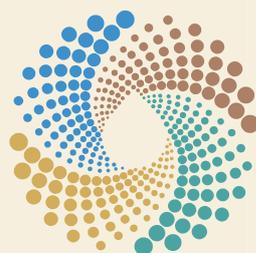


Série Saneamento

Caderno temático

4

Economia Circular



Plansab
Plano Nacional de Saneamento Básico

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Luiz Inácio Lula da Silva - Presidente da República

Jader Barbalho Filho - Ministro das Cidades

Hailton Madureira de Almeida - Secretário-Executivo do Ministério das Cidades

Leonardo Carneiro Monteiro Picciani - Secretário Nacional de Saneamento Ambiental

Marcello Martinelli de Mello Pitrez - Diretor do Departamento de Cooperação Técnica

Geraldo Lopes da Conceição Cunha - Coordenador-Geral de Planejamento e Monitoramento

Samuel Weimar Cavalcante e Silva - Coordenador de Planejamento e Monitoramento

COORDENAÇÃO

Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental / Ministério das Cidades

EQUIPE TÉCNICA DO PLANSAB

Daiana Lira de Araujo

Geraldo Lopes da Conceição Cunha

Leina Santos Costa

Magnus Martins Caldeira

Matheus Paz Costa Ramos

Rafaela Mendes Serique

Renan Pereira Almeida

Samuel Weimar Cavalcante e Silva

Thiago Lappicy Lemos Gomes

EQUIPE DE APOIO

Enivalda Souza dos Santos Cruz

Ivon Mualem da Fonseca

SÉRIE SANEAMENTO - CADERNO TEMÁTICO 4 - ECONOMIA CIRCULAR

ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO

Marcela Nectoux

Nathália Menezes

REVISÃO DE TEXTOS, PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Arte em Movimento

BRASÍLIA - DISTRITO FEDERAL

ABRIL DE 2025

Este produto foi realizado no âmbito do Projeto de Cooperação Técnica BRA/IICA/13/005 - MCID_INTERÁGUAS - SANEAMENTO em contrato celebrado entre a ARTE EM MOVIMENTO LTDA. e o INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA – IICA.

4

Série Saneamento

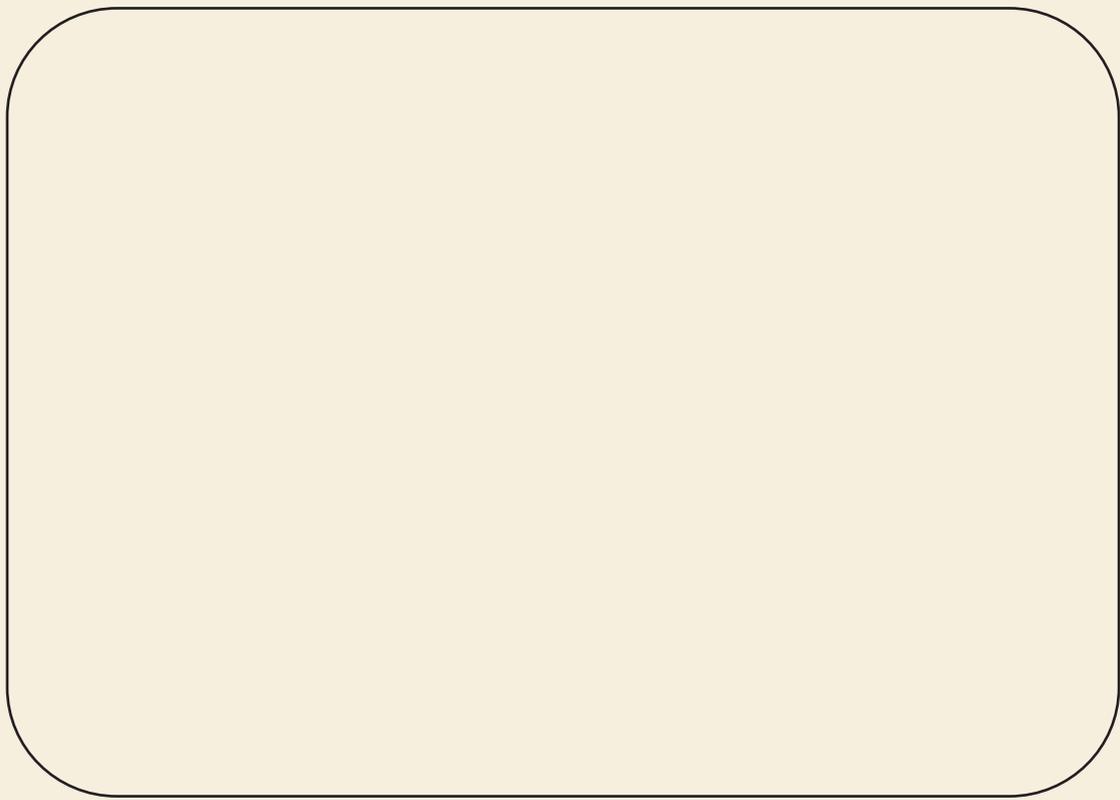
Caderno temático

Economia Circular



MINISTÉRIO DAS
CIDADES





APRESENTAÇÃO

No Brasil, o conceito de Economia Circular tem crescido em dimensão, em que se busca a adoção de normativos regulatórios, investimento em infraestrutura e implementação de políticas abrangentes à promoção desse modelo de produção, tendo um grande potencial a ser explorado em toda a América Latina.

O presente caderno temático apresenta, em síntese, esse modelo de produção que objetiva maximizar a redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia, com aumento de eficiência, durante todas as fases dos serviços públicos, e está em consonância com as diretrizes estabelecidas no Marco Legal, na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e nas recentes Políticas Públicas Federais voltadas para o desenvolvimento econômico sustentável do Brasil.

Nesse sentido, o Caderno Temático de Economia Circular, junto ao Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), propõe a promoção da agenda de sustentabilidade no setor, sem prescindir do equilíbrio econômico-financeiro dos contratos, devido aos atuais desafios sociais, ambientais e climáticos.

Para compor o Projeto de Cadernos Temáticos da 2ª revisão quadrienal, o presente trabalho foi realizado com base na literatura nacional e internacional, em matérias jornalísticas e relatórios de organismos multilaterais. A conclusão deste levantamento está dividida em 6 capítulos, que foram sistematizados para apresentar uma visão holística sobre o tema, oportunidades de novos negócios no setor e como insumo para o planejamento de políticas públicas integradas.

Após a introdução, o capítulo 2 aborda o histórico e a contextualização da economia circular sob a perspectiva histórica, filosófica e global. Analisa, ainda, sua correlação com a sustentabilidade, a inovação e as mudanças climáticas.

O capítulo 3 considera a circularidade em todos os eixos do saneamento, partindo de uma visão jurídico-regulatória para o campo técnico, com possíveis oportunidades a serem exploradas. O capítulo 4 apresenta *cases* de sucesso de empresas públicas e privadas, ao passo que o capítulo 5 apresenta os desafios, instrumentos para implementação e visão de futuro a partir dos aspectos citados nos tópicos anteriores.

Com isso, espera-se induzir a um ambiente de negócios cujos investimentos possam:

- i) gerar valor aos prestadores e acionistas (públicos e privados)
- ii) reduzir custos
- iii) promover externalidades socioambientais positivas para o enfrentamento das mudanças climáticas
- iv) colaborar diretamente para o alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº 12 da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), e
- v) produzir e disseminar conhecimento do tema.

Ao final, anexamos uma importante contribuição sintética da economia circular: o Diagrama de Borboleta, elaborado pela Fundação Ellen MacArthur, que consegue transmitir como os princípios da economia circular podem gerar benefícios concretos para as pessoas e o meio ambiente, detalhados ao longo deste Caderno.

Por fim, lembramos que o Ministério das Cidades apoia qualquer ação que vise promover a dignidade humana e que o conteúdo deste Caderno é de contribuição dos seus elaboradores.

Uma ótima leitura!

Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

LISTA DE ABREVIATURAS

ABREMA – Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento

CAPEX – *Capital Expenditure*

CDR – Combustível Derivado de Resíduos

CH4 – Metano

COGERH – Companhia de Gestão de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

ENAC – Estratégia Nacional de Economia Circular

EPAR – Estação de Produção de Água de Reúso

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FMI – Fundo Monetário Internacional

FNEC – Fórum Nacional da Economia Circular

GEE – Gases de Efeito Estufa

GNV – Gás Natural Veicular

Marco Legal – Lei nº 11.445/2007

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

NDC – Contribuição Nacionalmente Determinada

ODS – Objetivo de Desenvolvimento Sustentável

OIT – Organização Internacional do Trabalho

ONU – Organização das Nações Unidas

ONU-HABITAT – Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos

OPEX – *Operational Expenditure*

PATEN – Programa de Aceleração de Transição Energética

PCHs – Pequenas Centrais Hidroelétricas

PIB – Produto Interno Bruto

Planares – Plano Nacional de Resíduos Sólidos

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PPP – Parceria Público-Privada

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SbN – Soluções Baseadas na Natureza

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SPEs – Sociedades de Propósitos Específicos

SSDU – Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana

UE – União Europeia

UTM – Unidade de Triagem Mecanizada

WtE – *Waste-to-Energy*

SUMÁRIO

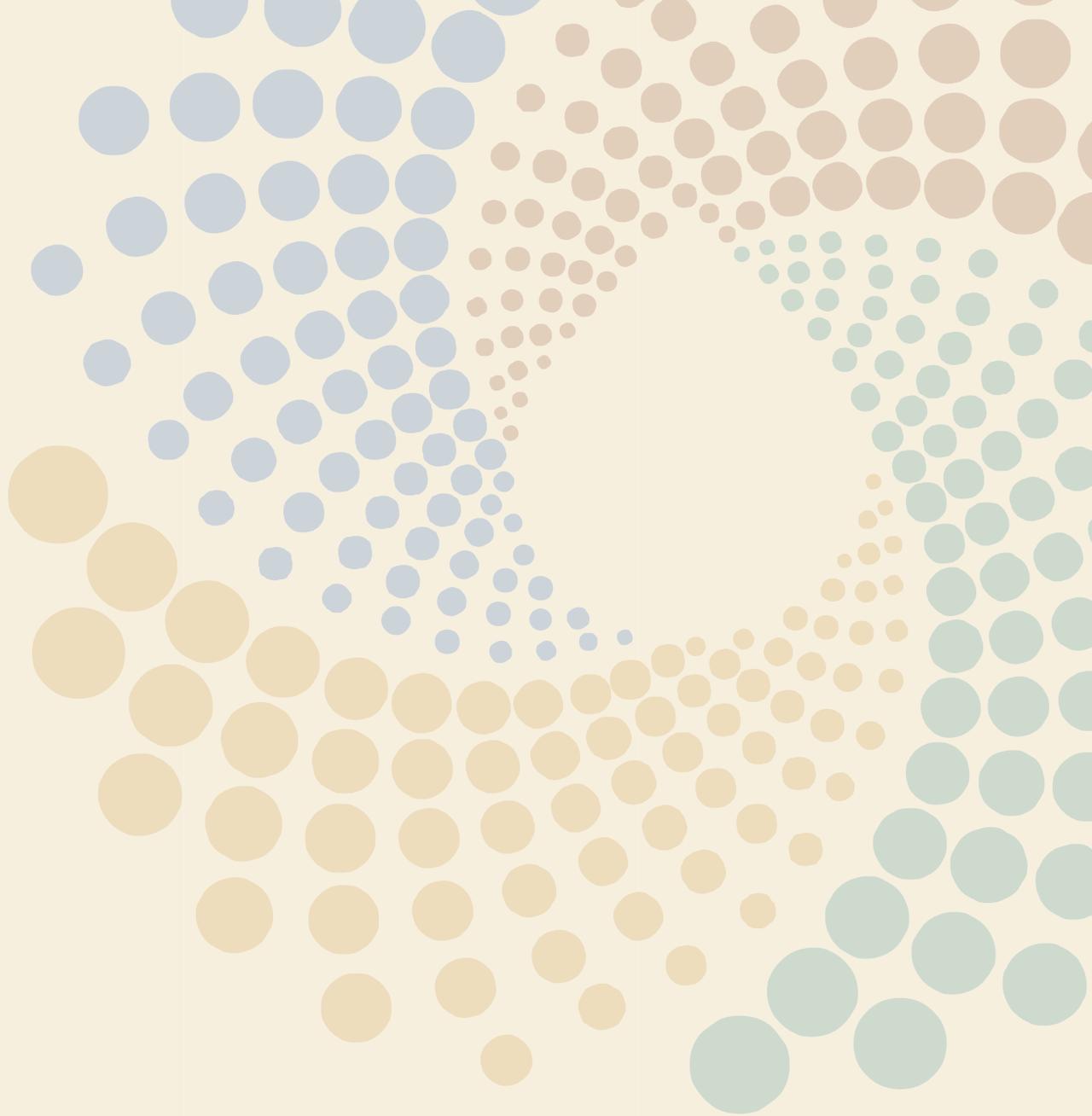
1. INTRODUÇÃO	9
2. HISTÓRICO E CONTEXTUALIZAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR	11
2.1 A Evolução dos Modelos de Produção: da Economia Linear à Circular	
2.1.1 Origem Filosófica e Científica	
2.1.2 Mas, afinal, o que é a economia circular?	
2.2 Economia Circular, Sustentabilidade, Inovação e Mudanças Climáticas: uma correlação necessária	
2.3 Panorama da Economia Circular do mundo	
2.3.1 O <i>Green New Deal</i> europeu e o cenário da economia circular na União Europeia	
2.3.2 Economia Circular: potencial não explorado	
2.3.3 Panorama da maturidade regulatória e das políticas públicas	
3. ECONOMIA CIRCULAR E SANEAMENTO	29
3.1 Arcabouço legal e regulatório	
3.2 Abastecimento de água e esgotamento sanitário	
3.2.1 Reúso de água	
3.2.2 Produção de biogás, biometano e biofertilizantes	
3.3 Resíduos sólidos e drenagem urbana	
3.3.1 Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos	
3.3.2 Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas	
3.4 Oportunidades a serem exploradas: geração de emprego e renda	
4. CASES DE SUCESSO	57
4.1 Cagece e Utilitas – Água de reúso para <i>hub</i> de hidrogênio verde	
4.2 Sabesp – Aquapolo: água de reúso para fins industriais	
4.3 Sanepar – Aproveitamento de resíduos	
4.4 BRK – Eficiência energética: autogeração de energia (fotovoltaica) e compra no Mercado Livre de Energia	
4.5 Iguá – Aproveitamento de manta dos <i>geobags</i> aplicada na agricultura familiar	
4.6 Orizon 1 – Ecoparque Jabotão: transformando o passivo ambiental em oportunidades sustentáveis	
4.7 Orizon 2 – Recuperação energética de resíduos para avanço na gestão de resíduos de baixo carbono	
4.8 <i>GreenPlat</i> – Logística reversa no estado de São Paulo	

5. DESAFIOS, INSTRUMENTOS PARA IMPLEMENTAÇÃO E VISÃO DE FUTURO DA ECONOMIA CIRCULAR NO SANEAMENTO.....	79
5.1 Desafios para implementação	
5.2 O Plano Nacional da Economia Circular	
5.3 Matriz SWOT	
5.4 Um <i>framework</i> para a economia circular no saneamento	
5.5 Indicadores de economia circular compatíveis com o setor	
5.6 Economia do saneamento	
5.7 Aspectos de viabilidade e financiabilidade	
5.8 Visão de futuro: economia circular no contexto da agenda global	
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
ANEXO	101

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico avança na direção da universalização dos serviços públicos, como instrumento para atender às necessidades básicas dos cidadãos e promover a melhoria da saúde pública, do meio ambiente e a qualidade de vida.

Contudo, a maneira como o objetivo final será alcançado também importa. E esse é o ponto central do estudo a seguir apresentado: a economia circular como um novo modelo mais sustentável para prestação dos serviços públicos de saneamento.



CAPÍTULO 2

Histórico e Contextualização da Economia Circular

2

HISTÓRICO E CONTEXTUALIZAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR

Ao longo do tempo, os modelos de produção econômica evoluíram em resposta às transformações sociais, avanços tecnológicos e limites ambientais. Esta seção visa apresentar uma contextualização dessa transição. Inicia-se com a visão linear, caracterizada por uma abordagem “fim de tubo”, que dominou a produção industrial desde a Revolução Industrial, para o desenvolvimento de um modelo que visa maximizar a eficiência dos recursos, promovendo o reúso, reciclagem e princípios de *design* regenerativo.

2.1 A Evolução dos Modelos de Produção: da Economia Linear à Circular

A presente contextualização abrange desde as origens filosóficas que sustentaram a visão de mundo que priorizava redução de custos e escalabilidade da produção em detrimento da sustentabilidade a longo prazo até a conceituação da economia circular, que propõe uma alternativa ao modelo anterior dados os limites impostos pela finitude de recursos, geração de resíduos e mudanças climáticas.

2.1.1 Origem Filosófica e Científica

Na civilização ocidental, a suposição subjacente sobre o universo como uma máquina permeou todas as esferas da vida – social, cultural e científica. E isso nos forneceu o método científico do reducionismo: compreender o todo por meio da análise das partes.

Esse método foi descrito por René Descartes em “Um discurso sobre o método”, publicado em 1637, conforme trecho a seguir: “dividir todas as dificuldades sob exame em tantas partes quanto possível e quantas forem necessárias para resolvê-las da melhor maneira... Conduzir meus pensamentos em uma dada ordem, começando com os objetos mais simples e facilmente compreendidos, e ascender gradualmente, passo a passo, ao conhecimento dos mais complexos¹”.

¹ <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/artigos/como-historia-tracou-caminho-economia-circular>

Nós nos tornamos tão hábeis em usar esse método que agora o utilizamos de forma inconsciente em todos os tipos de questões, inclusive nos modelos de produção. É uma linha de raciocínio útil para lidar com problemas lineares, de causa e efeito, como consertar um motor, mas potencialmente prejudicial quando aplicado a problemas altamente complexos e dinâmicos, como as mudanças climáticas.

Com a chegada da era digital e o poder de computar quantidades inéditas de dados, surgiram novos *insights* que lançam dúvidas sobre as certezas de uma visão de mundo científica determinista. Novas descobertas provaram que o universo é dinâmico e não linear, permeado por interdependências e retroalimentação².

O estudo dos sistemas complexos examina a natureza das relações em fenômenos dinâmicos e estuda como os elementos se combinam para produzir, no todo, um efeito maior do que as capacidades individuais desses elementos. Para alcançar qualquer tipo de compreensão sobre sistemas complexos, é necessário romper os limites do pensamento reducionista linear e começar a pensar em sistemas³.

Embora essa mudança esteja em andamento, deve-se ter cuidado para não eliminar totalmente a mentalidade mecanicista, que, além de ter contribuído para a humanidade, continua importante a depender do contexto apresentado.

2.1.2 Mas, afinal, o que é a economia circular?

A evolução do pensamento linear para o circular, sem processo de exclusão, alcançou os modelos produção, devido às consequências ambientais e sociais evidenciadas, notadamente, pela poluição e mudanças climáticas.

Isso porque a economia linear é um modelo de produção e consumo que se caracteriza pela extração de recursos naturais, produção de bens e descarte dos resíduos. Também é conhecida como economia *take-make-waste*, que significa “extrair-produzir-desperdiçar”.

Para traduzir parte desse cenário em números, em 2018 o Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (ONU-HABITAT)⁴ anunciou que são produzidas mais de 2 bilhões de toneladas de resíduos no mundo, por ano, causando problemas de saúde e poluindo nosso meio ambiente.

² <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/artigos/como-historia-tracou-caminho-economia-circular>

³ Idem

⁴ <https://unhabitat.org/ms-maimunah-mohd-sharif-united-nations-under-secretary-general-and-executive-directors-message-on-world-habitat-day>

Por isso, um dos marcos para a consolidação do conceito de economia circular foi a publicação do livro “Do Berço ao Berço”⁵, em 2002, por William McDonough e Michael Braungart. Segundo Lacy & Rutqvist (2015)⁶, essa publicação significou uma mudança de paradigma do tema, com o foco da discussão da lógica de produção se voltando a uma proposta de solução.

Sob essa nova perspectiva, segundo McDonough & Braungart (2002)⁷, o conhecido conceito “*triple bottom line: people, planet and profit*”⁸ pode ser mais bem aproveitado se for visto como “*triple top line*”⁹, isto é, como uma perspectiva *ex ante* à concepção de negócios e soluções, em vez de apenas um enquadramento *a posteriori*. Dessa forma, se abrem maiores oportunidades de geração de valor nos três pilares, a partir de um modelo circular de produção econômica.

Em adição, McDonough & Braungart (2002)¹⁰ ensinam que a chamada “ecoefetividade”¹¹ vê o mercado como o motor da mudança e honra a sua necessidade de funcionar como um modo ágil e produtivo. Porém, reconhecem que se o mercado ignorar questões ligadas aos aspectos ambientais, sociais e culturais provocará um cenário de tragédia dos comuns em larga escala, destruindo recursos humanos e naturais às próximas gerações.

A tragédia dos comuns se refere a uma situação na qual indivíduos com acesso a um recurso público — também chamado de comum — agem em seu próprio interesse e, ao fazê-lo, acabam esgotando o recurso. Essa teoria econômica foi conceituada em 1833 pelo escritor britânico William Forster Lloyd.

⁵ Do original, em inglês, *Cradle to Cradle*

⁶ LACY, Peter; RUTQVIST, Jacob, *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*, 2015

⁷ MCDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael, *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*

⁸ O conceito do TBL (*triple bottom line*), ou Tripé da Sustentabilidade, foi proposto por ELKINGTON (1997) e compreende os aspectos econômicos, social e ambiental dos negócios. Esse conceito ganhou reconhecimento considerável desde a sua proposição, sendo atualmente componente das estratégias das empresas na inovação e na geração de valor.

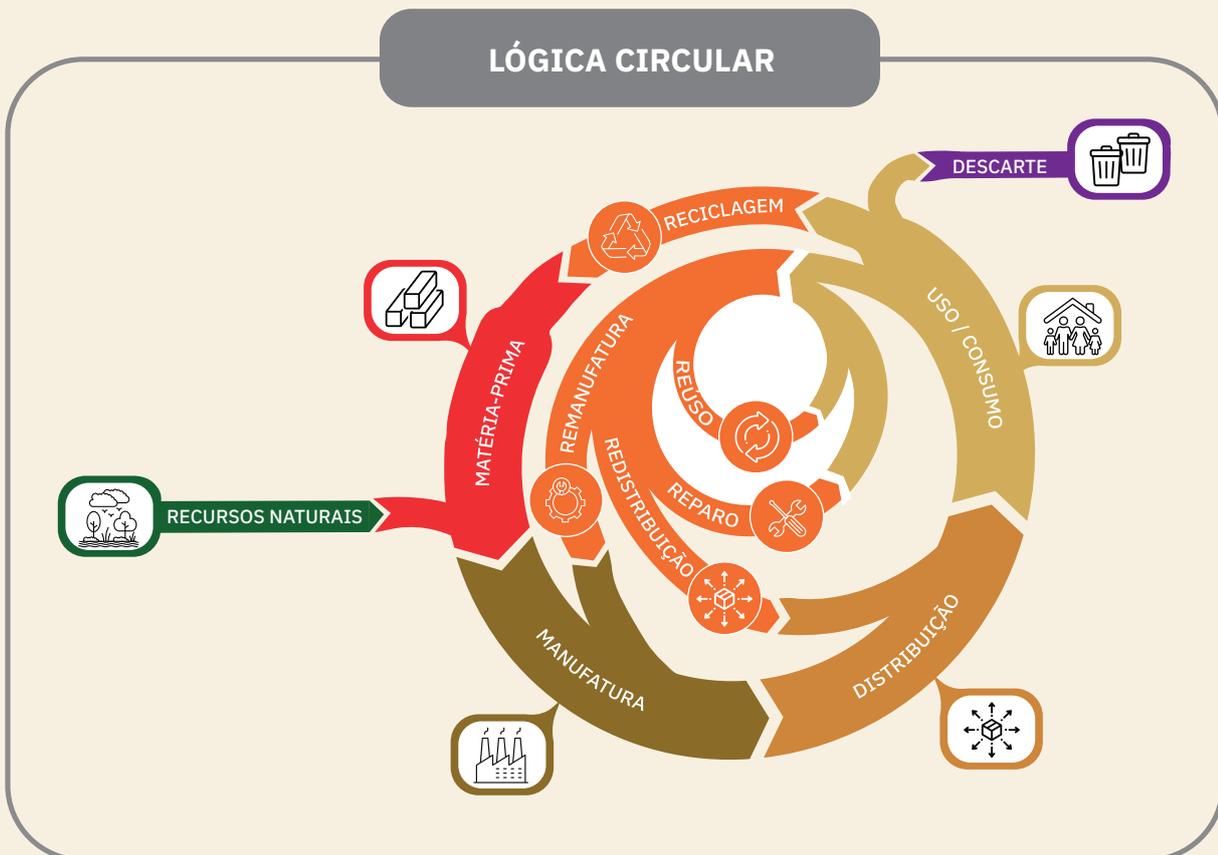
⁹ O *triple bottom line* (TBL), como conceito de *design*, é uma ferramenta conceitual que visa criar produtos que não afetem o meio ambiente e a sociedade.

¹⁰ MCDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael, *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*

¹¹ Em tradução livre. O conceito de ecoefetividade foi apresentado por McDonough e Braungart (2007) como termo para caracterizar uma produção industrial capaz de se retroalimentar perpetuamente, em cenário ideal, com seus próprios materiais, sem gerar emissões ou resíduos de qualquer espécie.

Ainda na conceituação desses autores, a perda no modelo linear pode ser vista de quatro formas, conforme itens e imagem ilustrativa a seguir:

- i) perdas de recursos;
- ii) perdas no ciclo de vida;
- iii) perdas de capacidade; e
- iv) perda de valor intrínseco.



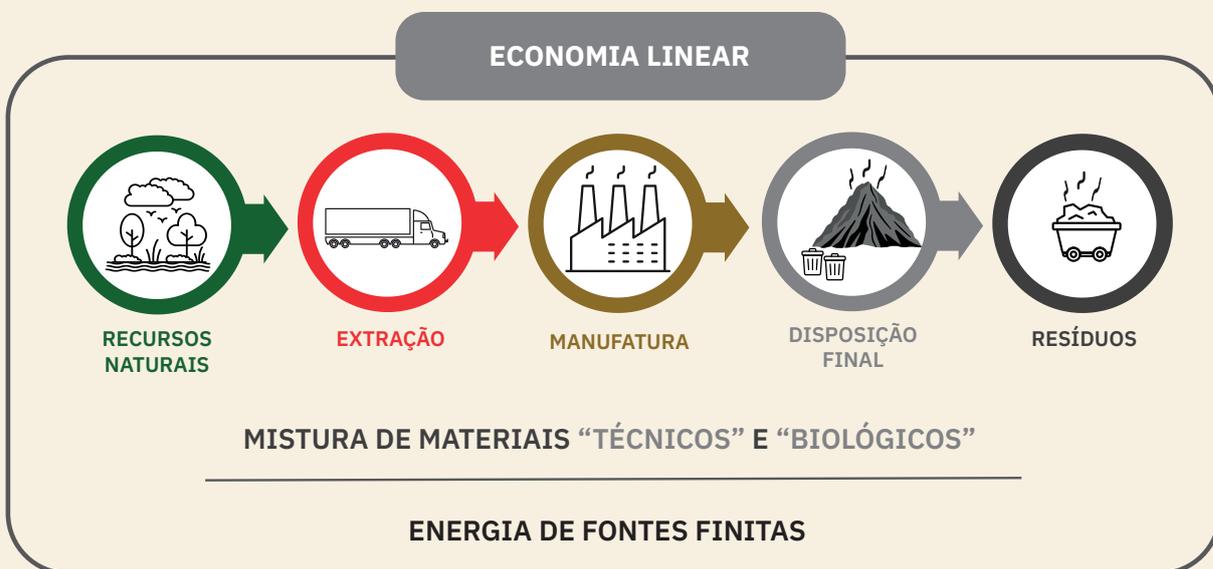
Fonte¹²: *Cradle to cradle*. Random House, 2002.

Aqui, cabe apresentar o conceito de “vantagem circular”, que pode ser compreendida como a oportunidade de repensar de modo radical as relações entre mercados, consumidores e recursos naturais. A economia circular objetiva endereçar cada elo das cadeias de valor eliminando o conceito de perdas, enquanto cria os recursos e resultados para uma prosperidade compartilhada.

Nesse sentido, a economia circular representa uma alteração no modelo de produção, com o objetivo de criar um sistema para eliminação de perdas, no qual os

¹² BRAUNGART, Michael; MCDONOUGH, William. *Cradle to cradle*. Random House, 2002. 17 de dezembro de 2024, às 21h03

produtos são mantidos, reutilizados, aproveitados ou reciclados, a partir de uma lógica restaurativa e regenerativa da natureza por intenção. Em síntese, trata-se de uma resposta à ruptura entre crescimento econômico e esgotamento de recursos, retratada na figura a seguir:



Como se pode notar, essa abordagem vai além da gestão dos recursos naturais em si, por lidar com os desafios globais das mudanças climáticas, perda de biodiversidade, geração de resíduos e poluição, desvinculando o conceito de atividade econômica com o consumo de recursos não renováveis.

No entanto, para implementação dessa mudança estrutural e paradigmática, é imprescindível o engajamento de uma ampla cadeia de partes interessadas. Isso porque, na lógica de economia circular, os governos implementam políticas públicas para incentivar tais práticas, a indústria e cadeia de fornecedores inovam e adaptam suas respectivas produções, o mercado financeiro financia iniciativas que atendam a esses preceitos de circularidade e, por fim, a sociedade participa dessa cadeia por meio do consumo consciente.

Mas não é só. Para atingir os objetivos da economia circular, uma abordagem holística também se faz necessária. Pensar a circularidade do sistema produtivo significa a integração e convergência de conceitos como o crescimento econômico, o desenvolvimento sustentável e a equidade social. Essa interseção de conceitos possibilita o caminho para a construção de um futuro resiliente e sustentável, considerando os desafios globais e objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU.

2.2 Economia Circular, Sustentabilidade, Inovação e Mudanças Climáticas: uma correlação necessária

O conceito de sustentabilidade, que carece de uma definição única, mas que tem como consenso a tentativa de sopesar necessidades ambientais, sociais e econômicas, tem uma história bastante vasta, a qual é anterior ao movimento ambientalista moderno.

Como visto anteriormente, a relação entre sociedade e meio ambiente mudou radicalmente a partir da Revolução Industrial, quando as demandas por recursos aumentaram exponencialmente e a lógica de produção em massa, com mentalidade linear, acarretou intensa degradação ambiental de proporções sem precedentes.

Dez anos após a Segunda Guerra Mundial, todos os indicadores importantes à qualidade de vida no planeta registraram um aumento exponencial, indicando o impacto do sistema de produção na biodiversidade e no seu equilíbrio natural.

Como define Johan Rockström¹³, cientista sueco conhecido internacionalmente por seu trabalho sobre sustentabilidade global, esse impacto nos limites planetários significa que o “*business as usual*”¹⁴ não é mais possível, sendo necessário que a ciência e a sociedade se mobilizem para uma nova lógica econômica baseada no bem-estar comum.

Os estudiosos de sociologia apontam que a preocupação com a crise ambiental ocorreu por volta do início dos anos 70 após a publicação do livro “Primavera Silenciosa”, da bióloga marinha e conservacionista Rachel Carson.¹⁵ O livro é tão relevante que é amplamente creditado por ter lançado o movimento ambiental moderno e por ter levado a mudanças significativas nas políticas de uso de pesticidas nos Estados Unidos e em outras partes do mundo.

Na esteira desse movimento, foi a partir da metade do século XX que as interrelações entre o impacto do método de produção motivaram as primeiras legislações ambientais, bem como o início da cooperação internacional sobre o tema.

Ainda, não há como analisar a evolução dos conceitos acerca da sustentabilidade sem mencionar a Eco 92 e seu legado de importantes desdobramentos diplomáticos,

¹³ https://www.ted.com/talks/johan_rockstrom_let_the_environment_guide_our_development

¹⁴ *Business as usual* (BAU) ou negócios como sempre, em tradução livre, se refere à execução de operações em uma organização de modo normal, isto é, processos e atividades da rotina operacional de uma empresa como reflexo de seu planejamento estratégico. Rockström sugere que essa cultura organizacional deve ser repensada no contexto dos limites planetários.

¹⁵ NODARI, Eunice Sueli *et al.* História ambiental em rede. 2022.

políticos, científicos e sociais. O principal documento ratificado pelo encontro foi a Agenda 21¹⁶, que estabeleceu o compromisso com a responsabilidade ambiental em uma série de políticas e ações, a exemplo da celebração da Convenção da Biodiversidade, Convenção das Mudanças Climáticas e da Desertificação, da Carta da Terra e da Declaração sobre Florestas.

Contudo, no plano mundial, o conceito de desenvolvimento sustentável tem como marco o Relatório *Brundtland*¹⁷, oficialmente intitulado “*Our Common Future*”, publicado em 1987 pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas. Ele define desenvolvimento sustentável como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades”.

Esse relatório forneceu, pela primeira vez, uma definição clara e amplamente aceita de desenvolvimento sustentável, além de destacar a necessidade de uma abordagem integrada para enfrentar os desafios globais, tendo forte influência na definição dos ODS, estabelecidos em 2015, quando 193 países-membros das Nações Unidas aprovaram, por consenso, a Agenda 2030 e assumiram a responsabilidade em contribuir para o alcance dos 17 ODS, conforme quadro a seguir.



Fonte: Organização das Nações Unidas

¹⁶ 179 países participantes da Rio 92 acordaram e assinaram a Agenda 21 Global, um programa de ação baseado num documento de 40 capítulos, que constitui a mais abrangente tentativa já realizada de promover, em escala planetária, um novo padrão de desenvolvimento, denominado “desenvolvimento sustentável”. O documento pode ser acessado na íntegra em:

<https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html>

¹⁷ A Comissão *Brundtland*, como ficou conhecida, publicou, em 1987, um relatório chamado “Nosso Futuro Comum”, que inovou ao apresentar o conceito de “desenvolvimento sustentável”. O documento pode ser acessado na íntegra em:

<https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/nosso-futuro-comum-relatorio/>

No que tange à economia circular, e não obstante à convergência de outros objetivos para sua promoção, o ODS 12 aborda especificamente essa temática na perspectiva da produção e do consumo sustentáveis, com foco em ações globais e locais para alcançar o uso eficiente de recursos naturais, reduzir o desperdício de alimentos e manejar resíduos químicos de maneira responsável.

Também estão incluídos o cuidado com os resíduos sólidos, a diminuição da emissão de poluentes, além da possibilidade de práticas para empresas e a gestão do Estado, por meio da realização de compras públicas sustentáveis. Os investimentos na economia circular convergem, ainda, para o alcance de outros ODS, a exemplo da erradicação da pobreza¹⁸ e cidades¹⁹ sustentáveis com a melhoria do ambiente de negócios e políticas voltados à reciclagem, e a valorização da atividade dos catadores de materiais recicláveis²⁰.

Especificamente sobre os catadores para reciclagem de resíduos, dados demonstram a sua importância para mulheres em condições de alta vulnerabilidade social. Pesquisas apontam a predominância das mulheres, a exemplo do Movimento Nacional dos Catadores e das Catadoras de Materiais Recicláveis (MNCR), que considera a existência de 800 mil catadores e catadoras no Brasil, sendo 70% mulheres²¹.

Outro estudo aponta que o percentual de mulheres em empreendimentos econômicos solidários era de 56% do total, sendo a maioria delas responsável pelo sustento da família: em 51% dos casos, a catação é a única fonte de renda familiar, o que denota a relevância do trabalho da mulher no setor de reciclagem, não se constituindo em renda complementar, mas a base do seu sustento e da sua família²².

Nesse cenário de mudança de paradigma, o Estado, enquanto formulador de políticas públicas e, sendo o caso, regulador de atividades econômicas, deve induzir a inovação e a contenção das mudanças climáticas. É consenso que as políticas públicas exercem um papel crítico no crescimento do mercado de economia circular. Em muitos casos, é uma condição imprescindível, pois estimulam o *mindset* necessário e práticas para criar o *framework* de mercado²³.

¹⁸ ODS 1 - erradicação da pobreza: acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares. O 1.1 assenta o objetivo de até 2030 erradicar a pobreza extrema para todas as pessoas em todos os lugares, atualmente medida como pessoas vivendo com menos de US\$ 1,90/dia.

¹⁹ ODS 11 - cidades e comunidades sustentáveis: tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis. O 11.6 assenta o objetivo de até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.

²⁰ <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis.htm>

²¹ https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12010/26/BMT_75_Mulheres_catadoras.pdf

²² Idem

²³ *Framework* de mercado é uma estrutura que orienta a execução de processos e atividades de uma empresa. Ele pode ser usado para vendas, *marketing*, estratégia de produto, entre outros.

Segundo Lacy & Rutqvist (2015)²⁴, políticas públicas ligadas à economia circular podem ser diferenciadas em três categorias: aquelas que atuam nivelando o campo de atuação, aquelas direcionadas ao lixo zero e as que estimulam a produtividade de bens. Alguns exemplos conhecidos de políticas são a responsabilidade dos produtores²⁵, taxação de lixo e rotulagem de produtos.

No que tange à regulação, na recente publicação do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) “Preparados para regular? Lições e desafios da regulação na América Latina e Caribe”, uma das tendências internacionais²⁶ nos processos regulatórios, considerando a nova agenda social e econômica, é a criação de um ambiente propício à inovação e para o enfrentamento aos novos desafios gerados pelas tecnologias emergentes e mudanças climáticas.

De forma geral, a regulação funciona por meio de incentivos que orientam o comportamento de empresas, governos e cidadãos. Em termos econômicos, a regulação influencia os ganhos ou remuneração (retornos) da inovação, e ambos estão correlacionados ao crescimento/desenvolvimento econômico. Em um ambiente concorrencial, os investimentos em pesquisa, desenvolvimento, inovação e implementação de novas tecnologias como estratégias para mitigação e adaptabilidade dos efeitos das mudanças climáticas podem gerar vantagens competitivas, aumento da produtividade e maior valor às empresas.

Portanto, falar de economia circular também significa falar sobre tecnologia, uma vez que as iniciativas e avanços tecnológicos são protagonistas de sua escalabilidade, além de promovê-la em conjunto com as restrições de recursos e as oportunidades socioambientais que emergem nesse cenário de mudanças climáticas.

Singapura é exemplo da adoção de inovação, tecnologia e sustentabilidade por meio da economia circular como instrumento indutor do desenvolvimento econômico. A *Global Innovation Index 2022*²⁷ classificou Singapura como o segundo país mais inovador da Ásia e o sétimo do mundo.

²⁴ LACY, Peter; RUTQVIST, Jakob, *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*, 2015

²⁵ A Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) é definida pela OCDE como uma abordagem política sob a qual os produtores recebem uma responsabilidade significativa – financeira e/ou física – pelo tratamento ou descarte de produtos pós-consumo.

²⁶ FARIAS, Pedro; ALCORN, Richard; TRNKA, Daniel; FLORES, Manuel; RODRIGO, Delia; OLIVARES, Eliezer; ZÁRATE MORENO, Ana María, *Preparados para regular?: lições e desafios da regulação na América Latina e no Caribe*, BID;

<https://publications.iadb.org/pt/preparados-para-regular-licoes-e-desafios-da-regulacao-na-america-latina-e-no-caribe>. Acesso em 18/12/2024

²⁷ <https://www.wipo.int/en/web/global-innovation-index/2022/index>

Além disso, é o 4º maior PIB per capita do mundo e está na segunda posição no *ranking* dos lugares mais fáceis para fazer negócios do Banco Mundial²⁸. Segundo o FMI, o PIB do país asiático foi de US\$ 340 bilhões em 2020, com uma taxa de desemprego próxima a 3%. E o investimento do governo em ciência, tecnologia e inovação é um dos pilares que sustentam os bons resultados²⁹.

De 1995 até o ano passado, foram investidos US\$ 45,7 bilhões em pesquisa e desenvolvimento. Segundo o Plano de Pesquisa, Inovação e Empresas do governo, a perspectiva é de que mais US\$ 18,9 bilhões sejam investidos nesse ecossistema, que envolve universidades, cientistas e empreendedores até 2025. Por isso, o estímulo a todas as partes do ecossistema de inovação fez com que o número de *startups* operando em Singapura saltasse 150% nos últimos 17 anos³⁰.

Compreendida a importância da inovação para o país, empresas e cidadãos, é importante que seja fomentado um ambiente regulatório experimental. Por isso, o *sandbox* regulatório é um ambiente em que o órgão regulador permite que alguma empresa opere com regras diferentes das demais, por um período determinado, para possibilitar o teste de alguma inovação. Essa exceção é criada para que as empresas testem inovações que não poderiam ser consideradas sem a alteração das regras. Os testes são acompanhados de perto pelos reguladores para avaliar benefícios à sociedade e riscos que elas podem trazer.

Literaturas internacionais corroboram tal prática, a exemplo do guia intitulado “*Better Regulation Toolbox*”³¹, editado pela Comissão Europeia (2023), que também defende o uso dos resultados do *sandbox* regulatório com o objetivo de gerar as evidências necessárias para avaliação dos impactos das opções regulatórias, em especial quando se trata de oferta de serviços ou modelos de negócios inovadores.

Diversas agências reguladoras estão criando ou já criaram esse ambiente experimental, a exemplo da Agência Nacional de Transportes Terrestres, Comissão de Valores Mobiliários³², Banco Central do Brasil. Em 2023, inclusive, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) publicou edital procurando soluções com *blockchain* para despoluir rios e mares no Brasil³³. Essa iniciativa tem por base o

²⁸ Como Singapura se transformou no país mais inovador da Ásia - Época Negócios | Mundo

²⁹<https://forbes.com.br/forbes-tech/2021/06/singapura-se-consolida-como-celeiro-de-startups-e-uma-foodtech-representa-o-brasil-no-ecossistema-de-inovacao-local/>

³⁰ Idem

³¹https://commission.europa.eu/document/download/9c8d2189-8abd-4f29-84e9-abc843cc68e0_en?filename=BR%20toolbox%20-%20Jul%202023%20-%20FINAL.pdf

³² A Comissão de Valores Mobiliários (CVM) lançou, em 15/5/20, a Instrução CVM 626, que regulamenta a constituição e o funcionamento do *sandbox* regulatório.

³³<https://exame.com/future-of-money/agencia-nacional-de-aguas-busca-solucoes-com-blockchain-para-despoluir-rios-e-mares-no-brasil/>

conceito de economia circular e procura aumentar a vida útil dos plásticos e melhorar a sua reciclabilidade, diminuindo assim a quantidade de resíduos que acabam nos corpos hídricos.

As razões aqui apresentadas ratificam, portanto, o título deste tópico: a necessária correlação entre economia circular, sustentabilidade, inovação e mudanças climáticas.

2.3 Panorama da economia circular do mundo

A economia circular está ganhando tração ao redor do globo. No entanto, sua adoção varia sobremaneira devido aos diferentes cenários de maturidade regulatória, investimento em infraestrutura e mercadológicos. Enquanto alguns países implementaram políticas abrangentes à promoção desse modelo de produção, outros ainda enfrentam desafios no ambiente regulatório e déficit de investimentos.

Apesar desse progresso desigual, há um grande potencial não explorado, sobretudo em economias em desenvolvimento, o que reforça o benefício da integração de conceitos de circularidade para o fomento da inovação e desenvolvimento de novos negócios.

Esta seção apresenta um panorama global da adoção de economia circular, ressaltando países mais avançados e as políticas regulatórias necessárias para acelerar esse processo.

2.3.1 O *Green New Deal* europeu e o cenário da economia circular na União Europeia

No cenário global das políticas públicas concernentes à economia circular, as iniciativas da União Europeia merecem destaque. Em 2015, a Comissão Europeia aprovou um plano de ação para impulsionar a transição da Europa à economia circular. Esse plano incluiu 54 medidas para “fechar o ciclo” de vida do produto e centrou-se, principalmente, em 5 setores, incluindo construção e demolição.

Em dezembro de 2019, foi apresentado o Pacto Ecológico Europeu, um roteiro para transformar a economia europeia numa economia moderna, eficiente em termos de recursos e competitiva. No âmbito do *Green Deal*, em março de 2020 foi aprovado o novo Plano de Ação à Economia Circular, com medidas para que empresas,

autoridades públicas e consumidores adotem um modelo sustentável. Centra-se no *design* e na produção, com o objetivo de garantir que os recursos permaneçam na economia pelo maior tempo possível.

Por fim, acerca da visão global e para além das políticas europeias, observa-se que cada país tem diferentes regulamentações sobre economia circular, em relação às quais se verifica grande disparidade. Há alguns que estão no caminho do modelo circular há vários anos, e outros ainda nos estágios iniciais.

2.3.2 Economia circular: potencial não explorado

Em que pese as iniciativas apresentadas no tópico anterior, o relatório “*The Circularity Gap Report*”, publicado em 2023³⁴, apresenta o dado de que a economia global hoje é apenas 7,2% circular. Isso significa que das mais de 100 bilhões de toneladas de material extraídas anualmente no planeta, apenas 7,2% retornam à cadeia produtiva. Ainda, a receita mundial das transações da economia circular, composta das categorias de bens de segunda mão, alugueis e reconicionados, foi estimada em cerca de 339 milhões de dólares americanos em 2022. Prevê-se que esse valor mais do que duplique até 2026.

De acordo com estimativas do Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, o mercado global da economia circular tem potencial para atingir 7,7 bilhões de dólares até 2030, representando oportunidades econômicas significativas associadas à transição para uma economia circular.

No que se refere a oportunidades de emprego e geração de renda, de acordo com a Organização Internacional do Trabalho (OIT), as mudanças na produção de energia – incluindo a geração de energia renovável, maior eficiência, adoção de veículos elétricos e aumento da eficiência nos edifícios – podem criar 18 milhões de empregos em toda a economia mundial. Ainda, o *The Global Climate Action Summit* estima a criação de mais de 65 milhões de novos empregos com baixas emissões de carbono até 2030.

Visto o cenário de oportunidades, é importante compreender o cenário regulatório sobre o tema a partir de uma perspectiva global.

³⁴ <https://www.circularity-gap.world/2023>

2.3.3 Panorama da maturidade regulatória e das políticas públicas

O início das políticas públicas voltadas à economia circular historicamente foi direcionado à gestão dos resíduos sólidos e redução do desperdício de materiais. Os primeiros esforços para o avanço dessa agenda foram realizados pelo Japão na década de 1990 e mais recentemente pela União Europeia (UE) e os seus estados-membros.

No entanto, tais políticas foram amadurecendo ao longo do tempo em direção ao conceito de *EPR (extended producer responsibility)*. No Brasil, esse conceito é chamado de **logística reversa**. Essa tendência indica uma mudança geral na economia circular, pensando desde medidas de fim de linha até medidas preventivas e estratégicas.

A logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Conforme previsão legal, os sistemas de logística reversa serão estendidos a produtos e embalagens considerando, prioritariamente, o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados.

Fonte³⁵: Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

Nessa perspectiva de evolução na robustez das políticas voltadas à economia circular, os legisladores estão se concentrando em esforços holísticos de rastreabilidade de materiais, inclusive a partir do uso de ferramentas digitais, que apontam para uma mudança na direção com políticas baseadas em análise de dados e estratégias preditivas.

³⁵ <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/logistica-reversa>

O estudo publicado pela consultoria Ernst & Young em 2022, “*Regulatory landscape of the circular economy*”³⁶, apresenta uma análise do grau de maturidade das políticas federais e nacionais com relação à economia circular que as categoriza em uma escala de 1 a 4:

1. Básica, que se restringe à gestão de resíduos e reciclagem;
2. Iniciada, que abrange políticas fiscais, EPR e legislação voltada aos produtos;
3. Progressiva, que propõe um *roadmap* para tração do tema;
4. Madura, que contempla uma Política Nacional de Economia Circular.

Nesse mapeamento, o Brasil está classificado na primeira categoria, básica, em contraste com os demais países da América Latina, que estão classificados predominantemente na categoria 2.

DE MELO *et al.* (2022)³⁷ identificaram um aumento nas iniciativas de circularidade a partir da formulação de políticas públicas, por meio das quais muitos países vêm direcionando iniciativas legais no sentido de fomentar um processo produtivo mais sustentável, com ênfase na eficiência energética e na redução das emissões.

A influência dos princípios de economia circular nas estratégias nacionais é mais recente e corresponde a um nível maior de maturidade dos países, cujo passo inicial, em regra, volta-se para instrumentos de gestão de resíduos. O quadro a seguir apresenta as principais políticas apresentadas nessa revisão de literatura.

³⁶ WEICK, M.; RAY, N. *Regulatory landscape of the circular economy*. Ernst & Young LLPP, p. 1-7, 2022.

³⁷ DE MELO, Thiago AC *et al.* *Circular economy public policies: A systematic literature review*. *Procedia Computer Science*, v. 204, p. 652-662, 2022.

Políticas relacionadas à economia circular ao redor do mundo

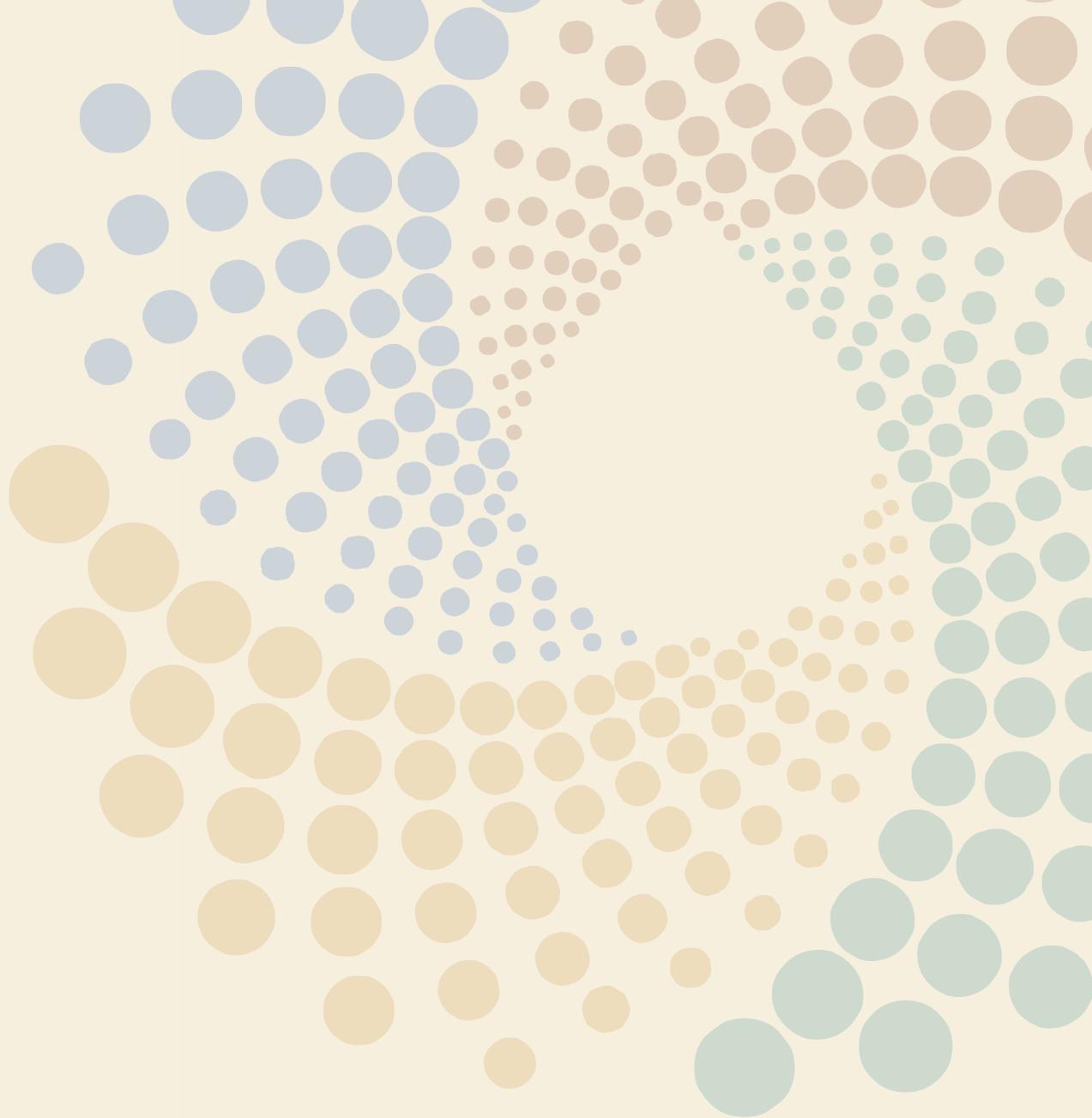
Política	País
Política Nacional de Resíduos Sólidos	Brasil
Lei de Promoção à Economia Circular	China
Missão Crescimento Verde	Colômbia
Estratégia Nacional para a Economia Circular	Dinamarca
Plano de Gestão de Resíduos para a Inglaterra	Inglaterra
Um novo plano de economia circular para uma Europa mais limpa e competitiva; Pacote de Economia Circular (CEP), EU <i>Green Deal</i> em nível regional; políticas de desenvolvimento regional europeias; Plano de Ação de Economia Circular da União Europeia	União Europeia
Liderando o ciclo: <i>roadmap</i> finlandês para uma economia circular 2016-2025	Finlândia
<i>Roadmap</i> Economia Circular da França: 50 medidas para uma economia circular 100%	França
Estratégia Nacional de Economia Circular	Grécia
<i>Framework</i> de políticas para economia circular japonesa	Japão
Programa de Economia Circular	Holanda
Entregando Eficiência de Recursos	Irlanda do Norte
<i>Roadmap</i> rumo à transição para uma economia circular na Polônia	Polônia
Compromisso com o Crescimento Verde	Portugal
Estratégia para o desenvolvimento de longo prazo da Rússia com baixas emissões até 2050	Rússia
Plano de zero resíduo da Escócia	Escócia
<i>Roadmap</i> rumo à economia circular na Eslovênia	Eslovênia
Plano básico para circulação de recursos; <i>Framework</i> para Circulação de Recursos 2026	Coreia do Sul
Estratégia Gaélica de Economia Circular	Espanha
Rumo ao Resíduo Zero: Uma Gales: Um Planeta	País de Gales

Fonte: DE MELO *et al.* (2022)

À medida que a circularidade se torna mais dominante e integrada em planos de crescimento nacionais e regionais, ocorrem novas pressões regulatórias para empresas que operam nesses contextos. Exemplo disso é o *Green New Deal* europeu³⁸, que terá impacto global nas cadeias de valor descentralizadas, as quais deverão identificar riscos e, sobretudo, oportunidades advindas dessa transformação para uma economia circular, conforme abordado no tópico 2.3.1.

Feita essa análise holística e global sobre a economia circular, o próximo tópico aprofundará o estudo a partir do Setor de Saneamento Básico.

³⁸ O Pacto Verde Europeu ou Pacto Ecológico Europeu, que foi lançado em dezembro de 2019 e aprovado pelo Conselho Europeu no mesmo ano, é um pacote de iniciativas que tem como principal objetivo o alcance da neutralidade climática da União Europeia (UE) até 2050. A Comissão Europeia adotou um conjunto de propostas para adequar as políticas da UE nos domínios do clima, da energia, dos transportes e da fiscalidade ao objetivo de reduzir as emissões líquidas de gases com efeito de estufa em, pelo menos, 55% até 2030, comparando com os níveis de 1990. Mais informações em: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pt



CAPÍTULO 3

Economia Circular e Saneamento

3

ECONOMIA CIRCULAR E SANEAMENTO

A economia circular oferece uma perspectiva de transformação para os serviços de saneamento. A partir da integração dessa perspectiva de produção, o setor pode reduzir a geração de resíduos, diminuir custos operacionais e contribuir para a sustentabilidade a partir da inovação, como reúso, valorização de resíduos e soluções baseadas na natureza.

Este capítulo explora o recorte da economia circular, até o momento vista em uma perspectiva mais abrangente, destacando estratégias, tecnologias e estruturas regulatórias relativas a essa aplicação.

3.1 Arcabouço legal e regulatório

Em 27 de junho de 2024, foi publicado o Decreto nº 12.082/2024, o qual estabeleceu a Estratégia Nacional de Economia Circular (ENAC), com a finalidade de promover a transição do modelo de produção linear para o circular, de modo a incentivar o uso eficiente dos recursos naturais e das práticas sustentáveis ao longo da cadeia produtiva, nos termos do art. 1º.

Trata-se de um desdobramento da Agenda 2030 da ONU, que prevê o ODS 12, específico sobre o tema, bem como do Acordo de Paris³⁹, que prevê a redução de emissão de gases de efeito estufa em até 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. O Brasil é signatário em ambos os compromissos internacionais desde 2015 e 2016.

Essas metas estão correlacionadas com o setor de saneamento básico. Exemplo disso é o ODS 12.5, que prevê, até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reúso. Também está em consonância com a previsão na Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil no contexto do Acordo de Paris, que prevê o aumento da participação de bioenergia sustentável na matriz energética brasileira para aproximadamente 18% até 2030⁴⁰.

Além disso, considerando a importância da transversalidade das políticas públicas, o Decreto nº 12.082/2024 está em consonância com o Plano de Transformação Ecológica⁴¹ do Ministério da Fazenda.

³⁹ <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>

⁴⁰ Idem

⁴¹ <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica/novo-brasil/conheca-o-plano-de-transformacao-ecologica/economia-circular>

Para melhor compreensão da correlação da Política Pública Federal com o saneamento básico, apresentam-se quatro ações previstas no Plano de Transformação Ecológica: i) ações para superação dos desafios tecnológicos para reúso, a reutilização de resíduos e para tratamento dos resíduos orgânicos, como biodigestores; ii) incentivos ao setor de reciclagem e circularidade na Reforma Tributária; iii) regulamentação dos certificados de crédito de logística reversa; e iv) programa de apoio a municípios para ampliar coleta seletiva e uso de biodigestores.

Ainda no âmbito federal, o movimento para implementação da economia circular ganhou robustez com a tramitação do Projeto de Lei nº 1874/2022 para instituição de Política Nacional e a Portaria GM/Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e do Comércio (MDIC) nº 309, publicada em 13 de setembro de 2024, que instituiu o Fórum Nacional de Economia Circular (FNEC), em caráter permanente e de natureza consultiva, com a finalidade de assessorar, monitorar e avaliar a implementação da ENAC. Em 14 de fevereiro de 2025, o Fórum apresentou o Plano Nacional de Economia Circular, que seguiu para consulta pública⁴².

Alinhada aos compromissos internacionais firmados, a Lei nº 14.026/2020, que alterou o Marco Legal, introduziu diversos dispositivos em consonância com esse novo modelo de produção.

Isso porque a adoção do modelo circular em todas as fases dos serviços públicos do setor pode gerar diversos efeitos positivos, entre os quais cita-se: a obtenção de receitas acessórias, redução de custos, formação de *joint ventures* e o fomento à inovação. Quanto às externalidades socioambientais positivas, destacam-se: a preservação dos recursos naturais, o controle da poluição hídrica e a redução dos efeitos adversos das mudanças climáticas.

Em síntese, esse modelo⁴³ objetiva maximizar a redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia, com aumento de eficiência, durante todas as fases do serviço, e está alinhado aos princípios fundamentais previstos no art. 2º, incisos III, VII, VIII e XIII da Lei 11.445/2007, a seguir transcritos:

“Art. 2º Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais: III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos

⁴² <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2025/fevereiro/forum-apresenta-plano-nacional-de-economia-circular-que-deve-seguir-para-consulta-publica>

⁴³ O artigo 2º do Decreto Federal nº 12.082/2024: Para fins do disposto neste Decreto, considera-se economia circular o sistema econômico de produção que mantém o fluxo circular de recursos e associa a atividade econômica à gestão circular dos recursos, por meio da adição, retenção ou recuperação de seus valores, e que se baseia nos princípios da não geração de resíduos, da circulação de produtos e materiais e da regeneração.

realizados de forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente; VII - eficiência e sustentabilidade econômica; VIII - estímulo à pesquisa, ao desenvolvimento e à utilização de tecnologias apropriadas, consideradas a capacidade de pagamento dos usuários, a adoção de soluções graduais e progressivas e a melhoria da qualidade com ganhos de eficiência e redução dos custos para os usuários; XIII - redução e controle das perdas de água, inclusive na distribuição de água tratada, estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários e fomento à eficiência energética, ao reúso de efluentes sanitários e ao aproveitamento de águas de chuva; (grifado).

Portanto, no atual cenário, não basta que os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta e manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem e manejo de águas pluviais sejam efetivamente prestados. A forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente, citada no inciso III do art. 2º do Marco Legal, precisa de uma releitura. E o desafio em questão é como estimular a implementação desse novo modelo ao longo de toda a cadeia.

Nesse contexto, as normas de referência da ANA, a regulação contratual estabelecida nas parcerias públicos-privados e a regulação discricionária promovida pelas agências subnacionais são importantes mecanismos indutores de sustentabilidade, circularidade nos processos e inovação para convergir diversos objetivos previstos na legislação setorial.

A própria Lei nº 14.026/2020 foi além da mera introdução de princípios fundamentais voltados à promoção da economia circular no Marco Legal.

O art. 4-A, § 1º, inciso IX, alterou a Lei nº 9.984/2000 e estabeleceu o reúso dos efluentes sanitários como um dos temas para edição de norma de referência, em linha com a atualização do conceito de serviço público de esgotamento sanitário, por ela introduzido, no qual a produção de água de reúso é uma das formas de destinação adequada dos efluentes sanitários tratados, conforme art. 3º, incisos I, b do Marco Legal.

Já o artigo 4-A, § 1º, inciso II, da Lei nº 14.026/2020 incluiu a regulação tarifária dos serviços públicos de saneamento básico como objeto de norma de referência, com vistas a promover a prestação adequada, o uso racional de recursos naturais, o equilíbrio econômico-financeiro e a universalização.

Em adição, os incisos I e II do art. 10-A da Lei nº 14.026/2020 incluíram metas de reúso de água e previsão de receitas acessórias como cláusulas obrigatórias dos novos contratos para prestação dos serviços públicos de saneamento básico. Confira-se:

“Art. 10-A. Os contratos relativos à prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverão conter, expressamente, sob pena de nulidade, as cláusulas essenciais previstas no art. 23 da Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, além das seguintes disposições: I - metas de expansão dos serviços, de redução de perdas na distribuição de água tratada, de qualidade na prestação dos serviços, de eficiência e de uso racional da água, da energia e de outros recursos naturais, do reúso de efluentes sanitários e do aproveitamento de águas de chuva, em conformidade com os serviços a serem prestados; II - possíveis fontes de receitas alternativas, complementares ou acessórias, bem como as provenientes de projetos associados, incluindo, entre outras, a alienação e o uso de efluentes sanitários para a produção de água de reúso, com possibilidade de as receitas serem compartilhadas entre o contratante e o contratado, caso aplicável” (grifo nosso)

Em complemento ao Marco Legal, a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) contam com um importante arcabouço legal no país. Instituída pela Lei nº 12.305/2010, a PNRS, regulamentada pelo Decreto nº 10.936/2022 (Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares), estabelece as diretrizes, responsabilidades, princípios e objetivos que norteiam os diferentes participantes na implementação da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, sendo a gestão ambiental urbana nos municípios brasileiros um dos grandes desafios na atualidade.

Importante salientar que o Planares não se confunde com a PNRS. O Plano representa a estratégia de longo prazo em âmbito nacional para operacionalizar as disposições legais, princípios, objetivos e diretrizes da Política.

O ponto de partida para a gestão e o gerenciamento adequado dos RSU foi estabelecido no art. 9º do PNRS, que expressa a ordem de prioridade das ações a serem observadas (não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos), admitindo a possibilidade de adoção de tecnologias à recuperação energética dos RSU.

Ou seja, além de outras inúmeras previsões de estímulo, aqui, desde 2010 a economia circular foi estabelecida como norte na cadeia de resíduos.

Sobre essa última fase, cumpre observar que a recuperação energética é a conversão de resíduos sólidos em combustível, energia térmica ou eletricidade, por meio de processos, tais como digestão anaeróbia, recuperação de gás de aterro sanitário, incineração e coprocessamento. Também foi incluída como uma das possibilidades para a destinação final ambientalmente adequada (art. 9º, § 1º), sendo uma alternativa para melhor aproveitamento dos materiais que não apresentam viabilidade técnica ou econômica para reciclagem, e que atualmente são considerados rejeitos e seguem para unidades de disposição final. Importante ressaltar que é requisito para os projetos de recuperação energética a comprovação de sua viabilidade técnica e ambiental e a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.

Neste ponto, vale registrar o conceito de rejeito na perspectiva das políticas públicas de saneamento. A PNRS define o rejeito como resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentam outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

Na perspectiva da economia circular, essa definição é especialmente importante, uma vez que o rejeito é o primeiro desafio à circularidade dentro da cadeia de produção. Isto é, em um projeto de economia circular, o objetivo é pensar a cadeia de forma a transformar o rejeito em insumo para um outro processo produtivo, deixando de ser um rejeito, ou então, ter a sua geração diminuída ou eliminada.

Esgotadas as possibilidades de valorização dentro da cadeia produtiva, em geral a correta destinação do rejeito como resíduo último é o aterro sanitário. Exemplo disso é a prática do coprocessamento de resíduos na indústria de cimento, que tem se expandido devido à necessidade crescente de uma destinação ambiental e socialmente mais adequada de resíduos provenientes de diversos processos industriais⁴⁴.

Ainda no tema de alternativas de valorização, redução e maximização do desvio do resíduo dentro das cadeias produtivas para além do aterro, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Ministério de Minas e Energia (MME) e o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR)⁴⁵, à época, publicaram a Portaria Interministerial

⁴⁴ Caderno temático 3 - Recuperação energética de resíduos sólidos urbanos

⁴⁵ Atual Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional

nº 274, em abril de 2019, que disciplina a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos no Brasil e estabelece as bases e diretrizes operacionais para o aproveitamento energético de tais materiais, em atendimento ao disposto no Planares.

Conforme consta na portaria interministerial mencionada, a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos constitui uma das formas de destinação final ambientalmente adequada passível de ser adotada, quando condicionada à comprovação de viabilidade técnica, ambiental e econômico-financeira e à implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental competente.

Ainda, o instrumento estabelece que os seguintes resíduos poderão ser encaminhados para as usinas de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos:

- 1) resíduos de limpeza urbana, originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- 2) resíduos domiciliares, originários de atividades domésticas em residências urbanas; e
- 3) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços caracterizados como não perigosos podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

A norma é expressa ao determinar que as Usinas de Recuperação Energética de Resíduos Sólidos Urbanos devem obter as devidas licenças ambientais para operar, além da necessidade de serem projetadas, equipadas, construídas e operadas de modo que não sejam excedidos os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos previstos na legislação em vigor⁴⁶.

Contudo, impende notar que a proposta de recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos deve ser observada a partir de uma perspectiva de materialidade e hierarquização de procedimentos, como é definida no artigo 9º da Política Nacional de Resíduos Sólidos, e ainda de intersetorialidade, a partir da interlocução entre atores públicos e privados, oriundos tanto do setor de gestão de resíduos quanto de energia, meio ambiente e meios de produção.

⁴⁶ <https://www.conjur.com.br/2021-set-14/opiniaao-acordo-impulsionar-recuperacao-energetica-lixo/>

Em adição, com relação à hierarquização, é relevante considerar a vantagem do ciclo do saneamento básico como fonte de resíduo biológico às alternativas de recuperação energética em comparação com resíduos em geral que podem conter frações plásticas (provenientes do petróleo), menos alinhadas ao conceito de circularidade.



Fonte: LIU, Chen *et al.* *Waste-to-Energy Incineration-CCET Guideline Series on Intermediate Municipal Solid Waste Treatment Technologies*. 2020.

Registra-se que a alternativa da recuperação energética é parte do Programa Governamental Saneamento Estruturante, em que o tema é compreendido como uma intervenção tecnológica alinhada com os objetivos maiores de enfrentamento às mudanças climáticas e a preservação dos recursos naturais⁴⁷.

Logo, a adoção dos sistemas de valorização de RSU possibilita a transformação do resíduo, dispondo somente o rejeito nos aterros sanitários. A captação e queima do biogás gerado nos aterros sanitários deve ser fortalecida, pois reduz significativamente as emissões de GEE, podendo adicionalmente gerar energia renovável⁴⁸.

⁴⁷ https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab/3-CadernotematicoRecuperacaoEnergeticadeRSU.pdf

⁴⁸ https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf. Fl. 37

Nesse sentido, em 2020, o MMA e MME desenvolveram solução que permitiu a inclusão da recuperação energética de resíduos sólidos urbanos, como uma fonte específica, nos leilões de compra de energia elétrica proveniente de novos empreendimentos de geração. A Portaria Normativa nº 41/GM/MME, de 14 de abril de 2022, dispõe sobre esse ponto. Segundo o Planares, os leilões buscam a contratação de energia a partir da recuperação energética de RSU, tendo por objetivo suprir o crescimento do mercado das distribuidoras a partir de 2026 e com previsão de suprimento variando entre 15 e 25 anos⁴⁹.

Não menos relevante é a recente Lei nº 14.993/2024, que, entre outros pontos, estabeleceu o Programa Nacional de Incentivo do Biogás e Biometano. Conforme artigo 14, o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano tem como objetivo incentivar a pesquisa, a produção, a comercialização e o uso do biometano e do biogás na matriz energética brasileira com vistas à descarbonização do setor de gás natural.

Como diretrizes estabelecidas nesse programa, o artigo 15 estabelece:

i) a importância do aproveitamento do biometano e do biogás produzidos e utilizados no país para o cumprimento de compromissos internacionais de descarbonização; e

ii) o reconhecimento da metodologia de avaliação de ciclo de vida como a mais acurada para mensurar a redução de emissões de GEE e os benefícios ambientais de cada rota tecnológica, quantificando o impacto ambiental associado desde a produção dos seus insumos até o seu descarte e reciclagem ou reúso, quando aplicável.

Já o artigo 16 estabelece como objetivos do Programa:

I - estimular a produção e o consumo do biometano e do biogás por meio de projetos relacionados à cadeia de produção do biometano e do biogás;

II - incentivar a fabricação, a comercialização, a aquisição e a utilização de veículos pesados e máquinas agrícolas e de outros veículos movidos a metano, bem como a conversão de veículos movidos a outros combustíveis para metano e a substituição de motor a diesel usado em veículo por motor novo movido a metano homologado pelos órgãos certificadores;

III - fomentar projetos de infraestrutura que permitam a conexão de plantas de produção de biometano com as redes de distribuição e transporte de gás natural, desde que sejam economicamente viáveis.

⁴⁹ https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf. Fl. 37

Outro mecanismo indutor às energias renováveis e economia circular foi a publicação da Lei nº 15.103/2025, que institui o Programa de Aceleração de Transição Energética. Um dos objetivos é o financiamento de projetos de desenvolvimento sustentável por meio de dois instrumentos:

- i) fundo verde (garantias); e
- ii) transação tributária condicionada ao investimento em desenvolvimento sustentável.

Conforme art. 3, § 1º, inciso I, o biometano é um dos combustíveis renováveis que devem estar relacionados nesses projetos, além de projetos de energia renovável, a exemplo da biomassa. Com isso, ratifica-se o cenário apresentado de políticas públicas setoriais e transversais direcionadas à circularidade e sustentabilidade dos projetos de infraestrutura aplicáveis ao saneamento básico.

Como benefícios adicionais de uma iniciativa de gestão integrada de resíduos visando à redução dos materiais destinados ao aterramento, ressaltam-se as seguintes externalidades positivas:

- i. Redução na demanda de frota para transporte dos rejeitos até a disposição final, com menor impacto na mobilidade urbana devido ao menor tráfego de caminhões nas áreas urbanas;
- ii. Menor demanda de espaço nas células, com aumento da vida útil total do empreendimento;
- iii. Maior segurança operacional devido a ganhos de estabilidade geológica dos aterros, com redução de riscos de deslizamentos e explosões, devido à menor presença de umidade e matéria orgânica putrescível e, conseqüentemente, menor formação de biogás;
- iv. Redução do risco de poluição ambiental relacionada a vazamentos de chorume e contaminação de solo e corpos hídricos;
- v. Redução das emissões difusas de metano, que atingem até 40% do total de metano gerado nessas instalações;
- vi. Melhora da salubridade ambiental das áreas, com redução de atração de vetores e doenças associadas; e
- vii. Redução da desvalorização imobiliária, devido ao menor impacto no trânsito de caminhões (barulho, desgaste e poluição de vias), geração de odores e problemas sociais (presença de catadores, ocupação local desordenada)⁵⁰.

⁵⁰ Viabilidade econômica de projetos de valorização integrada de RSU com produção de biogás/Probiogás; organizadores, Ministério das Cidades, *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ)*; autores: Luis Felipe D. B. Colturato ... [et al.]. – Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2016.

Ainda sobre resíduos, a Lei nº 14.260/2021 estabeleceu incentivos fiscais para projetos que promovam a reciclagem. Com regulamentação pelo Decreto nº 12.106/2024 e Portaria GM/MMA nº 1.250/2024, foram definidas as regras para apresentação, análise, aprovação, monitoramento, prestação de contas e avaliação de resultados de projetos relacionados à Lei de Incentivo à Indústria e à Cadeia Produtiva da Reciclagem.

A sobredita lei promove a economia circular ao incentivar empresas e pessoas físicas a investir em projetos que ajudem a transformar resíduos em novos produtos. Quem participa como incentivador pode receber benefícios fiscais com dedução no Imposto de Renda.

Além disso, permite que empresas e organizações apresentem propostas de projetos voltados à reciclagem e à economia circular. Se aprovadas após análise de admissibilidade, podem captar recursos de incentivadores – pessoas físicas ou jurídicas que queiram apoiá-las financeiramente⁵¹.

Segundo a Portaria GM/MMA nº 1.250/2024, os projetos podem incluir desde ações para fortalecer a participação de catadores de materiais recicláveis até a criação de redes de comercialização e cadeias produtivas no setor da reciclagem.

Por fim, ainda no contexto da economia circular no setor de saneamento, tem-se a possibilidade da autoprodução de energia, geração distribuída, energia fotovoltaica e geração de créditos de carbono, com diversos arcabouços legais e regulatórios, que serão explorados neste caderno nos itens a seguir, contextualizados nas suas distintas aplicações dentro dos quatro eixos do saneamento, e de forma prática a partir da apresentação de *cases* de sucesso no setor.

3.2 Abastecimento de água e esgotamento sanitário

O objetivo deste tópico é apresentar algumas possibilidades para transformar os desafios dos serviços de abastecimento de água e esgotamento em oportunidades, a partir de modelos circulares de negócios.

As estações de tratamento de esgoto (ETEs) configuram-se como fábricas de produção de água, de nutrientes, energia, entre outros recursos, sendo a qualidade do efluente final determinada pela rota tecnológica adotada, assim como das práticas de operação⁵².

⁵¹ <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/mma-publica-portaria-que-regula-a-lei-de-incentivo-a-reciclagem>

⁵² https://abes-dn.org.br/pdf/ESA_NT_V2n3_DOI_compressed.pdf

Justamente por isso, o relatório do Banco Mundial “*Wastewater: From Waste to Resource*”⁵³ defende uma gestão mais inteligente dos esgotos sanitários, passando pelo reúso e recuperação de recursos, e traça um panorama de projetos em todo o mundo que têm rendido dividendos para as pessoas, o meio ambiente e as economias a curto e longo prazo.

Durante o processo de tratamento dos efluentes, diversas iniciativas podem ser adotadas, a exemplo: da produção de biogás, biometano, fertilizantes e água de reúso, citados a seguir.

3.2.1 Reúso de água

O Brasil é o país que apresenta a maior disponibilidade de água em todo o mundo. Entretanto, o seu potencial hídrico, bem como a sua população total, está distribuído de maneira desigual no território nacional. Esse cenário, associado às consequências das alterações climáticas e do crescimento populacional, vem agravando as pressões sobre os recursos hídricos e tornando cada vez mais frequentes os episódios mais severos de estresse hídrico em diferentes regiões brasileiras⁵⁴.

Por isso, o reúso torna-se ainda mais relevante como parte das estratégias de eficiência e uso racional dos recursos hídricos. A prática reduz a demanda sobre os mananciais de água, evitando a sobrecarga sobre os sistemas de abastecimento de água potável, além de mitigar os impactos ambientais causados pela captação e descarte dos efluentes tratados nos corpos hídricos⁵⁵. O possível reflexo no desenvolvimento socioeconômico de regiões menos desenvolvidas e a redução dos conflitos das águas por bacias também são relevantes pontos para sua institucionalização.

O Brasil teve sua primeira legislação de reúso de água com definição de padrões publicada pelo estado da Bahia em 2010, considerando os aspectos indicados pela OMS. Posteriormente, foi a vez dos estados do Ceará e de São Paulo em 2017 (este último com atualização em 2020) e dos estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul em 2020.

No âmbito federal, está em andamento proposta de edição de Decreto Presidencial que regulamentará o estímulo ao uso das águas de chuva e ao reúso não potável das águas cinzas em novas edificações, bem como nas atividades paisagísticas,

⁵³ <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/3562b938-2903-5c1b-879b-a525ddf4ed96/content>

⁵⁴ https://abes-dn.org.br/pdf/ESA_NT_V2n3_DOI_compressed.pdf

⁵⁵ Idem

agrícolas, florestais e industriais, conforme estabelecido no art. 49-A da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.

De maneira simples, a água de reúso é fruto da transformação de efluentes por meio de tratamento adequado para ser reaproveitado em processos industriais, agrícolas ou domésticos. No Brasil, a água de reúso é aplicada para diversas finalidades não potáveis e as cinco principais utilizações são:

- i) irrigação agrícola;
- ii) refrigeração industrial;
- iii) descarga de vasos sanitários;
- iv) lavagem de veículos/equipamentos; e
- v) reúso em processos ambientais.

Já as seis principais técnicas no setor de saneamento⁵⁶ são:

- i) tratamento avançado;
- ii) tratamento biológico;
- iii) tratamento químico;
- iv) filtração mecânica;
- v) desinfecção; e
- vi) reúso de água de chuva.

A última não decorre dos serviços públicos propriamente ditos, mas se adequam ao contexto geral de economia circular para fins de sustentabilidade ambiental desde que atendidas as exigências sanitárias.

Cada destinação demanda uma determinada qualidade de água, que é oferecida pela tecnologia de tratamento adotada na ETE. Para tanto, precisam ser definidos padrões, critérios e diretrizes, que devem estar alinhados com uma diretriz regulatória, que, por sua vez, precisa estar de acordo com uma política de reúso de água. Independentemente do nível administrativo (municipal, estadual ou federal), a regulação deve considerar os objetivos e as características locais, além de ter a intenção de permitir, orientar e incentivar a prática do reúso de forma segura e responsável⁵⁷.

⁵⁶ <https://abconsindcon.com.br/agua-de-reuso/>

⁵⁷ https://abes-dn.org.br/pdf/ESA_NT_V2n3_DOI_compressed.pdf

3.2.2 Produção de biogás, biometano e biofertilizantes

Os materiais orgânicos decorrentes do tratamento de esgotos sanitários já são vistos como importantes alternativas à geração de energia limpa e redução do impacto ambiental derivado do descarte dos resíduos. É o caso do biogás, biometano e biofertilizantes.

O biogás é gerado por meio da digestão anaeróbia (DA) da matéria orgânica, mediante um processo de fermentação dividido em quatro etapas principais distintas⁵⁸, que ocorre em um ambiente fechado e controlado, sem a presença de oxigênio. A composição do biogás é majoritariamente biometano, além de outros gases, como dióxido de carbono (CO²), hidrogênio, nitrogênio e gás sulfídrico⁵⁹. Em síntese, ele é um combustível renovável produzido a partir da decomposição de materiais orgânicos, a exemplo dos resíduos urbanos e agrícolas.

Além disso, pode ser utilizado para geração de eletricidade, de calor, como combustível veicular e para substituição do gás natural. Por isso, é uma fonte energética com baixo potencial de poluição, quando comparada com os combustíveis fósseis.

O biometano obtido da DA é um gás natural com alto poder calorífico e, se emitido de forma descontrolada, tem maior potencial de aquecimento que o do CO². Entre as possíveis formas de utilização desse subproduto do tratamento de esgoto estão caldeiras, geração de energia elétrica⁶⁰, térmica ou transformação em biocombustível. Em outras palavras, o biometano é obtido a partir da purificação do biogás, retirando o dióxido de carbono e as impurezas.

Em termos de atratividade quanto a essa última opção, nos últimos anos houve um aumento global no uso do biometano, com os valores saindo de 46.108 para 92.860 GWh entre 2010 e 2020. Quando purificado a um teor de pelo menos 95% de biometano, o biogás pode substituir o gás natural em diversas aplicações. Vários estudos têm sido realizados a respeito das vantagens e impactos ambientais dessa substituição, principalmente considerando a geração de biometano a partir de resíduos⁶¹.

⁵⁸ Janesch, E.; Pereira, J.; Neubauer, P.; Junne, S. *Phase Separation in Anaerobic Digestion: A Potential for Easier Process Combination?* Front. Chem. Eng. 2021, 3, 711971

⁵⁹ Lima, I.C.M.A. *Perspectives and Proposals for Biogas Expansion in Brazil: An Analysis of Public Policies*. Master's Thesis, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, 2020. (In Portuguese)

⁶⁰ Milanez, A.Y.M.; Guimarães, D.D.; Maia, G.B.S.; Souza, J.A.P.; Lemos, M.L.F. *Biogas from Agroindustrial Wastes: Panorama and Perspectives*. Biogás BNDES Setorial 2018, 47, 221–276. (In Portuguese)

⁶¹ *Replacing Natural Gas with Biomethane from Sewage Treatment: Optimizing the Potential in São Paulo State, Brazil*. Fl. 2

Em relação ao cenário do gás natural (GN) no Brasil, o país tem alta dependência de importações, rede de distribuição limitada e número crescente de veículos que utilizam gás natural. Dessa forma, a substituição do GN pelo biometano é uma oportunidade que deve ser analisada⁶², sobretudo diante do compromisso nacional para descarbonização da economia.

Para exemplificar esse potencial, cita-se a ETE situada no município de Franca, em São Paulo, e operada pela Sabesp, que desde 2018 é a única planta do Brasil que purifica biogás de esgoto sanitário para produção de biometano. A partir da digestão por bactérias do lodo produzido na fase de tratamento⁶³, essa ETE trata atualmente 530 litros/segundo de esgoto e produz em torno de 3.000 m³/dia de biogás.

A experiência, premiada internacionalmente, alimenta com biometano toda a frota de veículos da estação, uma média de 180 abastecimentos por mês em 40 veículos adaptados no padrão GNV. Esse volume, apesar de ainda estar abaixo da capacidade de produção, já representa uma economia de R\$ 446 mil com a redução do consumo de etanol pela empresa, que é responsável por cerca de 30% do investimento em saneamento básico feito no país⁶⁴.

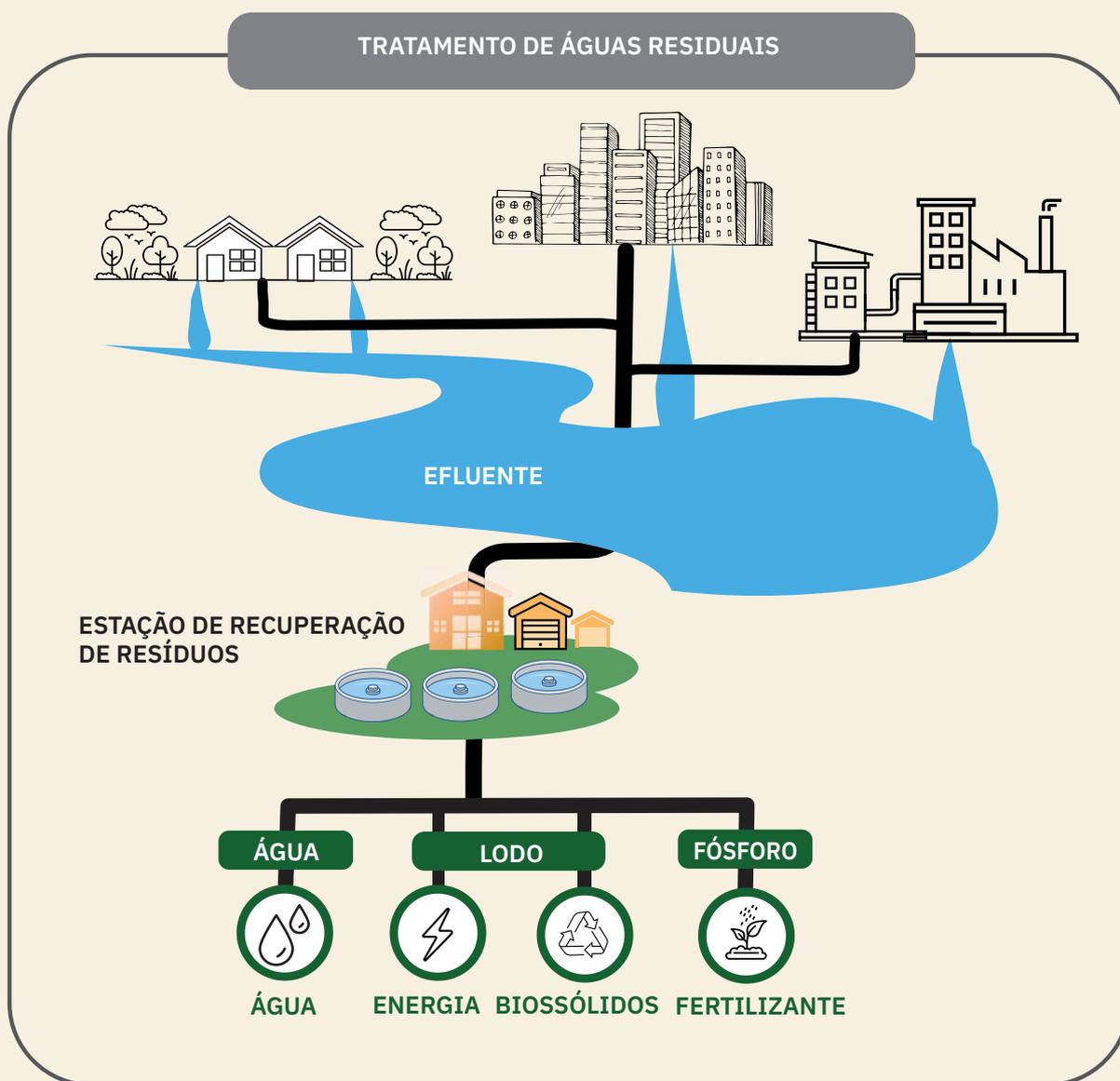
Olhando para experiência internacional, o operador da estação de tratamento de águas residuais *La Farfana*, em Santiago, no Chile, após investir US\$ 2,7 milhões para modernizar a unidade, conseguiu vender biogás, gerando um lucro líquido anual de US\$ 1 milhão para a empresa⁶⁵.

⁶² RENATO, Natalia dos Santos et al. *Replacing Natural Gas with Biomethane from Sewage Treatment: Optimizing the Potential in São Paulo State, Brazil*. *Energies*, v. 17, n. 7, p. 1657, 2024.

⁶³<https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/biogas-e-biometano-a-relacao-entre-o-saneamento-brasileiro-e-a-obtencao-de-energia/>

⁶⁴ Dados retirados na reportagem do [link](https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/biogas-e-biometano-a-relacao-entre-o-saneamento-brasileiro-e-a-obtencao-de-energia/) <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/biogas-e-biometano-a-relacao-entre-o-saneamento-brasileiro-e-a-obtencao-de-energia/>. Acesso em 15/12/2024.

⁶⁵ Relatório do Banco Mundial “*Wastewater? From Waste to Resource in a Circular Economy Context*”. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/453201567149470699/pdf/Latin-America-and-the-Caribbean-Region.pdf>. Acesso em 19/12/2024



Fonte: <https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/wastewater-initiative#infographics>

Como visto, o tratamento do esgoto sanitário gera subprodutos sólidos, os quais precisam ser adequadamente gerenciados, a fim de garantir a eficiência global do sistema, bem como para não comprometer o meio ambiente e a saúde da população.

Após o descarte do lodo, é necessário o seu gerenciamento, que, na perspectiva da economia linear, visa principalmente reduzir sua umidade e, conseqüentemente, seu volume, acarretando a redução dos custos com manuseio, transporte e disposição final.

Nesse contexto, tem-se a possibilidade de beneficiamento desse subproduto para uso no solo em atividades agrossilvipastoris ou para recuperação de áreas degradadas. Possibilita-se, ainda, ganhos econômicos (redução dos custos com transporte e disposição final do lodo, além da venda do bio sólido), ambientais (redução de emissão de gases de efeito estufa) e sociais (incentivo a pequenos produtores rurais, por exemplo).

Inclusive, o lodo, por ser uma importante fonte de matéria orgânica que tem grande quantidade de macro e micronutrientes para as plantas, alternativamente à destinação final em aterros sanitários, pode ser transformado em bio sólido para uso agrícola ou recuperação de áreas degradadas⁶⁶.

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 498, de 19 de agosto de 2020, define critérios e procedimentos para a produção e aplicação de bio sólido em solos, para uso agrícola ou recuperação de áreas degradadas. Na resolução, são estabelecidos os padrões de qualidade do bio sólido em termos microbiológicos (classes A e B) e de substâncias químicas (classes I e II), bem como as condições para uso de cada tipo de bio sólido. São abordados, ainda, os requisitos para os projetos agrônômicos, o monitoramento do solo, a forma de destinação (contínua ou em lotes), entre outros.

A título de exemplo, uma estação de tratamento de águas residuais em Cusco, Peru, economizou US\$ 230 mil por ano no transporte de bio sólidos (materiais orgânicos ricos em nutrientes resultantes do tratamento de esgoto doméstico em uma unidade de tratamento) e nas taxas de aterro sanitário devido a um acordo com o produtor local de composto. O composto produzido com os bio sólidos da usina é usado no âmbito do projeto de gerenciamento de recursos hídricos para preservar o Lago *Piuray*⁶⁷.

Como visto, muitos são os caminhos a serem explorados para adoção dos modelos circulares ao longo das cadeias de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Em relação aos demais pilares do saneamento, outras oportunidades podem ser exploradas, conforme se verá no tópico a seguir.

⁶⁶ <https://crites.com.br/lodo-de-esgoto-residuo-ou-subproduto-problema-ou-oportunidade>

⁶⁷ <https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/wastewater-initiative>. Acesso em 28/02/2025.

3.3 Resíduos sólidos e drenagem urbana: a economia circular como propulsor da melhoria de prestação desses serviços.

3.3.1 Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos

O mercado de resíduos sólidos abrange as atividades relacionadas à gestão, tratamento, reciclagem e descarte de resíduos, em uma vasta gama de materiais. Sob a visão do saneamento básico, o enfoque, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, é no serviço de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Ou seja, o desafio aqui se concentra nos resíduos domésticos.

A gestão de resíduos talvez seja o exemplo mais explícito das externalidades negativas de um modelo linear de produção e o desafio de destinação adequada para um volume crescente de materiais descartados.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), a estimativa é que a geração anual no país alcançará 100 milhões de toneladas/ano em 2030⁶⁸. Conforme essa mesma fonte, cerca de 40% do volume de resíduos no Brasil é destinado para aterros sanitários.

Embora o Brasil ainda se depare com a situação absolutamente irregular dos lixões⁶⁹, a destinação para aterros controlados no ritmo atual não é mais sustentável. O aterramento tem a limitação de oferta de espaço físico, especialmente no contexto de grandes centros urbanos, e a produção do chorume demanda tratamento prévio ao lançamento em corpos hídricos e emissão do metano.

Além disso, uma das questões centrais do aterro sanitário enquanto solução prioritária para disposição de resíduos sólidos é o fato de serem projetos intensivos em Capex e Opex. Esse desafio traz a necessidade de pensarmos em modelos de negócios baseados na lógica da economia circular como estratégias de financiabilidade desses projetos.

Olhando essa problemática à luz do conceito de economia circular, duas perspectivas se relacionam. Por um lado, no serviço de coleta dos resíduos domésticos oferecido no âmbito municipal, a implementação da coleta seletiva permite a separação dos resíduos na fonte, facilitando a reciclagem e evitando a contaminação.

⁶⁸ <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/geracao-de-residuos-no-mundo-deve-chegar-a-34-bilhoes-de-toneladas-por-ano-ate-2050/#:~:text=Segundo%20a%20Associa%C3%A7%C3%A3o%20Brasileira%20de,de%20toneladas%20em%202030.>

⁶⁹ Segundo a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA), ainda existem cerca de três mil áreas nessa classificação.

E, do ponto de vista da rota tecnológica à destinação final desse resíduo coletado, existem processos industriais como reciclagem, compostagem e biodigestão como opções para a valorização desses resíduos e sua transformação em recursos úteis.

A reciclagem permite a reutilização de materiais, reduzindo a extração de recursos naturais, enquanto a compostagem e a biodigestão convertem resíduos orgânicos em adubo e energia renovável. Além de serem soluções eficazes do ponto de vista da sustentabilidade ambiental, se adequam a uma modelagem de negócio circular em detrimento a uma visão linear de geração, coleta e descarte desses materiais.

Neste ponto, é importante retomarmos o conceito da recuperação energética de resíduos e contextualizar a discussão sobre *Waste-to-Energy (WtE)*⁷⁰. Por vezes, a WtE é apresentada como a “bala de prata” para resolver o gargalo da destinação massiva dos resíduos sólidos urbanos aos aterros sanitários. No entanto, as condições estruturais no Brasil, bem como em outros países em desenvolvimento, são fundamentalmente diferentes daquelas que deram origem a projetos de WtE em países industrializados, onde plantas de *Waste-to-Energy* de grandes proporções são cada vez mais comuns⁷¹.

WtE refere-se a um grupo de tecnologias para tratar resíduos visando à recuperação energética na forma de calor, eletricidade ou combustíveis alternativos, como o biogás. O escopo do termo “*Waste-to-Energy*” (transformação de resíduos em energia) é amplo, englobando tecnologias de diversas escalas e complexidades:

- incineração;
- coprocessamento;
- digestão anaeróbia;
- captação de gás de aterro;
- e pirólise/gaseificação.

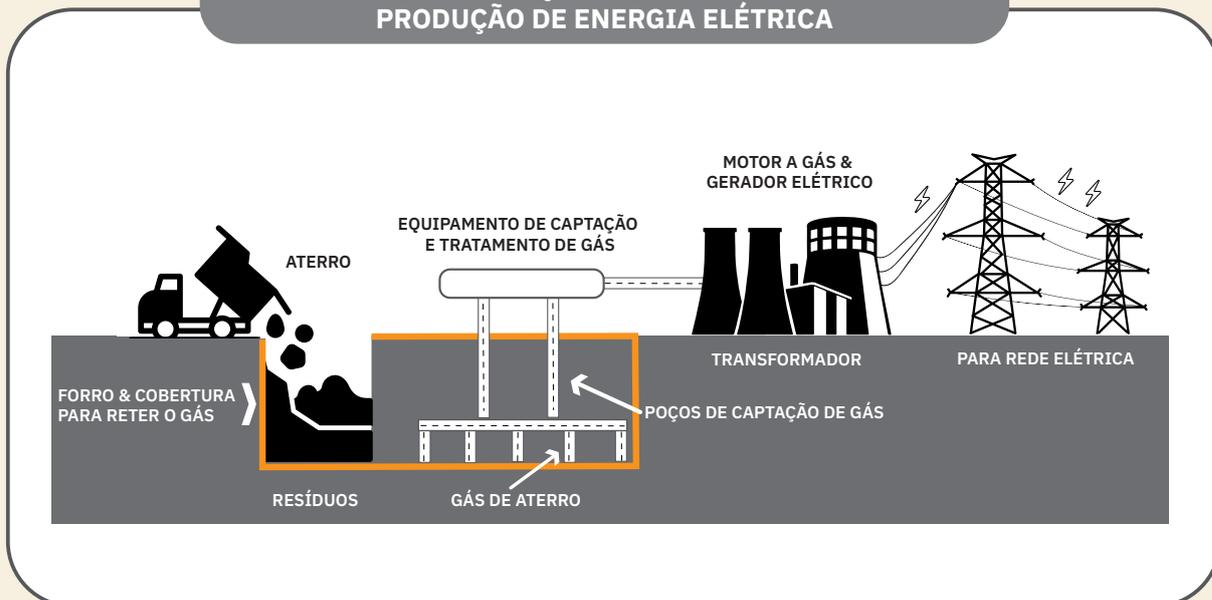
Essas cinco tecnologias são aplicadas a diferentes fluxos de resíduos e têm características e papéis distintos. Cada aplicação deverá, portanto, ser avaliada com base no contexto local e no fluxo de resíduos em questão.

Fonte: MUTZ, D. *et al.* Opções em *Waste-to-Energy* na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. Um guia para tomadores de decisão em países emergentes ou em desenvolvimento. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017.

⁷⁰ Em tradução livre: transformação de resíduos em energia

⁷¹ MUTZ, D. *et al.* Opções em *Waste-to-Energy* na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. Um guia para tomadores de decisão em países emergentes ou em desenvolvimento. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017.

SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE GÁS DE ATERRO COM PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA



Fonte: MUTZ, D. *et al.* Opções em *Waste-to-Energy* na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. Um guia para tomadores de decisão em países emergentes ou em desenvolvimento. Bonn: *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH, 2017.

Zimmer (2024) argumenta que um dos modelos de economia circular no contexto dos resíduos sólidos é a visão do aterro sanitário, mais do que uma alternativa de disposição final de baixo custo, relativamente um *hub* de tecnologia de tratamento. Ou seja, uma grande estrutura centralizadora de rotas tecnológicas responsáveis pela destinação final dos mais diversos resíduos. Essa formatação, que comumente é chamada de “parque”, além de representar possibilidade de inserção de novas linhas de receitas, tem potencial para diminuição da pegada de carbono nas rotas tecnológicas. E, em um contexto de um mercado de carbono em consolidação, abre caminho para um novo modelo de negócio.

No entanto, mais uma vez, destaca-se a importância de considerarmos a hierarquia dos resíduos na avaliação das alternativas de rotas tecnológicas e soluções de tratamento: a redução dos resíduos deverá ser prioridade, seguida da preparação para reutilização e da reciclagem dos resíduos.

Portanto, projetos de WtE podem ser classificados como tecnologia complementar para recuperação de energia a partir das frações não recicláveis dos RSU e, em decorrência disso, não devem concorrer com medidas de redução, reutilização e reciclagem. Disso decorre a indicação para avaliação do fluxo de resíduos e o potencial de tratamento para as diferentes frações.

Neste ponto, merece relevo a alternativa da compostagem, tendo em vista que menos de 1% do RSU coletado no Brasil é reciclado atualmente por meio da compostagem (cerca de 400 mil toneladas), segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022).

Ainda segundo dados do SNIS, apenas 76 cidades declararam ter unidades de compostagem, como pátios municipais. Por isso, o MMA tem proposto ações referentes a resíduos orgânicos focadas no aumento das soluções envolvendo a produção de composto orgânico de qualidade que pode ser utilizado para fomentar a agricultura agroecológica urbana e periurbana e valorizar as áreas e cinturões verdes das cidades brasileiras.

A compostagem diminui a quantidade de orgânicos levados aos aterros sanitários, fornece composto para adubação de arborização urbana e diminui o metano (CH₄) emitido pelo setor de resíduos, responsável por 16% das emissões nacionais do gás, lembrando que o Brasil é o 5º maior emissor de metano do mundo. Segundo monitoramento da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA), nos últimos dez anos experiências de compostagem avançaram em diferentes regiões do Brasil, com diversos modelos e escalas.

Todavia, a compostagem ainda oferece inúmeros desafios enquanto solução em larga escala para o manejo de resíduos sólidos urbanos. As experiências mostram que a compostagem descentralizada é a mais vantajosa porque é melhor ter maior quantidade de locais pequenos do que grandes pátios. Mas os projetos no Brasil enfrentam problemas com o licenciamento de terrenos, a descontinuidade administrativa e a concorrência com os aterros, que recebem pagamento por tonelada de resíduo recebido. Além disso, para que seja viável, é necessário que os resíduos sejam separados na fonte⁷².

Em linha com a discussão dos desafios na circularidade da cadeia de resíduos (Zimmer, 2024), é preciso que haja mecanismos de sensibilização, convencimento e incentivo, a fim de ter o munícipe como parceiro da administração pública municipal. Quanto maior for a participação desse ator social, maior será a quantidade e a qualidade dos resíduos sólidos coletados, encaminhados para destinação final e desviados das áreas de disposição final.

⁷² <https://www.abrema.org.br/2024/07/15/compostagem-municipal-de-organicos-avanca-em-diferentes-formatos-pelo-pais/>

Naquilo que cabe ao município, o processo de gerenciamento propriamente dito se inicia na fase pós-consumo, especificamente na coleta seletiva. Se toda a infraestrutura necessária for disponibilizada e se ela for eficiente e constante, passará a ser parte integrante dos hábitos diários dos munícipes. Se apresentar bons resultados, e estes forem divulgados eficientemente, ressaltando os benefícios alcançados e entregues à coletividade, a coleta seletiva tende a ser apoiada pelos munícipes.

Ainda sobre a coleta seletiva, vale ressaltar sua relação com a hierarquia dos resíduos e viabilidade de rotas tecnológicas mais alinhadas com o conceito de circularidade. Se esta for aperfeiçoada ao longo do tempo, entregará resíduos sólidos com qualidade à logística reversa e à reciclagem.

A logística reversa é um dos instrumentos para aplicação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos define a logística reversa como um “instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”.

De acordo com Decreto nº 7.404/2010, os sistemas de logística reversa serão implementados e operacionalizados por meio dos seguintes instrumentos:

- Regulamento expedido pelo Poder Público
- Acordos setoriais
- Termos de compromisso

Fonte: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/logistica-reversa>

É por esse motivo que gestão de resíduos e reciclagem é citada pelo relatório da *Chatham House* “A Economia Circular na América Latina e Caribe”⁷³ como uma das três áreas industriais prioritárias para o objetivo da circularidade.

⁷³ SCHRÖDER, Patrick *et al.* *La economía circular en América Latina y el Caribe. Oportunidades para fomentar la resiliencia.* Londres: Chatham House, 2020.

Soluções adequadas de gestão de resíduos têm sido um desafio à gestão de resíduos sólidos do Brasil, devido à capacidade limitada de investimento do setor público. A participação da iniciativa privada é fundamental para proporcionar investimentos significativos em novos aterros e infraestrutura de tratamento de resíduos, além de ajudar o país a atingir sua meta de eliminar lixões até 2024⁷⁴ e melhorar sua taxa de reciclagem⁷⁵.

Dado o histórico de déficit de investimentos e recentes avanços regulatórios que direcionam uma mudança de paradigma à gestão de saneamentos em geral, a economia circular é vista como oportunidade ao segmento de gestão de resíduos sólidos, em razão do seu potencial para aplicação de novas tecnologias, modelos de negócios e parcerias. Fica claro, portanto, que será exigida de todos os atores envolvidos na gestão de resíduos sólidos, tanto públicos quanto privados, uma profunda transformação, que deverá ir muito além do gerenciamento de resíduos, no sentido de expandir a sua perspectiva e atuação e alterar toda a lógica da infraestrutura nesse eixo.

Dado o contexto apresentado, entende-se que o segmento de gestão de resíduos sólidos urbanos precisará percorrer um caminho de evolução: em um primeiro momento favorecendo uma transição de modelos até que soluções de economia circular propriamente dita possam ser incorporadas nos formatos de prestação desse serviço de saneamento ambiental⁷⁶.

Por fim, convém observar que o bom funcionamento dos mercados de materiais será muito importante para esse novo modelo de produção. Sistemas de negociação e bolsas que ofereçam informações comerciais transparentes e abertas poderão reduzir a volatilidade dos preços e o risco nas transações, tornando o comércio de resíduos sólidos mais atrativo e viável⁷⁷. Segundo dados do MDIC, de 2011 a 2021 o Brasil importou mais de 56 mil toneladas de resíduos sólidos — sendo que, de 2019 a 2022, o volume de resíduos de outros países transportados ao Brasil registrou alta.

Em 2023, o governo federal elevou as alíquotas do Imposto de Importação de resíduos para 18% – até então, papel e vidro eram isentos da taxa, enquanto os plásticos eram taxados em 11,2%. A ideia era desincentivar a importação e dar estímulo a práticas de economia circular. Ainda, em dezembro de 2024, a Comissão de Meio Ambiente do Senado aprovou a proposta de autoria do deputado federal Célio Silveira que proíbe a importação de resíduos sólidos⁷⁸.

⁷⁴ O referido prazo se encerrou em agosto de 2024, mas há um PL em tramitação para a sua prorrogação pelo prazo de 5 anos.

<https://www.camara.leg.br/noticias/1058976-PROJETO-PRORROGA-EM-CINCO-ANOS-O-PRAZO-PARA-FIM-DOS-LIXOES-NAS-CIDADES-COM-ATE-50-MIL-HABITANTES>

⁷⁵ <https://www.ifc.org/pt/pressroom/2023/27751>. Acesso em 28/02/2025

⁷⁶ VEIGA, Rosângela Mendanha da *et al.* Do lixão à Economia Circular: um salto possível? 2019.

⁷⁷ Direito do Saneamento (Zimmer, 2024)

⁷⁸ <https://www12.senado.leg.br/radio/1/noticia/2024/12/12/aprovada-proibicao-de-importacao-de-residuos-solidos>

O projeto altera a PNRS para proibir a importação de papel, plástico, vidro e metal, ressalvados os casos de sua compra por indústrias de transformação de minerais críticos e de material estratégico; além dos fabricantes de autopeças, que adquirem resíduos derivados de produtos nacionais exportados para fins de logística reversa e reciclagem.

3.3.2 Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas

Assim como na universalização, a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas também enfrenta um grande desafio no que se refere ao desenvolvimento desse serviço à luz da economia circular. Uma evidência dessa assimetria, se comparada aos demais eixos do saneamento básico, é a agenda regulatória da ANA. Enquanto a primeira norma sobre os resíduos sólidos tem a cobrança como objeto, no caso da drenagem existe o desafio da sua definição como um serviço nos termos do que preconiza o marco do saneamento⁷⁹.

Ademais, o grande obstáculo para o recorte da drenagem urbana no contexto da economia circular são desenhos que possibilitem a geração de valor econômico. Esse modelo só funciona quando é gerado algum valor econômico no ciclo em questão e, no cenário atual, a drenagem carece de uma clara percepção da relação serviço *versus* benefícios por parte da população⁸⁰.

A gestão eficaz da drenagem urbana e o seu conceito de universalização tem grande interface com o tema de planejamento urbano e cidades inteligentes, razão pela qual enfrenta complexas adversidades⁸¹. Como exemplos, citam-se:

- i) impacto das mudanças climáticas;
- ii) crescimento urbano desordenado;
- iii) poluição das águas pluviais; e
- iv) desafios financeiros.

Dessa forma, as estratégias de economia circular no âmbito da drenagem urbana devem ser integradas à gestão de recursos hídricos, além de serem estruturadas a partir dos recortes territoriais das bacias hidrográficas. Entre as estratégias estão:

⁷⁹ <https://participacao-social.ana.gov.br/Consulta/202>

⁸⁰ TUCCI, Carlos E. M. Gestão da drenagem urbana. 2012.

⁸¹ <https://paineldemudancasclimaticas.org.br/noticia/drenagem-urbana>

- Os sistemas sustentáveis de drenagem urbana (SSDU – *Sustainable Drainage Systems*) são alternativas que visam aumentar a taxa de infiltração de água pluvial no solo e controlar o escoamento superficial. Nesse grupo, destacam-se as soluções baseadas na natureza (SbN), como parques de infiltração, reservatórios de retardo, telhados verdes, arborização, jardins de chuva, parques e praças, áreas e pavimentos permeáveis. Essas medidas permitem que a água da chuva seja absorvida pelo solo, recarregando os aquíferos subterrâneos.
- Gestão eficiente das águas com estratégias de estímulo do reúso para usos não potáveis, gerenciamento adequado das águas pluviais incorporando tecnologias sustentáveis e intervenções periódicas de desassoreamento.

Termo guarda-chuva, criado pela União Europeia, que contempla soluções de engenharia que mimetizam os processos naturais. Também engloba os conceitos das Infraestruturas Verdes (IEV), Técnicas Compensatórias (TC), Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Low Impact Development* – LID), Melhores Práticas de Manejo (*Best Practice Management* – BMP) e outros. As SbN podem ser utilizadas sozinhas ou de maneira integrada com outras soluções de engenharia clássica, visando a um ambiente urbano mais sustentável, resiliente e saudável.

Fonte: <https://sites.usp.br/gipsbn/solucoes-baseadas-na-natureza/>

Por fim, o exercício de pensar o serviço de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas sob o prisma da economia circular nos apresenta um cenário bastante desafiador em razão dos obstáculos já descritos. Por outro lado, fornece clareza de que, invariavelmente, as alternativas de circularidade nos modelos de universalização da drenagem devem incorporar a questão de mitigação de riscos de forma integrada na bacia hidrográfica, segundo a lógica de que os entes têm custos diferenciados para promover suas próprias mitigações. Os mais eficientes transferem sua capacidade para os menos eficientes, promovendo um “encontro de eficiências” e, a partir disso, um modelo mais circular.

3.4 Oportunidades a serem exploradas: geração de emprego e renda

A partir do panorama de soluções e modelos de negócio elaborados sob a perspectiva da economia circular no saneamento, decorre a reflexão de que as oportunidades para o mercado de trabalho são significativas. Entretanto, é importante ressaltar que a economia circular vai muito além da reciclagem. No que diz respeito à qualidade do trabalho e geração de emprego e renda, a reciclagem está associada à baixa qualificação dos empregados.

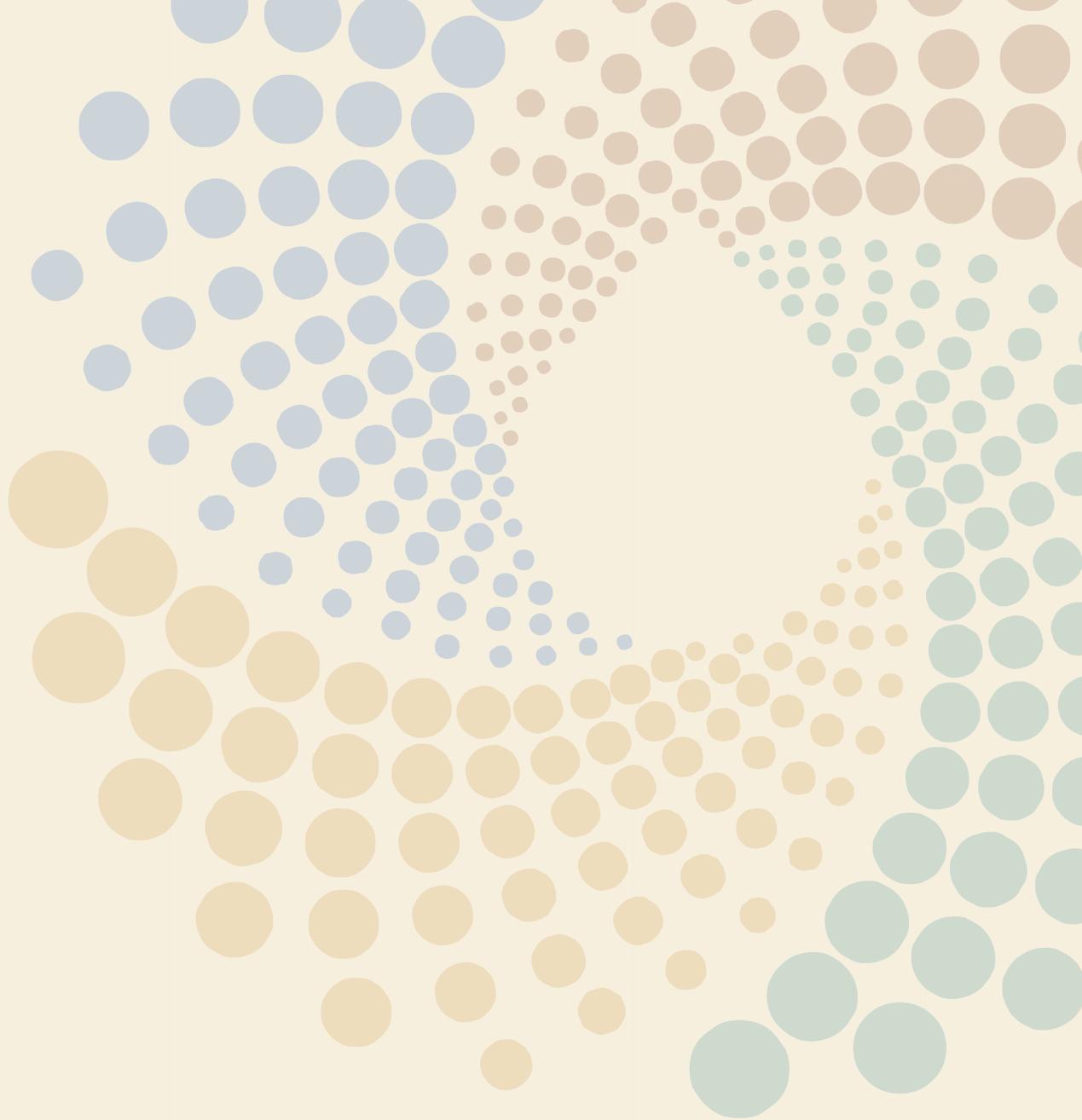
Contudo, como exposto no presente capítulo, as oportunidades de alternativas tecnológicas requerem uma maior sofisticação de métodos e processos e, em decorrência disso, oferece uma perspectiva promissora de geração de empregos mais qualificados. Servitização, remanufatura e biorrefino são três grandes atividades de processo de transição para o modelo circular⁸².

Se bem gerida, essa transição trará múltiplos benefícios para o mercado de trabalho, incluindo a abertura de novas posições de trabalho, elevação de padrões de trabalho e redução de desigualdades a partir da redistribuição de valor nas cadeias produtivas do saneamento. Para que essa transição circular de trabalho e trabalhadores logre êxito, três pilares devem ser observados de modo a sustentá-la:

1. **Qualificação da força de trabalho:** qualificar e requalificar a força de trabalho por meio da integração da circularidade nos programas de educação e formação e do apoio do governo para permitir o acesso de todos.
2. **Qualidade de trabalho:** empregos de boa qualidade, remunerados de forma justa, seguros e com valor social, apoiados por governos, mecanismos de mercado, sindicatos fortes e normas laborais que são defendidas pelas empresas e por meio da regulamentação.
3. **Oportunidades de trabalho inclusivas:** um mercado de trabalho inclusivo que proporcione oportunidades a pessoas com empregos precários, que estão distantes ou em risco de serem gradualmente eliminadas do mercado de trabalho, bem como a trabalhadores de todos os níveis de qualificação, independentemente da sua localização⁸³.

⁸² <https://www.europeanbusinessreview.com/why-the-circular-economy-matters/>

⁸³ <https://knowledge-hub.circle-economy.com/circular-jobs-initiative/frameworks/332?n=Circular-Jobs-Initiative-Pillars>



CAPÍTULO 4

Cases de sucesso

4

CASES DE SUCESSO

Procurando ilustrar um pouco mais as ações do saneamento básico que uma economia circular pode proporcionar, apresentamos a seguir alguns exemplos de casos de sucesso cujas fontes de informação foram prestadas pelas empresas responsáveis.

4.1 Cagece e Utilitas – Água de reúso para *hub* de hidrogênio verde

O Hidrus é um projeto de reúso de água produzida a partir dos efluentes sanitários municipais a ser implementado da região metropolitana de Fortaleza, abrangendo os municípios de Caucaia, Maracanaú e Fortaleza.

Com o início da operação, os efluentes sanitários gerados serão direcionados para a Estação de Produção de Água de Reúso (EPAR Hidrus), que removerá os contaminantes orgânicos e nutrientes, produzindo água com qualidade que permite o seu reúso direto, indireto e o posterior tratamento para qualidades que exigem remoção de sais dissolvidos.

O projeto em análise ainda conta com uma estação de tratamento para remoção de sais no Pecém. Para tanto, a água de reúso produzida na EPAR Hidrus será enviada para o Pecém através do Trecho V do Eixão das Águas, operado pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (Cogerh).

A água de reúso produzida pela Utilitas será utilizada pelas indústrias instaladas no Complexo do Pecém, inclusive pelas indústrias do futuro *hub* de produção de Hidrogênio Verde.

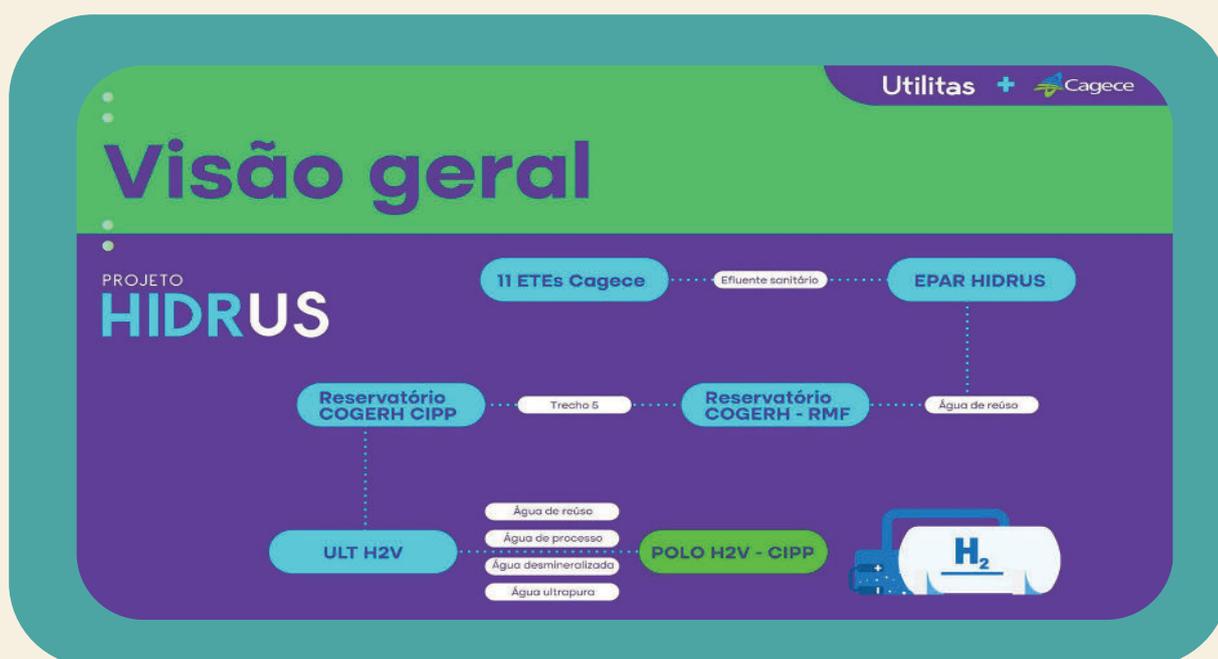
A água produzida pelo projeto Hidrus permite o uso de recursos hídricos limitados de forma mais eficiente, ou seja, a água dos açudes é direcionada à produção de água potável para a população, e a água de reúso para atividades industriais, seguindo o modelo de economia circular.

A realidade, na grande maioria das cidades do mundo, é o lançamento dos efluentes das estações de tratamento de esgoto em corpos hídricos. A produção de água de reúso recupera esses resíduos que antes seriam lançados em corpos hídricos e, assim, diminui a poluição. Outro ponto de destaque desse *case* é a disponibilidade de água não concorrente com abastecimento humano, que é relevante para o uso industrial e está ganhando importância principalmente em regiões que sofrem com escassez hídrica.

O projeto Hidrus tem capacidade de recebimento de efluentes de até 4 m³/s. A EPAR Hidrus, fase 1, está em licença ambiental para produzir nessa primeira etapa 1,6 m³/s de água de reúso. A solução é modular e permite que seja implementada de forma escalonada, conforme demanda.

O referido *case* está em fase adiantada de desenvolvimento e a Utilitas está em negociação com diferentes indústrias do Complexo Industrial do Pecém, inclusive indústrias de produção de Hidrogênio Verde. Em paralelo, a Utilitas segue com o desenvolvimento dos projetos ambientais para a emissão de licença.

O projeto Hidrus trará vantagens ambientais e sociais que vão além da disponibilização de água de reúso, pois ampliará a matriz hidráulica do estado do Ceará, reduzirá o lançamento de efluentes sanitários em corpos hídricos, o que melhorará a diversidade e qualidade de vida da fauna e flora dos rios e zona costeira, reduzirá a geração de odores e elevará os padrões de balneabilidade das praias, elevando o padrão turístico da região.



Fonte: Utilitas

4.2 Sabesp – Aquapolo: água de reúso para fins industriais

Consciência ecológica é o propósito que fundamenta o maior empreendimento para a produção de água de reúso na América do Sul e um dos maiores do mundo: o Aquapolo.

Do ponto de vista ambiental, o mundo passa por uma série de modificações que vem intensificando a escassez de água potável e o aquecimento global. Portanto, a tal consciência ambiental tem pouquíssima utilidade quando não é transformada em ação e quando não é capaz de mobilizar grupos e pessoas na busca por soluções.

Visando à preservação dos recursos hídricos, o referido projeto foi concebido em 2010, com um investimento superior a R\$ 350 milhões, e atualmente conta com mais de 50 colaboradores para fornecer água de reúso para o Polo Petroquímico de Capuava e indústrias da região do ABC Paulista.

Inovador, sustentável e pioneiro no Brasil, o Aquapolo tem capacidade de produzir até 1.000 litros de água de reúso por segundo, utilizando os mais avançados processos tecnológicos existentes no tratamento de água e efluentes. Esse volume equivale ao abastecimento de uma cidade de 500 mil habitantes.

Altamente automatizado, esse projeto utiliza o esgoto tratado pela Estação de Tratamento de Esgoto ABC da Sabesp (ETE ABC) como o seu principal insumo. Após o processo de tratamento do esgoto, parte da vazão que seria destinada ao Córrego dos Meninos (curso d'água para onde é enviada a água após o tratamento na ETE ABC) é desviada para a operação do Aquapolo.

Os parâmetros e qualidade da água que devem ser alcançados ao final de todo o processo foram determinados em conjunto com o cliente, que a utiliza em diversos processos industriais, como torres de resfriamento e caldeiras. Para condução e distribuição da água produzida, foi construída uma adutora de 17 km, saindo de sua sede em São Paulo, passando pelos municípios de São Caetano do Sul e Santo André, até chegar a uma torre de distribuição em Capuava, município de Mauá, onde está estabelecido o Polo Petroquímico de Capuava. A partir dela, uma rede de distribuição de 3,6 km entrega a água para cada um dos clientes do Polo.

Como resultado, há uma redução considerável do consumo de água nobre, oriunda de recursos hídricos e, em vez de descartar efluentes, investe no tratamento devido para que esse recurso seja reutilizado em processos internos, enquadrando-se

como uma perfeita economia circular. Importante ressaltar que a cada litro de água industrial utilizado, um litro de água potável é economizado para utilização em fins mais nobres, como o consumo humano.

Aliados à agenda sustentável da empresa, temos feito diversos avanços em busca de inovação. Entre eles, adotamos um sistema de inteligência artificial no reator biológico, que otimiza processos e recursos. Realizamos um estudo de pegada hídrica com o objetivo de quantificar e gerenciar o uso sustentável da água: atingimos 67% de circularidade de resíduos e estamos em fase de contratação de energia de fonte renovável.

Com tal experiência bem-sucedida, estamos sendo agentes ativos da economia circular na prática e podemos concluir que se trata de um projeto facilmente escalável à medida da necessidade do mercado, assim como replicável para localidades com as mesmas características de volumetria.

A Sabesp é responsável pelos serviços de esgotamento sanitário da cidade de São Paulo, sendo a quarta maior empresa de saneamento público do mundo, atuando em 375 municípios.



Foto: acervo Aquapolo

4.3 Sanepar – Aproveitamento de resíduos

O sistema de secagem térmica da Estação de Tratamento de Esgoto Atuba Sul, em Curitiba (PR), operado pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), representa uma solução inovadora e transformadora, integrando tecnologias sustentáveis no contexto da economia circular. Implementado por meio de uma licitação no regime de contratação integrada, conforme a Lei 13.303/2016, o sistema busca reduzir o volume de resíduos, transformando-os em valiosos recursos e alinhando-se aos princípios da sustentabilidade.

O processo de secagem térmica remove a água do lodo de esgoto previamente desaguado, utilizando energia térmica proveniente de fontes renováveis: biogás, lodo seco e biomassa de cavaco de madeira. A combinação dessas três matrizes energéticas proporciona alta eficiência, ao mesmo tempo que minimiza os impactos ambientais associados à disposição final do lodo.

Em operação desde 2023, o sistema tem capacidade para processar, em média, 3.888 kg/h de lodo úmido, com 20% de sólidos totais e 80% de umidade. O processo resulta na produção de 702 kg/h de lodo seco granular, com 76% de sólidos totais e 24% de umidade. Esse lodo seco não só reduz consideravelmente o volume de resíduos, mas também é higienizado e transformado em um produto de alto valor agregado que pode ser empregado como fertilizante. Aproximadamente 64% do material gerado – cerca de 449 kg/h – é utilizado como combustível para o próprio sistema de secagem, resultando em uma significativa redução do lodo destinado a aterros sanitários. O resíduo final da planta é de apenas 149 kg/h de cinzas, cuja valorização também é objeto de estudo da Sanepar.

Na perspectiva da gestão de resíduos, os resultados são impressionantes. O sistema gera uma redução superior a 5:1 no volume de lodo úmido para lodo seco e uma redução de mais de 26:1 ao comparar o lodo úmido com o volume de cinzas geradas. O consumo médio de biogás é de 67 Nm³/h, enquanto o de cavaco de madeira é da ordem de 150 kg/h. Em termos financeiros, ao longo de 21 meses de operação, a planta evitou o envio de mais de 30 mil toneladas de lodo para aterros sanitários, gerando uma economia significativa de R\$ 13.029.097,37 com transporte e destinação final. Após considerar os custos operacionais, o saldo positivo foi de R\$ 3.114.312,50 no mesmo período.

O impacto ambiental do sistema também é expressivo. Em 2023, a planta evitou a liberação de 812,15 toneladas de CO₂ equivalente (tonCO₂e). Esse valor reflete as emissões diretas de 2.098,17 tonCO₂e que seriam geradas caso o lodo fosse enviado a aterros sanitários convencionais, além de 91,52 tonCO₂e adicionais devido ao transporte. Ao mesmo tempo, o uso do biogás no processo de secagem permitiu evitar a liberação de 40.124 tonCO₂e, mostrando que o sistema não só cumpre rigorosamente as normas ambientais, como também demonstra um compromisso com a responsabilidade socioambiental.

Outro destaque do projeto é o sistema de purificação dos gases gerados, que utiliza água de reúso proveniente da própria ETE. Essa abordagem alinha-se perfeitamente aos princípios de ecossocioeficiência, promovendo a reutilização de recursos hídricos e adotando um modelo de produção mais limpa.

Além da inovação tecnológica, o sistema de secagem térmica da ETE Atuba Sul foi pioneiro no aspecto jurídico e administrativo. O projeto desafiou paradigmas sobre contratações públicas inovadoras e abriu novas possibilidades para o licenciamento ambiental, tornando-se a primeira planta desse tipo licenciada no estado do Paraná.

Em termos de escalabilidade, o modelo apresentado é altamente replicável. A ETE Norte, em Londrina (PR), já está implementando um processo semelhante, o que abre perspectivas de expansão para outras regiões, especialmente em áreas com grandes volumes de lodo e fontes de biogás. A implementação dessa solução inovadora demonstra o grande potencial de transformação do setor de saneamento, não apenas no Brasil, mas também em outros países em desenvolvimento. A tecnologia contribui significativamente para a redução de resíduos, a geração de energia renovável e a mitigação das mudanças climáticas.

O *case* da ETE Atuba Sul serve como inspiração para outras empresas de saneamento, mostrando que a combinação de inovação tecnológica, sustentabilidade e soluções financeiras vantajosas é não apenas possível, mas também essencial para o futuro do setor. Ao investir em soluções como essa, é possível caminhar em direção a um modelo de operação mais eficiente, responsável e, sobretudo, circular.

Sistema de armazenamento de biogás da ETE Atuba Sul



Foto: André Thiago Chaves Aguiar

Equipamento de secagem térmica de lodo de esgoto da ETE Atuba Sul



Foto: André Thiago Chaves Aguiar

4.4 BRK – Eficiência energética: autogeração de energia (fotovoltaica) e compra no Mercado Livre de Energia

A BRK é uma das maiores empresas privadas de saneamento básico no Brasil, presente em 13 estados, beneficiando 16 milhões de pessoas. Por isso, a empresa e seus acionistas estão comprometidos com um modelo de gestão ESG, incorporando essa estratégia e eficiência às tomadas de decisão da companhia e à prestação de serviços.

A companhia reconhece os desafios impostos pelas mudanças climáticas, especialmente no setor de saneamento, no qual eventos climáticos adversos podem impactar diretamente a infraestrutura, interrompendo temporariamente a operação, mas também elevar os custos de manutenção e aumentar os riscos de escassez de água e a necessidade de comunicação constante com a população.

Para enfrentar esses desafios, a empresa adota uma abordagem estratégica focada na redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), na transição para fontes renováveis e na eficiência energética. Atualmente, 98,5% do consumo energético da BRK provém de fontes renováveis de forma direta e indireta, incluindo contratos no Mercado Livre de Energia, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e Geração Distribuída através de usinas fotovoltaicas.

Desde 2019, a BRK atua no Mercado Livre de Energia para abastecer algumas das unidades de média e alta tensão. Esse mercado se caracteriza por ser um ambiente de negociação de energia elétrica em que os participantes podem negociar livremente todas as condições comerciais, como fornecedor, preço, quantidade de energia, período de suprimentos e formas de pagamentos. São mais de 300 unidades nessa modalidade, distribuídas em 19 Sociedades de Propósitos Específicos (SPEs), o que representa cerca de 80% do consumo de energia da companhia.

A companhia tem também usinas de Geração Fotovoltaica (Geração Distribuída) no modelo de locação e arrendamento, com pagamento de aluguel do sistema fotovoltaico e sem realização de investimentos para a construção da usina. Atualmente, são 6 usinas que representam aproximadamente 7,5% do consumo de energia.

Em 2023, deu-se início a um projeto de autoprodução de energia como parte de sua meta de suprir 70% do consumo energético com fontes renováveis até 2030.

Essa iniciativa reduz a dependência do mercado cativo e os custos com energia elétrica, ao mesmo tempo que reforça o compromisso da companhia com a descarbonização.

Para alcançar essa meta, a BRK estabeleceu parcerias estratégicas com as empresas Elera Renováveis e Serena, responsáveis pela implantação de plantas de autogeração solar e eólica, com operação prevista para 2025. A matriz solar da Elera contará com capacidade instalada de 48 MW e geração de 13,67 MW médios destinados à BRK, enquanto a matriz eólica da Serena terá capacidade instalada de 46,4 MW e geração de 12,64 MW médios. Essas fontes abastecerão mais de 308 unidades consumidoras e 18 SPEs, contribuindo para uma maior eficiência.

A rastreabilidade e a credibilidade das fontes renováveis são garantidas pela certificação I-REC, essencial para os compromissos ESG da BRK e para o atendimento às exigências de financiadores, como o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Essa certificação reforça a robustez das ações da companhia no processo de transição energética.

A integração de fontes solar e eólica, somada à ampliação da geração distribuída, tem impacto direto na redução das emissões de GEE da referida empresa. Entre 2019 e 2024, as iniciativas de transição energética geraram economias superiores a R\$ 180 milhões, além de fortalecerem a posição da companhia no combate às mudanças climáticas. Graças às parcerias e aos investimentos contínuos, a BRK atingiu em 2024 a meta de suprir 70% do consumo energético com fontes renováveis.



Foto: acervo Elera Renováveis

4.5 Iguá – Aproveitamento de manta dos *geobags* aplicada na agricultura familiar

Um dos grandes problemas enfrentados pelas empresas de saneamento é a correta destinação dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água, podendo provocar potencial degradação ao meio ambiente.

No processo de desidratação do lodo da estação de tratamento de Arapiraca referente à operação da Iguá, no estado de Alagoas, que abrange os municípios de Arapiraca, Craíbas, Coité do Noia, São Brás, Igaci, Olho D'água Grande, Campo Grande, Girau do Ponciano, Lagoa da Canoa, Feira Grande, são utilizadas as mantas geotêxteis, cujo material é feito à base de polipropileno de alta densidade, que tem elevada permeabilidade e pequena abertura nos poros, além de ser ecologicamente sustentável quando utilizado na preservação de recursos naturais e dos nutrientes do solo.

Aplicando-se a economia circular, a Iguá, em parceria com o município de Arapiraca, identificou a oportunidade de não descartar as mantas geotêxteis, e sim reutilizá-las com a mesma aplicabilidade da técnica do agrofílm *mulching*⁸⁴ utilizada pelos agricultores.

O projeto “Agreste Rural”, coordenado pelo Coordenador Técnico Rogério Biehl e pela Supervisora Ambiental Erika Bezerra, tem como objetivo destinar o resíduo gerado pela estação de tratamento de água aos agricultores locais, tendo sido comprovado o seu benefício na utilização no trato do solo após avaliações e estudos comparativos. A Iguá realiza a doação das mantas, viabilizando não só a redução de custos com a manutenção da terra aos agricultores locais, mas também o aumento da produtividade de hortaliças folhosas, leguminosas e frutos.

Aproximadamente 35 famílias já foram beneficiadas com o projeto, tendo sido doadas 7,5 toneladas de mantas.

Além da redução do custo envolvido com a destinação direcionada para o aterro, a Iguá está gerando impacto social positivo com sua prática de reuso sustentável e consciente, atuando de forma inovadora ao fomentar o uso da manta geotêxtil com viabilidade técnica e econômica à agricultura rural.

⁸⁴ Filme plástico usado na agricultura para cobrir o solo e proteger as plantas.

Teste de utilização da manta na agricultura



Fotos: Município de Arapiraca, acervo Iguá Saneamento

4.6 Orizon 1 – Ecoparque Jaboatão: transformando o passivo ambiental em oportunidades sustentáveis

Com uma área de 1,1 milhão de m², o Ecoparque Jaboatão é responsável pela destinação ambientalmente adequada dos resíduos gerados por cinco municípios da região metropolitana de Recife desde 2007. O volume total equivale a aproximadamente 4 mil toneladas por dia.

Considerado a evolução dos aterros sanitários, o Ecoparque é uma complexa obra de engenharia que, além de ter máxima proteção ambiental, reúne diversas tecnologias, integrando soluções de geração de energia elétrica, produção de biometano, produção de combustível derivado de resíduos (CDR), triagem de recicláveis, geração de créditos de carbono, extraíndo dos rejeitos o máximo de valor e transformando o passivo ambiental em um ativo sustentável.

O projeto em análise é a maior unidade de triagem mecanizada da América Latina. Os caminhões de coleta chegam ao Ecoparque e passam pela balança, onde o conteúdo é pesado. Em seguida, o resíduo é encaminhado à Unidade de Triagem Mecanizada, responsável pela recuperação dos materiais recicláveis.

Hoje, essa infraestrutura abriga a maior Unidade de Triagem Mecanizada (UTM) da América Latina. A UTM faz a triagem de mais de 20 tipos de materiais, garantindo fornecimento perene e com rastreabilidade de origem dos reciclados. Entre os produtos recuperados estão plásticos (PET, PEAD, PP, etc.), papel, madeira, metal e vidro, que são destinados à indústria recicladora.

A unidade é responsável pela separação de materiais de forma semimecanizada, com tecnologia de última geração, o que atende às necessidades da indústria em termos de volume e ganho de escala, e conta também com profissionais capacitados que apoiam o processo de triagem dos materiais. A operação promove um relevante impacto socioeconômico na região, gerando empregos, renda e desenvolvimento profissional. Só na UTM são 200 pessoas contratadas formalmente.

As notas fiscais emitidas pela UTM durante o processo de transação com a indústria recicladora podem ser transformadas em créditos de reciclagem, auxiliando indústrias a cumprir suas metas de logística reversa.

Em 2022, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), por meio do Decreto nº 11.043, estabeleceu novas metas de logística reversa. Desde 2024, o objetivo é atingir o patamar de 30% de retorno em relação ao total de embalagens disponibilizadas no mercado. A cada quatro anos, a meta aumentará progressivamente até atingir 50% em 2040.

Em 2024, a Unidade de Triagem Mecanizada de Jaboatão dos Guararapes iniciou a produção do combustível derivado de resíduos, alternativa sustentável ao coque de petróleo, com menor teor de poluição. Gerado a partir de resíduos sólidos urbanos, o CDR é um agente de descarbonização, contribuindo para transição energética de setores como o da indústria de cimento, com alta demanda por recursos energéticos e metas de descarbonização cada vez maiores.

Entre os benefícios ambientais do combustível renovável está a redução da necessidade de utilização de combustíveis fósseis tradicionais, além da redução da emissão de carbono com o transporte pelo encurtamento de distâncias, já que é um produto 100% nacional com produção local.

A parcela do lixo que não pode ser reaproveitada é disposta no aterro sanitário, obra de engenharia multidisciplinar cuidadosamente preparada para receber os resíduos. A estrutura conta com impermeabilização do solo para proteção dos lençóis freáticos, além de cobertura adequada dos resíduos e captação do biogás, que tem em sua composição o gás metano. O gás metano é captado e transformado em soluções sustentáveis que impulsionam a economia e contribuem para a transição energética.

Ao contrário de aterros sanitários que apenas queimam o biogás, esse projeto conta com uma termoelétrica com 28,5MW de potência instalada, que recebe e transforma o biogás em energia elétrica.

Além disso, o biogás também pode ser purificado para produção de biometano, alternativa sustentável ao gás natural. Atualmente, a planta de biometano está em fase final de implantação e se constituirá na quarta maior planta de biometano do Brasil. Com previsão de iniciar suas operações ainda em 2025, a planta terá sua produção injetada na rede de distribuição da Copergás – Companhia Pernambucana de Gás, com volume estimado em até 130 mil m³ por dia.

Outro aspecto relevante é o tratamento de chorume, que é fundamental para evitar a contaminação ambiental, especialmente do solo e da água. Gerado pela decomposição dos resíduos, o chorume é tratado por diversos métodos. Nesse *case*, ele é bombeado para as lagoas de equalização e, posteriormente, passa por tratamentos físico, químico e biológico, gerando água de reúso, que é reaproveitada para umectação de vias, lavagem de equipamentos e no próprio processo de tratamento do chorume.

Já os créditos de carbono são gerados por dois processos: queima do biogás em *flare* e pela geração de energia renovável. Ambos evitam a emissão direta do gás metano na atmosfera. Na unidade aqui apresentada, são gerados mais de 700 mil créditos de carbono ao ano com certificação *Gold Standard e Rating A da BeZero Carbon*. Exemplo de economia circular, essa operação transforma resíduos em fontes de energia e combustíveis renováveis e impulsiona a economia, promovendo sustentabilidade e eficiência ao ciclo produtivo. Com soluções inovadoras e sustentáveis, é uma verdadeira referência para o futuro do Nordeste.

Por fim, cumpre registrar que o Ecoparque de Jaboatão dos Guararapes é gerido pelo Grupo Orizon. Com capital aberto na B3 e 17 ecoparques em 12 estados brasileiros, o Grupo Orizon é referência em gestão e valorização de resíduos em toda a América Latina. Por meio da divisão de negócios de energia renovável BioE, é responsável pelo uso do biogás para geração de energia ou para ser purificado em biometano. Na vertical de economia circular, promove a separação de materiais reciclados que retornam à cadeia produtiva e produz fertilizantes orgânicos e combustível derivado de resíduo (CDR) por meio de processo de blendagem em suas plantas de coprocessamento.

Ecoparque de Jaboatão dos Guararapes



Foto: acervo Orizon

Geração de Energia Elétrica no Ecoparque



Foto: acervo Orizon

4.7 Orizon 2 – Recuperação energética de resíduos para avanço na gestão de resíduos de baixo carbono

Com obras em estágio avançado, a primeira usina de recuperação energética da América Latina está sendo construída pelo Grupo Orizon, referência em gestão e valorização de resíduos, em parceria com a Sabesp.

Em conjunto com outros investimentos em tecnologias maduras, consolidadas, seguras e sustentáveis, a Orizon apresenta, nesse empreendimento, uma solução inovadora de economia circular no setor de *Waste-to-Energy*⁸⁵, que promove a valorização de resíduos sólidos urbanos ao convertê-los em energia elétrica.

Localizado no município de Barueri, São Paulo, o empreendimento terá capacidade de processar 870 toneladas diárias de RSU, com uma potência instalada de 20 MW. A usina funciona por meio da destruição controlada dos resíduos. O vapor gerado pelo aproveitamento do calor permite o acionamento de um turbogerador para produzir eletricidade, minimizando impactos ambientais e contribuindo para a sustentabilidade energética.

O diferencial da usina está na integração entre tecnologia avançada e um modelo de negócio estruturado em uma Parceria Público-Privada (PPP) e um *Power Purchase Agreement*⁸⁶ (PPA) de longo prazo, garantindo previsibilidade e segurança regulatória. Além disso, o projeto fortalece a lógica circular ao transformar passivos ambientais em ativos energéticos, surgindo como uma alternativa ambientalmente correta para a destinação final do RSU, estando alinhado à Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e à Política Estadual (Lei nº 12.300/2010).

A unidade de recuperação energética será instalada em uma área de 37 mil m² e com aproximadamente 10 mil m² de área construída. A usina terá capacidade de processar o RSU produzido por aproximadamente 800 mil pessoas diariamente, beneficiando diretamente a gestão de resíduos urbanos da região. Estima-se a geração de 70 empregos diretos e até 250 indiretos para manutenção periódica.

O investimento total do projeto é de aproximadamente R\$ 600 milhões, com estrutura societária composta de 80% da Orizon Valorização de Resíduos e 20% da Sabesp. O retorno econômico será impulsionado, além da receita advinda da destinação do RSU, pela venda da energia gerada, em que, da totalidade estimada de aproximadamente 16,0MWh disponíveis para comercialização, 13,2 MWh já foram vendidos em leilões realizados pela EPE, com contratos de fornecimento de 20 anos.

⁸⁵ Resíduos para energia, em tradução livre.

⁸⁶ É um contrato de compra e venda de energia de longo prazo realizado entre o desenvolvedor de energia renovável e o consumidor.

Além da geração de energia, a usina se compromete a desenvolver projetos socioambientais em parceria com a Secretaria do Meio Ambiente de Barueri e cooperativas locais, promovendo a conscientização e a educação ambiental na comunidade.

As usinas WtE têm um bom potencial de crescimento no Brasil, principalmente em áreas densamente povoadas, onde o resíduo gerado pela sociedade tem a tendência de ser transportado por distâncias cada vez maiores até sua destinação final. No entanto, o principal desafio para esse tipo de empreendimento reside na complexa estruturação do empreendimento, o qual depende do equacionamento da garantia de recebimento de RSU por longo prazo, da garantia de venda de energia elétrica no longo prazo, um processo de licenciamento ambiental demorado e um alto valor de investimento, sendo essencial que políticas públicas adequadas sejam implementadas para assegurar essa solução de saneamento.

Com previsão de entrada em operação em janeiro de 2027, a unidade de recuperação energética do Grupo Orizon consolida um modelo eficiente de aproveitamento de resíduos, contribui para a matriz energética renovável do Brasil e é um exemplo claro de como a gestão de resíduos pode ser transformada em uma oportunidade de inovação e desenvolvimento, tratando os resíduos como recursos de extrema relevância.



Foto: acervo Orizon

4.8 Greenplat – Logística reversa no estado de São Paulo

A *GreenPlat* é uma *scaleup GovTech* que desenvolveu o *software* CTR-e (Controle de Transporte de Resíduos eletrônico), voltado para a gestão de resíduos sob a ótica pública. A solução se insere no contexto da economia circular ao garantir que os resíduos sejam rastreados e tratados de maneira eficiente e transparente, promovendo a reintrodução de materiais na cadeia produtiva e reduzindo a geração de resíduos, alinhado ao conceito de logística reversa.

O SIGOR Logística Reversa, criado dentro do ecossistema do CTR-e pela *GreenPlat*, em parceria com a Cetesb (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), é uma plataforma SaaS baseada em arquitetura *blockchain* que permite a rastreabilidade do impacto a partir da comprovação dos dados dos resíduos desde a sua geração até a destinação final dos resíduos aderentes aos Planos de Logística Reversa do Estado de São Paulo. A solução oferece uma visão detalhada de todo o planejamento e medição de impacto de diversos setores, desde a cadeia de coleta, tratamento e destinação, por meio de diferentes documentos comprobatórios e dados gerados pelo sistema, assegurando *compliance* ambiental.

Os aspectos inovadores da solução incluem a integração de informações que possibilitam uma auditoria *on-line* com a sua rastreabilidade em tempo real, promovendo maior transparência e confiança em relação à validação dos processos de gestão de resíduos. A abordagem da *GreenPlat* se dá pela transição de um modelo linear de produção, no qual os resíduos são descartados sem controle, para um modelo circular, em que os resíduos são monitorados, auditados e reinseridos na cadeia produtiva através do poder dos dados.

Especificamente sobre o funcionamento do sistema de logística reversa da Cetesb, registra-se que o SIGOR LR opera através de diversos módulos que facilitam a gestão e o controle das ações de resíduos. O processo inicia-se com o cadastramento de impacto e ações de compensação dos Planos de Logística Reversa, em que empresas e associações privadas podem documentar suas metas, iniciativas e comprovações de ações relativas à logística reversa, seja de forma coletiva ou individual. Isso permite uma estrutura organizada e acessível para que as partes interessadas possam registrar e acompanhar suas obrigações.

Além disso, o sistema de Gestão SIGOR LR inclui um módulo de validação e fiscalização, que capacita as equipes da CETESB a realizar processos de validação e análises de maneira automatizada. Esse módulo aponta automaticamente inconsistências entre o que foi definido nos planos, e as ações reais dos operadores logísticos que os operam, oferecendo uma análise crítica das ações de controle da logística reversa de forma digital, resultando em ganhos significativos em transparência, agilidade, eficiência diretamente na gestão tempo e recursos das equipes técnicas da Cetesb.

Outra maneira de entender todos os *players* atuantes nesse setor é que as associações das empresas dos diversos setores econômicos podem se cadastrar na plataforma e vincular os planos de logística reversa de empresas aderentes aos seus sistemas operacionais de logística reversa, facilitando a coordenação entre os diversos atores e mercados envolvidos. As resultantes dessas ações são analisadas em tempo real pelos órgãos públicos, permitindo uma visão clara e transparente do cumprimento de suas obrigações legais, assim como do seu atendimento às metas estabelecidas. Dessa forma, a verificação dos documentos submetidos garante que as informações sejam confiáveis, que não haja dupla contabilização de massa e de documentação comprobatória e que as metas de logística reversa dos resíduos sejam efetivamente alcançadas.

Esses recursos fazem do sistema uma ferramenta poderosa de inteligência de dados para as autoridades ambientais, proporcionando insumos valiosos para a formulação e ajuste de políticas públicas voltadas à gestão de resíduos e impacto, criando não apenas um histórico, mas uma mensuração real, além de melhorar a conformidade das empresas com a legislação vigente.

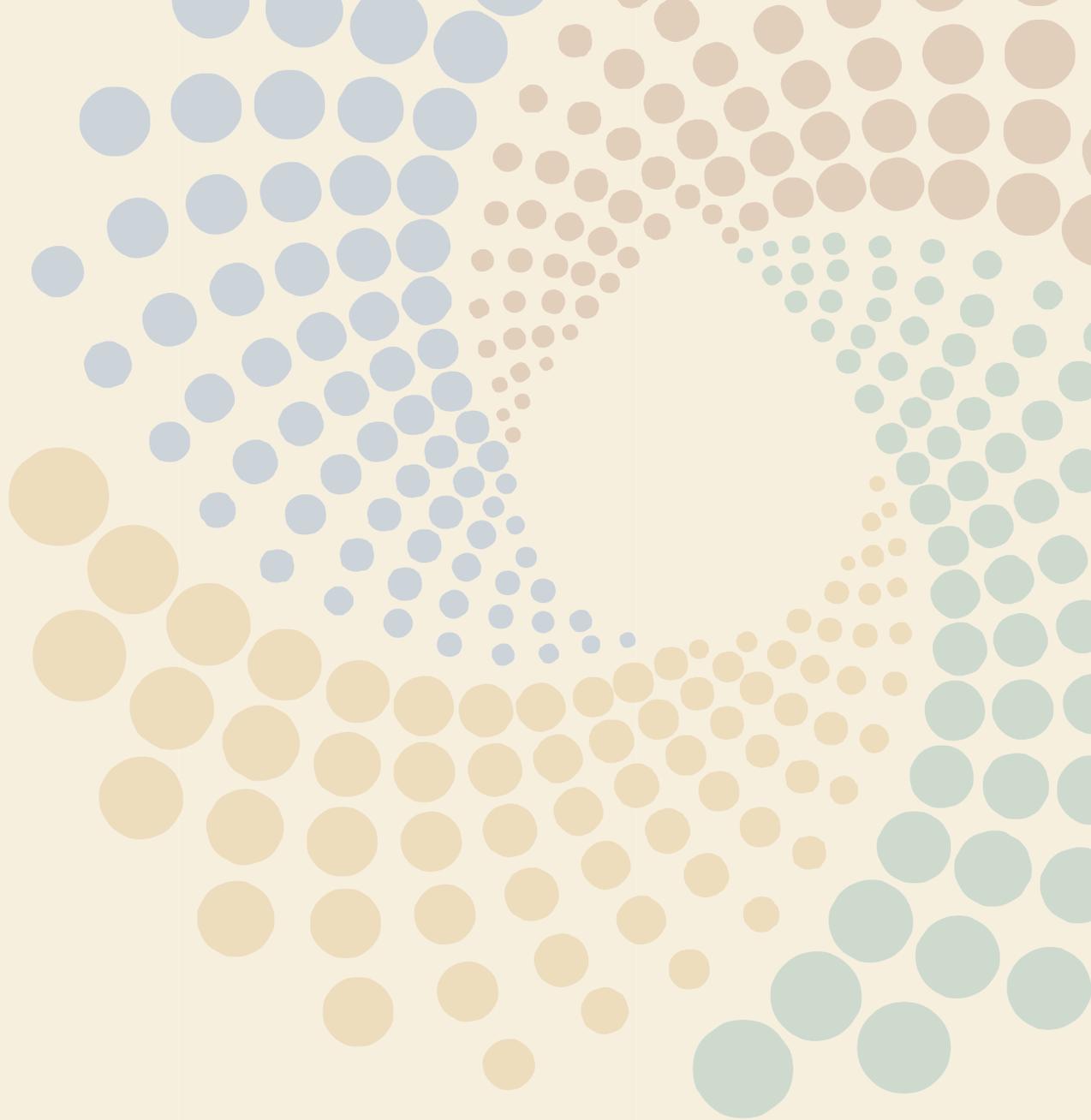
Os benefícios se traduzem no aumento da eficiência ao setor público, além de viabilizar a transparência das operações de gestão de resíduos. Desde 2021, a Cetesb foi capaz de verificar, por meio do sistema SIGOR LR da *GreenPlat*, mais de 2.990.335 toneladas de resíduos, validando 60% desse volume em tempo recorde e com equipe reduzida, o que demonstra a eficácia e a confiabilidade da solução.

As externalidades socioambientais produzidas pela solução incluem a redução do desperdício de materiais recicláveis, a melhoria na destinação de resíduos e a diminuição dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado. Além disso, a democratização da informação sobre a gestão de resíduos fortalece a participação dos municípios e empresas na conformidade ambiental, dando visibilidade também sobre o atendimento geográfico das soluções disponíveis aos 645 municípios do estado de São Paulo, abrangendo uma região com mais de 46 milhões de habitantes.

A solução tecnológica do CTRe é altamente escalável, com potencial para *rollout* em outras localidades no Brasil e fora do país. A replicação das tecnologias já desenvolvidas pode ser facilmente adaptada a diferentes contextos, produtos e políticas públicas, especialmente à medida que as exigências da gestão de produção e seus impactos se tornam mais rigorosas em todo o Brasil. A experiência acumulada no estado de São Paulo serve como um modelo de implementação, contribuindo para a transição para uma economia circular eficiente, mensurável e transparente.



Fonte: Greenplat



CAPÍTULO 5

**Desafios, instrumentos para
implementação e visão de futuro da
economia circular no saneamento**

5

DESAFIOS, INSTRUMENTOS PARA IMPLEMENTAÇÃO E VISÃO DE FUTURO DA ECONOMIA CIRCULAR NO SANEAMENTO

A transição para uma economia circular no saneamento apresenta tanto oportunidades quanto desafios. Por isso, requer um planejamento estratégico que sirva como guia para políticas públicas e tomada de decisão, além do acompanhamento e monitoramento das ações adotadas.

A presente seção discute uma análise SWOT⁸⁷, que examina fraquezas, forças, oportunidades e ameaças de forma a oferecer uma perspectiva abrangente sobre o potencial do setor na adoção de princípios de circularidade. Apresenta-se, também, um *framework* para implementação e indicadores para monitoramento do impacto das ações adotadas, identificando oportunidades de melhoria.

Em adição, o presente tópico propõe um olhar para a frente, explorando como políticas públicas e regulação terão um papel fundamental para acelerar o desenvolvimento da economia circular no saneamento. Por fim, o capítulo coteja as prioridades da agenda global, com os benefícios da adoção de modelos circulares na prestação de serviços de saneamento à resiliência climática, representando um papel-chave no desenho de um futuro mais eficiente e sustentável.

5.1 Desafios para implementação

Entre os desafios pontuais a serem superados, cabe destacar as limitações de infraestrutura, a falta de incentivos e a perda de valor no descarte inadequado de resíduos. Para a indústria, um grande desafio é que empresas desenvolvam novos modelos de negócio que agreguem valor ao produto/serviço.

No Brasil, há inovações em modelos de negócios circulares nos formatos de produto como serviço, compartilhamento, extensão da vida do produto, insumos circulares, recuperação de recursos e virtualização⁸⁸.

⁸⁷ Em tradução livre: análise/matriz FOFA, que significa forças, oportunidades, fraquezas e ameaças.

⁸⁸ <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202408/economia-circular-desafios-e-oportunidades-para-a-industria-brasileira>

As seguintes linhas de atuação se destacam para fortalecer a economia circular no Brasil:

Políticas públicas

- Tratamento fiscal e regulamentação adequada;
- Compras públicas sustentáveis; e
- Geração de empregos de qualidade.

Educação

- Campanhas educativas amplas; e
- Capacitação profissional.

Pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I)

- Inovação em *design* de produtos, serviços e processos;
- Desenvolvimento de métricas de circularidade; e
- Parceria entre setor privado e academia.

Financiamento

- Orientação para acesso a recursos e elaboração de projetos; e
- Ampliação das linhas de financiamento para economia circular.

Mercado (ambiente de negócios)

- Material em quantidade e qualidade para reciclagem;
- Cooperação em um ambiente competitivo; e
- Identidade da indústria brasileira como sustentável (circular).

Desde a promulgação da Lei nº 14.026/2020, é possível identificar um reposicionamento de mercado das companhias de saneamento no sentido de endereçar a economia circular aos seus respectivos planejamentos estratégicos.

No entanto, ainda há um caminho a percorrer no sentido da mudança de paradigma: de um modelo linear de produção à incorporação de um novo, que possibilite o retorno de subprodutos para o ciclo de produção nos quatro eixos do saneamento. Isso porque experiências nacionais de economia circular no setor têm apontado gargalos no aproveitamento dos seus subprodutos (lodo, biogás e água de reúso). O principal desafio é criar um mercado rentável, que ainda é considerado como dispensável, com alto risco de inovação e baixa margem de lucro, se comparado aos

produtos primários como a água. Essa dificuldade de inserção de subprodutos no mercado se deve também à rejeição da população em relação ao consumo do material, indicando a falta de conhecimento desse tipo de prática⁸⁹.

No caso dos resíduos sólidos, uma das reflexões importantes para garantir a viabilidade de modelagens circulares é não travar a rota tecnológica, controlando o meio de atendimento do serviço e inibindo a inovação, mas sim propor modelagens que viabilizem soluções regionalizadas e mais eficientes, sobretudo no que diz respeito ao papel dos aterros sanitários nos desenhos de serviço de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos.

Não obstante o desafio político para implementação, o consórcio intermunicipal é um importante mecanismo previsto na PNRS⁹⁰ para regionalização em um contexto de federalismo cooperativo, em especial em municípios de menor porte, cujos objetivos são:

- i) desenvolvimento de políticas públicas eficientes;
- ii) definição de programas para a gestão dos resíduos sólidos;
- iii) implementação de novas alternativas de tratamento de resíduos;
- iv) apoio na implementação da coleta seletiva; e
- v) garantia da destinação ambientalmente adequada.

Entre as vantagens, citam-se:

- i) apoio no cumprimento das obrigações legais pelos municípios;
- ii) partilha de aterros sanitários;
- iii) aumento das possibilidades de os municípios atingirem escalas de recursos financeiros e de material; e
- iv) contribuição para o desenvolvimento econômico e social do município.

Já no que se refere à drenagem e manejo de águas pluviais, o grande desafio na abordagem de economia circular é concatenar regulação (indicadores), sustentabilidade econômico-financeira, gestão do espaço urbano e regionalização.

Em conclusão, é de suma importância que se estabeleçam três diferentes tipos de incentivos para induzir a economia circular nos projetos de saneamento: regulatórios, contratuais e econômico-financeiros. Assim, as externalidades positivas e os ganhos ambientais advindos desse modelo de negócios poderão ser atrelados aos objetivos já estabelecidos de universalização dos serviços no Brasil.

⁸⁹ SILVA, Dafne Fernanda Alves *et al.* Situação da economia circular a partir do Novo Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil. 2023.

⁹⁰ Art. 8º São instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, entre outros: XIX - o incentivo à adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes federados, com vistas à elevação das escalas de aproveitamento e à redução dos custos envolvidos. Art. 45. Os consórcios públicos constituídos, nos termos da Lei no 11.107, de 2005, com o objetivo de viabilizar a descentralização e a prestação de serviços públicos que envolvam resíduos sólidos, têm prioridade na obtenção dos incentivos instituídos pelo governo federal.

5.2 O Plano Nacional da Economia Circular

Na esteira da Estratégia Nacional de Economia Circular, instituída pelo Decreto nº 12.082/2024 e que estabelece uma série de princípios e diretrizes para promover a economia circular no Brasil, está atualmente em consulta pública o Plano de Economia Circular, com o objetivo de promover a transição do Brasil para um modelo econômico mais sustentável, com foco na redução de resíduos e na preservação de recursos.

O Plano está dividido em cinco eixos principais, quais sejam:

O primeiro eixo estabelece um ambiente normativo e institucional favorável, propondo ações como o desenvolvimento de políticas públicas específicas, a harmonização de regulamentações existentes e a criação de incentivos econômicos. Nesse contexto, são definidos os macro-objetivos, que incluem a definição de setores prioritários, a criação de mercados para produtos reutilizáveis e a articulação com outras políticas públicas.

O segundo eixo foca na inovação, educação e cultura para fomentar a economia circular, promovendo ações que estimulem o *design* sustentável e a capacitação de profissionais. As ações incluem o desenvolvimento de programas de capacitação, a promoção de pesquisa e inovação e a criação de mecanismos que incentivem a conscientização sobre a circularidade.

O terceiro eixo se concentra na gestão eficiente de recursos, buscando minimizar a geração de resíduos e incentivar a instalação de recicladoras.

Já o quarto eixo propõe instrumentos financeiros para apoiar a economia circular, incluindo incentivos fiscais e mecanismos de financiamento.

Por fim, o quinto eixo visa articular a colaboração entre diferentes níveis de governo e a inclusão de trabalhadores informais nas cadeias de valor circulares, garantindo uma transição justa e sustentável.

Dado esse contexto, é interessante para os objetivos do presente caderno oferecer uma reflexão acerca dos pontos que guardam relação com os temas aqui apresentados. Nesse sentido, destaca-se o macro-objetivo 1.1, que estabelece metas, padrões e indicadores quantificáveis para monitorar a circularidade, tema explorado no capítulo 5 e que é fundamental para a efetividade de projetos baseados na economia circular.

Ainda no âmbito do primeiro eixo, é importante destacar que a definição de setores prioritários, com a inclusão de *performance* de circularidade e melhores práticas, segue a mesma lógica que empregamos no caderno, isto é, identificar o recorte sob o qual avaliar os aspectos da economia circular, nesse caso o saneamento, e nesse contexto explorar as oportunidades e modelos de negócio circulares.

Outro ponto de destaque do Plano é o fomento à inovação, que está relacionada ao investimento em novas tecnologias que repensem o ciclo produtivo atual em prol de alternativas mais eficientes e circulares, como os *cases* apresentados no capítulo 4.

Mas talvez o princípio do Plano, que segue as diretrizes da ENEC, mais alinhado ao objetivo do caderno, é o destaque para a redução de resíduos e ênfase no conceito de reutilização e reciclagem. O texto do Plano em consulta destaca especialmente a gestão de resíduos sólidos urbanos, um dos eixos do saneamento, e cita também a logística reversa enquanto estratégia para uso eficiente dos recursos naturais.

Em conclusão, o Plano Nacional de Economia Circular representa um esforço transversal de política de Estado que visa à transição do Brasil para um modelo econômico mais sustentável. Ao estabelecer uma diretriz clara, promover a inovação e a educação, além de incentivar a colaboração entre diferentes setores, o Brasil se posiciona para liderar a transição dentro da América Latina, contribuindo para um futuro mais sustentável e resiliente que atende tanto às necessidades econômicas quanto às demandas sociais e ambientais.

5.3 Matriz SWOT

A partir da contextualização e argumentos apresentados neste caderno, fica evidente a premissa de que o modelo linear de produção, no que se refere ao setor de saneamento básico, não é compatível para fazer frente aos desafios de sustentabilidade, objetivos de universalização e Agenda 2030 da ONU.

O presente capítulo se propõe a resumir os argumentos apresentados e convergir os temas abordados de uma forma propositiva, como subsídio ao planejamento e tomada de decisão. Nesse sentido, começamos aplicando a técnica de análise SWOT da economia circular e saneamento, identificando forças, fraquezas, oportunidades e ameaças a ela relacionadas.

SWOT da economia circular e saneamento

Forças

- Potencial para ganho de eficiência operacional nas operações de saneamento;
- *Expertise* técnica (universidades, corpo técnico de companhias e agências);
- Arcabouço legal em consolidação (Marco Legal do Saneamento Básico);
- Políticas Públicas Transversais;
- Resiliência das operações a partir de estratégias circulares.

Fraquezas

- Déficit estrutural de infraestrutura;
- Cenário macroeconômico desfavorável para obtenção de crédito;
- Complexidade (política e jurídica) para modelagem de prestação regionalizada dos serviços de saneamento.

Oportunidades

- Oportunidade para venda de créditos associados às operações circulares de saneamento no Mercado Regulado de Carbono;
- Políticas de transição energética favorecendo projetos de saneamento envolvendo biocombustíveis;
- Avanço na agenda regulatória da ANA, favorecendo a pauta da economia circular;
- Mecanismo para mitigação e adaptabilidade dos efeitos adversos das mudanças climáticas;
- COP30 no Brasil e agenda de sustentabilidade;
- Cooperação regional (Acordo Mercosul-UE).

Ameaças

- Impactos de eventos extremos relacionados às mudanças climáticas nas operações de saneamento;
- Atraso no investimento de infraestrutura do saneamento;
- Insegurança jurídica.

5.4 Um *framework* para a economia circular no saneamento

A partir das contextualizações e reflexões aqui apresentadas, segue-se para uma conclusão propositiva a respeito da economia circular no âmbito dos serviços públicos do saneamento básico, com foco no Brasil. Nesse sentido, a estrutura *Water in Circular Economy and Resilience*⁹¹(WICER), proposta pelo Banco Mundial (Delgado, 2024), estabelece os elementos centrais de uma abordagem circular para construção de sistemas de saneamento mais resilientes.

O *framework* WICER, apresentado de forma esquemática na figura a seguir, foi desenvolvido de modo a atingir três resultados objetivos:

1. O fornecimento de serviços públicos de saneamento resilientes e inclusivos;
2. Desenhos para a diminuição da geração de resíduos e poluição;
3. Preservação de recursos e regeneração de sistemas naturais.

Para cada um dos objetivos, o *framework* sugere três ações, interligadas entre si, dentro de uma lógica de circularidade.

Ações para fornecimento de serviços de saneamento resilientes e inclusivos:

1. diversificação de fontes de abastecimento;
2. otimização da infraestrutura existente;
3. planejamento e investimentos tendo em vista incertezas climáticas e não climáticas.

Ações para criação de desenhos para a diminuição da geração de resíduos e poluição:

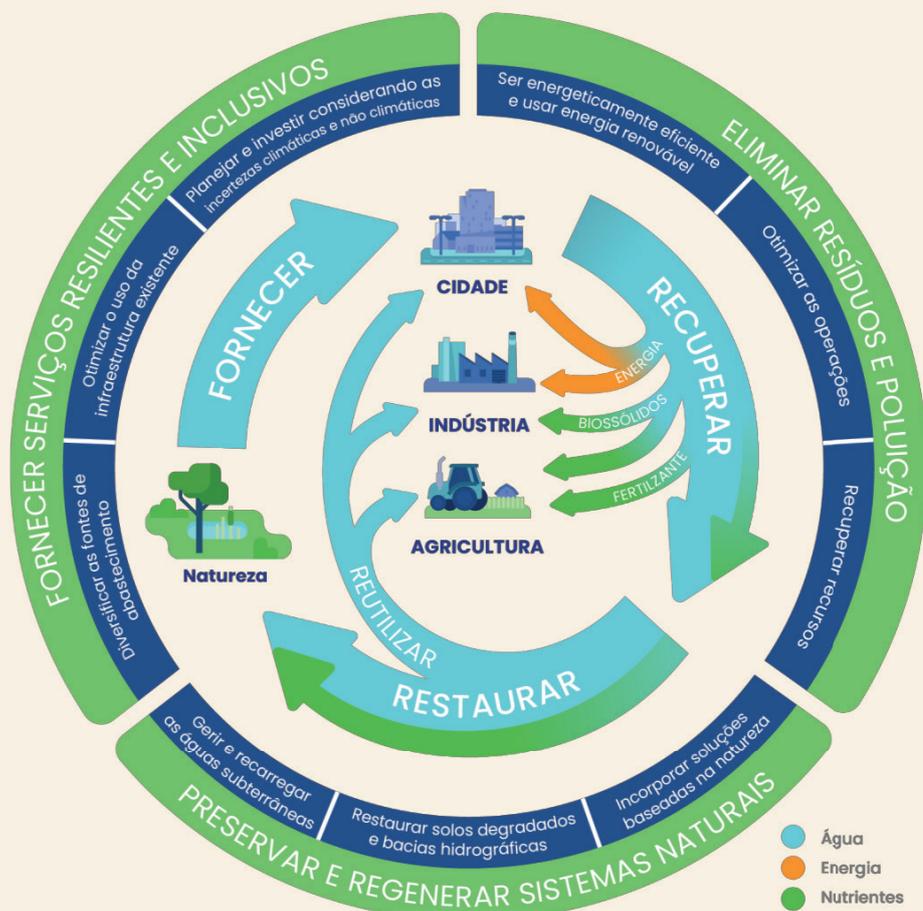
1. eficiência energética e uso de energia renovável;
2. otimização de operações;
3. recuperação de recursos.

Ações para preservação de recursos e regeneração de sistemas naturais:

1. incorporação de soluções baseadas na natureza (SbN);
2. restauração do solo e bacias hidrográficas degradadas;
3. recarga e gestão de aquíferos.

⁹¹ Em tradução livre: água em uma economia circular e de resiliência

ECONOMIA CIRCULAR E RESILIÊNCIA NO SETOR DE ÁGUA



Fonte: DELGADO, A. et al. *Water in circular economy and resilience (WICER) framework. Utilities Policy*, v. 87, p. 101604, 2024.

A partir dos eixos e ações apresentados pelo *framework* WICER, é possível identificar aspectos que foram abordados ao longo do caderno, bem como *cases* de sucesso que se basearam nas ações aqui propostas, como as soluções baseadas na natureza e modelos de negócio com foco no ganho de eficiência operacional.

Essa estrutura não tem como objetivo exaurir o tema, são muitas as possibilidades para propor a transição de um modelo econômico linear para um novo modelo circular em que os subprodutos das operações de saneamento voltam ao ciclo produtivo como insumos.

Mas a proposta é que seja entendido como um resumo e ponto de partida tanto para pautar políticas públicas de saneamento e economia circular quanto subsidiar a modelagem de projetos do setor que incorporem os conceitos de circularidade, uma vez que a aplicação do quadro WICER pode aumentar a eficiência operacional e de capital dos serviços públicos, por exemplo: criando fluxos de receitas e negócios.

5.5 Indicadores de economia circular compatíveis com o setor

O estabelecimento e formulação de indicadores sobre economia circular está alinhado à necessidade da geração de dados que auxiliem estudos e análises para entender, por exemplo, quão expressivos são os resultados de medidas circulares, ou então o nível de circularidade de um determinado projeto ou setor da economia, norteando discussões e políticas públicas no âmbito dessa temática⁹².

As métricas “circulares” normalmente divulgadas pelas empresas podem ser divididas em três categorias:

1 - Métricas de eficiência operacional – métricas de desempenho padrão que podem ser rastreadas antes mesmo de um programa de sustentabilidade corporativa ser adotado. Exemplos incluem eficiência de recursos, consumo de energia, água e resíduos.

2 - Métricas de desempenho em sustentabilidade – verificam impactos ambientais e sociais das atividades e produtos da empresa. As métricas incluem emissões de gases de efeito estufa, atores locais engajados ou impacto na biodiversidade.

3 - Métricas de criação de valor circular – rastreiam como o negócio está melhorando por meio de iniciativas de circularidade. As métricas incluem receita circular, percentual circular da carteira e valor preservado⁹³.

⁹² RODRIGUES, Vinicius Picanço; MIRANDA, Bruno Varella; SANTOS, Rafael De Vitto. Economia circular e a aplicação de seus indicadores no setor energético brasileiro. 2020

⁹³ <https://cebds.org/noticia/economia-circular-analise-das-metricas-circulares/>

Nesse sentido, o documento sobre métricas circulares desenvolvido pelo WBCSD⁹⁴ destaca os 4 *frameworks* mais utilizados para medir a circularidade de empresas:

1 - *Material Circularity Indicator*⁹⁵ (MCI) – ferramenta desenvolvida pela Fundação Ellen MacArthur e pela Granta *Design* em 2015 que calcula a quantidade e intensidade de circulação nos níveis do produto e/ou da empresa (fluxos circulares e restaurador). A ferramenta também permite comparar seu desempenho com a média do seu setor.

2 - *Life Cycle Assessment*⁹⁶ (LCA) – essa ferramenta, criada na década de 1960 e atualizada ao longo dos anos, não é considerada uma ferramenta dedicada à economia circular. Ajuda a avaliar os impactos ambientais ou sociais de um sistema de produtos em cada etapa de seu ciclo de vida (desde a extração de matéria-prima até o fim do uso). Uma vez medido, fornece *insights* de como minimizar o impacto natural e social do capital, além de oferecer *insights* de como aprimorar a circularidade.

3 - *Circular Economy Toolkit*⁹⁷ (CET) – ferramenta desenvolvida pela Universidade de Cambridge em 2017 que identifica e avalia a potencial melhoria da circularidade dos produtos. Quanto às ferramentas, também fornece recomendações de melhoria em cada etapa do ciclo de vida.

4 - *Circular Economy Indicator Prototype*⁹⁸(CEIP) – ferramenta desenvolvida por *Griffiths and Cayzer* em 2016 que avalia o desempenho de circularidade do produto no contexto da economia circular. O CEIP dá uma pontuação geral (%) e um diagrama de radar com desempenho de cada etapa do ciclo de vida.

O referido documento também traz recomendações para se definir um *framework* para medir o desempenho na economia circular:

- Impulsionar o desempenho circular do negócio
- Atingir públicos específicos de acordo com os objetivos da empresa
- Considerar um escopo abrangente de sustentabilidade
- Garantir flexibilidade e inclusão
- Adotar uma abordagem em fases para incorporar capitais
- Construir sobre as estruturas e padrão existentes
- Impulsionar a mudança de cultura e fornecer orientação⁹⁹

⁹⁴ EDGERTON, Brendan. *Circular Metrics-Landscape Analysis*. MAY 2018.

⁹⁵ Em tradução livre: indicador de circularidade material

⁹⁶ Em tradução livre: avaliação do ciclo de vida

⁹⁷ Em tradução livre: ferramentas para economia circular

⁹⁸ Em tradução livre: Protótipo do Indicador de Economia Circular

⁹⁹ <https://cebds.org/noticia/economia-circular-analise-das-metricas-circulares/>

No que se refere às métricas propriamente ditas, destacamos alguns indicadores interessantes para o contexto do saneamento¹⁰⁰:

Indicadores para o contexto do saneamento	
Categoria do indicador	Indicador de circularidade
Política Nacional de Resíduos Sólidos	Proporção de conteúdo reutilizado em um fluxo de entrada
	Proporção de conteúdo reciclado em um fluxo de entrada
	Proporção de conteúdo renovável em um fluxo de entrada
Fluxo de saída dos recursos	Vida útil média do produto ou material em relação à média do setor
	Percentual de produtos e componentes efetivamente reutilizados derivados do fluxo de saída
	Percentual de material efetivamente reciclado derivado do fluxo de saída
Energia	Percentual médio de energia consumida que é energia renovável
Água	Percentual de água obtida de fontes circulares do fluxo de entrada
	Percentual de água descartada de acordo com requisitos de qualidade
	Razão (no local ou interna) de reuso de recirculação da água
Economia	Produtividade do material
	Índice de intensidade dos recursos

¹⁰⁰ Adaptado de: Economia Circular na Prática: guia de implementação segundo a série ABNT NBR ISO 59000. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2024/10/economia-circular-na-pratica-guia-de-implementacao-segundo-serie-abnt-nbr-iso-59000/>

5.6 Economia do saneamento

O modelo de produção circular se insere na discussão ambiental e do saneamento básico como uma nova dinâmica de relações econômicas¹⁰¹. O imperativo agora é impulsionar a sua expansão¹⁰², uma vez que os *cases* de sucesso que aplicam os conceitos de circularidade são limitados e com desafios de viabilidade econômico-financeira.

Um dos caminhos para a escalabilidade desses projetos é a atração de investimentos do setor privado. A premissa é que os *frameworks*, ações e *cases* apresentados neste caderno possibilitam a redução de perdas e custos associados aos serviços de saneamento de modo a torná-los mais sustentáveis, com melhores taxas de retorno e menor risco financeiro. Portanto, o recorte da economia circular no saneamento aparece como uma estratégia de *de-risking*, isto é, práticas de redução de riscos das operações financeiras.

O saneamento, quando enxergado sob o prisma da economia circular, pode ser entendido como a “economia do saneamento”, como sugere o quadro a seguir, elaborado pelo *Toilet Board Coalition*, organização criada em 2015 para acelerar soluções empresariais para a crise no setor.

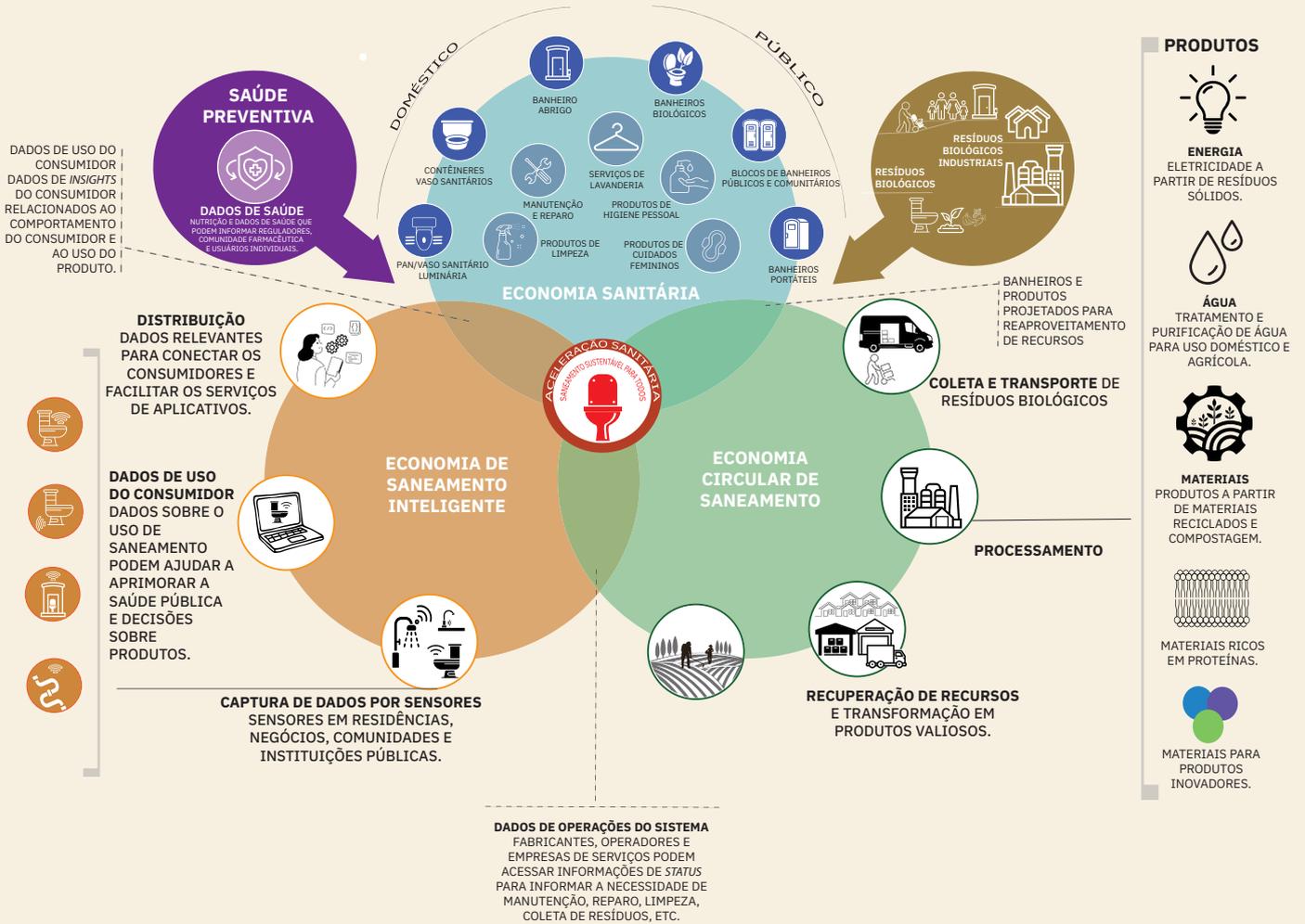
¹⁰¹ SILVA, Dafne Fernanda Alves *et al.* Situação da economia circular a partir do Novo Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil. 2023.

¹⁰² TOILET BOARD COALITION. *The Circular Sanitation Economy: New Pathways to Commercial and Societal Benefits, Faster at Scale*. 2017.

ECONOMIA DE SANEAMENTO MERCADO

SANEAMENTO COMO UMA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIO EM VEZ DE UM CUSTO INACESSÍVEL

SANEAMENTO COMO PROVEDOR DE SOLUÇÕES, OFERECENDO NÃO APENAS SANEAMENTO, MAS TAMBÉM ECONOMIA DE CUSTOS E MELHORIAS AMBIENTAIS PARA INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS/AGRICULTURA, BENS DE CONSUMO, ENERGIA, SAÚDE, RESÍDUOS, ÁGUA E OUTRAS.



Fonte: AKINSETE, A. et al. *Water Research Commission & Toilet Board Coalition, Pretoria, South Africa*. <https://www.wrc.org.za/mdocs-posts/the-sanitationeconomy-opportunity-in-south-africa/> (acesso em 4/3/2020), 2019.

Pensar dessa forma é inteligente, sustentável, inovador, além de reduzir custos e gerar receitas. O avanço das soluções tecnológicas, os novos modelos de negócio e a vontade política para promoção de soluções alternativas de saneamento que abordem contextos de desigualdade social, escassez de água e déficit na cobertura da infraestrutura do saneamento evoluíram significativamente ao longo da última década e estão em uma crescente, sobretudo no Brasil, a partir do Marco Legal do Saneamento Básico.

Esses modelos alternativos e complementares apresentam um novo caminho de desenvolvimento de oportunidades para os governos e empresas alcançarem o ODS 6, cujos benefícios associados à aceleração dessa “Economia do Saneamento” são, entre outros:

1. Acesso à crescente base de clientes dos mercados emergentes (61% da população mundial ainda não tem acesso a saneamento básico, incluindo a gestão de resíduos);
2. Vantagem competitiva e inovação, criando sistemas de saneamento inteligentes e sustentáveis para o futuro (saneamento 4.0);
3. Contribuição para metas de sustentabilidade – relativas à escassez de recursos, mudanças climáticas e políticas de desperdício zero;
4. Redução de custos e acesso a recursos por meio da economia circular do saneamento, valorizando os resíduos como “recursos sanitários” e gerando novas receitas a partir dos subprodutos, tais como energia e combustível;
5. Acesso a novos dados e informações para as tomadas de decisão operacionais e potencialmente novas oportunidades de mercado, aproveitando as megatendências móveis, digitais e de *big data* para o setor.

5.7 Aspectos de viabilidade e financiabilidade

Conforme apresentado no capítulo 3, o atual cenário da infraestrutura do saneamento no Brasil demanda vultosos investimentos para fazer frente às metas de universalização, tanto pelo setor público quanto pelo privado.

Somado ao ambiente promissor de soluções inovadoras e eficientes, esse contexto tende a ampliar o interesse e a necessidade de projetos circulares, promovendo externalidades ambientais, sociais e econômicas positivas à sociedade.

No entanto, para que essas oportunidades sejam implementadas, é imprescindível debater os aspectos relacionados à viabilidade econômico-financeira, bem como as externalidades e indicadores não econômicos.

Nesse sentido, publicações setoriais produzidas por órgãos executivos brasileiros são ferramentas úteis para o detalhamento de projetos com tecnologias e modelos circulares. Um exemplo é a série BIOGÁS¹⁰³, composta de publicações que tratam de aspectos tecnológicos da geração e utilização do biogás, do processo de licenciamento ambiental de plantas e instalações, da comercialização de coprodutos de plantas de biogás, entre outros tópicos pertinentes à estruturação da cadeia produtiva e à consolidação de um mercado nacional.

Importante ressaltar que uma das macrodiretrizes apresentadas em um dos Cadernos Temáticos do Plansab é o apoio e fomento de arranjos institucionais e estudos de viabilidade de recuperação energética junto aos municípios e estados¹⁰⁴. Nesse sentido, destaca-se a importância de um planejamento técnico, logístico e mercadológico abrangente e adequado às características de cada projeto em particular.

Por fim, há que se discutir como os projetos desenvolvidos sob a premissa da circularidade aumentam a financiabilidade com a emissão de debêntures verdes (*green bonds*), que têm ganhado relevância nos últimos anos como um vetor de aumento da viabilidade econômico-financeira na estruturação de projetos de rotas tecnológicas como alternativas à disposição de resíduos.

5.8 Visão de futuro: economia circular no contexto da agenda global

Desde a promulgação da Lei nº 14.026/2020, que instituiu alterações no Marco Legal, a pauta do saneamento foi alçada a um patamar de protagonismo no ambiente da infraestrutura no Brasil. A partir disso, esforços regulatórios para estruturação de um *pipeline* de projetos e atração de investimentos geraram um ambiente favorável.

No entanto, após o avanço dos últimos 5 anos, chegou o momento de pensar o saneamento a partir do recorte da economia circular, com agenda nacional e global de desenvolvimento sustentável para transição a uma economia de baixo carbono.

No âmbito da pauta nacional, já foram mencionados: o Plano de Transformação Ecológica, o Plano Clima, o Plano Nacional de Economia Circular e a Estratégia Nacional.

¹⁰³ <https://antigo.mdr.gov.br/component/content/article/223-secretaria-nacional-de-saneamento/publicacoes-probiogas/publicacoes-do-probiogas/3736-publicacoes-do-probiogas>

¹⁰⁴ Caderno temático 3: Recuperação energética de resíduos sólidos urbanos (Plansab) Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/plano-nacional-d-e-saneamento-basico-plansab/plsansab-2013-revisao-de-2019-2013-cadernos-tematicos>

Além dessas políticas públicas, é relevante citar outros instrumentos que encontram sinergia e promovem oportunidades relacionadas, como a Lei dos Combustíveis do Futuro, o Programa de Aceleração da Transição Energética (PATEN) e, mais recentemente, a Lei nº 15.042/2024, que dispõe sobre o Mercado Regulado de Carbono.

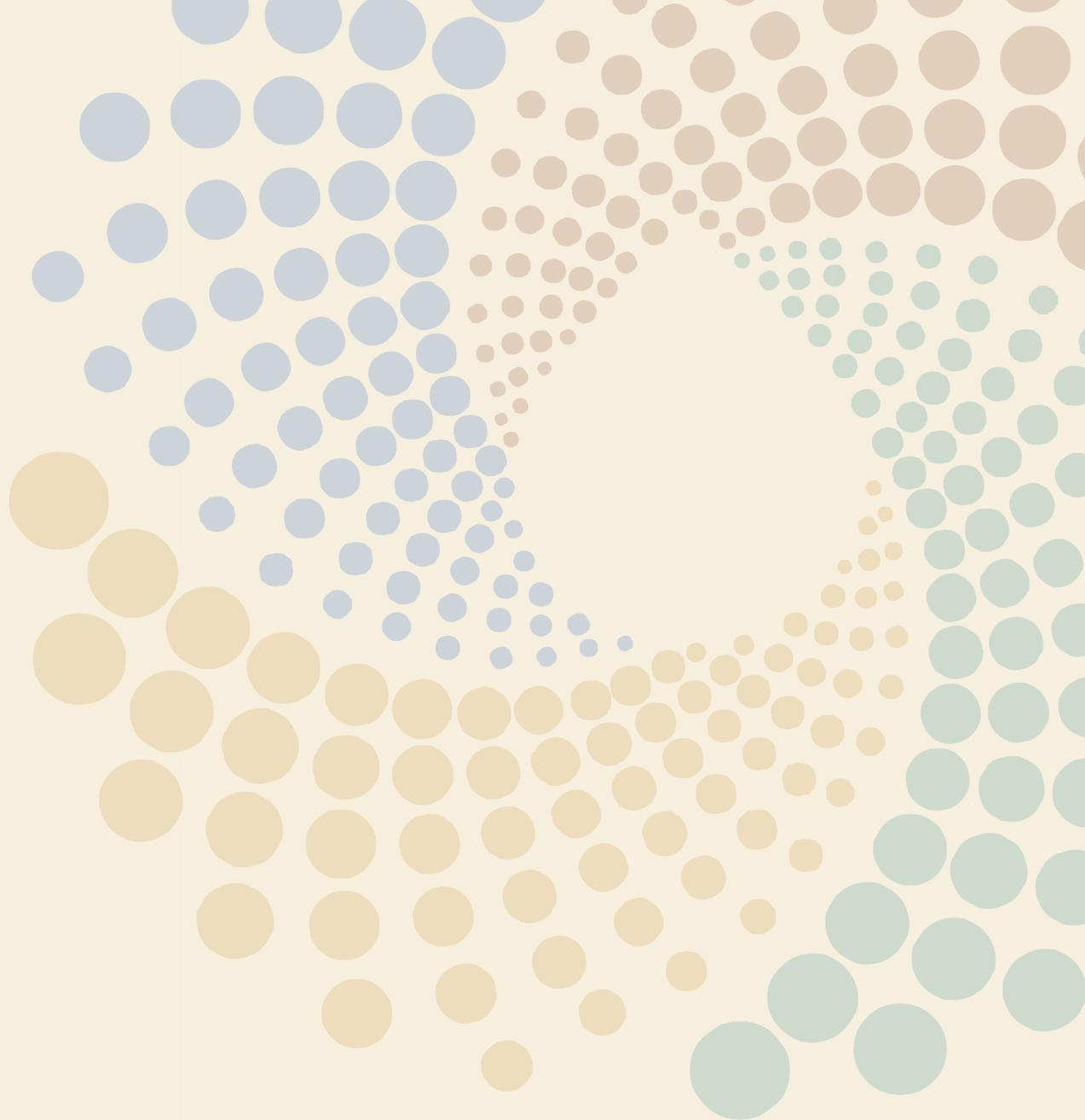
No contexto global e mesmo em um geopolítico instável, existem oportunidades referentes a estratégias de integração regional. Ações conjuntas podem reforçar a liderança da região em negociações climáticas em nível mundial e atrair importantes investimentos externos. Além disso, a criação de fundos regionais para financiamento e desenvolvimento de projetos e instituições regionais para planejar, monitorar e coordenar políticas e ações são relevantes mecanismos.

Exemplo disso é o Acordo de Parceria entre o Mercosul e a União Europeia¹⁰⁵, concluído em dezembro de 2024, que reforça o compromisso dos signatários com a agenda ambiental, social e econômica no novo anexo ao Capítulo sobre Comércio e Desenvolvimento Sustentável.

A partir dessa intersecção de agendas, é possível identificar vetores de transformação e encontrar a convergência de ações em nível global e nacional para o aproveitamento das oportunidades aqui apresentadas.

Por isso, a realização do Fórum Mundial de Economia Circular (SP – 05/2025) e a COP30 (PA – 11/2025) no Brasil serão importantes ocasiões para materialização dessa sinergia, com a construção de caminhos para um futuro mais próspero, circular e sustentável no saneamento básico.

¹⁰⁵ <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2024/dezembro/acordo-de-parceria-mercosul-uniao-europeia#:~:text=O%20an%C3%BAncio%20de%206%20de,todos%20os%20cap%C3%ADtulos%20est%C3%A3o%20negociados>. Acesso em 28/02/2025



CAPÍTULO 6

Considerações Finais

6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exploração do tema da economia circular sob o recorte do saneamento básico é fundamental para a promoção da agenda de sustentabilidade no setor, especialmente frente aos desafios sociais, ambientais e climáticos atuais. O Plansab, com seu planejamento integrado para os próximos 20 anos, busca não apenas a universalização dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo e manejo de resíduos, mas também a implementação de práticas que garantam a eficiência e a redução de resíduos. Nesse sentido, a economia circular se torna um componente essencial, permitindo que os serviços de saneamento não apenas atendam às demandas da população, mas também contribuam para a sustentabilidade ambiental e a resiliência climática.

O presente Caderno Temático, portanto, se propõe a sustentar, com base em uma revisão de literatura e *cases* práticos, que a economia circular pode transformar o setor de saneamento, proporcionando uma abordagem mais eficiente na gestão de recursos. A integração desses princípios de circularidade está diretamente alinhada aos objetivos do Plansab, que visa garantir a universalização dos serviços de saneamento até 2033, promovendo não apenas a infraestrutura necessária, mas também estratégias inovadoras que contribuam para a sustentabilidade e a resiliência climática.

Os principais temas abordados no caderno incluem a importância do reúso de água, a valorização de resíduos e a geração de biogás como alternativas para assegurar a eficiência dos serviços de saneamento. Além disso, a análise de casos de sucesso demonstra que a implementação de práticas circulares pode resultar em economias significativas, assim como na geração de novas oportunidades de emprego e renda. A relação entre a economia circular e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) também é destacada, reforçando que as iniciativas de saneamento podem contribuir para a descarbonização e a transição verde, alinhando-se aos compromissos internacionais assumidos pelo Brasil.

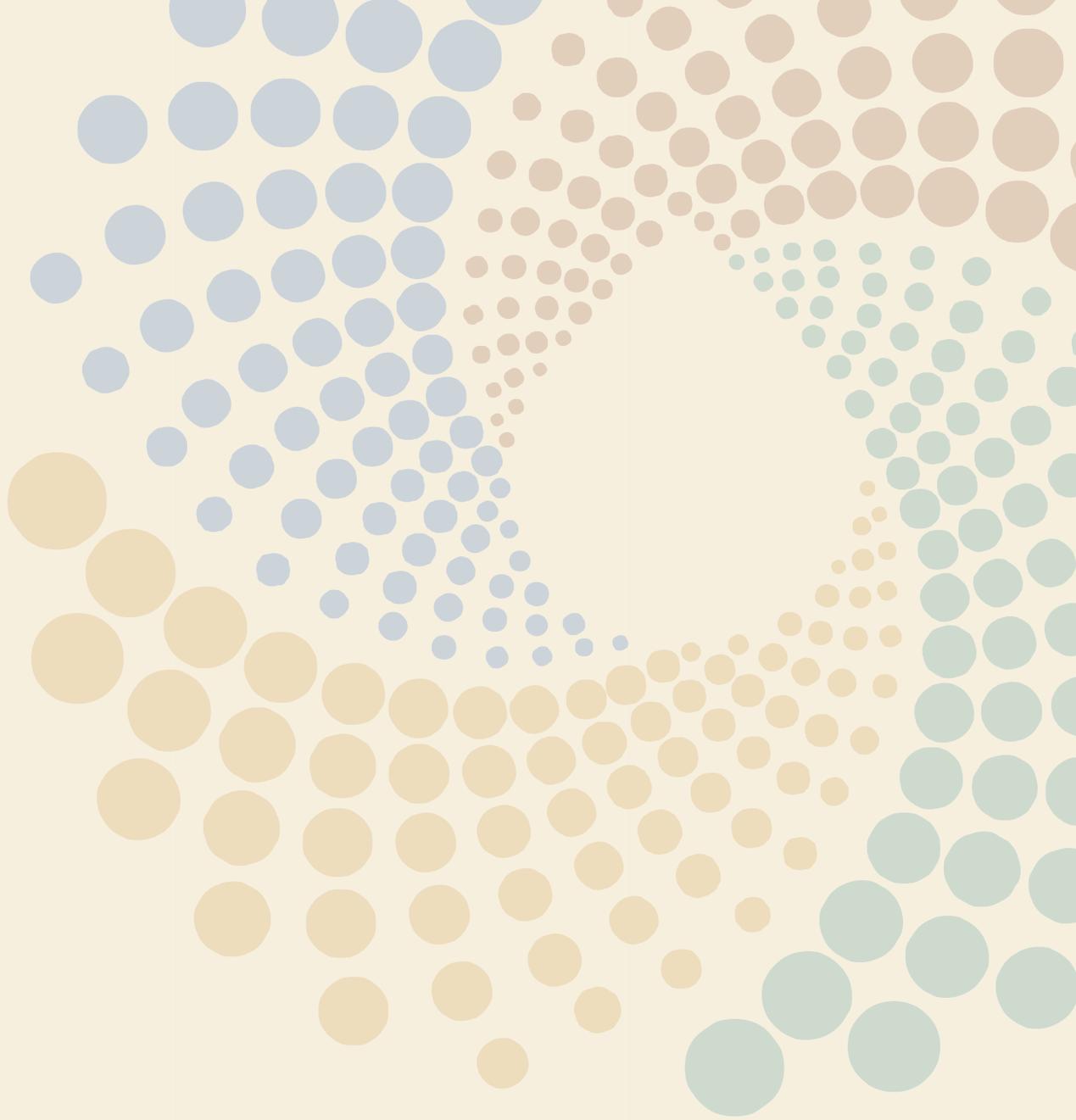
Portanto, a partir da leitura do presente caderno, é possível concluir que existem amplas oportunidades para projetos de economia circular no âmbito do saneamento, o que sugere que o alinhamento de propósitos entre as políticas públicas do Plansab – Série Saneamento – Caderno Temático 4 – Economia Circular – e as iniciativas

do setor privado podem se tornar um vetor de propulsão para o atingimento das metas de universalização propostas pelo Marco do Saneamento.

Essa sinergia é essencial para garantir que os serviços de saneamento não apenas cumpram as suas funções básicas, mas também promovam a dignidade humana e a conservação dos recursos naturais.

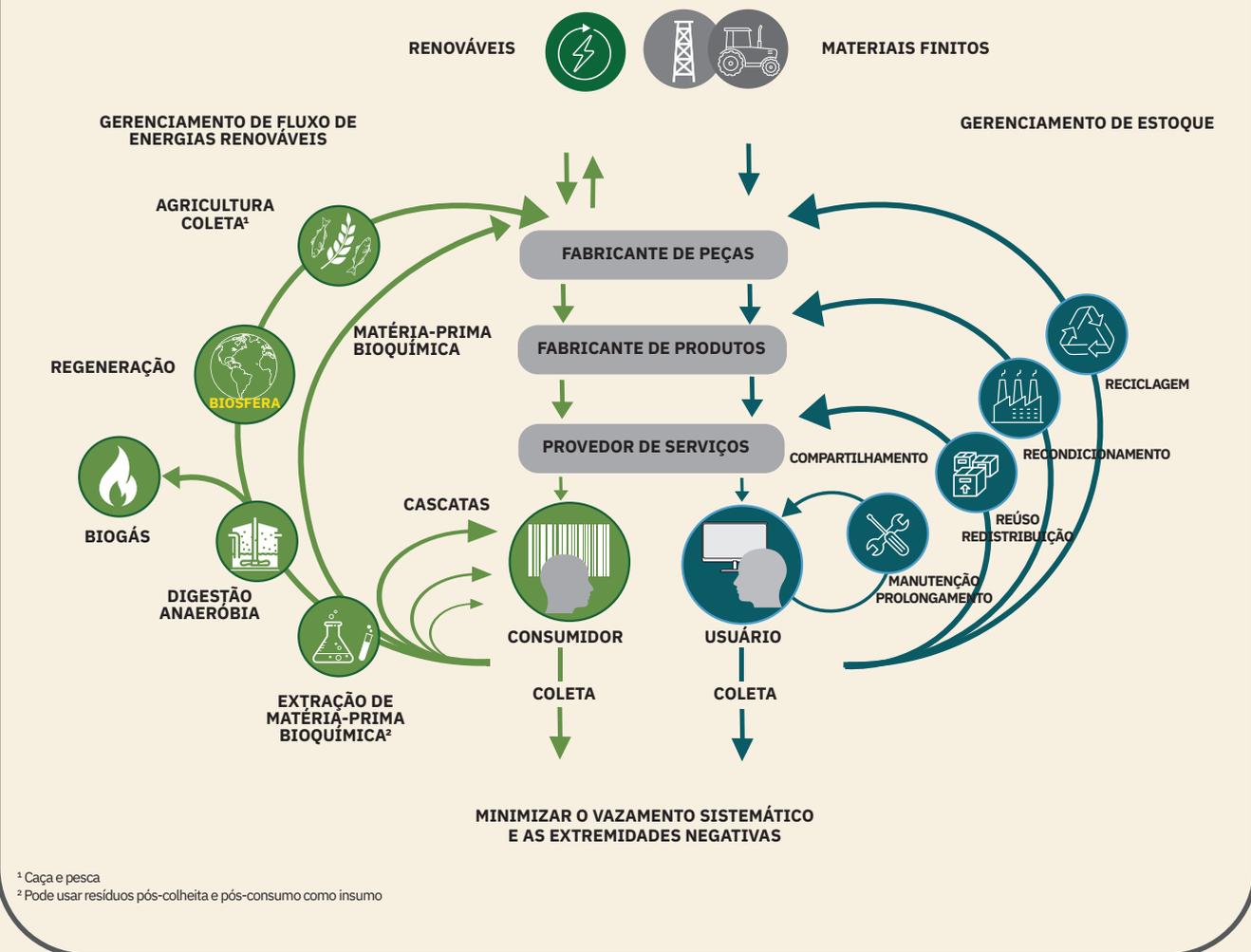
Assim, a implementação da economia circular no saneamento é um passo vital para a construção de um futuro mais sustentável, em que a gestão eficiente dos recursos e modelos de negócios sustentáveis seja prioritária, refletindo um compromisso com o desenvolvimento sustentável em consonância com as diretrizes do Plansab e as políticas públicas federais.

Por fim, trazemos anexo o Diagrama de Borboleta didático, criado pela Fundação Ellen MacArthur, organização dedicada à promoção da economia circular na rede mundial, que resume a economia circular na prática, um modelo que visa eliminar resíduos, materiais circulares no seu maior valor e regenerar a natureza, demonstrando o ciclo biológico e o ciclo técnico dos apontamentos ora trazidos ao longo deste Caderno.



ANEXO

DIAGRAMA DE SISTEMAS DE ECONOMIA CIRCULAR



Fonte: Fundação Ellen MacArthur



Série Saneamento
Caderno Temático **4**
Economia Circular

SOBRE AS AUTORAS:

Marcela Nectoux

Engenheira Ambiental (UFRGS), Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (UFRGS/IPH), MBA em Gestão de Projetos (FGV). Tem mais de 10 anos de experiência na coordenação e liderança de times em projetos de saneamento ambiental e sustentabilidade corporativa. Líder da Setorial de Saneamento e Recursos Hídricos da Infra Women Brazil e Pesquisadora do Grupo de Pesquisa em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

Nathália Menezes

Advogada, Pós-Graduada em Processo Civil (EMERJ), LL.M em Direito do Estado e Regulação (FGV Rio), MBA em Gestão Empresarial (FGV EBAPE) e Mestranda em Direito Público (FGV Direito SP). Tem mais de 11 anos de experiência no Setor de Saneamento e na Gestão do Jurídico Regulatório e Corporativo. Líder da Setorial de Saneamento e Recursos Hídricos da Infra Women Brazil, Membro da Comissão de Infraestrutura do Ibrademp e Pesquisadora do Grupo de Estudos de Direito e Economia da UNB/IDP.



MINISTÉRIO DAS
CIDADES



Este produto foi realizado no âmbito do Projeto de Cooperação Técnica BRA/IICA/13/005 - MCID_INTERÁGUAS - SANEAMENTO em contrato celebrado entre a ARTE EM MOVIMENTO LTDA. e o INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA – IICA.