em um monte no centro do círculo e a vala no entorno do centro é preenchida com galhos secos.

É importante destacar que o dimensionamento correto é fundamental para assegurar a eficiência do tratamento. Cada cavidade deve ter o volume interno de aproximadamente 1000 L, com profundidade entre 0,5 a 1,0 m e um diâmetro interno de 1,4 a 2,0 m. Essas dimensões são suficientes para atender até cinco pessoas (Tonetti *et al.*, 2018).

No caso do presente estudo, envolve a expansão do atendimento, recomenda-se a divisão do fluxo em sistemas (círculos) paralelos, conforme proposto.

Além dos benefícios diretos no tratamento de esgoto, o círculo de bananeira contribui significativamente para a mitigação das mudanças climáticas. As bananeiras são altamente eficientes no sequestro de carbono, capturando grandes quantidades de CO₂ da atmosfera. Esse processo ajuda a reduzir a concentração de gases de efeito estufa, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, o sistema melhora a resiliência das comunidades rurais frente às condições climáticas extremas, promovendo a segurança hídrica e a sustentabilidade ambiental. A técnica de círculo de bananeira é uma SbN, que atua na adaptação e mitigação das mudanças climáticas.

As bananeiras destacam-se pelo rápido crescimento e alta produção de biomassa, o que permite a captura de grandes quantidades de dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera. Estudos indicam que as bananeiras podem sequestrar até 80 t de CO₂ por hectare durante o estágio de maturidade dos frutos. Esse processo reduz diretamente a quantidade de CO₂ na atmosfera, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Zhao, 2014). A capacidade de sequestro de carbono das bananeiras é distribuída entre diferentes partes da planta. A maior parte do carbono é armazenada no caule, seguido pelas raízes e frutos, sendo as folhas responsáveis pela menor quantidade de armazenamento de carbono (Zhao, 2014).

Portanto, expandir o uso do círculo de bananeiras para o atendimento de áreas rurais potencializa a captura de carbono e contribui de maneira eficaz para a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, o tratamento de esgoto por meio dessa técnica reduz também a emissão de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), gases frequentemente liberados por sistemas de tratamento de esgoto convencionais. Isso se deve à compostagem e ao uso de maneira eficiente dos resíduos, minimizando a produção de gases de

efeito estufa. Aumenta a resiliência das comunidades agrícolas, promovendo a segurança alimentar e a sustentabilidade nos desafios das mudanças climáticas.

A integração do círculo de bananeira nas políticas públicas de saneamento pode ampliar seus benefícios. A promoção dessa técnica como parte de uma estratégia integrada de universalização é uma ferramenta relevante de enfrentamento das mudanças climáticas e prosperar deve ser incentivada no estado do Rio de Janeiro. Portanto, ressalta-se a necessidade de abordagens inovadoras, ambientalmente sustentáveis e socialmente inclusivas, adaptadas às especificidades das comunidades rurais e periurbanas. Implementar soluções como o círculo de bananeira pode proporcionar avanços significativos na segurança hídrica, com impactos positivos tanto para o meio ambiente quanto para a qualidade de vida da população nessas áreas.

7. Impacto tarifário nos serviços de esgoto sanitário em áreas rurais

O impacto tarifário nos serviços de esgoto sanitário em áreas rurais é uma questão crucial para a implementação sustentável de sistemas de esgotamento sanitário. A sustentabilidade financeira desses serviços depende de um equilíbrio delicado entre os custos operacionais, investimentos em infraestrutura e a capacidade de pagamento da população local.

8. Custos operacionais e investimentos (OPEX e CAPEX)

Os custos operacionais (OPEX) incluem a manutenção regular do sistema, tratamento de efluentes, gerenciamento de resíduos e salários dos funcionários. Em áreas rurais, esses custos podem ser elevados devido à dispersão geográfica e à menor densidade populacional, o que aumenta o custo per capita. Adicionalmente, os investimentos iniciais em infraestrutura (CAPEX), como a construção de ETE e redes de coleta, representam um ônus financeiro significativo.

A dispersão geográfica nas áreas rurais significa que os sistemas de esgoto devem cobrir maiores distâncias, aumentando o custo de instalação e manutenção das tubulações. Além disso, a menor densidade populacional demonstra que há menos usuários compartilhando os custos fixos, resultando em uma tarifa mais alta por usuário. As estradas e acessos muitas vezes precários em áreas rurais também aumentam os custos de transporte e logística.

Os custos de energia também são um fator relevante, especialmente em sistemas de tratamento de esgoto que utilizam processos eletromecânicos. Em regiões onde a eletricidade é cara ou onde o fornecimento é irregular, é necessário investir em soluções alternativas, como fontes de energia renovável, para garantir a continuidade do serviço.

A capacitação e a retenção de pessoal qualificado constituem, igualmente, desafios relevantes nas áreas rurais. A formação de técnicos e operadores locais exige investimentos contínuos em treinamento e educação. Outrossim, a oferta limitada de mão de obra especializada pode levar a salários mais altos para atrair e manter profissionais competentes.

O gerenciamento de resíduos sólidos gerados pelos processos de tratamento de esgoto, como lodo e biossólidos, representa um custo adicional. Esses resíduos precisam ser tratados e descartados de maneira ambientalmente adequada, o que requer equipamentos e instalações específicas. A implementação de tecnologias de reutilização de lodo, como a produção de biogás ou compostagem, pode mitigar esses custos, mas requer investimentos iniciais significativos.

Outro aspecto relevante é a necessidade de monitoramento constante da qualidade da água tratada e dos efluentes descartados. Isso inclui a aquisição e manutenção de equipamentos de monitoramento e

a realização de análises laboratoriais periódicas, que aumentam os custos operacionais. A carência de infraestrutura de apoio, como laboratórios locais, pode elevar ainda mais esses custos, exigindo o envio de amostras para centros de análise distantes.

A utilização de novas tecnologias pode reduzir os custos de CAPEX e OPEX a longo prazo. Tecnologias como sistemas de tratamento descentralizados, que utilizam soluções naturais como zonas húmidas construídas, podem ser uma alternativa mais barata e sustentável aos sistemas convencionais. No entanto, a implementação dessas tecnologias requer estudos detalhados e adaptações às condições locais.

9. Capacidade de pagamento da população

A capacidade de pagamento da população rural tende a ser menor em comparação com áreas urbanas, devido à renda média mais baixa. Portanto, a definição de tarifas deve considerar a realidade econômica dessas comunidades para evitar inadimplência e garantir a sustentabilidade do serviço.

A renda das famílias rurais muitas vezes depende de atividades agrícolas sazonais, o que resulta em variações significativas na capacidade de pagamento ao longo do ano. Para mitigar esse efeito, é possível adotar modelos de tarifação que considerem a sazonalidade da renda, permitindo ajustes temporários nas tarifas durante períodos de menor rendimento.

Programas de assistência social e subsídios governamentais desempenham um papel crucial na melhoria da capacidade de pagamento das populações rurais. Esses programas podem incluir a concessão de tarifas sociais para famílias de baixa renda, subsidiadas por recursos públicos ou por tarifas mais altas cobradas em áreas urbanas.

A educação financeira e a conscientização sobre a importância do saneamento básico são estratégias fundamentais para promover a disposição das famílias em pagar pelos serviços de esgoto. Campanhas de sensibilização podem ajudar a população a entender os benefícios sanitários e ambientais do tratamento adequado de esgoto, incentivando o pagamento regular das tarifas.

A colaboração com organizações não governamentais e cooperativas locais pode fortalecer a capacidade de pagamento das comunidades rurais. Essas entidades podem fornecer suporte técnico e financeiro, além de promover a gestão comunitária dos sistemas de esgoto, aumentando a eficiência operacional e reduzindo os custos para os usuários.

Adicionalmente, a criação de mecanismos de financiamento específicos para saneamento rural, como microcréditos e linhas de crédito subsidiadas, pode facilitar o acesso das famílias rurais a sistemas de esgoto adequados. Esses mecanismos podem ser administrados por bancos de desenvolvimento ou agências de fomento, garantindo condições favoráveis de pagamento e juros reduzidos.

A implementação de programas de capacitação e geração de renda também pode contribuir para aumentar a capacidade de pagamento das famílias rurais. Projetos de desenvolvimento comunitário que incluam treinamento técnico e apoio ao empreendedorismo local ajudam a diversificar as fontes de renda e a estabilizar a economia familiar, tornando o pagamento das tarifas de saneamento mais viável.

10. Modelos de tarifação

A estrutura tarifária pode seguir diferentes modelos que podem ser aplicados para equilibrar a sustentabilidade financeira e a acessibilidade:

• Tarifa social:

Consiste na aplicação de valores reduzidos para famílias de baixa renda, sendo subsidiada por outros consumidores ou por fundos governamentais. Este modelo visa garantir que os serviços de esgoto sejam acessíveis às populações mais vulneráveis, promovendo a inclusão social.

A implementação da tarifa social requer uma avaliação criteriosa das condições socioeconômicas das famílias beneficiadas. A lei brasileira de saneamento básico, Lei nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, incentiva a adoção de tarifas sociais como instrumento para alcançar a universalização do acesso aos serviços de saneamento.

Segundo o art. 29, da Lei nº 11.445/2007:

Art. 29. Os serviços públicos de saneamento básico poderão ser prestados com a participação de serviços privados mediante contrato de concessão ou permissão, observadas as disposições desta Lei.

Estudos de caso em diferentes regiões do Brasil demonstram a eficácia da tarifa social na redução da inadimplência e na melhoria da sustentabilidade financeira dos serviços de saneamento. No estado do Ceará, por exemplo, a tarifa social aplicada pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece) resultou em um aumento significativo na taxa de adimplência.

A aplicação de tarifas sociais pode considerar critérios como renda familiar, número de dependentes e condições de moradia. A identificação e seleção das famílias elegíveis geralmente é realizada por meio de cadastros sociais mantidos por governos municipais e estaduais, assegurando maior precisão e equidade na concessão do benefício.

Para garantir a sustentabilidade do modelo de tarifa social, mecanismos compensatórios devem ser instituídos. Podendo incluir subsídios diretos do governo ou a aplicação de uma pequena taxa adicional nas contas de água e esgoto dos consumidores não beneficiados, distribuindo de maneira equitativa os custos do programa.

A transparência e a prestação de contas são elementos fundamentais para o sucesso da política tarifária. As empresas de saneamento devem manter registros detalhados e acessíveis ao público sobre os critérios de seleção, o número de beneficiados e o impacto financeiro do programa, promovendo a confiança e a adesão da comunidade.

• Tarifa progressiva:

Tarifa progressiva adota uma estrutura escalonada, na qual o valor cobrado por metro cúbico de água aumenta de acordo com o volume consumido, incentivando o uso racional e garantindo que usuários de maior consumo contribuam mais, por exemplo: os primeiros 10 m³ de água podem ter uma tarifa básica, enquanto volumes superiores são cobrados a tarifas incrementadas.

Esse modelo é eficaz para promover a conservação da água e garantir que os custos sejam distribuídos de maneira justa. A Lei nº 11.445/2007 também apoia a utilização de tarifas escalonadas como uma forma de incentivar o uso eficiente dos recursos hídricos.

De acordo com estudo realizado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a implementação de tarifas escalonadas em grandes centros urbanos, como São Paulo e Rio de Janeiro, resultou em redução significativa do consumo de água, contribuindo para a preservação dos recursos hídricos e a diminuição dos custos operacionais do sistema.

A estrutura de uma tarifa escalonada pode incluir múltiplos níveis de consumo, com aumentos progressivos na tarifa. Por exemplo, os primeiros 10 m³ podem ser cobrados uma tarifa básica, os próximos

10 m³ uma tarifa moderada e volumes acima de 20 m³ uma tarifa mais elevada. Essa abordagem incentiva o uso consciente da água e penaliza o desperdício.

A implementação de tarifas escalonadas deve ser acompanhada de campanhas de conscientização para educar os consumidores sobre a importância da conservação da água. Informações claras sobre como as tarifas são calculadas e como os usuários podem reduzir seus gastos incentivam comportamentos sustentáveis.

Para assegurar a equidade, as tarifas escalonadas podem incluir mecanismos de proteção para consumidores de baixa renda, como tarifas sociais aplicadas aos primeiros níveis de consumo. Dessa forma, os benefícios da estrutura progressiva são mantidos sem comprometer a acessibilidade dos serviços para as populações de baixa renda.

• Subvenções cruzadas:

Esse modelo consiste na utilização de receita provenientes de áreas urbanas economicamente mais favorecidas para subsidiar os custos das áreas rurais. Essa abordagem é especialmente útil em regiões onde há disparidades econômicas significativas entre áreas urbanas e rurais, permitindo o equilíbrio financeiro do sistema.

As subvenções cruzadas são uma estratégia prática para assegurar que as áreas mais necessitadas possam ter acesso aos serviços de saneamento sem comprometer a viabilidade econômica das empresas prestadoras de serviço. A Lei nº 11.445/2007 prevê a adoção de subsídios cruzados como mecanismo de promoção da equidade no acesso ao saneamento básico.

No estado de Minas Gerais, a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) implementou com sucesso este modelo, utilizando os recursos arrecadados nas regiões metropolitanas para subsidiar os serviços em regiões rurais e periféricas, melhorando a cobertura e a qualidade dos serviços.

Para que essa estratégia seja bem-sucedida, é necessária a gestão financeira robusta e transparência na alocação de recursos. É importante que as empresas de saneamento mantenham registros claros sobre a origem e a aplicação dos subsídios, assegurando que os recursos sejam utilizados de maneira eficiente e conforme planejado.

As subvenções cruzadas podem ser complementadas por programas governamentais de investimento em infraestrutura. Parcerias público-privadas também podem ser uma solução viável para atrair recursos adicionais e expertise técnica, que ampliam o alcance e a eficácia das iniciativas de saneamento.

A comunicação com a comunidade desempenha papel crucial para o sucesso das subvenções cruzadas. Ao informar os consumidores sobre os benefícios indiretos que eles recebem ao contribuir para o saneamento em áreas rurais pode aumentar a aceitação e o apoio ao modelo, promovendo um senso de responsabilidade coletiva.

• Impacto tarifário entre a adoção de uma ETE e da circulação de bananeira

Um estudo conduzido pelo Comitê Guandu de 2020 estimou os custos totais associados à implementação de uma estação de tratamento de esgoto rural, sendo visto abaixo:

- R\$ 1.008.830,62: custos iniciais de instalação ou a uma etapa específica do projeto;
- R\$ 7.001.312,92: custos de construção, aquisição de equipamentos, ou fases mais avançadas do projeto;
- R\$ 3.204.802,31: custos de operação, manutenção, ou outras despesas recorrentes associadas à ETE;
- Total: R\$ 11.214.945,85.

Custos da técnica de círculo de bananeira

Em contrapartida, o Programa Sanear Guandu, que adotou a técnica de círculo de bananeira, apresentou os seguintes custos:

- R\$ 763.106,35: pode representar custos de instalação, mão de obra inicial e materiais;
- R\$ 769.153,71: possivelmente relacionado a custos adicionais de materiais, instalação ou manutenção;
- Total: R\$ 1.532.260,06.

Cálculo tarifário

Para calcular o impacto tarifário, precisa ser considerado:

1. Custo total do projeto.
2. Número de usuários ou unidades atendidas.
3. Período de amortização do investimento.
4. Taxa de operação e manutenção anual.

Hipóteses para o cálculo:

- Número de unidades atendidas: 1000 (hipotético);
- Período de amortização: 20 anos;
- Taxa anual de operação e manutenção: 5% do custo total.

Comparação tarifária

- Tarifa anual por unidade (ETE): R\$ 1.121,49;
- Tarifa anual por unidade (círculo de bananeira): R\$ 153,23.

A técnica do círculo de bananeira apresenta custo tarifário anual quase sete vezes inferior ao da ETE convencional, evidenciando sua maior viabilidade econômica, especialmente em comunidades rurais com restrições orçamentárias. Essa alternativa, além de mais acessível, também favorece a gestão descentralizada e o reaproveitamento ambientalmente seguro de resíduos.

11. Conclusão

Este estudo evidencia a complexidade e a necessidade de abordagens multifacetadas para alcançar a universalização do esgotamento sanitário em áreas rurais e periurbanas no Brasil. As soluções tecnológicas descentralizadas, como o círculo de bananeira, apresentam-se como alternativas viáveis e sustentáveis para o tratamento de efluentes em contextos nos quais as técnicas convencionais são ineficazes ou economicamente inviáveis. As SbN, particularmente o círculo de bananeira, oferecem uma abordagem viável e sustentável para a universalização do esgotamento sanitário no estado do Rio de Janeiro. Essas soluções não apenas resolvem problemas imediatos de saneamento, mas também contribuem para a mitigação das mudanças climáticas e a promoção da sustentabilidade ambiental.

A análise do impacto tarifário revela a importância de se considerar a capacidade de pagamento da população rural, propondo modelos de tarifação que equilibrem sustentabilidade financeira e acessibilidade. Modelos como a tarifa social, tarifa escalonada e subvenções cruzadas demonstram-se eficazes na promoção de um acesso equitativo aos serviços de esgotamento sanitário.

A inclusão de conceitos de CAPEX e OPEX na avaliação dos custos operacionais e de investimento destaca a necessidade de uma gestão financeira robusta e transparente. A implementação de novas tecnologias e a adoção de modelos tarifários ajustados à realidade local são fundamentais para assegurar a viabilidade dos serviços de saneamento em áreas rurais e periurbanas.

O estudo reforça a importância da legislação brasileira, em particular a Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes para a universalização do acesso ao saneamento básico. A aplicação rigorosa dessas

diretrizes, aliada a políticas públicas integradas e à participação ativa das comunidades, é essencial para a promoção da inclusão social e do desenvolvimento sustentável.

Conclui-se, portanto, que o estado do Rio de Janeiro pode ampliar a adoção da técnica do círculo de bananeira para além dos limites da Bacia do Rio Guandu, considerando sua sustentabilidade ambiental, simplicidade de implementação e menor impacto tarifário e comparação com o sistema convencional.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (Brasil). **Resolução ANA nº 192/2024, de 8 de maio de 2024**. Aprova a Norma de Referência nº 8/2024, que dispõe sobre metas progressivas de universalização de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, indicadores de acesso e sistema de avaliação. Brasília, DF: ANA, 2024. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-ana-n-192-de-8-maio-de-2024-559091485>. Acesso em: 25 jul. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2021.

ARA BEGUM, R.; LEMPERT, R. J. (coord.). Point of departure and key concepts. In: PÖRTNER, W.-O.; ROBERTS, D. C. (ed.). **Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. p. 121-196.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS ESTADUAIS DE SANEAMENTO. **Série Universalizar**: estudo sobre a universalização do saneamento no Brasil. Brasília: AESBE, 2022-2025. Disponível em: <https://www.aesbe.org.br/serie-universalizar>. Acesso em: 28 jul. 2024.

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL; COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA GUANDU. **Saneamento rural**: levantamento de dados geoespaciais e elaboração do diagnóstico, da hierarquização e dos projetos básicos/executivos de esgotamento sanitário das áreas rurais e periurbanas dos municípios da região hidrográfica II – Guandu. Paracambi, RJ: PROFILL: TSA, 2020. Disponível em: http://sigaceivap.org.br/publicacoesArquivos/guandu/arq_pubMidia_Processo_090-2017-43_Paracambi.pdf. Acesso em: 28 jul. 2024.

BENJAMIN, A. M. **Bacia de evapotranspiração**: tratamento de efluentes domésticos e de produção de alimentos. 2013. 50 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2013.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 6 jul. 2024.

BRASIL. Ministério das Cidades. Plansab – revisão de 2019. [Brasília, DF: MCID], 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/plano-nacional-de-saneamento-basico-plansab/plansab-2013-revisao-de-2019>. Acesso em: 28 jul. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento; SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO (Brasil). **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2020**. Brasília, DF: SNIS: MDR, 2021.

COMITÊ GUANDU-RJ. Saneamento rural: projetos. Seropédica, RJ: Comitê Guandu RJ, [2024]. Disponível em: <https://comiteguandu.org.br/project/saneamento-rural/>. Acesso em: 28 jul. 2024.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. **Relatório Anual 2022**. Fortaleza: Cagece, 2023.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. **Relatório Anual 2022**. Belo Horizonte: Copasa, 2023.

GARRIDO, J.; ROCHA, W.; GAMBRILL, M.; COLLET, H. **Estudo de modelos de gestão de serviços de abastecimento de água no meio rural no Brasil**: Parte 1: Relatório Principal. Brasília, DF: Banco Mundial, 2016. 112 p.

AGÊNCIA REGULADORA DE ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Contratos e anexos**. Rio de Janeiro: Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.rj.gov.br/agenera/contratos-e-anexos>. Acesso em: 28 jul. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua**: rendimento de todas as fontes 2023. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9171-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-mensal.html>. Acesso em: 28 jul. 2024.

LIBRALATO, G.; GHIRARDINI, A. V.; AVEZZÙ, F. To centralise or to decentralise: an overview of the most recent trends in wastewater treatment management. **Journal of environmental management**, v. 94, n. 1, p. 61-68, 2012.

PIRES, F. J. **Construção participativa de sistemas de tratamento de esgoto doméstico no Assentamento Rural Olga Benário-MG**. 118 f. Dissertação (Mestrado em Geotécnica e Saneamento ambiental) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

SHIAO, T.; KAMMEYER, C.; BRILL, G.; FEINSTEIN, L.; MATOSICH, M.; VIGERSTOL, K.; MÜLLER-ZANTOP, C. **Avaliando os benefícios das Soluções Baseadas na Natureza para o planejamento de bacias hidrográficas**: dezembro 2020. [Oakland, CA: United Nations Global Compact CEO Water Mandate: Pacific Institute], 2020. Disponível em: <https://www.tnc.org.br/content/dam/tnc/nature/en/documents/brasil/tnc-beneficiossolucoesbaseadasnatureza2020-pt.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2024.

TONETTI, A. L.; BRASIL, A. L.; MADRID, F. J. P. L.; FIGUEIREDO, I. C. S.; SCHNEIDER, J.; CRUZ, L. M. O.; DUARTE, N. C.; FERNANDES, P. M.; COASACA, R. L.; GARCIA, R. S.; MAGALHÃES, T. M. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções. Campinas, SP: Biblioteca UNICAMP, 2018. 153 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Curso saneamento rural**. Minas Gerais: UFMG, 2024.

ZHAO, M.; LI, M.; SHI, Y. Carbon storage and carbon dioxide sequestration of banana plants at different growth stages. **Advanced Materials Research**, v. 1010, p. 662-665, 2014. Disponível em: <https://www.scientific.net/AMR.1010-1012.662>. Acesso em: 28 jul. 2024.

Sobre os autores

Mayná Coutinho Morais

Engenheira ambiental especialista em recursos hídricos pela Universidade Federal Fluminense (UFF) com vasta experiência na implementação de soluções e práticas de sustentabilidade com pioneirismo em projetos ambientais voltadas para segurança hídrica. cursando especializações em Soluções Climáticas na Universidade de Edimburgo e em Cidades Sustentáveis na Universidade Johns Hopkins. Membro do Conselho Empresarial de Meio Ambiente e Sustentabilidade da Associação Comercial do Rio de Janeiro (ACRJ) e do Comitê Gestor do programa CREA Mulher RJ. Foi porta voz da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (Cedae) na COP 27 sobre soluções climáticas e segurança hídrica, presidente do Comitê Guandu/RJ, presidente do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro e coordenadora de Meio Ambiente ESG da Cedae. Idealizou e iniciou a implantação do maior programa de restauração ambiental voltado para segurança hídrica do estado do Rio de Janeiro: o programa Corredor Tingüá-Bocaina. Atualmente é Chefe de Regulação na Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico do Estado do Rio de Janeiro (Agenera).

Rodrigo Santos Hosken

Advogado pós-graduado em direito tributário pela Universidade Cândido Mendes. Sócio fundador do Hosken Geraldino Advogados (HGA) e advogado da Caixa Econômica Federal. Já atuou como vice-presidente do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro (CERHI-RJ) (gestão 2021-2023), representante da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES/RJ) na diretoria colegiada do Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim (Comitê Guandu/RJ) (gestão 2021-2023), e também como presidente da Comissão de Saneamento Básico, Recursos Hídricos e Gás Encanado da Ordem dos Advogados do Brasil do Rio de Janeiro (OAB-RJ). Atualmente é conselheiro consultivo da ABES/RJ.

Desafios e perspectivas do Marco Legal do Saneamento: análise da capacidade de atendimento das ETEs e fossas sépticas no estado do Rio de Janeiro até 2033

Challenges and prospects of the Legal Framework for Basic Sanitation: analysis of the service capacity of Wastewater Treatment Plants and septic tanks in the state of Rio de Janeiro until 2033

Yuri G. Maia

Fernanda Araújo Menezes

Resumo

Este artigo aborda a identificação das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e sua capacidade de atendimento populacional nos municípios do estado do Rio de Janeiro. Faz uma análise da possibilidade de cumprimento das metas estabelecidas pelo novo Marco Legal do Saneamento Básico, sancionado em 2020. Utilizando dados do ICMS Ecológico, a pesquisa apresenta a taxa de crescimento do atendimento até 2033, identificando os municípios que podem atingir mais de 90% de cobertura. O estudo propõe uma metodologia de avaliação da taxa de crescimento das ETEs municipais e a criação de um indicador de taxa de crescimento. Os resultados sugerem que, mantendo-se a taxa de crescimento atual, o estado não atingirá a meta de 90% de atendimento populacional até 2033. O artigo destaca a importância de dados confiáveis para a calibração das projeções e sugere a inclusão de dados de fossas sépticas na análise para áreas rurais. A pesquisa conclui que, embora haja melhorias na infraestrutura de saneamento, são necessários investimentos contínuos e uma melhor gestão das informações para garantir o cumprimento das metas do novo Marco Legal do Saneamento Básico.

Palavras-chave

Impactos Ambientais. Novo Marco do Saneamento Básico. Indicadores Ambientais. Capacidade de Atendimento e Tratamento de Esgoto. ICMS Ecológico.

Abstract

This article addresses the identification of Sewage Treatment Plants (STPs) and their capacity to serve the population in municipalities within the state of Rio de Janeiro, analyzing the potential to meet the targets established by the new Legal Framework for Basic Sanitation, enacted in 2020. Using data from the Ecological ICMS, the study presents the growth rate of service coverage up to 2033, identifying municipalities capable of achieving more than 90% coverage. The research proposes a methodology for evaluating the growth rate of municipal STPs and developing a growth rate indicator. Results suggest that, if the current growth rate is maintained, the state will not achieve the 90% population coverage target by 2033. The article emphasizes the importance of reliable data for calibrating projections and recommends the inclusion of data on septic tanks in the analysis for rural areas. The study concludes that, despite improvements in sanitation infrastructure, ongoing investments and improved information management are necessary to ensure compliance with the goals of the new Legal Framework for Basic Sanitation.

Keywords

Environmental Impacts. New Legal Framework for Basic Sanitation. Environmental Indicators. Sewage Treatment and Service Coverage Capacity. Ecological ICMS.

1. Introdução

Os esgotos sanitários consistem nos despejos líquidos provenientes de residências, estabelecimentos comerciais, instituições e outras edificações com instalações sanitárias, lavanderias e cozinhas. Esses esgotos são compostos predominantemente por águas de lavagem, matérias orgânicas, óleos, gorduras, papel higiênico e detergentes, os quais são lançados na rede pública. A variação no volume e na com-

posição do esgoto é influenciada pelos diferentes usos da água, pelas condições socioeconômicas da população, pela infraestrutura local e pelas condições climáticas (Brasil, 2004).

Além disso, esses esgotos sanitários frequentemente carregam organismos patogênicos, tais como vírus, bactérias, protozoários e helmintos, que representam uma ameaça significativa à saúde pública. Esses organismos contribuem para a disseminação de doenças de veiculação hídrica, como cólera, hepatites e verminoses. O lançamento de esgoto doméstico *in natura* nos corpos hídricos é a principal causa da deterioração da qualidade da água, promovendo proliferação descontrolada de algas, bactérias e outros organismos, comprometendo o equilíbrio ecológico e a qualidade das águas a jusante desses efluentes (Brasil, 2014).

No Brasil, um país de dimensões continentais, a questão do tratamento de esgoto constitui uma problemática complexa, não apenas devido aos desafios estruturais e financeiros, mas também em função da divergência de dados disponíveis. Essa discrepância é evidente ao comparar diferentes fontes de informação, como o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e o ICMS Ecológico. Uma das principais divergências ocorre nos dados referentes à cobertura de tratamento de esgoto. De acordo com o SNIS (2023), 81,6% do esgoto gerado no Brasil recebe algum tipo de tratamento. No estado do Rio de Janeiro, a proporção é de 76,7%. Contudo, os dados do ICMS Ecológico (CEPERJ, 2022) indicam que 62,11% da população do estado do Rio de Janeiro não dispõem de serviços adequados de coleta e tratamento de esgoto, sugerindo uma cobertura significativamente menor em comparação aos dados nacionais.

O tratamento de esgoto, reconhecido por seus benefícios ambientais e de saúde pública, tem sido uma pauta relevante nas políticas públicas brasileiras. Entretanto, persistem lacunas na estruturação do sistema de saneamento, assim como nas ações de planejamento e gestão, apesar dos avanços no arcabouço legal (Grangeiro *et al.*, 2020). O novo Marco Legal do Saneamento Básico, sancionado em 2020, estabelece diretrizes e metas ambiciosas, visando à universalização até 2033, com 99% da população brasileira tendo acesso à água potável e 90% ao tratamento e coleta de esgoto (Brasil, 2020). Comparado com a Lei Nacional do Saneamento de 2007, o novo Marco introduz inovações como a possibilidade de fomento à competição por meio de licitações, incentivando a melhoria da qualidade na prestação de serviços, além de responsabilizar a União por eventuais crises hídricas, esperando-se, assim, melhorias no atendimento e maiores benefícios para a população (Silva *et al.*, 2020). Todavia, é necessário aprofundar a discussão sobre as metas do novo Marco para garantir que seu estabelecimento trará mudanças efetivas nos indicadores e na qualidade de vida dos brasileiros.

A concessão da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE) pelo governo do estado do Rio de Janeiro representou um marco significativo no setor de saneamento básico do Brasil. Em 30 de abril de 2021, realizou-se um leilão histórico, no qual partes das operações da CEDAE foram transferidas à iniciativa privada. A companhia foi dividida e estruturada em quatro blocos distintos, abrangendo diversas regiões do estado, com contratos de 35 anos (Rio de Janeiro, 2020).

O leilão arrecadou R\$ 22,7 bilhões, valor que superou consideravelmente as expectativas, evidenciando o grande interesse do setor privado na gestão e expansão dos serviços de água e esgoto. Os consórcios vencedores, liderados por empresas de grande porte, nacionais e internacionais, como Aegea Saneamento e Iguá Saneamento, refletem a confiança do mercado na melhoria potencial dos serviços mediante a privatização (CNN Brasil, 2021).

A decisão de conceder a CEDAE à iniciativa privada foi motivada pela necessidade urgente de melhorias na infraestrutura de saneamento do estado, que enfrentava problemas crônicos de abastecimento de água, tratamento de esgoto e poluição dos corpos hídricos. Com a concessão, espera-se um incremento significativo na qualidade dos serviços prestados, ampliação da cobertura de água tratada e esgotamento sanitário, além da redução das perdas de água no sistema (CEDAE, 2024).

Os contratos estabelecem investimentos robustos, totalizando aproximadamente R\$ 30 bilhões ao longo do período de concessão, destinados à modernização das redes de distribuição, construção de novas estações de tratamento de esgoto e implantação de tecnologias avançadas para a gestão dos recursos hídricos. Ademais, as empresas concessionárias comprometeram-se com metas rigorosas de universalização dos serviços, prevendo que 99% da população atendida tenha acesso à água potável e 90% à coleta e tratamento de esgoto até 2033 (Melo, 2023).

O ICMS Ecológico no estado do Rio de Janeiro atua como um incentivador da conservação ambiental e uma fonte confiável de dados ambientais dos municípios. Desde sua implementação, observou-se um aumento no percentual da população atendida no estado, de 37,5% para 54,8% (CEPERJ, 2020). Contudo, muitos municípios ainda atendem apenas pequenas parcelas de suas populações, e a capacidade de atender às metas do novo Marco é questionável.

Os resultados da concessão da CEDAE poderão ser monitorados anualmente pela política do ICMS Ecológico, à medida que os municípios fornecerem informações sobre novas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) ou melhorias na coleta e tratamento de esgoto. Considerando que o ICMS Ecológico envolve recursos financeiros, é natural que os municípios busquem melhorar sua pontuação no critério de Índice de Tratamento de Esgoto (ITE).

Vale ressaltar que os indicadores da categoria Tratamento de Esgoto no ICMS Ecológico estão relacionados à existência de ETEs, sendo correlacionados às áreas urbanizadas que apresentam altas concentrações populacionais. O novo Marco Legal do Saneamento, conforme mencionado, visa atender 90% da população. Diante dessas informações, este trabalho sugere uma comparação incluindo medidas voltadas para áreas rurais, introduzindo a temática das populações atendidas por fossas sépticas.

Nesse cenário, é imprescindível identificar os municípios que apresentam dificuldades em cumprir as metas do novo Marco, a fim de direcionar políticas públicas de saneamento básico mais eficientes, baseadas em indicadores confiáveis. Diante desse contexto, o objetivo geral deste estudo é analisar a capacidade de o estado do Rio de Janeiro atender o novo Marco Legal do Saneamento Básico até 2033. Os objetivos específicos incluem:

- desenvolver uma metodologia de avaliação da taxa de crescimento da capacidade de atendimento das ETEs municipais;
- analisar quais municípios do estado tendem a alcançar a meta do novo Marco Legal do Saneamento em 2033;
- criar um indicador de taxa de crescimento da capacidade de atendimento com coleta e tratamento de esgoto;
- identificar áreas prioritárias;
- contribuir com informações e dados confiáveis para debate e cumprimento da Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020; e
- analisar a influência da fossa séptica no indicador criado.

2. Material e métodos

A primeira etapa metodológica deste trabalho envolveu o uso do banco de dados do ICMS Ecológico para analisar o critério ambiental referente à coleta e tratamento de esgoto sanitário urbano. Para isso, utilizamos o Índice Relativo de Tratamento de Esgoto (IrTE) e os dados de população atendida com coleta e tratamento de esgoto dos anos de 2009 a 2022. Foram considerados apenas os efluentes tratados em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) nos níveis de tratamento primário, secundário e terciário, bem como aqueles lançados no mar através de emissário submarino. Este indicador é interessante, pois consolida informações relativas às licenças de operação de cada ETE, fornecidas anualmente pelos municípios para o cálculo do ICMS Ecológico.

A segunda etapa consistiu na aplicação da metodologia de estimativa populacional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para os anos de 2009, 2011 a 2021, além do Censo Demográfico de 2010 e 2022. Esses dados serviram de base para um novo cálculo denominado “Capacidade de Atendimento com Coleta e Tratamento de Esgoto 1”.

No cálculo do ITE do ICMS Ecológico, o tratamento por fossa séptica ou fossa filtro não é contemplado. Desta forma, na terceira etapa, foram coletados os dados relativos às fossas sépticas do Censo Demográfico de 2010 para todos os municípios do estado, replicando esses dados para os anos subsequentes a 2010. Essa abordagem teve por finalidade compor um novo cálculo, denominado “Capacidade de Atendimento com Coleta e Tratamento de Esgoto 2”.

Para a análise, o ano de 2009 foi considerado o ponto de partida do estudo. Foi necessário tratar os dados faltantes no caso dos municípios que não receberam recursos pela categoria de Tratamento de Esgoto do ICMS Ecológico após o início do ciclo de análise. Adotou-se como indicador a repetição do valor de Capacidade de Atendimento com Coleta e Tratamento de Esgoto do ano anterior, partindo do pressuposto de que o investimento realizado para atingir determinado nível de população atendida por tratamento de esgoto é duradouro, sendo improvável que ocorra redução ou aumento sem investimentos substanciais. Optou-se por não aplicar o mesmo tratamento às ETEs que deixaram de ser declaradas nas tabelas de cálculo do ICMS Ecológico ao longo dos anos, pois isso exigiria a suposição de que essas ETEs ainda estariam em atividade, o que poderia não ser o caso (visto que algumas podem ser interrompidas para obras). A evolução do valor de Capacidade de Atendimento com Coleta e Tratamento de Esgoto foi calculada com base na variação, em pontos percentuais, entre os anos de estudo, obtendo-se a média e aplicando-a aos anos projetados.

Para o cálculo da Capacidade de Atendimento com Coleta e Tratamento de Esgoto 1 (Equação 1), considerou-se a capacidade operacional de cada ETE municipal (POP_{ete}) conforme descrito nas licenças de operação. Em relação à população municipal, utilizaram-se as estimativas populacionais disponibilizadas pelo IBGE até 2021, bem como o Censo Demográfico de 2010 e 2022. Para determinar a Taxa de Crescimento da Capacidade de Atendimento dos anos futuros, adotou-se a variação anual da capacidade de atendimento populacional calculada pelo ICMS Ecológico no período de 2009 a 2022 e, em seguida, aplicou-se a média dessas variações (Tn), projetando-a até o ano de 2033.

Equação 1 – Capacidade de Atendimento com Coleta e Tratamento de Esgoto (1)

$$Cat_1 = \sum_{j=1}^n \left(\frac{\sum_{i=1}^{m_j} POP_{ete_{ij}}}{População\ Municipal_j} + Tn_j \right)$$

Para o cálculo da Capacidade de Atendimento com Coleta e Tratamento de Esgoto 2 (Equação 2), foram utilizados dados relativos às fossas sépticas, conforme declaradas no Censo Demográfico de 2010. Posteriormente, estimou-se a população municipal atendida por esse sistema (POP_{fs}) com base no número total de fossas sépticas declaradas, multiplicando-o pela média de moradores por domicílio, que é de 2,9.

Equação 2 – Capacidade de Atendimento com Coleta e Tratamento de Esgoto (2)

$$Cat_2 = \sum_{j=1}^n \left(\frac{\sum_{i=1}^{m_j} POP_{ete_{ij}} + POP_{fs_j}}{População\ Municipal_j} + Tn_j \right)$$

Sendo:

Índice e Variáveis

j varia de 1 a n (representa os municípios)

i varia de 1 a m_j (representa as ETEs dentro de cada município j)

Termos da Equação

$Cat_{1,2}$ = Capacidade de atendimento com coleta e tratamento de esgoto;

POP_{ete} = Capacidade máxima de atendimento populacional de cada ETE municipal;

$\sum_{i=1}^{m_j} POP_{eteij}$ = Soma das capacidades máximas de atendimento populacional das ETEs no município j ;

POP_{fs} = Capacidade máxima de atendimento populacional estimada por fossas sépticas no município j ;

População Municipal $_j$ = População total do município j ;

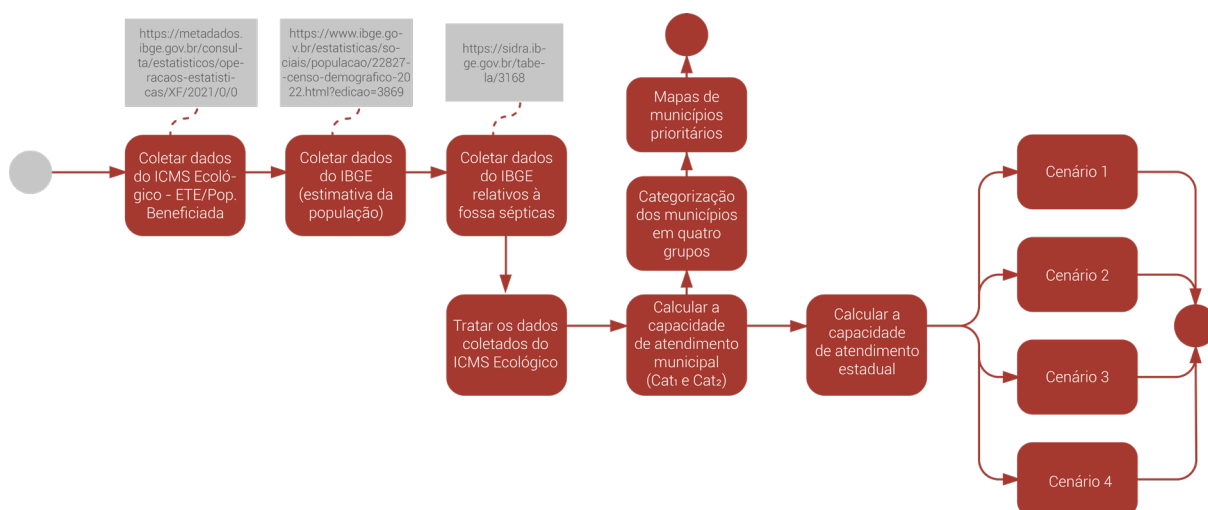
Tn_j = Média da taxa de crescimento da capacidade de atendimento com coleta e tratamento de esgoto no município j .

A fim de facilitar a análise dos resultados, os municípios foram categorizados em quatro grupos distintos, definidos pelos valores resultantes de Cat_1 e Cat_2 . O Grupo 1 compreende os municípios onde os valores de $Cat_{1,2}$ atingiram 100%. O Grupo 2 abrange os municípios cujos valores de $Cat_{1,2}$ foram equivalentes a 0%. O Grupo 3 é composto pelos municípios que registraram uma variação positiva nos valores de $Cat_{1,2}$. Por fim, o Grupo 4 engloba os municípios com uma variação negativa nos valores de $Cat_{1,2}$.

A partir desses resultados, foram elaborados dois mapas para ilustrar o panorama municipal projetado para o ano de 2033. Ambos foram desenvolvidos pelo programa ArcGis e apresentam 11 escalas, variando da cor vermelha à azul. A cor vermelho-escuro representa os municípios com menores valores de $Cat_{1,2}$, indicando que estes seriam prioritários, enquanto a azul-escuro assinala os municípios que atingiram o valor estabelecido pelo Marco Legal do Saneamento, isto é, aqueles cujos valores de $Cat_{1,2}$ são maiores ou iguais a 90%.

Após a análise dos resultados relativos aos municípios, foram elaborados quatro cenários para o estado do Rio de Janeiro, considerando a capacidade máxima de atendimento populacional das ETEs e das fossas sépticas. No primeiro cenário, utilizaram-se os dados do ICMS Ecológico até o ano de 2022, aplicando-se a taxa de crescimento para os anos subsequentes até 2033. No segundo cenário, adotaram-se os valores de $Cat_{1,2}$ de 2019, correspondente ao maior valor apresentado pelo estado para os anos de 2020 a 2022, e, em seguida, calculou-se uma nova taxa de crescimento. No terceiro cenário, utilizaram-se os mesmos valores do segundo, aplicando-se uma taxa de crescimento hipotética 50% superior à encontrada no cenário anterior. No quarto cenário, foi calculada a taxa de crescimento necessária para atingir a meta de 90% de capacidade de atendimento, estabelecida pelo novo Marco Legal do Saneamento Básico, até 2033. A metodologia empregada neste estudo está ilustrada na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia do trabalho



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

3. Resultados

3.1 Municípios do estado do Rio de Janeiro

Como mencionado, os municípios foram classificados em quatro grupos distintos. A listagem dos municípios e suas respectivas classificações estão detalhadas nos Quadros 1, 2, 3 e 4.

Quadro 1 - Lista de municípios do Grupo 1

Grupo 1 100% de Capacidade de Atendimento com Coleta e Tratamento de Esgoto	
Cat ₁ (ETE)	Cat ₂ (Fossa Séptica)
Arraial do Cabo	Araruama
Campos dos Goytacazes	Armação dos Búzios
Iguaba Grande	Arraial do Cabo
Mesquita	Cabo Frio
Porto Real	Campos dos Goytacazes
Quatis	Iguaba Grande
Resende	Mangaratiba
São João de Meriti	Mesquita
São Pedro da Aldeia	Miguel Pereira
Sapucaia	Nova Friburgo
	Petrópolis
	Porto Real
	Quatis
	Quissamã
	Resende
	São Gonçalo
	São João de Meriti
	São Pedro da Aldeia
	Sapucaia

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A recomendação para os municípios do Grupo 1 é de manter suas ETEs com a documentação atualizada e padronizar as informações disponibilizadas de acordo com o ICMS Ecológico.

Quadro 2 - Lista de municípios do Grupo 2

Grupo 2	
0% de Capacidade de Atendimento com Coleta e Tratamento de Esgoto	
Cat ₁ (ETE)	Cat ₂ (Fossa Séptica)
Areal	
Bom Jardim	
Carmo	
Duas Barras	
Engenheiro Paulo de Frontin	
Mendes	
Paraíba do Sul	
Rio Bonito	
Rio Claro	
São Francisco de Itabapoana	
Sumidouro	
Teresópolis	
Trajano de Moraes	
Varre-Sai	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

O Grupo 2 é de grande relevância para o presente trabalho, pois é composto por municípios que não apresentaram variação nos seus dados ao longo de todos os anos de análises (2009 a 2033), mantendo capacidade de atendimento com coleta e tratamento de esgoto igual a zero. Nesse sentido, qualquer evolução positiva nesse grupo pode influenciar significativamente a taxa de crescimento de atendimento do estado.

Quadro 3 - Lista de municípios do Grupo 3

Grupo 3		
Variação positiva na capacidade de atendimento com coleta e tratamento de esgoto		
Cat _{1,2}	Cat ₁ (ETE)	Cat ₂ (Fossa Séptica)
Até 10%	Cambuci, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaocara, Itaperuna, Japeri, Magé, Nilópolis, Paty do Alferes, Pinheiral, Porciúncula, Santo Antônio de Pádua, Três Rios	Barra Mansa, Carmo, Itaocara, Pinheiral, Porciúncula
Maior que 10% até 30%	Comendador Levy Gasparian, Conceição de Macabu, Cordeiro, Itaguaí, Itatiaia, Macuco, Maricá, Miracema, Nova Iguaçu, Paracambi, São José do Vale do Rio Preto, São Sebastião do Alto, Seropédica, Valença, Vassouras	Areal, Belford Roxo, Cambuci, Cantagalo, Comendador Levy Gasparian, Cordeiro, Duque de Caxias, Italva, Itaperuna, Japeri, Mendes, Natividade, Nilópolis, Pinheiral, Rio Claro, Santo Antônio de Pádua, São Fidélis, São Francisco de Itabapoana, Sumidouro, Tanguá, Trajano de Moraes, Três Rios, Valença

Continua

Cat _{1,2}	Cat ₁ (ETE)	Cat ₂ (Fossa Séptica)
Maior que 30% até 60%	Angra dos Reis, Cachoeiras de Macacu, Cardoso Moreira, Casimiro de Abreu, Laje do Muriaé, Miguel Pereira, Paraty, Queimados, Santa Maria Madalena, Silva Jardim	Angra dos Reis, Carapebus, Conceição de Macabu, Engenheiro Paulo de Frontin, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Itatiaia, Laje do Muriaé, Macuco, Magé, Miracema, Nova Iguaçu, Paracambi, Paty do Alferes, São João da Barra, São José do Vale do Rio Preto, São Sebastião do Alto, Seropédica
Maior que 60% até 90%	Araruama, Barra do Piraí, Macaé, Mangaratiba, Petrópolis, Quissamã, Rio das Flores, São Gonçalo, Volta Redonda	Barra do Piraí, Cachoeiras de Macacu, Cardoso Moreira, Macaé, Maricá, Queimados, Rio das Flores, Santa Maria Madalena, Saquarema, Silva Jardim, Teresópolis, Vassouras, Volta Redonda
Maior que 90%	Aperibé, Armação dos Búzios, Cabo Frio, Nova Friburgo	Aperibé, Casimiro de Abreu, Paraty, Rio das Ostras

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

O Grupo 3 é composto pelos municípios que contribuíram diretamente para a evolução da capacidade de atendimento com coleta e tratamento de esgoto do estado. Por isso, é importante analisar os níveis de evolução individualmente. Pode-se dizer que esses municípios apresentam variação nessa taxa há 11 anos consecutivos. Isso requer uma organização documental para manter as ETEs em dia com suas questões burocráticas em conjunto com investimentos, sejam diretos da administração pública ou por meio de instituições privadas como, por exemplo, novos empreendimentos imobiliários que já possuem estações de tratamento próprias em seu projeto.

Pode ser que, em determinado momento dentro do período projetado, os recursos financeiros de algum município para investimentos em tratamento de esgoto se esgotem, levando à estagnação do respectivo indicador. Isso reforça a necessidade de estimular os municípios do Grupo 2 a investir na evolução dos seus índices junto ao ICMS Ecológico.

Quadro 4 - Lista de municípios do Grupo 4

Grupo 4 Variação negativa na capacidade de atendimento com coleta e tratamento de esgoto	
Cat ₁ (ETE)	Cat ₂ (Fossa Séptica)
Barra Mansa	Bom Jardim
Belford Roxo	Bom Jesus do Itabapoana
Bom Jesus do Itabapoana	Duas Barras
Cantagalo	Niterói
Carapebus	Paraíba do Sul
Itaboraí	Rio Bonito
Italva	Rio de Janeiro
Natividade	São José de Ubá

Continua

Cat ₁ (ETE)	Cat ₂ (Fossa Séptica)
Niterói	Varre-Sai
Piraí	
Rio das Ostras	
Rio de Janeiro	
São Fidélis	
São João da Barra	
São José de Ubá	
Saquarema	
Tanguá	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Esse grupo de municípios deve inicialmente organizar suas informações documentais, a fim de manter um registro histórico correto de ETEs em funcionamento no seu território. Em alguns casos, o principal motivo das quedas não foi uma redução do nível de atendimentos das ETEs, mas sim a ausência das informações referentes a algumas ETEs consideradas em anos anteriores, as quais não foram enviadas para o ICMS Ecológico, como mostra o Quadro 5, referente ao município de Cantagalo.

Quadro 5 – Exemplo de município do Grupo 4: Cantagalo

Cantagalo		
Ano	Cat ₁ (ETE)	ETEs com documentação entregue
2009	1050	3
2010	1050	3
2011	1050	3
2012	1050	3
2013	1900	4
2014	1900	4
2015	1900	4
2016	400	1
2017	400	1
2018	600	1
2019	600	1
2020	400	1
2021	400	1
2022	400	1

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Neste caso, a partir de 2018, recomenda-se manter os dados das ETEs na base de dados do ICMS Ecológico, indicando que as documentações necessárias não foram entregues. Em relação aos anos anteriores, caso o município não recebesse recursos de acordo com a categoria de Tratamento de Esgoto, suas ETEs seriam retiradas da base de dados sem nenhum tipo de justificativa.

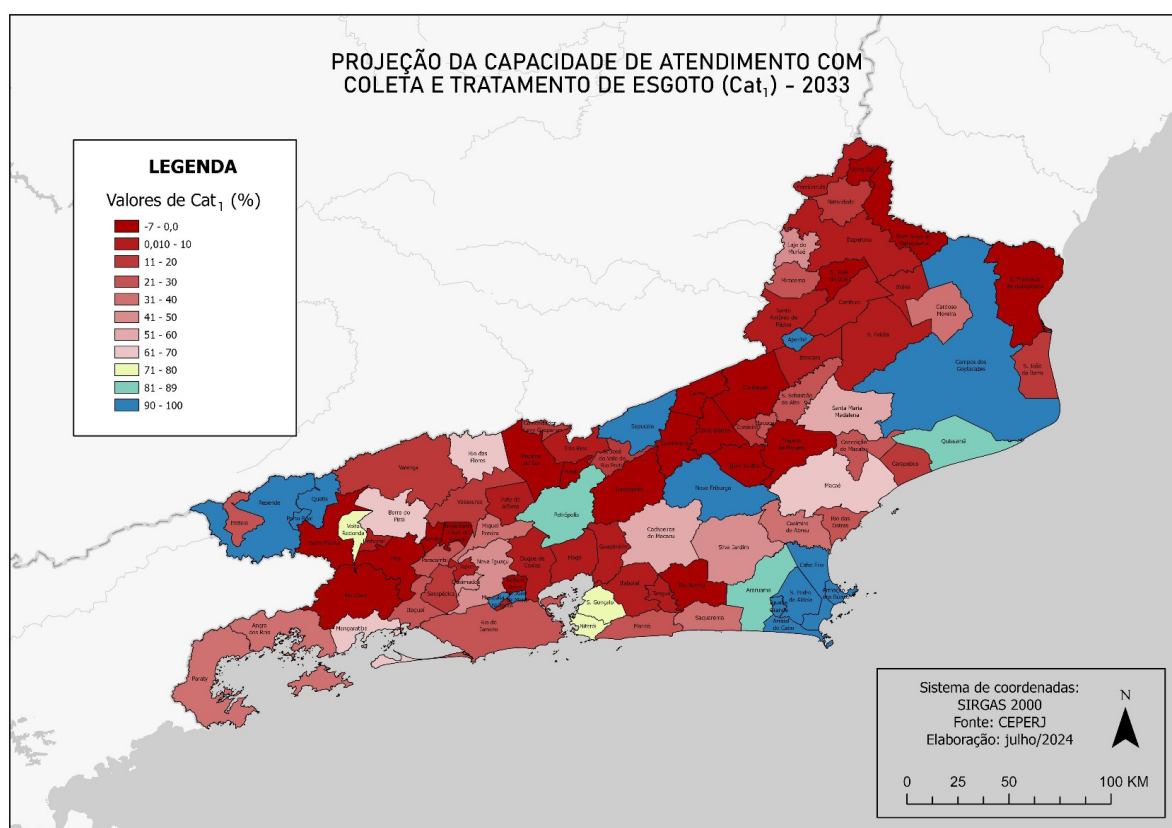
Conforme já mencionado, optou-se, nesses casos, por não repetir o valor de Cat₁ do ano anterior, como ocorre quando o município deixa de enviar a informação geral para o cálculo do IrTE, uma vez que as

atividades da ETE podem ser interrompidas eventualmente para obras ou até mesmo encerradas definitivamente. Vale ressaltar que é pouco provável que o município regreda em relação a sua capacidade de atendimento populacional; contudo é de suma importância que os municípios possuam um desenho geral das ETEs operantes em seu território, de forma a acompanhar seu desempenho.

3.2 Mapas de municípios prioritários

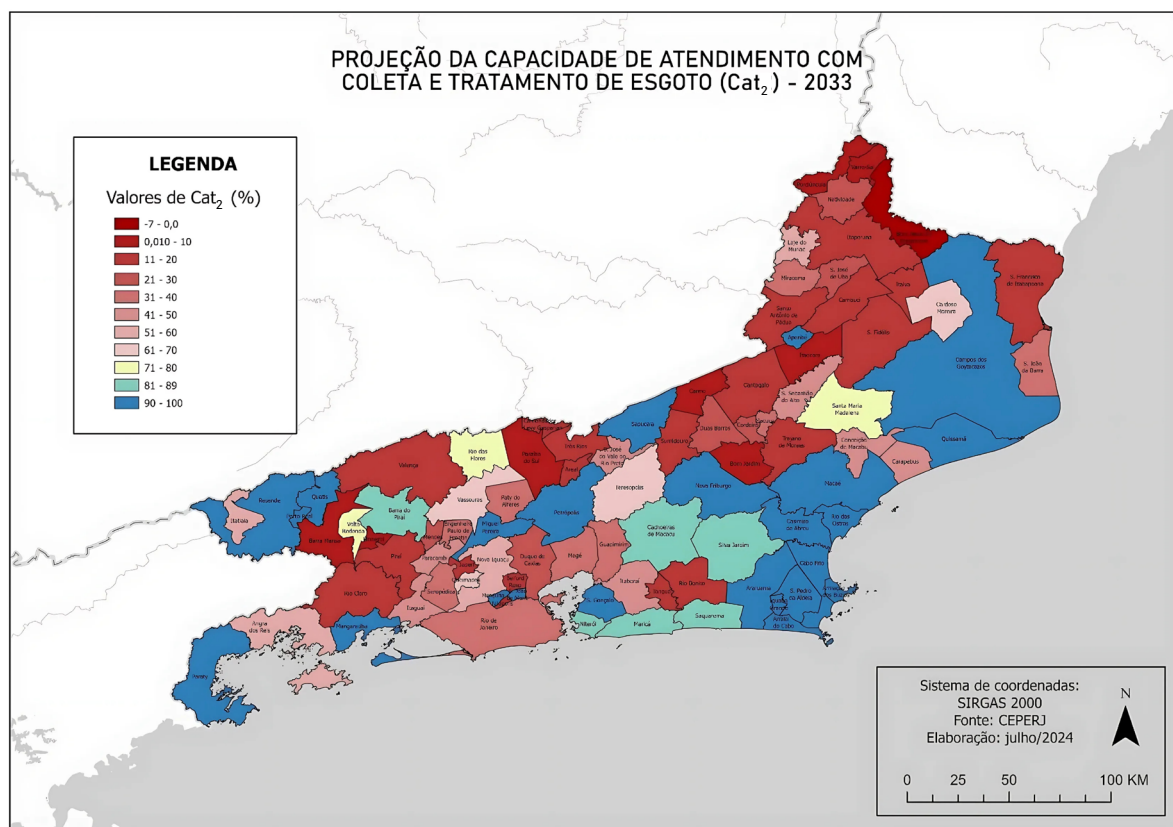
A seguir, o Mapa 1 apresenta os resultados projetados para os municípios em 2033. Este mapa pode servir como um indicador das áreas que necessitam aumentar sua capacidade de atendimento a fim de cumprir as metas estabelecidas pelo Novo Marco Legal do Saneamento. Ressalta-se que esses resultados foram alcançados com base em dados de 2009 a 2022. O mapa poderá ser atualizado anualmente, refletindo as melhorias ou não na capacidade de atendimento de coleta e de tratamento de esgoto dos municípios.

Figura 2 – Mapa de projeção da capacidade de atendimento com coleta e tratamento de esgoto (Cat₁) - 2033



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Figura 3 – Mapa de projeção da capacidade de atendimento com coleta e tratamento de esgoto (Cat₂) - 2033

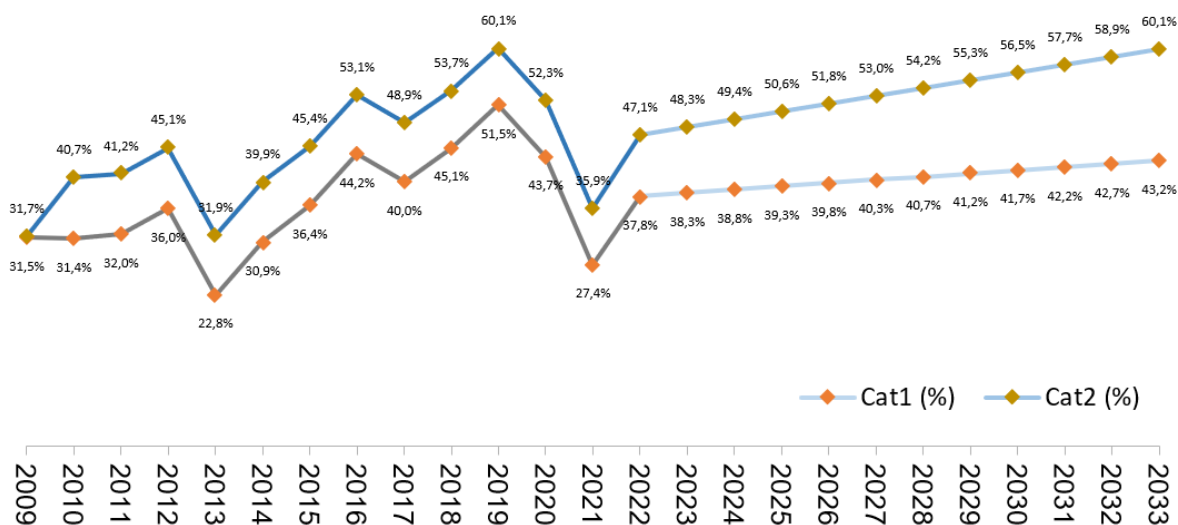


Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

3.3 Estado do Rio de Janeiro

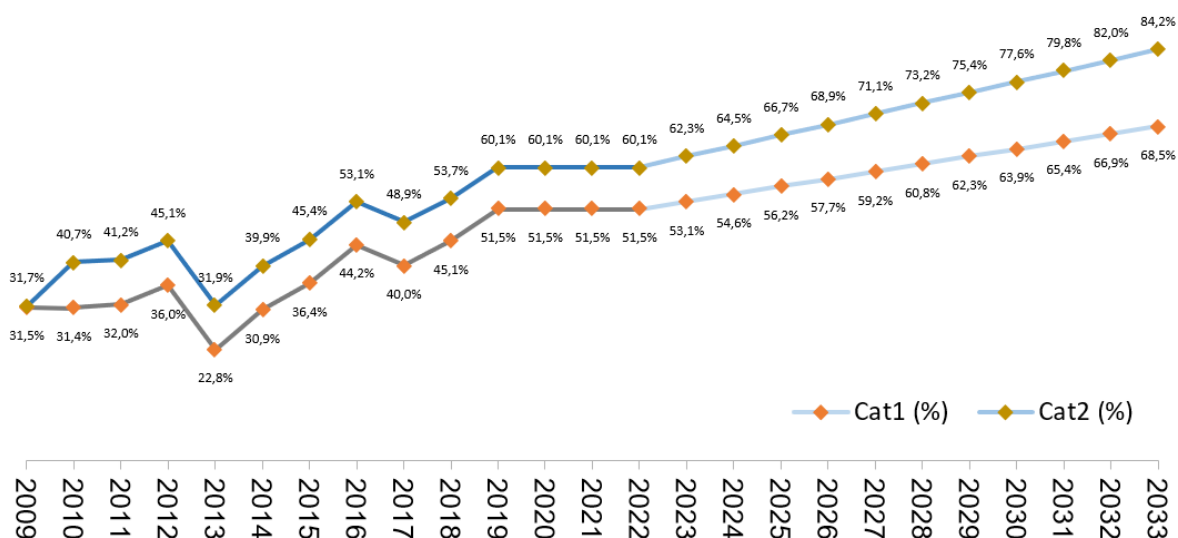
Considerando o período de 14 anos (2009 a 2022) apresentado no Gráfico 1, a taxa média de crescimento foi de 0,5% ao ano para o estado do Rio de Janeiro. No mesmo cenário, ao adotar os dados referentes às fossas sépticas, a taxa média de crescimento foi de 1,2%. Com base nessa evolução, e extrapolando os dados para os anos seguintes, apresentamos o percentual que poderia ser atingido até o ano de 2033. No segundo cenário, a taxa de crescimento encontrada foi de 1,5% para o Cat₁ e 2,2% para o Cat₂, conforme indicado no Gráfico 2. No terceiro cenário, adotou-se uma taxa de crescimento de 2,3% para o Cat₁ e 3,3% para o Cat₂, conforme o Gráfico 3. Para atingir a meta proposta pelo novo Marco Legal do Saneamento, foram adotadas taxas de crescimento de 3,5% para o Cat₁ e 2,8% para o Cat₂, conforme o Gráfico 4.

Gráfico 1 - Capacidade de atendimento com coleta e tratamento de esgoto para o estado do Rio de Janeiro - 1º Cenário



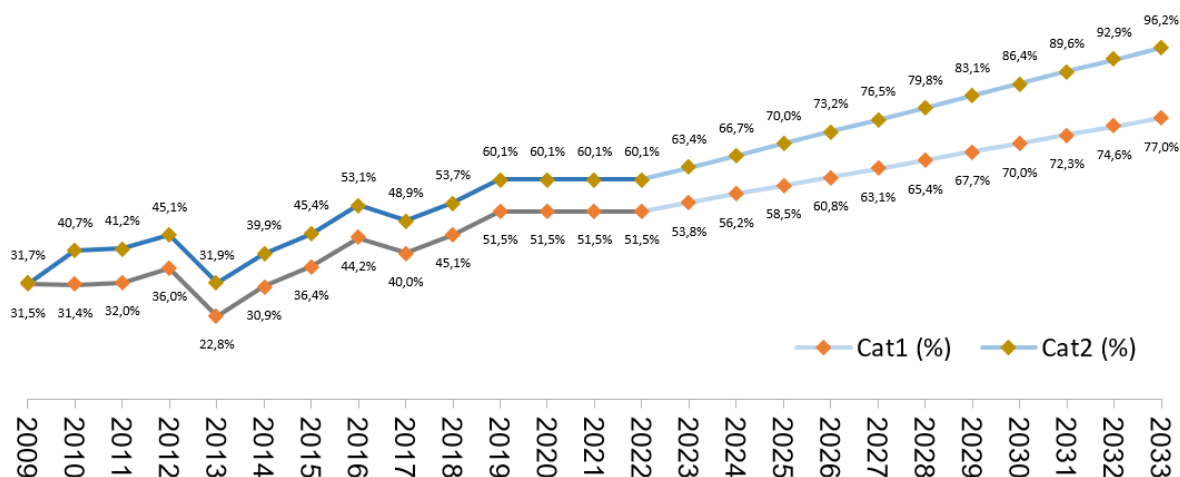
Fonte: ICMS Ecológico e IBGE (análises de 2009 a 2022).

Gráfico 2 - Capacidade de atendimento com coleta e tratamento de esgoto para o estado do Rio de Janeiro - 2º Cenário



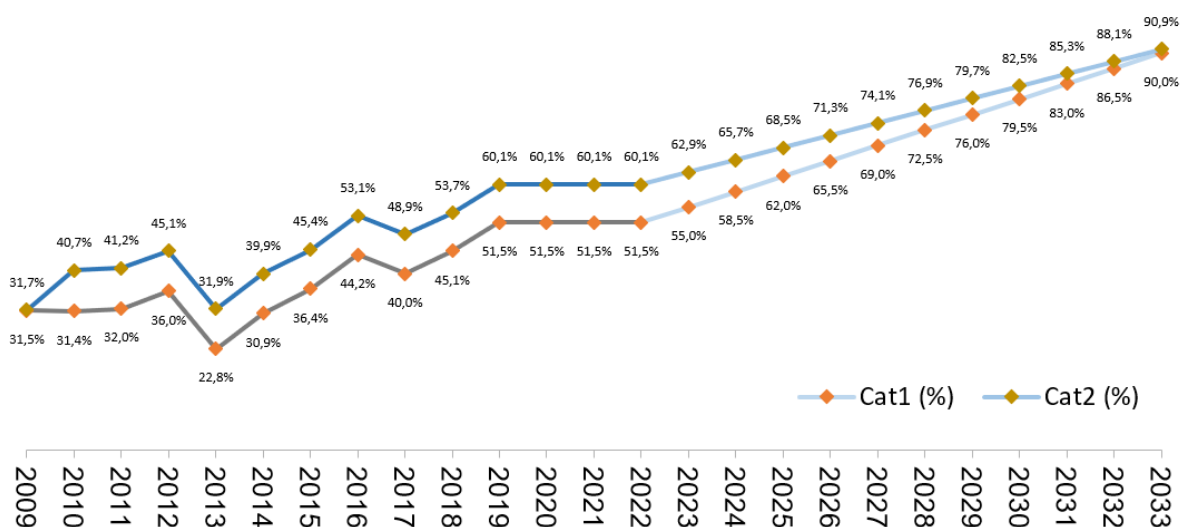
Fonte: ICMS Ecológico e IBGE (análises de 2009 a 2022).

Gráfico 3 - Capacidade de atendimento com coleta e tratamento de esgoto para o estado do Rio de Janeiro – 3º Cenário



Fonte: ICMS Ecológico e IBGE (análises de 2009 a 2022).

Gráfico 4 - Capacidade de atendimento com coleta e tratamento de esgoto para o estado do Rio de Janeiro – 4º Cenário



Fonte: ICMS Ecológico e IBGE (análises de 2009 a 2022).

4. Conclusão

A taxa de crescimento até 2033 no estado do Rio de Janeiro revelou dados importantes e ao mesmo tempo preocupantes. O objetivo principal foi analisar a capacidade do estado em atender às metas estabelecidas pelo novo Marco Legal do Saneamento, sancionado em 2020, que visa à universalização do acesso à água potável e ao tratamento de esgoto até 2033. Os resultados indicam que, mantendo-se a taxa de crescimento atual de 0,5% ao ano para ETEs e 1,2% com a inclusão das fossas filtro, o estado não conseguirá atingir a meta de 90% da população atendida até 2033.

Os cenários 2 e 3, que são os mais otimistas, indicam que as metas só poderão ser atingidas considerando dados de fossa filtro, especialmente no cenário 3, o que evidencia a importância de investimentos contínuos e substanciais em infraestrutura de saneamento.

É fundamental considerar medidas isoladas de tratamento de esgoto como fossas filtros, principalmente em áreas rurais e de baixa densidade populacional. Essas soluções descentralizadas podem ser uma alternativa eficaz e acessível às ETEs, que são mais adequadas para regiões urbanas com alta concentração de habitantes, devido ao alto investimento e complexidade estrutural. No entanto, a ausência de dados atualizados, com informações precisas e perenes, sobre a instalação e operação de fossas filtros no estado do Rio de Janeiro, dificulta a avaliação real da extensão do uso e das condições desses sistemas.

Foi possível encontrar uma taxa de crescimento para estimar o valor final a ser atingido, sem considerar qual seria o esforço necessário à implementação da capacidade de atendimento. Este estudo destaca a importância crucial de dados confiáveis para a calibração das projeções relativas ao saneamento básico. No que diz respeito às fossas filtro, o último dado disponível é de 2010, evidenciando uma necessidade urgente de atualização. Recomenda-se que esse tema seja incorporado às políticas públicas perenes, como o ICMS Ecológico.

A análise detalhada por município revelou uma variabilidade expressiva na evolução da capacidade de atendimento. Enquanto alguns municípios apresentam avanços expressivos em termos de capacidade de atendimento com coleta e tratamento de esgoto, a grande maioria enfrenta desafios significativos. A variação na capacidade de atendimento destaca a necessidade de políticas públicas direcionadas e investimentos focados nos municípios com menor capacidade e maior crescimento populacional.

Outro aspecto relevante é a gestão municipal das informações sobre as ETEs na política ambiental estadual. A descontinuidade e as oscilações dos dados têm impactado negativamente as projeções e demonstram a necessidade de aprimorar a gestão da informação nos municípios. A melhoria na coleta, manutenção e divulgação dos dados municipais sobre ETEs é essencial para assegurar projeções mais precisas e eficazes e contribuir para o cumprimento das metas do novo Marco Legal do Saneamento Básico.

As divergências nos dados sobre tratamento de esgoto destacam a urgência de harmonização e transparência nas metodologias de coleta e análise de dados. Apenas com uma compreensão clara e precisa da realidade do saneamento no país será possível desenvolver políticas públicas eficazes e direcionar os investimentos de forma adequada para melhorar a qualidade de vida da população e preservação ambiental.

A concessão da CEDAE à iniciativa privada trouxe um influxo significativo de recursos e a expectativa de melhorias nos serviços de saneamento. Contudo, é essencial acompanhar a implementação dos investimentos prometidos e o cumprimento das metas estipuladas nos contratos de concessão. Espera-se que as melhorias relacionadas à coleta e ao tratamento de esgoto sejam refletidas na política do ICMS Ecológico, uma vez que essas informações são fundamentais para garantir a possibilidade de um maior recurso municipal.

Portanto, este trabalho contribui como uma ferramenta valiosa para o acompanhamento e o debate das políticas públicas de saneamento, demonstrando o acompanhamento para garantir o cumprimento das metas do novo Marco Legal do Saneamento Básico, seja só por coleta e tratamento de esgoto das ETEs e/ou pelo somatório de ambas com as medidas isoladas de esgoto. O estudo possibilita a continuidade das análises periódicas e a atualização dos indicadores, a partir das atualizações anuais dos dados do ICMS Ecológico, dados atualizados da população e levantamentos sobre as fossas filtro, possibilitando uma calibração contínua e a plotagem de áreas prioritárias. Os resultados são fundamentais para auxiliar na correção de rumos e no alcance da universalização dos serviços de saneamento no estado do Rio de Janeiro.

Referências

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, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 158, nº 135, jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 13 set. 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. [Brasília, DF]: SNIS, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/painel-de-informacoes>. Acesso em: 13 set. 2021.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Guia de vigilância em saúde**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014. 812 p.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental; SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (Brasil). **Diagnóstico temático**: serviços de água e esgoto: visão geral: ano de referência 2022. Brasília: SNIS, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2023.pdf. Acesso em: 12 jul. 2024.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS (RJ). **Cedae compartilha sua experiência de concessão com outras empresas públicas**. [Rio de Janeiro]: CEDAE, [2024?]. Disponível em: <https://cedae.com.br/Noticias/detalhe/cedae-compartilha-sua-experiencia-de-concessao-com-outras-empresas-publicas/id/3074>. Acesso em: 15 jul. 2024.

ELIAS, Juliana; FLACH, Natalia. Leilão da Cedae tem ágio de até 190% e um bloco sem interessados. **CNN Brasil**, São Paulo, 30 abr. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/servicos-da-cedae-vao-a-leilao-maior-concessao-de-infraestrutura-do-pais-veja/Acesso em: 12 jul. 2024>.

FUNDAÇÃO CENTRO ESTADUAL DE ESTATÍSTICAS, PESQUISAS E FORMAÇÃO DE SERVIDORES PÚBLICOS DO RIO DE JANEIRO. **Análise dos aspectos sociais da qualidade de vida da população do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: CEPERJ, 2019.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (Brasil). **Manual do saneamento**. 3. ed. Brasília: FUNASA, 2004. 408 p.

GRANGEIRO, E. L. A.; RIBEIRO, M. M. R.; MIRANDA, L. I. B. Integração de políticas públicas no Brasil: o caso dos setores de recursos hídricos, urbano e saneamento. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 22, n. 48, p. 417-434, maio/ago. 2020.

MELO, F. S. **Universalização do saneamento básico no estado do Rio de Janeiro**: adequação das metas de saneamento básico ao novo Marco Legal. 2023. 65 f. Monografia (Especialização em Controle da Desestatização e da Regulação) – Instituto Serzedello Corrêa, Escola Superior do Tribunal de Contas da União, Brasília, 2023.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei n. 5.100, de 4 de outubro de 2007. Altera a Lei n. 2.664 de 27 de dezembro de 1996, que trata da repartição aos municípios da parcela de 35% (vinte e cinco por cento) do produto da arrecadação do ICMS, incluindo o critério de conservação ambiental, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, out. 2007. Disponível em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/contlei.nsf/0/edd5f699377a00078325736b006d4012?OpenDocument>. Acesso em: 14 maio 2020.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Processo nº 120207/000707/2020**. Edital de concorrência internacional nº 01/2020. Concessão da prestação regionalizada dos serviços públicos de fornecimento de água e esgotamento sanitário e dos serviços complementares dos municípios do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://www.concessaosaneamento.rj.gov.br/documentos/grupo1/EDITAL.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2024.

SILVA, V. B. S.; GARCIA JUNIOR, W. R. R.; ARAÚJO, C. V. P.; KÖLLING, G. J. Universalização do saneamento básico: os desafios regulatórios no Brasil. **Revista Brasileira de Políticas Públicas e Internacionais**, v. 5, n. 3, dez. 2020, p. 180-203.

Sobre os autores

Yuri G. Maia

Mestrando em Engenharia Civil. Pós-graduando em Especialização na Aplicação dos Instrumentos das Políticas Públicas Urbanas e Ambientais nos Municípios. Pós-graduado em Administração Pública. Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária. Coordenador de Políticas Regionais Urbanas e Ambientais na Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (CEPERJ), Centro de Estatísticas Estudos e Pesquisas (CEEP), Coordenadoria de Políticas Regionais Urbanas e Ambientais (COOPRUA).

<http://lattes.cnpq.br/4674713279539825>

Fernanda Araújo Menezes

Pós-graduanda em Aplicações dos Instrumentos das Políticas Urbanas e Ambientais nos Municípios - Instituto Oscar Niemeyer. Bacharel em Engenharia Ambiental – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ).

Lodo de Valor: um projeto piloto para gestão sustentável de resíduos

Valuable Sludge: a Pilot Project for Sustainable Waste Management

Marina Fendeler Motta
Vinícius Florêncio de Oliveira

Resumo

A gestão do lodo gerado nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) é um desafio crescente, especialmente em áreas urbanas. O uso de aterros sanitários enfrenta limitações ambientais e econômicas, agravadas pelas metas de universalização do saneamento estabelecidas pelo governo brasileiro e pela Organização das Nações Unidas (ONU). Com o aumento da produção de resíduos sólidos, torna-se essencial buscar soluções sustentáveis que reduzam a dependência dos aterros. O projeto Lodo de Valor propõe a compostagem do lodo como alternativa à disposição em aterros. Essa prática transforma o resíduo em fertilizante rico em nutrientes, promovendo responsabilidade ambiental. Iniciado em junho de 2021, o projeto disponibilizou inicialmente 15% do lodo das ETEs à compostagem, firmando parcerias com empresas licenciadas para garantir uma destinação adequada. Foram realizados estudos técnicos, ambientais e econômicos, além de uma avaliação piloto. Os resultados mostraram uma economia de cerca de R\$ 220 mil e a compostagem de 2.050 toneladas de lodo, gerando 615 toneladas de composto orgânico. Esse material foi utilizado em projetos ambientais, contribuindo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente os ODSs 6, 11 e 12. O projeto demonstra uma abordagem inovadora e replicável para a gestão de resíduos.

Palavras-chave

Sustentabilidade Ambiental. Compostagem de Lodo. Gestão de Resíduos. Reflorestamento. Lodo de Esgoto.

Abstract

Managing the sludge produced by Wastewater Treatment Plants (WWTPs) is an increasing challenge, especially in urban areas. The use of sanitary landfills faces environmental and economic limitations, exacerbated by the sanitation goals set established by the Brazilian government and the United Nations (UN). With the growing production of solid waste, it becomes essential to seek sustainable solutions that reduce dependence on landfills. The "Valuable Sludge" project proposes the composting of sludge as an alternative to landfill disposal. This practice transforms waste into nutrient-rich fertilizer, promoting environmental responsibility. Launched in June 2021, the project initially allocated 15% of the sludge from Wastewater Treatment Plants to composting, establishing partnerships with licensed companies to ensure appropriate disposal. Technical, environmental, and economic studies were conducted, along with a pilot assessment. The results demonstrated a cost saving of approximately R\$ 220,000 and with 2,050 tonnes of sludge composted, generating 615 tonnes of organic compost. This material was used in environmental projects, contributing to the Sustainable Development Goals (SDGs) of UN, particularly SDGs 6, 11, and 12. The project presents an innovative and replicable approach to waste management.

Keywords

Environmental Sustainability. Sludge Composting. Waste Management. Reforestation. Sewage Sludge.

1. Introdução

1.1. Contextualização do problema da geração de resíduos no tratamento de esgoto

A gestão dos resíduos gerados pelas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) é um desafio urgente, especialmente em áreas urbanas com crescimento acelerado. O Brasil enfrenta um aumento significativo na demanda por tratamento de esgoto devido às metas de universalização do saneamento estabelecidas pelo governo federal e pela Organização das Nações Unidas (ONU). Em 2022, apenas 52,2% do esgoto gerado no Brasil foi tratado, indicando uma necessidade imediata de melhorias nesse setor

(SNIS, 2022). Nesse sentido, a ampliação do tratamento de esgoto acarretaria o aumento da geração de lodo, que necessita de destinação adequada. Tradicionalmente, esse lodo é encaminhado para aterros sanitários, uma prática que, embora comum e regulamentada, enfrenta inúmeros desafios ambientais, logísticos e econômicos.

Além disso, os aterros sanitários possuem limites de recebimento de resíduos, o que pode causar a necessidade de envio de parte do resíduo para outro aterro. Como muitos municípios brasileiros possuem apenas um aterro sanitário, o lodo excedente precisa ser transportado para aterros em outras localidades, aumentando, consideravelmente, os custos de transporte, a pegada de carbono associada e os riscos ambientais de contaminação durante o transporte. Ademais, a dependência de aterros distantes pode gerar atrasos e dificuldades operacionais, comprometendo a eficiência do processo de gestão de resíduos.

1.2. Composição e potencial do lodo de esgoto

As características do esgoto doméstico incluem uma variedade de componentes biodegradáveis e não biodegradáveis, como sabões, detergentes (a maioria contendo fósforo), cloreto de sódio, fosfatos, sulfatos, carbonatos, ureia, amoníaco, ácido úrico, gorduras, resíduos de alimentos, amidos, proteínas, pigmentos hepáticos, mucos, células epiteliais, vermes, bactérias, vírus, leveduras, areia, plásticos, cabelos e sementes (Nuvolari, 2003). Segundo Sperling (2005), os nutrientes existentes no esgoto doméstico são valiosos para o crescimento das plantas e podem, quando adequadamente tratados, contribuir significativamente para a fertilidade do solo. Nesse contexto, a destinação do lodo para aterros sanitários implica na perda desses nutrientes valiosos. No entanto, o lodo de esgoto, resultante do processo de tratamento, pode ser aproveitado para criação de composto orgânico (Andreoli, 2006). Quando transformados em composto orgânico, esses nutrientes podem ser reciclados e reaproveitados, auxiliando no crescimento de plantas e árvores, promovendo a sustentabilidade ambiental.

1.3. Benefícios da compostagem do lodo de esgoto

A compostagem do lodo de esgoto oferece uma solução eficaz e sustentável para o problema da destinação desses resíduos. Esse processo transforma o lodo em um composto orgânico rico em nutrientes, que pode ser utilizado para melhorar a estrutura e a fertilidade do solo. A compostagem oferece diversos benefícios, incluindo a reciclagem de nutrientes no solo, o aproveitamento da matéria orgânica e a extensão da vida útil dos aterros sanitários (Pelegrino; Flizikowski; Souza, 2008).

Além disso, o composto orgânico produzido a partir do lodo de esgoto pode substituir fertilizantes químicos. Nesse cenário, a utilização desse composto em projetos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas contribui para a criação de ecossistemas mais resilientes e diversificados. Estudos demonstram que o composto produzido a partir do lodo de ETE apresenta desempenho semelhante ao composto convencional (Afáz *et al.*, 2017).

1.4. Importância da sustentabilidade e responsabilidade ambiental

A sustentabilidade e a responsabilidade ambiental são princípios fundamentais na gestão moderna de resíduos. A compostagem do lodo de esgoto está alinhada com esses princípios, reduzindo a carga dos aterros sanitários. Esse processo permite o reaproveitamento dos nutrientes presentes no lodo, contribuindo para a fertilidade do solo.

A implementação de práticas sustentáveis, como a compostagem do lodo de esgoto, demonstra um compromisso com a proteção ambiental e a melhoria da qualidade de vida das comunidades. A gestão responsável dos resíduos é essencial para mitigar os impactos ambientais negativos e promover um desenvolvimento sustentável a longo prazo.

1.5. Tendências globais, tratados de sustentabilidade e contribuições para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Globalmente, há um movimento crescente em direção à adoção de práticas sustentáveis e à redução dos impactos ambientais. Diversos tratados e acordos internacionais, como o Acordo de Paris e a Agenda 2030 da ONU, destacam a importância da gestão sustentável dos recursos e resíduos. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU fornecem um quadro abrangente para ações globais, incluindo os ODS 6 (Água Potável e Saneamento), 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e 12 (Consumo e Produção Responsáveis).

A correta destinação do lodo de esgoto, através da compostagem, pode reduzir os custos operacionais, permitindo que os recursos economizados sejam reinvestidos na expansão e melhoria dos serviços de saneamento, contribuindo diretamente para a universalização do saneamento (ODS 6). Além do ODS 6, a destinação sustentável do lodo de esgoto também contribui para outros ODS, como o 11 e o 12.

1.6. Impactos econômicos e sociais

A compostagem do lodo de esgoto acarreta redução dos custos operacionais associados à destinação do lodo em aterros, permitindo que os recursos financeiros sejam reinvestidos em melhorias e expansão dos serviços de saneamento.

Além disso, o composto orgânico produzido a partir do lodo de ETE pode ser utilizado em uma variedade de projetos ambientais. Por exemplo, ele pode ser doado para iniciativas de reflorestamento de áreas degradadas, ajudando a restaurar ecossistemas. Também pode ser utilizado em jardins públicos e parques, contribuindo para a sustentabilidade urbana e a melhoria da qualidade de vida das comunidades.

1.7. O projeto Lodo de Valor

Esse projeto é uma iniciativa inovadora que visa transformar a gestão do lodo de esgoto em uma prática sustentável e ambientalmente responsável. Lançado em junho de 2021, o projeto tem como objetivo encontrar alternativas ao descarte tradicional do lodo em aterros sanitários, promovendo a compostagem como uma solução viável e benéfica.

A compostagem é um processo biológico que converte resíduos orgânicos em um material estável e rico em nutrientes, conhecido como composto. O projeto foi idealizado para aproveitar o potencial do lodo de esgoto, que é rico em matéria orgânica e nutrientes essenciais para a fertilidade do solo, como nitrogênio, fósforo e potássio. O objetivo é transformar o lodo em um recurso valioso que possa ser utilizado no reflorestamento e na recuperação de áreas degradadas.

Inicialmente, o projeto destinou 15% do lodo gerado nas ETEs para compostagem. Para garantir o sucesso e a sustentabilidade do projeto, foram estabelecidas parcerias estratégicas com empresas licenciadas e especializadas em compostagem. Essas parcerias foram e são fundamentais para assegurar que o lodo seja tratado de maneira segura e eficiente, respeitando todas as normas ambientais vigentes.

A importância do projeto Lodo de Valor vai além da gestão de resíduos. Ao transformar um problema ambiental em um recurso valioso, o projeto promove a sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, a utilização do composto orgânico produzido a partir do lodo de esgoto em projetos de reflorestamento contribui significativamente para a proteção ambiental e a recuperação de áreas degradadas. Além disso, ao reduzir os custos operacionais e criar valor a partir de resíduos, este projeto demonstra um modelo eficaz de gestão sustentável que pode ser replicado em outras regiões, promovendo a universalização do saneamento e a gestão responsável dos recursos naturais.

Em resumo, o projeto Lodo de Valor é uma iniciativa que demonstra como práticas ambientalmente responsáveis podem ser integradas com sucesso nas operações de empresas de saneamento. Ao transformar um resíduo em um recurso valioso, o projeto estabelece um modelo inovador que pode inspirar outras cidades e empresas a adotarem práticas semelhantes.

1.8. Objetivos

- Promover uma destinação sustentável ao lodo de esgoto;
- Gerar composto nutritivo a partir do lodo de esgoto;
- Reflorestar áreas degradadas e criar corredores verdes; e
- Doar o composto orgânico para iniciativas de reflorestamento.

1.9. Justificativa

A implantação do projeto Lodo de Valor justifica-se pela necessidade urgente de encontrar alternativas sustentáveis, que sejam ambientalmente corretas e economicamente viáveis, para a destinação do lodo de esgoto. O projeto promove a redução da demanda por aterros sanitários, prolongando a vida útil desses espaços.

Ao transformar o lodo em composto orgânico, valoriza-se um recurso que pode ser reaproveitado em iniciativas de reflorestamento e criação de corredores verdes, além de contribuir para a melhoria da qualidade do solo. Tais ações não apenas favorecem a sustentabilidade ambiental, como também geram benefícios sociais para a comunidade, alinhando-se aos ODS da ONU.

1.9.1. Impacto dos aterros sanitários e a importância de um destino correto

O uso de aterros sanitários para a disposição final do lodo de esgoto é uma prática amplamente aceita e regulamentada, mas repleta de desafios ambientais e econômicos. Os aterros possuem capacidade limitada e, frequentemente, recebem resíduos oriundos de diversas localidades, o que acelera o esgotamento precoce de sua capacidade máxima.

A destinação adequada do lodo de esgoto é essencial para minimizar os impactos ambientais e promover a saúde pública. A compostagem desponta como solução eficiente, transformando o resíduo em um insumo de valor. O composto orgânico produzido pode ser utilizado para promover o reflorestamento, a recuperação de áreas degradadas e a formação de corredores verdes, contribuindo para a biodiversidade e a resiliência dos ecossistemas. Ademais, o uso do composto pode substituir fertilizantes químicos, reduzindo a dependência de insumos artificiais.

1.9.2. Sustentabilidade e responsabilidade ambiental

A sustentabilidade e a responsabilidade ambiental são princípios fundamentais da gestão moderna de resíduos. A compostagem do lodo de esgoto alinha-se com tais princípios ao promover a economia circular e reduzir a carga sobre os aterros sanitários. O processo permite o reaproveitamento dos nutrientes presentes no lodo, favorecendo a fertilidade do solo. A adoção de práticas sustentáveis como essa reflete um compromisso com a proteção ambiental e com a elevação da qualidade de vida nas comunidades envolvidas.

1.9.3. Tendências globais e tratados de sustentabilidade

Observa-se, em âmbito global, uma tendência crescente em prol da adoção de práticas sustentáveis e da minimização dos impactos ambientais. Diversos tratados e acordos internacionais, como o Acordo de Paris e a Agenda 2030 da ONU, destacam a importância da gestão sustentável de recursos e resíduos. Os ODS da ONU constituem um arcabouço de ações globais, com destaque para os ODSs 6 (Água Potável e Saneamento), 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e 12 (Consumo e Produção Respon-

sáveis). A destinação ambientalmente correta do lodo de esgoto contribui diretamente para tais metas, promovendo a universalização do saneamento, o desenvolvimento de cidades de forma mais sustentável e a gestão responsável dos recursos naturais.

1.9.4. Benefícios econômicos e sociais

Além dos benefícios ambientais, a compostagem do lodo de esgoto acarreta vantagens econômicas significativas. A redução dos custos operacionais relacionados ao envio do lodo para aterros permite o reinvestimento dos recursos financeiros economizados em melhorias e ampliação dos serviços de saneamento, favorecendo a infraestrutura e contribuindo com a saúde pública e o bem-estar das comunidades. A produção de composto orgânico a partir do lodo viabiliza a sua doação para a revitalização de praças, parques e outros espaços públicos, incentivando a criação e a manutenção de áreas verdes fundamentais à qualidade de vida urbana. Esses espaços revitalizados oferecem oportunidades de lazer, recreação, incentivando atividades ao ar livre e promovendo a saúde mental e física dos moradores. Além disso, a doação do composto para projetos comunitários fortalece o senso de pertencimento e o engajamento social.

2. Desenvolvimento

2.1. Bases teóricas

A gestão dos resíduos provenientes de ETEs configura-se como a questão central para a sustentabilidade ambiental e a eficiência operacional. Estudos como os de Sperling (2005) ressaltam o potencial do lodo de esgoto como um recurso valioso, rico em nutrientes essenciais – como nitrogênio, fósforo e potássio – os quais, quando adequadamente tratados e reaproveitados, podem contribuir significativamente para a fertilidade do solo.

2.2. Transformação do lodo em composto orgânico: da coleta à qualidade final

O processo de transformação do lodo de esgoto em composto abrange diversas etapas, desde a coleta até a obtenção do composto final. Esse conjunto de procedimentos envolve processos biológicos e mecânicos destinados a segurança e a qualidade do composto orgânico produzido.

Inicialmente, o lodo gerado nas ETEs é coletado e submetido ao pré-tratamento, que inclui a desidratação com o intuito de reduzir o teor de umidade e facilitar o manuseio. Nesta fase, emprega-se centrífugas para separar o excesso de água do material sólido.

Após a desidratação, o lodo é misturado com materiais estruturantes ricos em carbono, como restos de alimentos, restos de poda, serragem ou palha. Esta mistura visa equilibrar a relação carbono-nitrogênio, um fator essencial para o êxito da compostagem. A proporção ideal de carbono para nitrogênio (C:N) varia entre 25:1 e 30:1, promovendo a decomposição eficiente da matéria orgânica por microrganismos.

A mistura de lodo e material estruturante é disposta em leiras – pilhas longas e estreitas – que facilitam a aeração e a manutenção das condições ideais de compostagem. As leiras são revolvidas periodicamente, a fim de garantir a oxigenação adequada e a manutenção de temperaturas ideais (entre 55 °C e 65 °C), fundamentais para a atividade microbiana e a sanitização do composto.

Figura 1 – Compostagem em leira



Fonte: Vinícius Florêncio de Oliveira e Marina Fendeler Motta.

Durante o processo de compostagem, é imprescindível o monitoramento contínuo de parâmetros como temperatura, umidade e aeração. A manutenção de temperaturas elevadas por várias semanas visa à eliminação de patógenos e sementes de plantas daninhas, enquanto o controle da umidade evita condições anaeróbias, que comprometem a atividade microbiana.

Após a fase termofílica, as leiras entram na fase de maturação, durante a qual o composto continua a se estabilizar e a matéria orgânica se decompõe completamente. Essa fase pode estender-se por vários meses, dependendo das condições ambientais e dos materiais utilizados. Ao final da maturação, o composto é peneirado para remover partículas maiores e alcançar uma textura fina e homogênea.

O composto final é submetido a análises laboratoriais com o objetivo de verificar sua conformidade com os parâmetros de qualidade estabelecidos. Parâmetros como teores de nutrientes, ausência de patógenos e metais pesados, além da estabilidade do produto.

2.3. Estratégias de implementação do projeto Lodo de Valor

Uma das grandes vantagens do projeto Lodo de Valor reside na possibilidade de terceirização integral do processo de compostagem. A contratação de uma empresa especializada permite a execução de todas as etapas – da coleta à obtenção do composto final – sem a necessidade de investimentos em equipamentos caros e no desenvolvimento de mão de obra especializada por parte das empresas de tratamento de esgoto. Dessa forma, essas empresas podem se concentrar em suas atividades-fim, enquanto garantem que o processo de compostagem ocorra de maneira eficiente e ambientalmente responsável.

A parceria com uma empresa licenciada e especializada é fator determinante para a viabilização do projeto. Tal empresa dispõe da expertise necessária para operar os equipamentos, monitorar o processo de compostagem e assegurar a qualidade do composto produzido. Além disso, ela é responsável por cumprir

todas as regulamentações ambientais aplicável, sem inibir o conhecimento da empresa geradora de lodo. Desta maneira, os parâmetros de atendimento são compartilhados, de forma que a empresa de saneamento acompanhe os indicadores da qualidade do composto produzido.

A terceirização do processo de compostagem propicia não apenas maior eficiência operacional, mas também pode ser mais econômica. Uma empresa especializada pode operar em escala, otimizando recursos e reduzindo custos operacionais. Essa terceirização permite que as empresas de tratamento de esgoto gerem uma economia nas despesas operacionais, possibilitando o reinvestimento dos recursos economizados em outras áreas, como a expansão dos serviços de saneamento e o aprimoramento da infraestrutura.

3. Resultados

O projeto Lodo de Valor, executado por uma empresa de saneamento, apresentou resultados mensuráveis e impactantes sob os aspectos econômico, ambiental e social, além de gerar benefícios qualitativos significativos para a comunidade e o meio ambiente.

Entre maio de 2021 e dezembro de 2023, o projeto proporcionou uma redução dos custos operacionais em aproximadamente R\$ 220.000,00, destacando-se como uma solução economicamente viável para a gestão de resíduos de esgoto. Essa economia decorreu, principalmente, da diminuição dos gastos com transporte. Devido à elevada quantidade de lodo gerada, parte do resíduo não podia ser aterrada no município, sendo necessário o transporte para outra cidade, situada a longa distância. Com a implementação da compostagem, o lodo passou a ser enviado a uma empresa de compostagem com localização em cidade mais próxima, reduzindo significativamente os custos de logística.

Nesse período, 2.050 toneladas de lodo foram compostadas, resultando em 615 toneladas de composto orgânico (Tabela 1). Esses dados evidenciam a eficácia do projeto na conversão de grandes volumes de lodo em um insumo valioso, reduzindo a dependência de aterros sanitários e promovendo uma destinação mais sustentável para os resíduos.

Tabela 1 – Quantidade de lodo encaminhada para compostagem e volume de composto recebido pela empresa de saneamento

Ano	Lodo de esgoto destinado para compostagem (t)	Composto recebido pela empresa de saneamento (t)
2021	175	5,25
2022	735	22,05
2023	1.140	34,2
Total	2.050	61,5

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

Além dos benefícios econômicos, os resultados qualitativos do projeto revelam contribuições significativas e alinhadas aos diversos ODS da ONU.

Parte do composto orgânico produzido foi devolvida à empresa de saneamento, que o utilizou em projetos de reflorestamento, criação de corredores verdes e revitalização de áreas urbanas. Tais ações incluíram tanto iniciativas próprias quanto parcerias para doação do composto, promovendo a biodiversidade, a criação de espaços verdes destinados ao lazer e à recreação. Além de contribuírem para a saúde e o bem-estar das comunidades locais.

3.1. Reflorestamento e criação de corredores verdes

O composto orgânico produzido pelo projeto foi empregado em iniciativas de reflorestamento e na criação de corredores verdes, auxiliando na recuperação de áreas degradadas (Figura 2) e na melhoria da qualidade ambiental urbana. Foram firmadas parcerias estratégicas com a prefeitura e com outras iniciativas de reflorestamento, que utilizaram o composto para adubar jardins de praças públicas e demais áreas verdes, promovendo a biodiversidade e a melhoria da qualidade de vida das comunidades locais.

Figura 2 – Reflorestamento de área degradada com o uso de composto orgânico produzido a partir de lodo de ETE



Fonte: Vinícius Florêncio de Oliveira e Marina Fendeler Motta.

A aplicação do composto orgânico em jardins, praças e áreas públicas promoveu uma melhora significativa do ambiente urbano (Figura 3). Áreas anteriormente degradadas foram revitalizadas, tornando-se espaços verdes que contribuem para a saúde e o bem-estar da população. Esses espaços embelezam a cidade, oferecem áreas de lazer e convivência, fortalecem o senso de comunidade e promovendo um estilo de vida mais saudável.

Figura 3 – Doação de composto produzido a partir de lodo de ETE para uso em praça pública



Fonte: Vinícius Florêncio de Oliveira e Marina Fendeler Motta.

3.2. Redução da dependência de aterros sanitários

A diminuição da quantidade de lodo destinada a aterros sanitários reduz os impactos ambientais negativos associados a esses locais. O projeto contribui para mitigar tais impactos ao adotar uma destinação ambientalmente responsável, promovendo uma gestão mais sustentável dos resíduos e reduzindo a pegada de carbono associada ao transporte e a decomposição do lodo em aterros.

3.3. Parcerias e colaborações

Outro aspecto de destaque do Lodo de Valor foi a capacidade de estabelecer parcerias e colaborações estratégicas. Uma empresa especializada em compostagem foi contratada para realizar o processo de transformação do lodo (Figura 4), garantindo a eficiência e a qualidade no composto final. Tal parceria permitiu que a empresa de tratamento de esgoto se concentrasse em suas operações principais, ao mesmo tempo em que assegurava uma destinação ambientalmente responsável e adequada ao resíduo.

Figura 4 – Local de transformação do lodo de ETE em composto orgânico



Fonte: Vinícius Florêncio de Oliveira e Marina Fendeler Motta.

3.4. Aumento da biodiversidade

A utilização do composto orgânico em áreas de reflorestamento e na criação de corredores verdes contribuiu para a melhoria da qualidade do solo e para o aumento da biodiversidade local. Espécies nativas de plantas e árvores foram reintroduzidas em áreas degradadas, criando habitats para a fauna silvestre e promovendo a restauração de ecossistemas equilibrados e funcionais.

Dessa forma, os resultados do projeto demonstram a viabilidade e os benefícios de uma gestão sustentável dos resíduos de esgoto. Promovendo práticas que conciliam a redução dos custos operacionais, a promoção da sustentabilidade ambiental, o apoio aos ODSs e as parcerias estratégicas estabelecidas destacam o projeto como um modelo exemplar que pode ser replicado em outras regiões, promovendo a sustentabilidade em larga escala.

4. Conclusão

O projeto Lodo de Valor demonstrou ser uma iniciativa exemplar na gestão sustentável dos resíduos de esgoto, promovendo práticas que alinham eficiência econômica e responsabilidade ambiental. Ao longo de sua implementação, foram atingidos diversos objetivos propostos, tanto quantitativos quanto qualitativos, o que comprova sua viabilidade técnica e seu impacto positivo.

Os resultados mensuráveis, como a redução de aproximadamente R\$ 220.000,00 em custos operacionais e a transformação de 2.050 toneladas de lodo em 615 toneladas de composto orgânico, evidenciam a eficácia do modelo e sua potencialidade de replicação em outras regiões. A diminuição da dependência dos aterros sanitários e a consequente redução dos custos com transporte e dos impactos ambientais associados reafirmam a importância de alternativas sustentáveis na gestão de resíduos.

Adicionalmente, os resultados qualitativos alcançados foram expressivos. A destinação ambientalmente adequada do lodo de esgoto contribuiu diretamente para os ODS, com destaque para os ODSs 6 (Água Potável e Saneamento), 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e 12 (Consumo e Produção Responsáveis). A utilização do composto orgânico em iniciativas de reflorestamento, criação de corredores verdes e recuperação de áreas degradadas promoveu a revitalização ambiental e urbana de diversos espaços.

A melhoria dos ambientes urbanos, por meio da revitalização de jardins, praças e demais áreas públicas, gerou benefícios diretos à população, promovendo o bem-estar, o lazer e o senso de pertencimento da comunidade.

Simultaneamente, a capacidade de estabelecer parcerias estratégicas com empresas especializadas em compostagem assegurou a eficiência operacional e a qualidade do composto produzido, demonstrando que é possível integrar práticas ambientalmente responsáveis nas operações das empresas de saneamento. Essas parcerias permitiram que a empresa de tratamento de esgoto concentre seus esforços em suas operações principais, ao mesmo tempo que promova uma destinação ambientalmente responsável ao lodo gerado.

Em síntese, o projeto Lodo de Valor atingiu plenamente seus objetivos de proporcionar uma destinação mais nobre e sustentável ao lodo de esgoto, estabelecendo-se como um modelo inovador que pode inspirar outras cidades e empresas a adotarem práticas semelhantes. A combinação de resultados econômicos, ambientais e sociais reforça a urgência de se adotar soluções sustentáveis na gestão de resíduos, contribuindo de maneira concreta para a construção de um futuro ambientalmente responsável.

Referências

AFÁZ, D. C. S.; BERTOLAZI, K. B.; VIANI, R. A. G.; SOUZA, C. F. Composto de lodo de esgoto para o cultivo inicial de eucalipto. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, SP, v. 12, n. 1, jan./fev. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/xQ6BXTRXcVxMbV9Ygm7MzRm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 jul. 2024.

ANDREOLI, C. V. (coord.). **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 417 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. [Brasília, DF]: SNIS, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel/es>. Acesso em: 12 jul. 2024.

NUVOLARI, A. (coord.) **Esgoto sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 1. ed. São Paulo: Blücher, 2003.

PELEGRINO, E. C. F.; FLIZIKOWSKI, L. C.; SOUZA, J. B. Compostagem de lodo de estação de tratamento de esgoto. In: SEMANA DE ESTUDOS DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 6., 2008, Guarapuava, PR. **Anais** [...]. Guarapuava (PR): Unicentro, 2008.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA: UFMG, 2005.

Sobre os autores

Marina Fendeler Motta

Engenheira de produção pela Universidade Estácio de Sá (UNESA). Possui pós-graduação em Engenharia Sanitária pela Universidade Católica de Petrópolis (UCP), em parceria com o Instituto de Pesquisa, Educação e Tecnologia (IPE-TEC), e pós-graduação em Gestão Empresarial e Responsabilidade Social. Atua como supervisora de operações na Águas de Nova Friburgo, empresa do grupo Águas do Brasil. Coordena processos técnicos e operacionais em sistemas

de tratamento de água e esgotamento sanitário, com foco em eficiência, sustentabilidade e atendimento às diretrizes regulatórias. Participa do desenvolvimento e implementação de projetos socioambientais, com destaque para a iniciativa de compostagem do lodo de esgoto, promovendo a valorização de subprodutos do saneamento e a economia circular. Atua também em projetos de educação ambiental e relacionamento com comunidades, contribuindo para o fortalecimento do papel do saneamento básico no desenvolvimento local e na promoção da saúde pública.

Vinícius Florêncio de Oliveira

Biólogo formado pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Possui pós-graduação em Economia e Gestão Empresarial, em Engenharia Ambiental e Sanitária, e em Gestão de Projetos. Atua como gerente de operações na Águas de Nova Friburgo, empresa do grupo Águas do Brasil. Tem experiência na gestão integrada de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, planejamento estratégico, indicadores de desempenho e eficiência operacional. Coordena projetos voltados à sustentabilidade ambiental e à inovação tecnológica nos processos operacionais, com destaque para a iniciativa de compostagem do lodo de esgoto, que visa transformar resíduos em fertilizante orgânico, fomentando práticas de economia circular no setor de saneamento. Desenvolve também ações em educação ambiental e integração comunitária, aliando aspectos técnicos, sociais e ambientais na busca por soluções sustentáveis para os desafios urbanos contemporâneos.

A universalização do saneamento ambiental como base para a construção de uma política pública voltada para a Economia Azul no estado do Rio de Janeiro

The universalization of environmental sanitation as a basis for building a blue economy public policy in Rio de Janeiro State

Márcio Barroso Santa Rosa; Moema Versiani Acselrad; Alex Leão da Fonseca; Helena Marquini Zuntini Pinto; Luiz Constantino da Silva Junior; Leonardo Silva Fernandes; Ana Larronda Asti

Resumo

Atraindo investimentos da ordem de R\$52 bilhões previstos para os próximos 35 anos, a concessão dos serviços de água e esgoto para a iniciativa privada em 2021, no Rio de Janeiro, representou um marco na história do estado. Para a metrópole carioca, a universalização dos serviços até 2033 significa que 10 milhões de pessoas no entorno da Baía de Guanabara passarão a viver um novo cenário, com mais saúde, dignidade e bem-estar. Este artigo tem como objetivo registrar as iniciativas da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) que visam a construção de uma estrutura de governança para a Baía capaz de realizar as atividades de monitoramento e fomento a atividades econômicas sustentáveis, ao mesmo tempo que intensifica ações de fiscalização e controle àquelas com maior potencial de risco aos ecossistemas. Faz uso de pesquisa às principais bases de dados disponíveis, bem como da experiência e observação participativa da equipe técnica da Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental (SUBRHISA/SEAS) na condução de programas desenhados especialmente para o desenvolvimento de uma política pública de Economia Azul no estado do Rio de Janeiro. Uma conclusão relevante aponta para a necessidade de construção de arranjos institucional e financeiro que garantam continuidade e perenidade para a estrutura de governança desejada para a gestão ambiental da Baía de Guanabara, e sua transformação em Metrópole Azul no horizonte de 10-15 anos.

Palavras-chave

Saneamento. Economia Azul. Inovação. Baía de Guanabara. Rio de Janeiro.

Abstract

With projected investments of R\$52 billion over the next 35 years, the 2021 concession of water and sewage services to private companies in Rio de Janeiro represented a milestone for the state. For the city of Rio, the universalization of these services by 2033 means that 10 million people around the Guanabara Bay will experience a new reality, with improved health, dignity, and well-being. This article aims to document the initiatives of the State Secretariat for Environment and Sustainability (SEAS) that are focused on building a governance structure for the Bay. This structure is intended to monitor and promote sustainable economic activities while also intensifying inspection of activities with higher potential environmental risk. The article draws on research from the main available databases, as well as the hands-on experience and observations of the technical team at the Undersecretariat for Water Resources and Environmental Sustainability (SUBRHISA/SEAS). This team has been leading programs specifically designed to develop a public policy for a Blue Economy in the state of Rio de Janeiro. A key conclusion highlights the need to build institutional and financial frameworks that ensure the continuity and longevity of the desired governance structure for Guanabara Bay's environmental management, and its transformation into a Blue Metropolis within the next 10-15 years.

Keywords

Sanitation. Blue Economy. Guanabara Bay. Innovation. Rio de Janeiro.

1. Introdução

A Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS-RJ) vem trabalhando um conjunto de iniciativas que visam, em complemento e suportadas pela concessão dos serviços de saneamento básico para a iniciativa privada em 2021, a construção de uma estrutura de governança para a Baía de Guanabara, que seja capaz de responder aos desafios de sua recuperação ambiental, bem como de fomentar atividades econômicas sustentáveis e que gerem renda para as comunidades litorâneas e ribeirinhas, dando concretude ao conceito de Economia Azul que se pretende implantar como política pública de estado.

Tais iniciativas estão estruturadas em programas com financiamento do Fundo Estadual de Conservação Ambiental e Planejamento Urbano (FECAM), nomeadamente: Programa de Gestão da Economia Azul no ERJ (PROGEAz); Implantação do Centro Integrado de Gestão da Baía de Guanabara para o monitoramento e gestão integrada e sustentável da Baía de Guanabara (Guanabara Azul); e Programa de Inovação Aberta para a Economia Azul (Blue Rio).

Ao longo do presente artigo, pretende-se abordar a relevância/déficit histórico dos serviços de saneamento para o ambiente e populações, e seus impactos cumulativos até os dias atuais, com base em um “sobrevoo” na história deste ramo da engenharia. Visa, ainda, fazer a conexão do novo Marco Legal do Saneamento e as metas de universalização dos serviços de água e esgoto com os programas acima referidos, e os seus resultados esperados, associados, por sua vez, à concepção de uma política de estado voltada para a Economia Azul delineada para a realidade e características próprias do Rio de Janeiro.

1.1 Novo Marco Legal do Saneamento e o leilão do estado do Rio de Janeiro sob uma perspectiva histórica

Além de examinar os desafios para a universalização do saneamento no país, é objetivo deste artigo ampliar a visão dos leitores para alguns aspectos que contribuam para que se tenha uma perspectiva atemporal sobre um serviço essencial, de forma a retratar a evolução cultural, social e ambiental da humanidade, especialmente em seu convívio urbano (Camargo; Santa Rosa, 2023).

O leilão do saneamento do estado do Rio de Janeiro (Decreto nº 47.819, de 4 de novembro de 2021) é considerado, até hoje, o de maior volume de recursos jamais empregados em concorrências deste tipo. Apenas os investimentos atraídos no momento do leilão alcançaram a cifra de R\$ 32 bilhões, somados os aportes das concessionárias privadas que hoje cobrem 46 do total de 92 municípios do estado. Os municípios que não aderiram ao leilão seguem sendo operados pela CEDAE (Figuras 1 e 2) ou por serviços municipais autônomos.

Um dos gargalos que mais pesam na aferição do escore negativo do avanço das concessões é o persistente baixo índice de cobertura dos serviços para as favelas e populações de baixa renda. Em quadro diametralmente oposto se coloca a curva ascendente dos avanços tecnológicos de ferramentas digitais aplicadas na gestão virtualizada da infraestrutura de redes de distribuição de água e estações de tratamento de esgotos que atendem a cariocas e fluminenses em bairros, distritos, e municípios onde a engenharia de instalações tem mais facilidade de assentamento das redes.

O artigo não poderia deixar de ressaltar as contribuições das organizações setoriais e associações da sociedade civil, dos comitês de bacias hidrográficas e entidades especializadas como a Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária (ABES) e o Instituto Trata Brasil, trabalhando fortemente, cada um em seu respectivo campo de ação, para somar esforços para a meta nacional de melhoria dos sistemas de gestão, de governança e de democratização da informação e dos serviços de saneamento, em alinhamento aos 17 ODS da ONU e aos parâmetros de sustentabilidade aplicáveis ao setor.

Figura 1 – Área de captação da ETA Guandu com a indicação dos rios formadores da lagoa de captação: Rios Poços/Queimados e Ipiranga



Fonte: CEDAE.

Figura 2 – Tomada d'água da Estação de Tratamento de Água do Guandu



- ← Barragem principal
- ← Barragem flutuante
- ← Bacia de captação
- ← Gradeamento
- ← Tomada d'água velha
- ← Tomada d'água nova

Fonte: CEDAE.

A pergunta que restará pairando no ar é se a mudança de paradigma trazida pelo novo Marco do Saneamento (Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020) é um certificado de que o cronograma de trabalho das concessionárias garante a universalização do saneamento até 2033. O Marco Legal do Saneamento determina que até 2033, 99% da população brasileira tenham acesso à água e 90% aos serviços de coleta e tratamento de esgoto. Os dados mais recentes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA) mostram que 83% da população possui acesso à água potável, enquanto cerca de 60% têm acesso à rede de esgoto.

1.2 Aspectos conceituais e históricos relacionados ao saneamento no estado do Rio de Janeiro

O Saneamento é um campo da engenharia de obras públicas coberto por publicações de natureza técnica, acadêmica, empresarial e jornalística, que registram a sua história, operações de campo, cultura política, marcos legais, projetos e progressos tecnológicos. Embora o advento do novo Marco do Saneamento (Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020) e o subsequente processo de concessão no estado do Rio de Janeiro (Decreto nº 47.819, de 4 de novembro de 2021) tenha trazido um impulso significativo ao tão acalentado sonho do saneamento para todos no estado, alguns desafios persistem no caminho da meta de universalização até 2033.

A introdução do primeiro sistema de tratamento no Brasil veio com Dom Pedro II no 2º Reinado, época em que, no Rio de Janeiro colonial, os escravos chamados de “tigres” tinham que carregar os fétidos tonéis de detritos acumulados no fundo das residências para serem despejados na Baía de Guanabara.

Na passagem do século XIX para o século XX, com a chegada da 1ª República e os regimes de governo que se seguiram, as políticas públicas governamentais ligadas ao saneamento revelam tanto conquistas quanto fracassos frente ao desafio da universalização. A virada para o século atual trouxe a constatação de que os programas e investimentos do governo federal não iriam resolver o déficit nacional histórico da cobertura dos serviços de saneamento. O movimento político pró-privatização se intensificou e os sucessivos leilões de serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário já cumpridos e endereçados, transferiram o desafio da universalização para os consórcios privados associados a fundos internacionais de investimentos.

Esse panorama explica a situação atual da infraestrutura existente e o anseio em atrair investimentos privados para o setor. É o que se pretende explorar brevemente neste artigo. Esta realidade e a expectativa de melhoras nos índices de atendimento para os serviços de água e esgoto são a base para a construção de novas políticas, baseadas em fomento à inovação tecnológica e à integração da gestão costeira às políticas de saneamento e de recursos hídricos. Estes são os postulados para a conformação de uma política de estado voltada para a Economia Azul, sendo a melhora da governança e da saúde ambiental da Baía de Guanabara os indicadores futuros de sucesso da sua implementação.

Nessa linha, este artigo faz uso, além dos registros históricos disponíveis, de pesquisa às principais bases de dados nos sítios relacionados às atividades da SEAS-RJ, bem como da experiência e observação participativa da equipe técnica da Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental (SUBRHISA/SEAS) na condução de programas e projetos desenhados especialmente para o desenvolvimento de uma política pública voltada para a Economia Azul no estado do Rio de Janeiro.

2. Um voo no tempo ao longo da história do saneamento

A história do saneamento vem da Antiguidade, passando pela revolução sanitária iniciada na Inglaterra, que repercutiu no período colonial brasileiro, ingressando no século XX com a urbanização e o adensamento progressivo das cidades, até as duas últimas décadas deste novo século, desaguando nas novas soluções trazidas pelo futuro do avanço tecnológico.

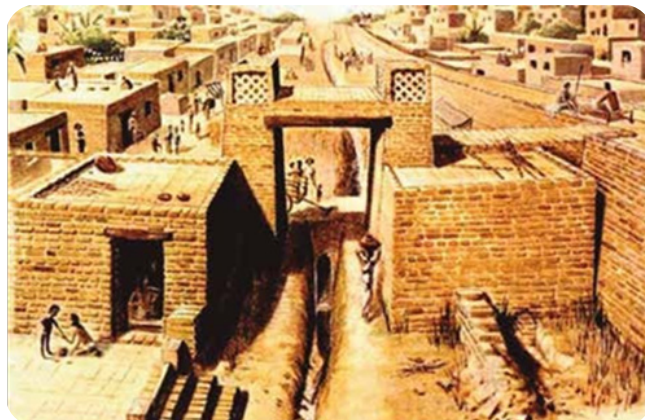
Há relatos de soluções de engenharia sanitária de mais de 3.000 anos a.C. Desde tempos remotos, na Babilônia, na Índia antiga e na velha Roma (Figura 4), o desconforto e o perigo de conviver em situação de insalubridade foi um grande problema das aglomerações urbanas. Os judeus, em relatos do Velho Testamento, tinham como prática sanitária tampar e limpar constantemente seus poços de abastecimento para evitar a contaminação. Cidades como Kahun, no Egito (2100–1700 a.C.), já usavam sistemas de drenagem das águas. A China, por sua vez, chegou a cavar centenas de metros para obter a preciosa água. Há também registros de redes de esgoto na antiga Babilônia em 3750 a.C., e redes de água na Assíria em 690 a.C. No Vale do Indo, em Mohenjo Daro e Harappa (2600–1900 a.C.) (Figura 3), havia um sofisticado sistema de esgoto que até hoje é surpreendente.

Das primeiras cloacas públicas na Roma antiga, a história evolui para a descoberta da patologia das doenças veiculadas por meio hídrico pelo médico inglês John Snow, ao descobrir que a bactéria da cólera era transmitida pelo consumo de água contaminada, e pelas primeiras estruturas de túneis e tubulações instaladas pelo Engenheiro inglês Joseph Bazalgette.

Dom Pedro II acompanhava de perto a revolução sanitária e resolveu importar para o Brasil a nova engenharia do saneamento mal ela tinha sido inventada. Seu pioneirismo converteu o Rio, que era a capital do Império, em um laboratório da reforma sanitária ao estabelecer um contrato com a City de Londres e

trazer a tecnologia para a capital. Coube ao engenheiro Francisco Saturnino Rodrigues de Brito, no início do século XX, por intermédio de soluções e inovações adaptadas às condições do país, o papel pioneiro na constituição de uma engenharia sanitária de caráter nacional.

Figura 3 – Reprodução da cidadela de Mohenjo Daro reconstruída em ruínas após escavação em 1922; civilização do vale do Indo na fronteira entre Paquistão e Índia (Ásia)



Fonte: Indus River Valley Civilization - Catherine Morrison.

Figura 4 – “Parlatórios”: banheiros comunitários romanos (400 a.C.)



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ostia-Toilets.JPG>.

2.1 Desafios da universalização do saneamento

Antes de explorarmos os desafios que se interpõem à meta da universalização no estado do Rio e no país é importante lembrar o que distingue o saneamento básico do saneamento ambiental.

O saneamento básico concentra-se no fornecimento de serviços essenciais como água potável, coleta e tratamento de esgoto, coleta e destinação de resíduos sólidos, e drenagem urbana. Já o saneamento ambiental, um conceito mais amplo, engloba todas essas ações do saneamento básico, mas também abrange a preservação ambiental, a gestão de recursos naturais, a qualidade do ar e do solo, e a promoção da saúde pública através da interação com o meio ambiente.

Um dos grandes desafios que estão sendo enfrentados é o fato de as concessões decorrentes do marco de 2021 não incluírem a gestão de drenagem urbana e de resíduos sólidos nos contratos de prestação de serviços. São dois fatores determinantes para uma boa gestão de infraestrutura urbana das cidades que afetam a vida das populações desde as suas moradias, aos deslocamentos para o trabalho, para os momentos de lazer e de convívio coletivo, em última análise, de condicionante de conforto espacial e

valorização do espaço existencial urbano. Nessa dispersão de entidades responsáveis por um ou outro serviço, perde-se a condição de implementar uma gestão urbana resiliente, integrada e sustentável, que honraria a disposição dos cidadãos de assegurarem (com satisfação) o pagamento de impostos que os governos cobram sem cumprir satisfatoriamente a administração desses serviços. Inundações urbanas são constantes devido à má gestão de manutenção e limpeza dos sistemas de drenagem e dos serviços de coleta e destinação adequada do lixo. Quando há deficiência na coleta, transporte e tratamento nos aterros sanitários pelas companhias públicas ou privadas – fato que se acentua com o baixo índice de iniciativas de reciclagem – os resíduos urbanos vão parar nas bocas de lobo das ruas ou nos canais hídricos urbanos (Figura 5).

Figura 5 – Primeira estação de tratamento de esgotos do Rio de Janeiro



Fonte: Acervo histórico da Sociedade dos Engenheiros e Arquitetos do estado do Rio de Janeiro (SEAERJ).

No caso particular da gestão do saneamento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e de outras sub-regiões do estado, o grande desafio diz respeito à questão da Segurança Hídrica. De acordo com o Programa Estadual de Segurança Hídrica (PROSEGH), do Governo do Estado do Rio de Janeiro (Decreto nº 47.498, de 25 de fevereiro de 2021), o conceito de segurança hídrica compreende “ter água suficiente, em quantidade e qualidade, para atender às necessidades humanas (como saúde, subsistência e atividade produtiva) e à conservação dos ecossistemas, acompanhada da capacidade de acesso e aproveitamento da água como recurso, de resolver conflitos e de gerir riscos associados à água, incluindo inundações, secas e acidentes ambientais”. O ecossistema de recursos hídricos fluminense apresenta alguns focos emblemáticos de problema, tais como desastres naturais agravados pelas mudanças climáticas, limitações de investimentos em infraestrutura hídrica pelo regime de contenção fiscal, desequilíbrio entre oferta e demanda, ausência e/ou precariedade de infraestrutura de rede, perdas do sistema, contaminação de mananciais de abastecimento. De forma mais sintomática, a discutida alternativa de aumento da captação de águas do Rio Paraíba do Sul, que já abastece cerca de 75% da população do estado, sendo quase 10 milhões na porção oeste metropolitana (Formiga-Johnsson *et al.*, 2015), por um lado, e, por outro, dificuldades que cercam a ampliação do sistema Imunana-Laranjal, que abastece a porção leste da Baía de Guanabara (municípios de São Gonçalo, Itaboraí, Niterói, partes do Rio de Janeiro – Ilha de Paquetá e de Maricá, conformando uma população de cerca de dois milhões de pessoas). Este entrave se acentua na escassez de fornecimento de água para áreas estratégicas de desenvolvimento econômico do estado, como o leste metropolitano. Esta crise permanente vai se tornar ainda mais crítica na medida em que está instalada a corrida para implantação de novos data centers que são exponencialmente demandantes de água para resfriamento (Pereira *et al.*, 2024).

Pereira, Canedo e Capodeferro (2022) explicam que a insegurança na tomada de decisão para a solução mais adequada deste problema já se arrasta por quatro décadas. Entre as opções de barramento do Rio Guapiaçu (município de Cachoeiras de Macacu), considerada proibitiva, e a ampliação da Barragem de Juturnaíba (municípios de Silva Jardim e Araruama), o estudo considera a combinação do uso de vazão de Juturnaíba atrelada à recuperação deste reservatório e a interligação de água tratada entre os sistemas Guandu e Imunana-Laranjal.

2.2 O desafio da sustentabilidade aplicada aos serviços de saneamento no Rio de Janeiro: o uso sustentável da água

A visão contemporânea da gestão do saneamento ambiental está centrada na sustentabilidade, no uso sustentável da água. Mais do que gerar benefícios econômicos, o investimento em saneamento contribui para diminuir desigualdades sociais e para promover garantias básicas de cidadania, direito à vida e à dignidade, em consonância aos ODS da Organização das Nações Unidas (ONU).

A Constituição Federal de 1988 estabelece, em seu art. 175, que “Incumbe ao poder público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos”. Em seu parágrafo único, o artigo determina que a lei disporá sobre o regime das empresas concessionárias, sobre o caráter especial dos contratos, sobre os direitos dos usuários, a política tarifária e a obrigatoriedade de manter o serviço adequado. Decisões equivocadas tomadas ao longo de décadas pelos governantes, assim como as omissões e a falta de políticas públicas eficazes, levaram o mundo a viver hoje dois grandes paradoxos: a água que sofre com a extrema poluição se tornou a maior *commodity* da atualidade, e o sistema de esgoto, criado para não ser visto, não pode mais ser ignorado e se impõe pela sua falência e impactos nocivos à saúde da população.

O saneamento no Brasil sempre foi considerado como política social secundária. Correndo escondido sob o solo, misturado por séculos às águas limpas dos rios e do mar, renegado ao segundo plano urbanístico de governos e nações, o saneamento se impõe como pauta emergencial após uma tradição de descaso.

O déficit histórico de investimentos é um traço marcante que acabou prevalecendo, mesmo com o sucesso em fases iniciais de planos bem intencionados tais como, o Plano Nacional do Saneamento (PLANASA) – que contava com recursos do Banco Nacional de Habitação (BNH) – e o Plansab, uma edição revista do Plano Nacional de Saneamento Básico de 2013, que mesmo com os fartos recursos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) que vieram na sequência, não conseguiram reverter o déficit de atendimento à população.

Cinco décadas após a criação do PLANASA em 1971 – plano que ocasionou a criação das companhias estaduais e municipais de água e saneamento no país –, ocorreram inúmeras tentativas de injeção de vultosos investimentos em infraestrutura, sustentação das companhias, capacidade técnica e tecnológica para que os serviços fossem universalizados.

Essa competência não se comprovou, e os números não mentem sobre a quantidade de dinheiro desperdiçado tanto quanto se desperdiça de água nas tubulações mal preservadas. As companhias que até o acontecimento do novo marco de 2020 vinham demonstrando maior capacidade de cobertura, ou são as que já haviam sido privatizadas, ou são as que hoje adotam o regime de economia mista, com controle majoritário dos respectivos estados e capital privado dinamizando a gestão como parte do patrimônio acionário.

Mesmo aprimorando o conteúdo dos instrumentos legais do setor, como a Lei do Saneamento Básico Lei nº 11.445/2007, os avanços foram inconstantes e desproporcionais na distribuição regionalizada dos recursos, culminando com a perda de uma oportunidade de ouro trazida pelos investimentos bilionários dos grandes eventos esportivos mundiais, a Copa do Mundo de 2014 e os Jogos Olímpicos de 2016.

3. Panorama do saneamento no estado do Rio de Janeiro

O saneamento básico constitui um alicerce para a saúde pública, o progresso socioeconômico e a sustentabilidade ambiental de uma nação. No Brasil, sua estrutura e regulamentação foram inicialmente definidas pela Lei Federal nº 11.445/2007 e alteradas pela Lei Federal nº 14.026/2020, o já citado novo Marco Legal do Saneamento. Este Marco Legal define o saneamento básico como um conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais que abrangem o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos, e a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

A abrangência desses serviços compreende desde a captação e a distribuição de água potável até as ligações prediais, passando pela coleta, transporte, tratamento e disposição final adequada dos esgotos sanitários. Inclui também as atividades de coleta, varrição, asseio urbano, transporte e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e de limpeza urbana, além da drenagem de águas pluviais, com infraestruturas para transporte, retenção, tratamento e disposição final.

Entre as metas do novo Marco, destaca-se a universalização dos serviços, visando garantir o atendimento a 99% da população com água potável e a 90% da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033. Adicionalmente, são estabelecidas metas quantitativas para a não intermitência do abastecimento, a redução de perdas e a otimização dos processos de tratamento.

3.1 Números no Brasil

A realidade do saneamento no Brasil ainda apresenta desafios substanciais. Dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA), com informações referentes a 2023, indicam que, da população total brasileira (aproximadamente 203 milhões de pessoas, Censo IBGE 2022), 17% – cerca de 34,5 milhões de brasileiros – ainda não possuem acesso a água potável. O cenário do esgotamento sanitário é ainda mais crítico, com aproximadamente 40% da população (mais de 81 milhões de pessoas) sem rede coletora de esgoto.

A gestão de resíduos sólidos, por sua vez, também enfrenta obstáculos. Embora a porcentagem da população brasileira atendida pela coleta geral de resíduos sólidos seja relativamente alta (98%), um dado que reflete uma ampla cobertura de serviço, o cenário da recuperação de materiais é menos favorável. Com apenas 36% da população com acesso à coleta seletiva, uma parcela considerável do resíduo gerado, que poderia ser reaproveitado ou recuperado por meio da reciclagem ou compostagem, é direcionada para a destinação final como rejeito. Isso significa que materiais com potencial de valorização e reinserção na cadeia produtiva ocupam espaço em aterros sanitários, comprometendo a vida útil dessas infraestruturas e gerando impactos ambientais desnecessários, ao invés de contribuir para uma economia circular (Brasil, 2025). Com relação à drenagem urbana, somente 37,08% das vias públicas urbanas possuem redes subterrâneas de águas pluviais (SINISA, 2024), contribuindo para o agravamento dos danos causados por eventos hidrológicos extremos. No país, em 2023, estes eventos foram responsáveis pela necessidade de realocação de 137 pessoas a cada 100 mil habitantes (SINISA, 2024), um indicador preocupante dos impactos socioambientais da infraestrutura deficiente.

3.2 Números do estado do Rio de Janeiro

O estado do Rio de Janeiro, com uma população total de 16.055.174 pessoas (Censo IBGE, 2022), apresenta um quadro de saneamento que, embora em alguns aspectos possa parecer melhor que a média nacional, possui disparidades regionais e lacunas. Os dados recentes do SINISA (2024) sobre cada componente do saneamento no estado detalham essa realidade.

No que diz respeito ao abastecimento de água potável, o estado fluminense atende 88,8% de sua população total. Contudo, a análise por município revela grandes desigualdades. Oito municípios possuem menos

da metade de sua população atendida: Trajano de Moraes (20%), Sumidouro (21%), Carapebus (22%), Itaboraí (31%), São José do Vale do Rio Preto (44%), Paracambi (45%), Santa Maria Madalena (48%) e São José de Ubá (49%). Essa concentração de baixa cobertura demonstra a necessidade de investimentos específicos e políticas públicas direcionadas para as áreas, visando a universalização e a equidade no acesso à água potável, em conformidade com as metas do novo Marco do Saneamento.

Com relação ao esgotamento sanitário no estado fluminense, apenas 60% da população total está conectada à rede coletora de esgoto; dos esgotos coletados, menos de 50% é tratado, e quando comparado ao volume total de água consumida, somente 32% do esgoto gerado é efetivamente tratado. Isso implica que cerca de 70% de todo o esgoto produzido no estado é despejado diretamente em corpos d'água sem qualquer tratamento, gerando uma ameaça à saúde pública e à integridade dos ecossistemas aquáticos.

A fragmentação do serviço é evidente na distribuição municipal: sete municípios possuem menos de 5% de seus esgotos coletados (Seropédica com 0,5%, Itaboraí com 1%, Vassouras com 2%, Paty do Alferes com 2%, Rio das Ostras com 3%, São Fidélis com 3% e Paraty com 4%). Em contraste, apenas 17 dos 92 municípios fluminenses conseguem coletar mais de 90% de seu esgoto, ressaltando a deficiência em infraestrutura e gestão de esgotamento sanitário em grande parte do território fluminense (Figuras 6 e 7).

Figura 6 – Canal Antônio Resende: Baixada Campista



Fonte: SEAS-RJ e AGEVAP/CBH BPSI.

Figura 7 – Praia de Mauá: Magé/RJ



Fonte: SEAS-RJ e LAMCE/UFRJ.

Em relação à coleta de resíduos sólidos domiciliares, o estado do Rio de Janeiro apresenta uma cobertura de 98% da população total (SINISA, 2024). Contudo, essa aparente boa performance esconde problemas significativos na destinação final e na gestão dos resíduos. Apesar da alta cobertura de coleta, 11 municípios ainda têm menos de 90% de coleta, com destaque para o município de Trajano de Moraes (33%). A massa média *per capita* de resíduos sólidos urbanos coletados diariamente é de 1,36 kg/habitante/dia. Considerando que 2% da população fluminense não possui coleta de resíduos sólidos urbanos, estima-se que aproximadamente 437 toneladas por dia de resíduos gerados por cerca de 321.100 cidadãos são descartadas diretamente no solo e em corpos hídricos (SINISA, 2024). Destaca-se ainda que, de acordo com o Pacto Global da ONU no Brasil (2022), as baías de Guanabara e Sepetiba figuram entre os principais *hotspots* de entrada de resíduos plásticos no oceano no Brasil.

A Baía de Guanabara exemplifica como a falta de coleta de esgoto e gestão de resíduos desafia a consolidação do Rio de Janeiro como “Metrópole Azul”. Entre 2002 e 2013, a poluição reduziu em 68% a pesca local, prejudicando os recursos pesqueiros. Investir na universalização do saneamento pode transformar essa realidade, com um potencial de R\$ 25 bilhões em ganhos socioeconômicos até 2046, impulsionando o turismo e o setor imobiliário na região (OCDE, 2024).

3.3 Expectativas com o novo Marco do Saneamento de 2020 e o leilão de 2021

Se avaliada à luz do conceito de sustentabilidade, a realidade do saneamento no Brasil e em particular no estado do Rio de Janeiro adquire, a partir de 2021, um novo perfil de responsabilidade em relação à

segurança institucional e fortalecimento das políticas públicas do setor. A confluência do novo Marco do Saneamento (Lei nº 14.026/2020) com o leilão da concessão dos blocos de saneamento – operado pelo governo do estado do Rio de Janeiro, tendo o BNDES como contratado para administrar o processo, tornou-se um acontecimento determinante na mudança de paradigma da história do saneamento no Brasil e em particular para a população fluminense e carioca, após o leilão dos quatro blocos de serviços saneamento do estado, até então sob a responsabilidade da Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE).

A CEDAE pós-leilão passou a ser mais lucrativa e a dedicar-se principalmente à função de captar, desconaminar e fornecer água tratada às novas concessionárias, Águas do Rio, Iguá Rio de Janeiro e Águas do Brasil, além do consórcio Zona Oeste Mais Saneamento que já atuava desde 2012 como concessionária na Área de Planejamento 5 do município do Rio de Janeiro. As concessionárias privadas passaram a cuidar das etapas de abastecer, coletar e tratar os esgotos sanitários. O compromisso de todas é atingir 99% de cobertura de abastecimento e 90% em coleta e tratamento de esgotos até 2033.

3.4 O desafio da cobertura dos serviços de saneamento nas comunidades de baixa renda e assentamentos irregulares da Região Metropolitana do Rio de Janeiro

Segundo o estudo feito pelo Instituto Trata Brasil (2023), em parceria com a *ex ante* Consultoria Econômica e o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), uma a cada duas moradias no Brasil convive diariamente com algum tipo de privação no saneamento. O trabalho foi baseado nos dados de 2013 a 2022 da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Continuada Anual (PNADCA), produzida pelo IBGE.

Na introdução do citado estudo, os pesquisadores apontam cinco categorias de privações: (i) privação de acesso à rede geral de água; (ii) frequência de recebimento insuficiente de água potável; (iii) disponibilidade de reservatório; (iv) privação de banheiro; e (v) privação de coleta de esgoto.

De acordo com o estudo, o Rio de Janeiro está na 5ª posição com relação à “privação de acesso à rede geral de água”, com 1,722 milhão de pessoas afetadas por este problema. No quesito “privação de banheiro”, o estado está na 23ª posição, e registra o 5º índice de ausência menos pior do equipamento; ainda assim, são 6,3 milhões de pessoas nesta condição degradante de moradia. No índice “privação de acesso à rede geral de coleta de esgoto” o Rio de Janeiro ocupa a 17ª posição, com 2,066 milhões de pessoas excluídas do acesso a este serviço.

O município do Rio de Janeiro é a capital do país com o maior número de habitantes morando em favelas. Reunidas em complexos ou não, as favelas da cidade se caracterizam também por terem a maior densidade demográfica entre todos os municípios da sua Região Metropolitana (257 habitantes por hectare) e por possuírem uma alta taxa de verticalização. Questão que reforça a importância de se discutir as políticas de urbanização implementadas ao longo das últimas décadas, e sua efetividade para enfrentar as demandas habitacionais existentes. A forte presença das favelas na cidade já foi amplamente documentada e comentada, remontando à virada do século XIX para o século XX, quando começaram a serem registradas as primeiras ocupações nas encostas e mangues próximos à região central. Desde então, as favelas seguiram se expandindo e hoje abrigam cerca de um quinto de toda a população da cidade.

As favelas mantiveram uma taxa de crescimento significativa no período entre 2000 e 2010, quando sua população aumentou 19%, enquanto a média de crescimento da população da cidade ficou em 5%. O Censo Demográfico de 2022 do IBGE revelou que o estado do Rio de Janeiro possui 1.724 favelas, com uma população de 2.142.466 pessoas, representando 13,07% da população brasileira que vive em favelas. Isso significa que mais de 2 milhões de pessoas no estado residem em favelas.

A referência mais importante de programas destinados à inclusão social de favelas nas políticas de integração ao planejamento urbanístico da cidade é o Programa Favela-Bairro, que foi iniciado em 1994, durante a primeira gestão do prefeito César Maia. O programa, oficialmente chamado de Programa de Urbanização de Assentamentos Populares do Rio de Janeiro (PROAP-Rio), visava urbanizar favelas e

loteamentos irregulares, integrando-os aos bairros, como proposta de que, finalmente, conseguiria prover os serviços urbanos em favelas e em assentamentos informais de difícil acesso.

As obras de urbanização e infraestrutura compreendiam a abertura e a pavimentação de ruas; a implantação de redes de água, esgoto e drenagem; a construção de creches, praças, áreas de esporte e lazer; a canalização de rios; o reassentamento de famílias que se encontram em áreas de risco; a contenção e o reflorestamento de encostas; a construção de marcos limítrofes para evitar a expansão; e o reconhecimento de nomes de ruas, logradouros e CEP, ou seja, incluía o conceito de saneamento ambiental, além de outras melhorias para os cidadãos até então sem acesso a utilidades básicas como sua localização.

Outra iniciativa importante surgiu em 2007 pelo governo federal, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), com o duplo objetivo de promover uma série de grandes investimentos em infraestrutura (logística, energética, urbana) e aquecer setores estratégicos da economia nacional.

Como um braço do PAC, o PAC-Favelas rapidamente assumiu uma grande proporção em termos de abrangência e volume de recursos investidos tornando-se um marco nas políticas de urbanização de favelas do país, pois, pela primeira vez, o governo federal passou a destinar um volume significativo de recursos para essa área com um escopo que incluía urbanização, saneamento, drenagem, contenção, equipamentos públicos, provisão habitacional, trabalho social e regularização fundiária.

No Rio de Janeiro, o PAC teve 33 operações contratadas que resultaram em quase R\$ 3 bilhões investidos em 30 favelas ou complexos da cidade, com projetos de escopo variado e diferentes graus de complexidade. O Rio de Janeiro foi a cidade brasileira que mais recebeu investimentos do programa, concentrando 70% dos recursos destinados ao estado e quase 10% de todo o recurso investido no país. Algumas grandes obras chamaram a atenção por seu efeito midiático e caráter inovador como os teleféricos implantados no Complexo do Alemão e no Morro da Providência (Figura 8), embora tenham sido interrompidas suas operações por falta de recursos de manutenção. Só recentemente o teleférico da Providência voltou a funcionar enquanto o do Alemão encontra-se em processo de reativação.

Figura 8 – Morro da Providência, no Centro do Rio, o primeiro a ser ocupado por uma favela



Fonte: Rio Antigo.

3.4.1 Soluções de esgotamento sanitário para os assentamentos subnormais

O Relatório sobre o Saneamento em Áreas Irregulares nas Grandes Cidades Brasileiras (Reinfra Consultoria, 2022) trata dos desafios que o país tem enfrentado para garantir reais melhorias de condição de vida das pessoas residentes em áreas irregulares, como favelas e outros tipos de ocupações. A ausência ou insuficiência dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário “vai doer” no lugar onde as pessoas são mais vulneráveis, que é na sua condição limitada ou nenhuma de saber se a água que consomem para beber, cozinhar ou tomar banho (quando tem chuveiro) é limpa ou contaminada. Esta condição as coloca diante da outra única saída que é comprar água mais cara ou “batizada” dos grupos

paramilitares que dominam parte das favelas vendendo caro os galões de água ou a água fornecida por caminhões-pipa.

As áreas ou assentamentos irregulares se caracterizam pela precariedade de serviços públicos essenciais, pela presença de população com menor rendimento e nível de instrução, e que se assenta em espaços mínimos, de difícil acesso, com pouca ventilação ou luz natural, de forma desordenada e densa, em terrenos de propriedade alheia ou localizados em áreas de proteção ambiental, como ocorre nas margens de rios, estuários, encostas e topos de morro.

A ilegalidade da ocupação dessas áreas perante os preceitos legais e a falta de regularização fundiária são fatores que acabam afastando prestadores de serviços pela insegurança, abrindo espaço para a forma ilegal de acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Na maioria dos casos são realizadas ligações clandestinas às redes existentes, contribuindo para o aumento das perdas físicas de água, comprometendo a prestação dos serviços nas áreas de entorno e causando prejuízos financeiros aos prestadores de serviços formais. Esses fatores são impeditivos para o alcance da universalização dos serviços, princípio fundamental da Lei de Diretrizes Nacionais do Saneamento Básico.

A situação fundiária das áreas irregulares torna o princípio da integração com a política urbana mais difícil. Mesmo diante de condições, via de regra adversas, os moradores demonstram que gostariam de se conectar aos serviços de água e esgoto, além de informar sua disposição de pagar as tarifas desses serviços. Por outro lado, os próprios prestadores de serviço entendem ser necessária a expansão da infraestrutura nessas áreas e se mostram, na maioria dos casos, sensíveis e dispostos a ofertar os serviços nessas áreas, quando possível.

Soluções existem. O serviço de abastecimento em áreas subnormais é um círculo vicioso, pois a água chega às áreas subnormais de forma precária. Por isso não se cobra, e, por conseguinte, não se pode reclamar. O esgoto em geral é afastado, lançado em valas a céu aberto e vai para os rios, ou é resolvido por meio de fossas, dando a sensação de que o problema está resolvido. Como a ocupação nessas áreas é comumente desordenada, em alguns locais esparsa, em outros aglomerada demais, muitas delas em regiões íngremes e de difícil acesso, torna-se difícil instalar as redes convencionais.

3.4.2 A solução do esgoto condominial

A solução do esgoto condominial, criada em 1990, é destinada a resolver o problema da coleta do esgoto em comunidades e fundos de vales. Baseia-se no princípio da construção de soluções técnicas e colaborativas, com intervenções nesses locais, e que precisam ser as mais simples, adaptáveis e com o menor grau invasivo possível, pois os espaços de circulação são estreitos e irregulares. Nesse método, é essencial a formação de parcerias, o diálogo que possibilite a adesão dos moradores, sempre que possível como mão de obra coletiva, para que se tenha acesso aos espaços de intervenção e que haja confiança no sistema.

O condomínio é formado a partir de um agrupamento de moradias que constituem uma quadra cujos ramais de ida e volta das águas servidas dos banheiros estão interligados. De acordo com a topografia, se conduz o sistema para fora da comunidade por um conduto principal. A simplicidade não prescinde dos requerimentos técnicos da engenharia, que partem do mapeamento das unidades, codificado em um processo chamado de vetorização – identificação das coordenadas de localização –, componentes de instalações nos becos e acessos, arrola as medidas e o número de moradores de cada habitação –, uma espécie de cartografia física e humana que vai permitir desenhar o projeto de toda a rede com muita precisão.

A solução do esgoto condominial vem ganhando escala em várias cidades brasileiras, em países latino-americanos e até na África, na construção de redes de coleta e afastamento de esgoto que são instaladas vencendo as dificuldades de casas de padrão irregular, adensadas e geminadas, dependências sanitárias precárias e becos estreitos. Esta solução foi aplicada recentemente por um consórcio especializado em algumas comunidades encravadas em regiões centrais de São Paulo. A tarifa social cobrada é informada aos mora-

dores em reunião condominial, onde são feitos todos os esclarecimentos sobre os direitos e obrigações dos moradores, que devem cuidar do sistema implantado. Se estiverem de acordo assinam um termo de adesão.

4. A participação social: lições do sistema fluminense de gestão das águas e da atuação dos comitês de bacia hidrográfica

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, foi considerada bastante audaz e inovadora ao estabelecer como um de seus fundamentos a bacia hidrográfica como unidade territorial de atuação e que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e participativa (art. 1º, V e VI). Já apontava, por exemplo, como uma de suas diretrizes, a integração da gestão das águas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras, conceito presente na formulação da definição de Economia Azul para o estado do Rio de Janeiro. Porém, como salientaram Lima, Abrúcio e Silva (2014), a governança necessária para tirar do papel as inovações trazidas pela política de recursos hídricos carecia de estrutura sólida.

No nível estadual, a gestão hídrica se restringia, em grande parte, à concessão de outorgas e execução de serviços de macrodrenagem. A promulgação da Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 3.239, de 02 de agosto de 1999) – profundamente ancorada na lei federal – trouxe como inovação, entre suas diretrizes:

“Art. 4º, XIV – a consideração, como continuidade da unidade territorial de gestão, do respectivo sistema estuarino e a zona costeira próxima, bem como, a faixa de areia entre as lagoas e o mar”.

Dessa forma, a concepção sobre gestão das águas no estado exigiria novos caminhos institucionais para a sua execução.

4.1 O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRHI): avanços na agenda azul

Nessa transição, a criação do Inea em 2007 (Lei Estadual nº 5.101, de 4 de outubro de 2007) e o apoio da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) foram fundamentais. De um lado, a ANA ofereceu suporte técnico e operacional para consolidar o sistema fluminense de gestão das águas no estado. De outro, conforme destacou Fernandes (2021), a configuração das posições de liderança e relações de poder dentro do Inea quando de sua criação, foram bastante favoráveis, à época, para a agenda azul, que passou a assumir um papel de maior protagonismo, buscando o fortalecimento dos entes do Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SEGRHI), o desenvolvimento e implementação dos instrumentos de gestão, empregando um olhar mais sistêmico sobre o território.

Cumprir destacar que, desde 2000, quando da criação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI-RJ), a promoção da integração entre recursos hídricos e gestão costeira, em termos institucionais, começou a ser considerada, culminando com a criação da Câmara Técnica de Integração da Gestão das Bacias Hidrográficas e dos Sistemas Estuarinos e Zona Costeira (CTCOST/CERHI) em 2023¹. Com o passar dos anos, os comitês de bacia vêm dando maior materialidade a esse tema, seja no âmbito da revisão de seus regimentos internos (incluindo como parte de suas competências), inserção em seus planos de bacia, como também através da constituição de Câmaras Técnicas e Grupos de Trabalho voltados a essa temática (Anexo 1).

Em termos de planejamento, a integração do gerenciamento costeiro com a gestão das águas já estava presente nos planos de bacia desde 2005 (Baía de Guanabara – RH V, e Lagos São João – RH VI). Mas a previsão da destinação dos recursos da cobrança pelo uso da água do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FUNDRIH) para custear ações e projetos para esse fim é um fenômeno mais recente.

¹https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2023/11/Res_CERHI_274_CT-Cost_de-31out23.pdf

Nesse contexto institucional mais favorável e consolidado, a SEAS busca atuar simultaneamente em várias frentes, fomentando transformações endógenas no sentido dado por Mahoney e Kathleen (2010).

4.2 Participação social na política de saneamento

A participação social na execução da política de saneamento básico, em âmbito federal, não se inicia, mas tem um grande catalisador com a sanção da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que em seu art. 31 define:

“Art. 31. Na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, os Poderes Executivos do Distrito Federal e dos municípios promoverão a integração das políticas locais de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e de meio ambiente com as políticas federal e estaduais de recursos hídricos”.

Mais adiante, ao incluir no Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) (art. 34), e nos comitês de bacia hidrográfica (CBHs) (art. 39) os usuários de recursos hídricos, abre-se a participação das companhias de água e esgoto na implantação desta política pública.

A Política Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro traz a necessidade de os instrumentos de planejamento abordarem a temática do saneamento de forma mais direta, entre os demais diversos temas previstos para serem abordados por tais instrumentos.

A criação das políticas de recursos hídricos configurou-se em relevante contexto para que fossem celebrados os primeiros contratos de concessão dos serviços de água e esgotamento sanitário para grupos ou empresas privadas, conforme previsão do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (Borsoi; Torres, 1997). No Rio de Janeiro, foram celebrados no espaço de tempo entre 1997 e 1998 os contratos: do município de Petrópolis com a empresa Águas do Imperador (Grupo Águas do Brasil: Águas do Imperador, 2025); dos municípios de Araruama, Saquarema e Silva Jardim com a empresa Águas de Juturnaíba (Grupo Águas do Brasil: Águas de Juturnaíba, 2025); e dos municípios de Cabo Frio, Armação dos Búzios, Iguaba Grande, Arraial do Cabo e São Pedro da Aldeia, com a Prolagos (Grupo Aegea Saneamento: Prolagos, 2025).

As questões relativas a deficiências nos serviços de saneamento também foram pano de fundo para a articulação popular que acabou culminando na criação de alguns comitês de bacias hidrográficas (CBHs) hoje estabelecidos, notadamente o CBH Lagos São João, oriundo da mobilização popular, dos municípios e do estado para a recuperação ambiental dos sistemas lagunares da Região dos Lagos, área correspondente à Região Hidrográfica VI (Ribeiro, 2016).

O controle social no saneamento básico surge mais explicitamente na legislação brasileira na Lei Federal nº 11.445/2007, que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico, e se manteve com a sanção da já citada Lei Federal nº 14.026/2020 (novo Marco do Saneamento), que dispõe, em consonância com a Lei das Águas:

“Art. 47. O controle social dos serviços públicos de saneamento básico poderá incluir a participação de órgãos colegiados de caráter consultivo, nacional, estaduais, distrital e municipais, em especial o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, nos termos da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (...)”.

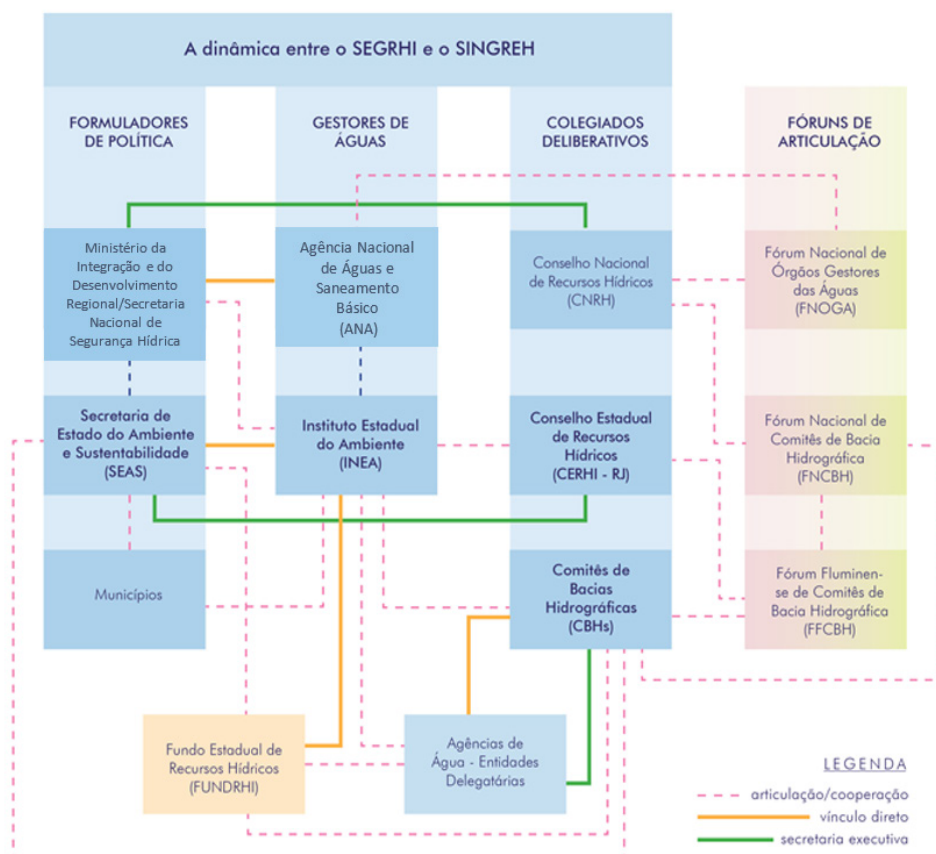
Outro fato relevante da Lei Federal nº 14.026/2020 foi a ampliação das atribuições da Agência Nacional de Águas, alterando seu nome para Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e constituindo o órgão responsável pelas normas nacionais de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento

básico por seus titulares e para as entidades de outros entes públicos que assumam funções de reguladoras e fiscalizadoras dos contratos de concessões de saneamento, sempre observadas as diretrizes para a função de regulação estabelecidas na legislação.

Conhecidos os vencedores dos quatro blocos agrupados para a concessão do saneamento do estado do Rio, após a assinatura do último contrato, que foi o do bloco 3, na fase II do leilão conduzido pelo BNDES, em agosto de 2022 foram criados, através de Decretos Estaduais (nº 48.186 a nº 48.189) os Comitês de Monitoramento das áreas de concessão dos blocos 1 a 4 (AGENERSA, 2025), cujas composições têm membros representando os titulares dos serviços (representantes dos municípios abrangidos pelo respectivo bloco), entidades relacionadas ao setor de saneamento básico (entidades reguladoras e associações de classe), representantes dos usuários do serviço, organizações da sociedade civil e de defesa do consumidor (Ministério Público, grupos de pesquisa, sindicatos de trabalhadores, comitês de bacia e demais coletivos atrelados à temática), o estado e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI-RJ); totalizando até quinze componentes. Estes comitês encontram-se em atividade, com planejamento de reuniões mensais.

Em suma, o SEGRHI, conforme concebido em sua origem (Figura 9), é reconhecido com um dos modelos mais avançados do país, com os instrumentos estabelecidos, e instituições robustas, notadamente órgão gestores (Inea e ANA), comitês de bacia em todas as nove regiões hidrográficas do estado, e recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FUNDRHI) sendo aplicados em conformidade com o planejamento dos CBHs.

Figura 9 – O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH e SEGRHI), e relacionamentos entre as entidades integrantes



Fonte: Inea/SEAS.

O estado logrou êxito na implementação da Política de Recursos Hídricos; a desejada integração com a gestão costeira, aliada à promoção e fomento de atividades econômicas sustentáveis, com distribuição de renda e desenvolvimento para as comunidades tradicionais/locais, é o caminho para o estabelecimento da Economia Azul no estado.

5. Rumo à Metrópole Azul: a universalização dos serviços de saneamento básico como base para a estruturação de uma política de economia azul no estado do Rio de Janeiro

Para institucionalizar uma nova política, é essencial estruturar fatores que garantam sua operacionalização — começando pela construção de uma visão clara e compartilhada entre os principais interlocutores e, na sequência, criando as condições institucionais mínimas, com a autonomia necessária para implementar as ações pertinentes.

Diante de um cenário global marcado por incertezas, desequilíbrios ambientais e eventos climáticos extremos, novos temas estão ganhando espaço na agenda pública. A Economia Azul surge assim como uma nova bandeira — “o novo verde” como sugere Santos (2022) — propondo uma abordagem sistêmica, reconhecendo o mar como um ativo econômico, ambiental e social, e passando a incorporar de forma mais orgânica a interação humana com o ambiente (Figura 10).

As novas demandas sociais que vão surgindo exercem constante pressão por respostas governamentais em todo o mundo (Alberti; Bertucci, 2006), o que tem levado o estado do Rio de Janeiro a adotar algumas medidas neste sentido, acompanhando o que, de certo modo, já vem sendo feito em outros lugares no mundo, sobretudo Europa e Estados Unidos.

Segundo Mahoney e Kathleen (2010), mudanças institucionais podem ser desencadeadas tanto por choques exógenos — que provocam rupturas significativas — quanto por processos endógenos, mais graduais e incrementais. No Rio, ambos os processos estão em curso.

Figura 10 – Vegetação do manguezal e praia localizada no Parque Natural Municipal Barão de Mauá em Magé/RJ



Fonte: SEAS-RJ e LAMCE/UFRJ.

A criação da Coordenadoria de Economia Azul e Baías na estrutura da SEAS em 2023 (Decreto nº 48.341, de 27 de janeiro de 2023), representa um choque exógeno: alocada dentro da Superintendência de Recursos Hídricos da Subsecretaria de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental (SUPRH/SUBRHISA), essa nova instância institucional abriu espaço dedicado ao desenvolvimento dessa agenda.

Os itens a seguir abordam os principais programas e projetos em andamento, cujo objetivo primordial é estabelecer as bases para uma política pública de Economia Azul para o estado fluminense, a partir da ideia central de melhorias nos serviços de saneamento básico.

5.1 Programa Blue Rio: inovação e tecnologia como ferramentas para apoiar a universalização do saneamento no estado do Rio de Janeiro

Em 2022, a Secretaria do Ambiente e Sustentabilidade deu início à execução de um projeto para o desenvolvimento de um *hub* de inovação azul (*bluetech*) no estado. A iniciativa foi batizada de Blue Rio. O objetivo é desenvolver a economia do mar no estado, com foco em práticas sustentáveis e inclusivas. A iniciativa busca conectar organizações públicas e privadas com *startups* nacionais e internacionais a fim de solucionar os desafios da economia azul no território fluminense, baseando-se em soluções de *startups* já testadas e aplicadas.

A demanda por inovação em saneamento é pressionada por desafios globais como a escassez hídrica, a poluição crescente, e a necessidade pungente em atender aos ODS postulados pela ONU, especialmente o ODS 6, que visa garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos (Kumar *et al.*, 2023). Kumar *et al.* (2023) e Shamshad *et al.* (2025) enfatizam a necessidade de tecnologias inovadoras e soluções adaptáveis para responder às condições ambientais e demandas demográficas em constante mudança, assegurando o acesso sustentável à água para todos.

Em sintonia com tais conceitos, o Novo Marco Regulatório do saneamento trouxe o estímulo ao embarque da inovação e tecnologia para a melhoria das operações, e de inclusão das áreas de baixa renda, historicamente negligenciadas pelas políticas públicas de urbanização. No caso do Rio de Janeiro alguns equipamentos e tubulações são centenários e se escondem em meio aos acessos e áreas ocupadas pelas comunidades cariocas.

A tecnologia dos drones e de imagens de satélite são outro avanço na captação de imagens em pontos remotos e de difícil acesso, para que a malha de abastecimento e de coleta das águas residuais alcance os topos de morros, fundos de vale e becos sinuosos que formam o desenho labiríntico de acessos nos complexos habitacionais que reúnem inúmeras favelas do Rio de Janeiro.

Diante deste cenário, o Programa Blue Rio surgiu como uma iniciativa pioneira de inovação aberta, conectando múltiplos parceiros, dentre eles empresas privadas, instituições públicas, e *startups* globais, com o objetivo de catalisar soluções tecnológicas e operacionais e desenvolver projetos-piloto que respondam aos desafios no setor da Economia Azul para o estado do Rio de Janeiro (Fonseca *et al.*, 2024).

Um dos destaques da primeira edição do programa, relacionados diretamente ao saneamento, foram as soluções apresentadas pelas *startups* Aquapower e Zero Esgoto. A Aquapower propôs reduzir custos em redes de água e esgoto, transformando excesso de pressão em energia elétrica limpa, com potencial de 500 watts a 300 MW. Já a Zero Esgoto ofereceu um sistema modular que converte esgoto em água limpa em até 6 seis horas, utilizando biotecnologia, e será implementado para atender 25 residências na comunidade de Tavares Bastos.

A solução da Aquapower aborda um desafio recorrente para a prestação do serviço de saneamento: o alto consumo de energia. Ao focar na recuperação de energia e na otimização de processos, esta solução busca transformar as estações de tratamento de esgoto (ETEs), tradicionalmente vistas como centros de custo, em potenciais centros de geração de valor (Ortiz Sánchez e Cuevas Rodríguez, 2023). Esta abordagem está alinhada ao conceito de 'biofábricas' ou 'Water Resource Recovery Facilities' (WRRFs), que visam maximizar a recuperação de recursos (Mannina *et al.*, 2021).

A tecnologia utilizada pela Zero Esgoto, baseada em biotecnologia e sistemas modulares de tratamento natural, representa um avanço no tratamento de efluentes. A biotecnologia é reconhecida como uma inovação chave para tratar esgoto de forma eficaz e permitir a recuperação de recursos (Nielsen, 2017; Shamshad *et al.*, 2025). A proposta de transformar esgoto em água limpa sem consumo de energia e com mínima manutenção contrasta com as grandes infraestruturas centralizadas e intensivas em energia

(Kumar *et al.*, 2023). Esta abordagem modular tem o potencial de democratizar o acesso ao saneamento, especialmente em comunidades de difícil acesso ou com infraestrutura limitada, como a testada em Tavares Bastos, e em contextos industriais como o Porto do Açu. O sucesso desta tecnologia depende da adaptabilidade da solução a diferentes escalas e da sua aceitação pelos usuários (Kumar *et al.*, 2023).

Ao focar em soluções como as apresentadas pela Zero Esgoto, o Programa Blue Rio demonstra sintonia com os desafios específicos do contexto brasileiro e, em particular, do Rio de Janeiro. A urbanização em áreas de ocupação informal impõe barreiras geográficas, sociais e econômicas à expansão das redes de saneamento convencionais e centralizadas (Reinfra Consultoria, 2022). Nesse cenário, sistemas descentralizados, modulares e de baixo custo, não representam apenas uma inovação tecnológica, mas um vetor de inclusão social e de saúde pública e promovem soluções replicáveis em contextos diversos.

Kumar *et al.*, destacam que a sinergia entre indústria, academia e governo é um fator crítico para a gestão eficaz da água. Ao facilitar essa interação, o Blue Rio criou um ambiente propício para a cocriação e aceleração de soluções tecnológicas, podendo se tornar um modelo de referência para outros programas que buscam resolver desafios complexos por meio da colaboração global.

A segunda edição do Programa Blue Rio, em curso, visa a maturação do ecossistema construído na primeira edição, e a consolidação de uma cultura de inovação colaborativa, com potencial de aumentar a capacidade da rede para assimilar e aplicar conhecimento de forma mais eficiente (Cohen; Levinthal, 1990).

5.2 Programa de Gestão da Economia Azul no ERJ (PROGEAz)

O Programa de Gestão da Economia Azul no Estado do Rio de Janeiro foi concebido para ser executado em 36 meses, em quatro componentes principais, compostos por sua vez de projetos específicos, pensados para serem desenvolvidos com parcerias de expertise nos temas a serem trabalhados:

Componente 1: Planejamento e Governança da Economia Azul (parceria com OCDE);

Componente 2: Elaboração e implementação da Política Pública de Economia Azul (parceria com UFRRJ);

Componente 3: Fomento à Bioeconomia Azul no Estado do RJ;

Componente 4: Gestão de Regiões Costeiras.

Os projetos planejados para cada componente vêm sendo executados em diferentes formatos, e de forma independente. Por exemplo na componente 4, destaca-se o projeto de Lei de Gerenciamento Costeiro, em fase de avaliação e tramitação, em parceria com a Secretaria de Energia e Recursos do Mar (SEENEMAR) e integrado ao Planejamento Estratégico Marinho (PEM) da Região Sudeste. Após sua promulgação, a prioridade será a elaboração dos Zoneamentos Ecológicos Econômicos Costeiros, apoio ao desenvolvimento dos Planos Municipais de Gerenciamento Costeiro e dos Projetos Orla, em cooperação com os municípios (componente 4).

No que tange ao suporte conceitual e operacional para orientar suas ações, o estado firmou parcerias acadêmicas e internacionais. Com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), foi realizado um diagnóstico da Economia Azul na Região Metropolitana do Rio, que identificou lacunas de governança e propôs um Plano de Ação orientado para o desenvolvimento de uma economia azul resiliente, inclusiva, sustentável e circular (OCDE, 2024).

Em paralelo, foi celebrado um contrato com a UFRRJ, dentro do segundo componente, para realizar um diagnóstico detalhado do estado da arte da Economia Azul fluminense visando nortear e regulamentar uma política de Economia Azul estadual. No escopo desta contratação, estão previstas visitas a todos os municípios costeiros do estado e a realização de oficinas participativas, com apoio dos comitês de bacia,

para envolver diretamente *stakeholders*, validação dos resultados e proposição de indicadores e metas para o desenvolvimento da política.

De acordo com Santos (2022, p. 49), ainda que o Brasil não possua uma definição formal sobre o tema, a economia azul pode ser compreendida como o “uso sustentável dos recursos marinhos para o desenvolvimento econômico, melhoria do bem-estar social e geração de empregos, conservando a saúde dos ecossistemas oceânicos e costeiros”.

Porém, ao longo do desenvolvimento do projeto com a OCDE, e diante da necessidade de atuar sobre o território de maneira holística, reconhecendo o espaço como um sistema socioecológico, a SEAS vem trabalhando no desenvolvimento de uma conceituação customizada para essa realidade do Rio de Janeiro, incorporando, para além dos recursos marinhos, os recursos hídricos associados. Ou seja, o conjunto de atividades econômicas que ocorrem sobre o território costeiro e suas bacias hidrográficas com rebatimento no oceano e águas interiores, e que tragam como marca a sustentabilidade e questões de justiça social e equidade.

5.3 Implantação do Centro Integrado de Gestão da Baía de Guanabara para o monitoramento e gestão integrada e sustentável da Baía de Guanabara (Programa Guanabara Azul)

No contexto de conferir o selo “Metrópole Azul” ao Rio de Janeiro, no horizonte de 10-15 anos, objeto do trabalho com a OCDE, a Baía de Guanabara assume papel central na agenda da SEAS. O espaço territorial da Baía de Guanabara, espelho d’água e suas bacias hidrográficas afluentes, compreende um complexo que abriga uma multiplicidade de atividades e usos, indo de refinarias, infraestrutura naval, pesca artesanal às práticas esportivas. Somando-se a isso um contingente populacional em sua área de influência de cerca de 10 milhões de pessoas, e um histórico de significativo déficit de infraestrutura de saneamento básico, ficam claros os enormes desafios, mas também oportunidades, que se apresentam para a sociedade fluminense.

O programa Guanabara Azul foi concebido em torno de três componentes, com previsão de 36 meses de execução:

Componente 1 – Estruturação e operação do Centro Integrado de Gestão da Baía de Guanabara - CIG-BG;

Componente 2 – Estabelecimento das ferramentas e tecnologias de monitoramento e avaliação da Qualidade Ambiental da Baía de Guanabara;

Componente 3 – Valoração do capital ecológico, dos serviços ecossistêmicos e da economia azul da Baía de Guanabara.

Conforme previsto no Decreto nº 48.666, de 31 de agosto de 2023, que dispõe sobre o Programa Guanabara Azul e cria o Centro Integrado de Gestão da Baía de Guanabara (CIG-BG), a SEAS vem envidando esforços para viabilizar a estrutura de governança prevista, que reunirá uma equipe técnica destinada para coleta de dados, análise, engajamento social e apoio à tomada de decisão em diferentes níveis de governo, dialogando diretamente com a plataforma de monitoramento prevista de ser desenvolvida dentro do programa (componente 2).

Com isso, a expectativa da SEAS é estabelecer uma capacidade de gestão desse complexo território compatível com o que há de mais moderno e eficiente no mundo, a exemplo do sistema de governança da Baía de Chesapeake (EUA), que serviu de inspiração para a concepção da estrutura de governança do CIG-BG. Outra ação da SEAS, alinhada com o segundo componente do programa, é a parceria com a UFRJ para o desenvolvimento de uma Plataforma Digital Operacional de Monitoramento Meteoceanográfico e de

Avaliação Socioambiental e Econômica da Baía de Guanabara, destinada a fornecer informações e modelagem computacional avançada para suporte à gestão.

Finalmente, em nível mais local/regional, a atuação junto aos comitês de bacia por meio de representação institucional, participação ativa em câmaras técnicas e grupos de trabalho, e indiretamente junto aos municípios, por meio dos projetos em andamento, a SEAS busca o fortalecimento da governança participativa e integrada na Baía de Guanabara e por todo o litoral fluminense, tornando realidade essa nova maneira de compreender a gestão do uso dos recursos naturais: gerar riquezas de maneira sustentável, com equidade e justiça social, valorizando e protegendo o precioso capital natural com o qual o Rio de Janeiro foi abençoado.

6. Conclusões

Água potável e esgoto tratado têm impactos positivos significativos em termos ambientais e socioeconômicos nos setores de saúde, frequência no trabalho, mercado de imóveis, ordenamento urbano, lazer, turismo, esportes náuticos, cadeias de produção da indústria, comércio e serviços, e, principalmente conforto humano, felicidade e sossego para quem não tem ou vive atemorizado pela inconstância do abastecimento, valões com esgoto escorrendo a céu aberto e gastos extras com água mineral e caminhões-pipa.

O final do século XIX e a virada para o século XX trouxeram a industrialização e o aumento progressivo de populações vindas do interior e imigrantes em capitais e centros urbanos com maior oferta de oportunidades de emprego e aumento de renda; não foi diferente no Rio de Janeiro. O resultado deste adensamento um século depois - não acompanhado no mesmo ritmo pelo planejamento e pela gestão urbana do uso do solo e dos serviços de saneamento - provocou a ocupação dos morros da região central, da Zona Sul e da Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro, o que pode ser explicada pela necessidade da mão de obra de serviços domésticos e comerciais morar o mais próximo possível dos locais de mais oportunidades de trabalho. Este descompasso entre urbanismo ecológico e ocupação desordenada; aumento de consumo de produtos industrializados embalados; ausência de coleta ou coleta deficiente de resíduos domésticos urbanos, transformou nossos rios, lagoas, baías em veículos de acúmulo, condução e dispersão de resíduos industriais, efluentes sanitários e lixo doméstico. Dessa forma, o Oceano Atlântico, ao receber os despejos dos emissários de Ipanema, da Barra da Tijuca e de Icaraí, acaba cumprindo o papel de saneador de boa parte do esgotamento sanitário do Rio de Janeiro e de Niterói.

É paradoxal o baixo índice de cobertura de saneamento que o estado e, principalmente, o município do Rio de Janeiro apresentavam até 2021, se reconhecermos a importância histórica, política e econômica da região para o país:

- O município do Rio de Janeiro saiu na frente em termos de controle sanitário no período imperial;
- Foi capital federal, reuniu a nata dos primeiros médicos sanitaristas e engenheiros de saneamento do país;
- Foi a 3ª cidade no mundo a ter um plano de saneamento;
- Conta com a maior estação de tratamento de água do mundo (Guandu) que pretende dobrar sua capacidade de produção de água tratada;
- Possui um colar de oito grandes estações de tratamento de esgoto no espaço territorial do entorno da Baía de Guanabara;
- Foi atendido por aportes de quase US\$ 3 bilhões de empréstimos internacionais do Banco Japonês (JBIC) e do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) para a recuperação ambiental da Baía de Guanabara (Programa de Despoluição da Baía de Guanabara – PDBG e Programa de Saneamento Ambiental – PSAM);
- Atraiu outros tantos bilhões para a organização da Jornada da Juventude, Jogos Militares, Copa do

Mundo de 2014 e Jogos Olímpicos Rio 2016, eventos em que o compromisso com melhorias ambientais era um forte argumento para as suas realizações (Figura 11).

Figura 11 – Poço de Visita – Instalação de tronco coletor de esgotamento sanitário – Obra PSAM, Rua Benedito Hipólito – Centro do Rio de Janeiro



Fonte: <https://psam.eco.br/obras-e-projetos/> <https://storymaps.arcgis.com/stories/3e35bea09b9d42b8a7b65b08964fe81b>.

Fato é que até a ocorrência da concessão estadual de 2021, nem município, nem estado seriam motivo de orgulho por suas respectivas capacidades de gestão de serviços de água e saneamento. O município do Rio cresceu, fundiu-se a municípios da Região Metropolitana e a cobertura de abastecimento e tratamento de esgotos ficou a reboque. Até o ano da concessão ocupava a 52ª posição no ranking das 100 primeiras cidades brasileiras e a 12ª posição dentre as capitais brasileiras de acordo com o ranking do Instituto Trata Brasil, referência no setor.

A Região Metropolitana do Rio apresenta índices de cobertura diametralmente opostos. Basta citar a proximidade-disparidade que unem e separam Niterói de São Gonçalo, cidades vizinhas que têm parte de seus recursos hídricos interligados. Niterói é atendida por uma concessionária privada de saneamento desde 1999 e oferece cobertura de 100% de água encanada e 96% de esgotos tratados, ocupando o 3º lugar do ranking de 2025 (Instituto Trata Brasil, 2025). São Gonçalo, a 2ª em população do estado, atendida pela CEDAE até a concessão dos serviços à iniciativa privada em 2021, encontra-se entre as 20 piores cidades, ocupando a 94ª posição. Panorama ainda mais crítico, quando observados os baixos índices de oferta de água e esgoto coletado e tratado oferecidos a municípios da Baixa Fluminense que figuram na retaguarda das posições do ranking.

A "tragédia dos comuns" conceito popularizado pelo professor Garrett Hardin em 1968 (Vargas; Herscovici, 2017), de certa forma explica o fato de a gestão dos esgotos sanitários ser uma responsabilidade coletiva e que acaba se tornando um dos maiores problemas do uso comercial da água. Os pontos de consumo de água no interior das casas são reconhecidos pelos moradores como de sua responsabilidade. O que acontece depois que as águas servidas entram pelo cano, se vão parar nos rios ou se vão ou não serem tratadas, passa a ter menos importância para o usuário que a consumiu. Se do volume de água consumida, apenas parte é coletada e uma porção ainda menor é tratada ou lançada nos emissários submarinos, a integridade do sistema está comprometida. A externalidade negativa aumenta quando constatados o baixo índice de atendimento às favelas (assentamentos subnormais) e o índice de doenças de veiculação hídrica em comunidades onde há casas inclusive sem banheiro.

São razões que atestam que a aprovação do novo Marco Legal do Saneamento Básico fechou o ciclo de décadas de incertezas que pairava sobre o setor, corrigindo as brechas que o marco original do saneamento (Lei nº 11.445/2007) havia deixado, e que a nova Lei nº 14.026/2020 se propõe a corrigir. Se cumpridas até 2033, as obrigações e metas contratualizadas pelas concessionárias vencedoras do leilão no espaço

de tempo dos cronogramas de intervenções sanitárias, cerca de 13 milhões de pessoas que residem nos municípios localizados nas bacias hidrográficas da Baía de Guanabara e do Rio Guandu, poderão vir a festejar uma nova realidade em suas vidas em termos de saúde pública, economia domiciliar, educação, condições de trabalho e sentido de cidadania.

Nessa nova realidade, é possível planejar um conjunto de ações e iniciativas voltadas para impulsionar a economia que depende das águas – doces, salgadas, costeiras – de forma sustentável, que foram resumidas neste artigo, de modo a dotar o governo e a sociedade de ferramentas de monitoramento do seu capital ecológico e natural, e de mecanismos de gestão mais eficientes.

Exemplos são a implantação do Centro Integrado de Gestão da Baía de Guanabara (CIG-BG), dotado de uma plataforma de monitoramento e estrutura física para comportar tomadas de decisões em momentos de crise; e a conformação de uma política pública voltada para regulamentar a Economia Azul no estado, fazendo uma radiografia das cadeias produtivas mais relevantes nos municípios costeiros, bem como implementando medidas de fomento e suporte para a sua manutenção.

Inovação é palavra-chave para que a nova realidade aconteça, como requisito da criação de um ecossistema de boas soluções para antigos problemas de nossa costa, baías e bacias hidrográficas.

Referências

ADNER, R. Ecosystem as a structure: an actionable construct for strategy. **Journal of Management**, v. 43, n. 1, p. 39-58, 2017.

AGÊNCIA REGULADORA DE ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Comitê de Monitoramento – Blocos 1 a 4**. Rio de Janeiro: AGENERSA, 2025. Disponível em: <https://www.rj.gov.br/agenersa/comite-de-monitoramento>. Acesso em: 21 jul. 2025.

ÁGUAS DE JUTURNAÍBA; GRUPO ÁGUAS DO BRASIL. **Quem somos**. Silva Jardim: Águas de Juturnaíba: Grupo Águas do Brasil, 2025. Disponível em: <https://www.grupoaguasdobrasil.com.br/aguas-juturnaiba/a-concessionaria/quem-somos/>. Acesso em: 21 jul. 2025.

ÁGUAS DO IMPERADOR; GRUPO ÁGUAS DO BRASIL. **Quem somos**. Petrópolis, RJ: Águas do Imperador: Grupo Águas do Brasil, 2025. Disponível em: <https://www.grupoaguasdobrasil.com.br/aguas-imperador/a-concessionaria/quem-somos/>. Acesso em: 21 jul. 2025.

ALBERTI, A.; BERTUCCI, G. Replicating innovations in governance: an overview. In: ALBERTI, A.; BERTUCCI, G. (org.). **Innovations in governance and public administration: replicating what works**. Nova York: United Nations Publication, 2006. p. 1-25.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p. 143-165, 1997.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Plano Nacional de Saneamento Básico**: PLANSAB. Brasília, DF: IICA: Ministério das Cidades, 2025. (Série Saneamento Caderno Temático. Economia Circular, n. 4). Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/plano-nacional-de-saneamento-basico-plansab/arquivos/VERSODIGITALSrieSaneamentoCadernoTemtico4EconomiaCircular.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2025.

CAMARGO, A.; SANTA ROSA, M. B. **A epopeia do saneamento**: da revolução sanitária às tecnologias do futuro. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2023.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n. 1, p. 128-152, 1990.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS (RJ). **Guandu**. [Rio de Janeiro, RJ]: CEDAE, [2025]. Disponível em: https://www.cedae.com.br/portals/0/livreto_guandu.pdf. Acesso em: 26 ago. 2025.

FERNANDES, L. S. **Governança e ajuste institucional de um esquema de PSA no Estado do Rio de Janeiro**. Orientador: Peter Herman May. 2021. 294 f. Tese (Doutorado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

FONSECA, A. L.; MAGALHÃES, P. M. C.; CAMPOS, A. M. S.; VIEIRA, C. C. T. F. S.; PINTO, H. M. Z.; RIGUETTI, A. L.; ASTI, A. L.; SANTA ROSA, M. B.; ACSELRAD, M. V. A inovação colaborativa como ferramenta de aceleração para a estruturação de uma política pública de economia azul no Estado do Rio de Janeiro: a proposta do Programa BlueRio. **Revista Ineana**, v. 12, n. 2, p. 9-29, jul./dez. 2024.

FORMIGA-JOHNSON, R. M.; FARIAS JÚNIOR, J. E. F.; COSTA, L. F.; ACSELRAD, M. V. Segurança hídrica do Estado do Rio de Janeiro ante a transposição paulista de águas da Bacia Paraíba do Sul: relato de um acordo federativo. **Revista Ineana**, v. 3, n. 1, p. 48-69, jul./dez. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2022 Panorama**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 18 jul. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **A vida sem saneamento – Para quem falta e onde mora essa população?**. São Paulo, SP: ITB, 2023. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/a-vida-sem-saneamento-para-quem-falta-e-onde-mora-essa-populacao/>. Acesso em: 26 jul. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL; GO ASSOCIADOS. **Ranking do Saneamento 2025**. São Paulo: ITB: Go Associados, 2025. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2025/>. Acesso em: 30 jul. 2025.

KUMAR, G. M.; CHATURVEDI, P.; RAO, A. K.; VYAS, M.; SETHI, V. A.; SWATHI, B.; JABBAR, K. A. Flowing Futures: Innovations in WASH for Sustainable Water, Sanitation, and Hygiene. **E3S Web of Conferences**, v. 453, n. 01040, p. 1-11, 2023. DOI: 10.1051/e3sconf/202343301040. Disponível em: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2023/90/e3sconf_icsdg2023_01040.pdf. Acesso em: 17 jul. 2025.

LIMA, A. J. R.; ABRÚCIO, F. L.; SILVA, F. C. B. **Governança dos recursos hídricos**: proposta de indicador para acompanhar sua implementação. São Paulo, SP: WWF Brasil: FGV, 2014.

MAHONEY, J.; THELEN, K. A theory of gradual institutional change. In: MAHONEY, J.; THELEN, K. **Explaining institutional change ambiguity, agency, and power**. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2010. p. 1-37.

MANNINA, G.; ALDUINA, R.; BADALUCCO, L.; BARBARA, L.; CAPRI, F. C.; COSENZA, A.; DI TRAPANI, D.; GALLO, G.; LAUDICINA, V. A.; MUSCARELLA, S. M.; PRESTI, D. Water Resource Recovery Facilities (WRRFs): the case study of Palermo University (Italy). **Water**, v. 13, n. 23, p. 1-19, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/23/3413>. Acesso em: 17 jul. 2025.

MOENJO-DARO. **Matriarcato & Matriarchy**, [S. l.], 14 jul. 2018. Disponível em: <https://il-matriarcato.blogspot.com/2018/07/moenjo-daro.html>. Acesso em: 26 ago. 2025.

NIELSEN, P. H. Microbial biotechnology and circular economy in wastewater treatment. **Microbial Biotechnology**, v. 10, n. 5, p. 1102-1105, 2017. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5609238/>. Acesso em: 17 jul. 2025.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **A Economia Azul na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil**. Paris: OCDE Publishing, 2024. Disponível em: https://www.oecd.org/pt/publications/2024/10/the-blue-economy-in-the-metropolitan-region-of-rio-de-janeiro-brazil_be1e1d5b.html. Acesso em: 18 jul. 2025.

ORTIZ-SÁNCHEZ, M. F.; CUEVAS-RODRÍGUEZ, G. Energy recovery from wastewater in Mexico: a systematic review. **Frontiers in Environmental Science**, v. 11, p. 1-14, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2023.1116053/full>. Acesso em: 17 jul. 2025.

PACTO GLOBAL REDE BRASIL; BLUE KEEPERS. **Sumário executivo 2021-2022**: diagnóstico das fontes de escape de resíduos plásticos para o oceano. São Paulo: Pacto Global Rede Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/pg/blue-keepers>. Acesso em: 18 jul. 2025.

PEREIRA, L. F.; CANEDO, P.; CAPODEFERRO, M. **Alternativas para incremento da segurança hídrica do leste metropolitano do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: FGV CERI, 2022. Disponível em: https://ceri.fgv.br/sites/default/files/publicacoes/2022-08/artigo-alternativas_segurancahidrica.pdf. Acesso em: 26 jul. 2025.

PEREIRA, L. F.; SOUZA, R.; CANEDO, P. Big data center no Rio pode unir o útil ao sustentável. **Conjuntura Econômica**, v. 78, n. 12, p. 46-49, 2024. Disponível em: <https://ceri.fgv.br/sites/default/files/2024-12/BigDataCenternoRio.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2025.

PROLAGOS; AEGEA. **Quem somos**. São Pedro da Aldeia, RJ: PROLAGOS: AEGEA, 2025. Disponível em: <https://www.prolagos.com.br/quem-somos/>. Acesso em: 29 jul. 2025.

REINFRA CONSULTORIA. **Saneamento em áreas irregulares nas grandes cidades brasileiras**. São Paulo: ITB, 2022. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/book-areas-irregulares.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2025.

RIBEIRO, N. B. **Governança sistêmica das águas**: proposição de um modelo analítico e sua aplicação na Bacia Lagos São João, RJ. Orientador: Rosa Maria Formiga Johnsson. 2016. 235 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.bdttd.uerj.br/handle/1/14308>. Acesso em: 18 jul. 2025.

RIO ANTIGO. Fotos antigas do Rio de Janeiro. **Morro da Providência antigo morro da favela**: 1920. Rio de Janeiro, 14 jan. 2015. Facebook: @fotosantigasdoriodejaneiro. Disponível em: https://www.facebook.com/photo.php?fbid=751689334909369&id=361248797286760&set=a.361254687286171&locale=pt_BR. Acesso em: 26 ago. 2025.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade. **Obras**. Rio de Janeiro, RJ: PSAM, [2025?]. Disponível em: <https://psam.eco.br/obras-e-projetos/>. Acesso em: 26 ago. 2025.

SANTOS, T. Economia e o mar: conceitos e definições. In: SANTOS, T.; BEIRÃO, A. P.; ARAÚJO FILHO, M. C.; CARVALHO, A. B. (org.). **Economia azul**: vetor para o desenvolvimento do Brasil. São Paulo: Essential Idea Ed., 2022. p. 38-56.

SHAMSHAD, J.; REHMAN, R. U. Innovative approaches to sustainable wastewater treatment: a comprehensive exploration of conventional and emerging technologies. **Environmental Science: Advances**, v. 4, p. 189-222, 2025. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2025/va/d4va00136b>. Acesso em: 17 jul. 2025.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (Brasil). **Painel de indicadores – 2024**. [Brasília, DF: Ministério das Cidades], 2024. Disponível em: <https://indicadores-sinisa-2025.cidades.gov.br/dashboard?-modulo=agua>. Acesso em: 18 jul. 2025.

VARGAS, J.; HERSCOVICI, A. A tragédia dos commons revisitada: uma análise crítica. **Análise Econômica**, v. 35, n. 67, p. 105-128, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/2176-5456.54987>. Acesso em: 26 jul. 2025.

Sobre os autores

Márcio Barroso Santa Rosa

Engenheiro civil, pós-graduado em Gerenciamento de Projetos (Fundação Getúlio Vargas - FGV). Atuou como consultor em Gestão de Projetos de Meio Ambiente, Cidades Sustentáveis e Sustentabilidade; desenvolveu o Plano de Gestão Ambiental da candidatura do Rio de Janeiro aos Jogos Olímpicos de 2016 para o Comitê Olímpico Internacional/Comitê Olímpico Brasileiro (COI/COB); foi gerente técnico do Programa de Saneamento Ambiental da Baía de Guanabara (PSAM/BID/SEAS) e gerente de Sustentabilidade e Energia e do Núcleo de Inovação da Prefeitura do Rio (2017-2020). Coordenou cursos de pós-graduação em Construções Sustentáveis, Habitações Sociais e Smart Cities. Atua como organizador de feiras, fóruns e seminários dedicados a temas como Cidades Sustentáveis, Gestão Urbana Integrada e Saneamento Ambiental. É palestrante e coautor do livro *A Epopeia do Saneamento da revolução sanitária às tecnologias do futuro*, publicado em 2023. Atualmente é coordenador do Programa Guanabara Azul e de Economia Azul e Baías da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS).

Moema Versiani Acselrad

Doutora em Engenharia Civil com ênfase em Recursos Hídricos e Saneamento (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ); mestre em Engenharia Civil com ênfase em Geotecnia Ambiental (COPPE/UFRJ); bacharel e licenciada em Matemática (UFRJ). Servidora concursada do Instituto Estadual do Ambiente (Inea) desde 2014, participou da construção e do fortalecimento do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro desde 2007, tendo atuado também como especialista em Recursos Hídricos na Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) de 2003 a 2014. Atualmente é superintendente de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS). <http://lattes.cnpq.br/8430804748655590>

Alex Leão da Fonseca

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geociências (Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ), com foco em Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais; mestre em Regulação e Gestão de Recursos Hídricos pela UERJ; graduado em Engenharia Civil (Universidade Estácio de Sá - UNESA); especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental e em Segurança do Trabalho. Pesquisador do Centro de Pesquisas e Estudos sobre Desastres (CEPEDES/UERJ), com pesquisa voltada para a modelagem hidrológica. Atualmente é coordenador na Coordenadoria de Planejamento e Articulação para Segurança Hídrica da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS). <http://lattes.cnpq.br/1142384273435052>

Helena Marquini Zuntini Pinto

Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária, na linha de pesquisa em Gestão Sustentável de Recursos Hídricos (Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ); graduada em Engenharia Ambiental, e especialista em Gestão de Projetos (Universidade de São Paulo - USP). Atualmente, compõe a equipe técnica da Superintendência de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS). <http://lattes.cnpq.br/5535379942996938>.

Luiz Constantino da Silva Junior

Mestre em Zoologia (Programa de Pós-Graduação em Zoologia – PPGZOO - Museu Nacional do Rio de Janeiro/UFRJ - 2008); bacharel em Ciências Biológicas - Modalidade Biologia Marinha (Universidade Federal do Rio de Janeiro - 2005), em que trabalhou com pesca artesanal de elasmobrânquios na costa do município do Rio de Janeiro e com pesca e ecologia de peixes na Baía de Guanabara. Atuou como consultor independente na elaboração de Estudos de Impacto Ambiental, monitoramento de ictiofauna e de desembarque pesqueiro da pesca artesanal. Atualmente é biólogo da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS); coordenador da Câmara Técnica de Instrumentos de Gestão (CTIG) e Câmara Técnica de Integração da Gestão das Bacias Hidrográficas e dos Sistemas Estuarinos e Zona Costeira (CTCOST) do CERHI-RJ. Participou da elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI-RJ) e de diversos Planos de Recursos Hídricos. <https://lattes.cnpq.br/841198802280502626>.

Leonardo Silva Fernandes

Doutor em Políticas Públicas, Estratégia e Desenvolvimento (Instituto de Economia da UFRJ); mestre em Ciência Florestal (UFV); especialista em Análise Ambiental e Gestão do Território (ENCE/IBGE); graduado em Biologia. Servidor concursado do Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (Inea), atuou na fiscalização ambiental junto à Superintendência Regional Macaé e Ostras, participou da elaboração e planejamento de diversos planos e projetos, como o Projeto Conexão Mata Atlântica; Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul; Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro; Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Macaé e Ostras. Atualmente faz parte da equipe da Coordenadoria de Economia Azul e Baías da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade e coordena a Câmara Técnica de Lagoas Costeiras do Comitê de Bacia da Região Hidrográfica Macaé e Ostras. <http://lattes.cnpq.br/9380075331111660>

Ana Larronda Asti

Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade (CPDA/UFRRJ); MBA em Responsabilidade Social Corporativa (UFRJ); graduada em Administração de Empresas (IBMEC). Possui experiência em desenvolvimento sustentável, especialmente em projetos focados em desenvolvimento local e economia azul, bem como na criação de redes de negócios de impacto socioambiental e gestão de projetos. Atualmente, atua como subsecretária de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental do Estado do Rio de Janeiro, secretária executiva do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (CERHI-RJ), presidente do Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP), diretora do Comitê de Bacia da Região Hidrográfica do Guandu-RJ, e coordenadora da Comissão Estadual para a Implementação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Rio de Janeiro. <http://lattes.cnpq.br/0696509995434223>.

Anexo 1 - Inserção da Gestão Costeira no âmbito da Política de Recursos Hídricos no estado do Rio de Janeiro, destacando aspectos institucionais do CERHI-RJ e dos seis comitês de bacia costeiros.

	Conselho Estadual de Recursos Hídricos CERHI-RJ	Comitê de Bacia da Baía de Ilha Grande CBH BIG - RH I	Comitê de Bacia do Guandu CBH Guandu - RH II	Comitê de Bacia da Baía de Guanabara CBH BG - RH V	Comitê de Bacia Lagos São João CBH LSJ - RH VI	Comitê de Bacia Macaé Ostras CBH MO - RH VII	Comitê de Bacia Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana CBH BPSI - RH IX
Regimento Interno/ Decreto de Criação	Decreto Nº 27.208, de 02 de outubro de 2000 Art. 2º, Inc. II: Promover, no que couber, a integração entre a Política Estadual de Recursos Hídricos com as demais Políticas Estaduais, em particular com as de Meio Ambiente, Gerenciamento Costeiro, bem como com a tutela das Unidades de Conservação.	Revisão do Regimento provado pela Plenária na 61ª reunião extraordinária de 09 de dezembro de 2021. São objetivos do comitê compatibilizar a gestão dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, com o desenvolvimento regional, o gerenciamento costeiro e a proteção do meio ambiente, às diversidades físicas, geográficas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais, históricas e culturais da sua área de atuação. E dentre suas atribuições destaca-se a promoção do debate das questões relacionadas aos recursos hídricos e ao gerenciamento costeiro, bem como a integração para os assuntos de interesse comum entre os usuários.	Revisão do Regimento provado pela Plenária em reunião extraordinária de 24 de outubro de 2022. São objetivos do comitê, dentre outros (Artigo 5º): Integrar a gestão das bacias hidrográficas com os sistemas estuarinos e zonas costeiras, visando o desenvolvimento regional e a proteção do meio ambiente, adequando-o às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais, históricas e culturais da sua área de atuação. E dentre as competências (Artigo 6º), integrar a gestão das águas interiores, das águas subterrâneas, dos estuários e da zona costeira adjacente.	Nada consta	Revisão do Regimento provado pela Plenária em reunião de 24 de novembro de 2021. Segundo o Artigo 4º Inciso V e X, são objetivos do comitê, respectivamente, garantir a segurança hídrica da RH VI ao identificar as causas e efeitos adversos da poluição, das inundações, das estiagens, da erosão do solo e do assoreamento dos corpos hídricos nas áreas urbanas, rurais e zonas costeiras da sua área de atuação; promover a integração da gestão do saneamento básico com a gestão de recursos hídricos, bem como, com a gestão ambiental e da zona costeira.	Resolução Nº 177, de 14 de novembro de 2023. Dentre os objetivos do comitê: promover a integração da gestão do saneamento básico com a gestão de recursos hídricos, bem como, com a gestão ambiental e das zonas costeiras (Artigo 5º, Inciso V). E dentre as competências do comitê, integrar a gestão das águas interiores, das águas subterrâneas, dos estuários e da zona costeira da sua área de atuação (Artigo 7º, Inciso XXVI).	Nada consta

Continua

Anexo 1 - Inserção da Gestão Costeira no âmbito da Política de Recursos Hídricos no estado do Rio de Janeiro, destacando aspectos institucionais do CERHI-RJ e dos seis comitês de bacia costeiras.							
	Conselho Estadual de Recursos Hídricos CERHI-RJ	Comitê de Bacia da Baía de Ilha Grande CBH BIG - RH I	Comitê de Bacia do Guandu CBH Guandu - RH II	Comitê de Bacia da Baía de Guanabara CBH BG - RH V	Comitê de Bacia Lagos São João CBH LSJ - RH VI	Comitê de Bacia Macaé Ostras CBH MO - RH VII	Comitê de Bacia Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana CBH BPSI - RH IX
Câmara Técnica e/ou Grupo de Trabalho	Resolução CERHI-RJ Nº 274, de 31/10/2023. Dispõe sobre a criação e as diretrizes de funcionamento da Câmara Técnica de Integração da Gestão das Bacias Hidrográficas e dos Sistemas Estuarinos e Zona Costeira – CTCOST. Artigo 3º, compete à CTCOST, dentre outras: analisar e propor mecanismos de integração das políticas de gestão de recursos hídricos e de gerenciamento costeiro, considerando também as demais políticas públicas incidentes e analisar e propor ações, visando à minimização ou à solução de conflitos de uso de recursos hídricos na zona costeira e sistemas estuarinos.	Nada consta	Nada consta	Resolução CBH Baía de Guanabara nº 110, de 17 de janeiro de 2022. Dispõe sobre a criação e as diretrizes de funcionamento da Câmara Técnica Costeira com a finalidade de promover a integração entre as gestões hídrica e costeira, avaliando o impacto regulatório e o cumprimento das normas de referência.	Resolução CBHLSJ Nº 114 de 15 de maio de 2020. Cria a Câmara Técnica de Gerenciamento Costeiro e Usos Múltiplos do Comitê de Bacia Hidrográfica Lagos São João, e revoga as resoluções 25/2009 e 43/2011 do CBHLSJ que cria, respectivamente, as Câmaras Técnicas de Zoneamento de Usos Múltiplos de Corpos Hídricos e de Gestão e Ordenamento dos Usos Múltiplos, Dentre as principais competências desta câmara (Artigo 3º) destacam-se: discutir no seu âmbito, de forma ampla e integrada e propor ações diversas aos seus membros visando, dentre outras, à definição de regras operativas, adequações técnicas, execução de obras e implementação de medidas preventivas e corretivas para disciplinar o uso múltiplo dos corpos hídricos e o ordenamento do litoral, incluindo o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, visando o uso sustentável dos recursos naturais da zona costeira e o combate ao lixo marinho sob a jurisdição da Região Hidrográfica VI, Lagos São João; e propor ao Comitê de Bacia Hidrográfica Lagos São João ações a serem incluídas no Plano das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos e do Rio São João e investimentos necessários para a otimização e fiscalização do uso múltiplo dos corpos hídricos e do gerenciamento costeiro.	Resolução Nº 02, de 04 de março de 2008. Institui nova Câmara Técnica e altera a denominação das existentes. Onde, segundo o inciso IV do artigo 2º, compete à Câmara Técnica Lagoas e Zona Costeira: propor à Plenária do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Macaé e das Ostras (CBH - Macaé e das Ostras) resoluções que regulamentem a Política Estadual de Recursos Hídricos nos itens e artigos que tratem da Gestão das Águas nas Lagoas e na Zona Costeira, ouvida a Câmara Técnica de Assuntos Institucionais e Legais.	Resolução CBH-BPSI. Nº. 031 de 13 de agosto de 2019. Dispõe sobre a criação de grupo de trabalho de barra de lagoas. Dentre os principais objetivos (artigo 4º) destacam-se: I – Buscar dados técnicos, estudos e levantamentos de dados que abordem a questão das aberturas e fechamento de barras de lagoas costeiras na região; II – Convidar especialistas e estudiosos que tragam informações que venham a auxiliar nos debates e tomada de decisão acerca do tema.

Continua

Anexo 1 - Inserção da Gestão Costeira no âmbito da Política de Recursos Hídricos no estado do Rio de Janeiro, destacando aspectos institucionais do CERHI-RJ e dos seis comitês de bacia costeiras.							
	Conselho Estadual de Recursos Hídricos CERHI-RJ	Comitê de Bacia da Baía de Ilha Grande CBH BIG - RH I	Comitê de Bacia do Guandu CBH Guandu - RH II	Comitê de Bacia da Baía de Guanabara CBH BG - RH V	Comitê de Bacia Lagos São João CBH LSJ - RH VI	Comitê de Bacia Macaé Ostras CBH MO - RH VII	Comitê de Bacia Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana CBH BPSI - RH IX
Outras Resoluções	Nada consta	Nada consta	Nada consta	Nada consta	<p><u>Resolução CBHLSJ Nº 127, de 20 de outubro de 2020.</u> Aprova a disponibilização de recursos financeiros do CBHLSJ no montante de R\$ 394.877,26 para execução do Plano de Abordagem Ecosistêmica na Gestão Costeira da Bacia Hidrográfica Lagos São João.</p> <p><u>Resolução CBHLSJ Nº 158, 03 de setembro de 2021.</u> Aprova a integração do Plano de Ordenamento de Usos Múltiplos da Laguna de Araruama e do Plano de Abordagem Ecosistêmica na Gestão Costeira da Bacia Hidrográfica Lagos São João à Revisão e Complementação do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Lagos São João.</p>	<p><u>Resolução Nº 36, de 10 de abril de 2013.</u></p> <p>Cria o Grupo de Trabalho sobre a Lagoa Imboassica no âmbito da Câmara Técnica de Lagoas Costeiras com os principais objetivos de propor a regulamentação do nível de operação do canal extravasor e vertedouro da Lagoa de Imboassica; propôs critérios para o exercício da pesca na Lagoa de Imboassica e Elaborar uma proposta de criação de Unidade de Conservação para a área.</p>	Nada consta

Continua

Anexo 1 - Inserção da Gestão Costeira no âmbito da Política de Recursos Hídricos no estado do Rio de Janeiro, destacando aspectos institucionais do CERHI-RJ e dos seis comitês de bacia costeiros.							
	Conselho Estadual de Recursos Hídricos CERHI-RJ	Comitê de Bacia da Baía de Ilha Grande CBH BIG - RH I	Comitê de Bacia do Guandu CBH Guandu - RH II	Comitê de Bacia da Baía de Guanabara CBH BG - RH V	Comitê de Bacia Lagos São João CBH LSJ - RH VI	Comitê de Bacia Macaé Ostras CBH MO - RH VII	Comitê de Bacia Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana CBH BPSI - RH IX
Plano de Recursos Hídricos	Nada consta	<u>Plano de Bacia (2019)</u> . Programa de Articulação para a Gestão, subprograma 10.1 – Articulação com os órgãos gestores e ação 10.1.2 – Atuação conjunta aos órgãos ligados ao gerenciamento costeiro.	<u>Plano de Bacia (2018)</u> . Programa Integração do gerenciamento costeiro ao PERH Guandu (R\$4.075.000,00). Segundo Relatório Anual de Implementação (2024), a ação prevista dentro desse programa é a realização de um Estudo da ocorrência da intrusão salina na RH II, a ser desenvolvido por meio de edital de pesquisa a ser publicado junto à FAPERJ. Ação prioritária destacada no Manual Operativos do Plano Estratégico de Recursos Hídricos (2023 – 2026): levantamento da situação atual do gerenciamento costeiro da RH II, identificação de interfaces com o PERH-Guandu e recomendação de ações integradas de gerenciamento (R\$425.000,00)	<u>Plano de Bacia (2005)</u> : não tem programa previsto de integração de recursos hídricos com gestão costeira, mas apresenta um capítulo discutindo sobre o sistema de gestão da região hidrográfica da Baía de Guanabara e área costeira adjacente. <u>Plano de RH (2021)</u> : prevê atualização e complementação do plano de recursos hídricos da região hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá, contemplando Planos de Manejo de Usos Múltiplos de Lagoa ou Laguna (PMULS) relatório de diretrizes para a gestão dos sistemas lagunares da região hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá. As várias ações que tangem a gestão costeira em diversos programas foram orçadas pelo plano em cerca de R\$14.200.000,00	<u>Plano de Bacia (2005)</u> : Vol IX - Plano Regional de Gerenciamento Costeiro	Nada consta	Nada consta

Continua

Anexo 1 - Inserção da Gestão Costeira no âmbito da Política de Recursos Hídricos no estado do Rio de Janeiro, destacando aspectos institucionais do CERHI-RJ e dos seis comitês de bacia costeiros.							
	Conselho Estadual de Recursos Hídricos CERHI-RJ	Comitê de Bacia da Baía de Ilha Grande CBH BIG - RH I	Comitê de Bacia do Guandu CBH Guandu - RH II	Comitê de Bacia da Baía de Guanabara CBH BG - RH V	Comitê de Bacia Lagos São João CBH LSJ - RH VI	Comitê de Bacia Macaé Ostras CBH MO - RH VII	Comitê de Bacia Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana CBH BPSI - RH IX
PAP/PAAD (2026-2027)	Não se aplica	Nada consta	Nada consta	Programa 2.3.2 - Estruturação, desenvolvimento e realização de programas e projetos destinados a Pagamentos por serviços ambientais (PSA) de proteção dos recursos hídricos - desenvolvimento de ações deliberadas a partir da CTCOST (PSA Costeiro) no valor de R\$ 1.000.000,00.	Programa de Gestão Ambiental da Zona Costeira e Oceânica, subprograma 2.6.1. Executar ações e projetos que promovam o ordenamento dos usos múltiplos, o gerenciamento costeiro e o monitoramento estatístico pesqueiro dos corpos hídricos inseridos na RH VI, com valor orçado de R\$ 1.680.564,68.	Nada consta	Nada consta

Fonte: UGP/PRO Sustentável (2024).



BIBLIOTECA
DO INEA

CONHEÇA NOSSAS PUBLICAÇÕES E VENHA PESQUISAR NA NOSSA BIBLIOTECA

A biblioteca do Inea é aberta ao público e reúne estudos, planos, cartilhas e publicações de interesse geral. Venha nos fazer uma visita ou acesse nossas publicações pelo Portal Inea.

Consulte nosso catálogo:

https://biblioteca.inea.rj.gov.br/sophia_web/

Avenida Venezuela, 110/subsolo - Saúde - Rio de Janeiro - RJ

inea instituto estadual
do ambiente

Secretaria do
Ambiente e
Sustentabilidade



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO