

# SITUAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR A PARTIR DO NOVO MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL<sup>1,2</sup>

Dafne Fernanda Alves e Silva<sup>3</sup>

Elisa Inácio da Silva<sup>4</sup>

Louise da Silveira<sup>5</sup>

Sabrina de Oliveira Anício<sup>6</sup>

Thelmo de Carvalho Teixeira Branco Filho<sup>7</sup>

Tadeu Fabrício Malheiros<sup>8</sup>

## 1 INTRODUÇÃO

A economia mundial vem sendo construída com base em um modelo linear de mercado que apresenta contradições, como a crescente pressão sobre os recursos naturais, bem como o fato destes serem limitados (Pereira *et al.*, 2022). Nesse sentido, a necessidade de consumir mais recursos para suprir exigências do presente aponta uma preocupação concernente ao futuro, na medida em que a escassez de recursos naturais leva ao aumento de preços, a conflitos geopolíticos e a desigualdades sociais. Esse contexto é o plano de fundo das crises ambientais e climáticas, o que deixa evidente a urgência de repensar um sistema econômico mais sustentável.

---

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/brua29art5>

2. Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo (Fusp) e da empresa Dow Brasil. Os autores agradecem também ao Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ), à Universidade de São Paulo (USP) e à Universidade Federal do Rio Grande (Furg).

3. Graduanda em engenharia ambiental pela USP.

4. Graduanda em direito pela Furg.

5. Graduanda em engenharia ambiental pela USP.

6. Engenheira civil; mestra em engenharia civil; e doutoranda em engenharia hidráulica e saneamento pela USP.

7. Professor visitante na Faculdade de Direito (Fadir) da Furg; professor e orientador do Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais (PROFCIAMB) da USP e pesquisador colaborador no Instituto de Estudos Avançados (IEA) da mesma instituição; avaliador do Banco de Avaliadores do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (BaSis/Inep); e doutor em direito difusos e coletivos pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), com doutorado sanduíche na Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra (FDUC).

8. Professor da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da USP e coordenador do PROFCIAMB; engenheiro civil e ambiental; e doutor em saúde pública.

O crescimento populacional, o aumento da demanda concentrada por energias e materiais e a geração de resíduos são três pontos-chave agravados por essa sistemática linear. Os dois últimos motivos são sustentados pelo modelo linear, e o crescimento da população, por sua vez, acarreta volumes ainda maiores de resíduos gerados devido ao consumo (Pearce e Turner, 1990). O impacto resultante do consumo de materiais e energia sobre o meio ambiente tem ganhado maior relevância nos últimos anos, uma vez que a poluição é uma emergência a ser resolvida, da qual a geração de resíduos apresenta-se como um de seus principais fatores.

Em resposta à crise ambiental, as nações ao redor do mundo propuseram metas para atenuar essa situação. Com isso, objetivando apoiar os diversos setores produtivos na identificação das fontes de contaminação de seus processos e avaliar seus efeitos sobre o ambiente, foram criadas normas internacionais como a Agenda 2030 e seus dezessete objetivos e o Pacto de Paris, que substituiu o antigo Protocolo de Kyoto. Não sendo recentes, tais ações estão sendo tomadas com o intuito de contribuir para o desenvolvimento sustentável que evoluiu desde a década de 1960 (Nebbia, 2002). Nesse mesmo sentido, a economia circular se insere de modo importante na discussão ambiental e do saneamento básico como uma nova dinâmica de relações econômicas.

Desta forma, denota-se a importância da economia circular para a adaptação às mudanças climáticas, guiando o uso de tecnologias mais eficientes e sustentáveis na produção e na gestão de recursos naturais. Por conseguinte, destaca-se que a economia circular pode assegurar o acesso à água de qualidade, a diminuição dos efeitos de gases do efeito estufa, além de mitigar demais impactos gerados pelas crises ambientais.

O trabalho de Pearce e Turner (1990), baseado em Boulding (1966), introduziu a ideia da economia como um sistema circular como um pré-requisito para a manutenção da vida humana na Terra. No mundo dos negócios, a temática teve maior destaque em 2014, com o lançamento do relatório *Towards the circular economy: accelerating the scale-up across global supply chains*, do Fórum Econômico Mundial, elaborado em colaboração com a Fundação Ellen MacArthur. Esta define a economia circular como o desenvolvimento de modelos de negócios restauradores e regenerativos, baseando-se na substituição do conceito de “fim de vida”.<sup>9</sup>

A economia circular, portanto, minimiza o crescimento de perdas ambientais e extração de recursos, permitindo ciclos de circuito fechado de reutilização, remanufatura e reciclagem, prezando pela implementação de logística reversa e cadeias de abastecimento de circuitos fechados. Ou seja, a aplicação da economia circular em diferentes cenários apresenta potencial para implementar padrões inovadores e ajudar a sociedade a ter um maior bem-estar e a ser mais sustentável, com pouco ou nenhum uso de recursos, energia e custos ambientais, tendo em vista que esse modelo representa um processo de gestão adequado dos materiais e conduz ao desenvolvimento da sustentabilidade (Babbitt, Krock e Kasulaitis, 2019). Além disso, a pressão sobre os recursos naturais tem evidenciado a necessidade urgente de mudar o paradigma atual de economia linear. Para isso, é fundamental a adoção dos fundamentos e modelos de economia circular, baseados na redução do consumo, na reutilização, na recuperação, na reciclagem e na valorização de materiais, produtos, serviços e energia (Pereira *et al.*, 2022).

Tratando-se do contexto de saneamento, a partir das estações de tratamento de esgoto (ETEs) é possível inserir os conceitos de economia circular e práticas de desenvolvimento

9. Disponível em: <<https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/conceito>>.

sustentável nos processos que formam os subprodutos, desde o descarte correto de resíduos até a geração de novos produtos. Os sistemas de tratamento de esgoto geram biogás, lodo e água de reúso como subprodutos resultantes dos processos anaeróbios e aeróbios. Esses subprodutos são objeto de estudos voltados para o seu reaproveitamento devido à sua vasta aplicabilidade ainda pouco explorada em território brasileiro. Os subprodutos das ETEs necessitam, porém, de tratamento adequado antes de serem disponibilizados para outros fins.

O material gerado a partir da biomassa microbiana que decanta durante o processo de tratamento do esgoto bruto, composto por microrganismos decompositores e matéria orgânica digerida (Embrapa, 2018), denominado de lodo, tem aplicabilidade, por exemplo, em fertilização de culturas (Kacprzak *et al.*, 2017). Quando empregado como fertilizante orgânico, esse subproduto auxilia na redução significativa do uso de compostos tóxicos presentes em defensivos agrícolas. O biogás, além de possuir capacidade fertilizante (Malta, 2001), como o lodo de esgoto, também pode ser empregado como combustível e na geração ou cogeração de energia (Chernicharo *et al.*, 2015). Já a água de reúso possui funcionalidade industrial, agrícola, paisagística, ambiental e urbana, contribuindo para o enfrentamento da crise hídrica (Brasil, 2010). O desafio é sempre o de encontrar, em cada subproduto e realidade local, formas economicamente viáveis para efetivar a economia circular no saneamento, o que pressupõe o apoio de políticas públicas e regulação da União, estados e municípios.

Considerando-se este contexto, a pesquisa realizada teve como foco as bacias do rios PCJ, localizadas nos estados de São Paulo e Minas Gerais. Os limites das bacias PCJ se estendem por 76 municípios total ou parcialmente inseridos nestas bacias, os quais estão distribuídos nos estados de São Paulo (71) e Minas Gerais (5), totalizando mais de 15 mil quilômetros quadrados de extensão (CBH-PCJ, 2020). A região das bacias PCJ é de grande importância econômica para o estado de São Paulo. De todo o produto interno bruto (PIB) da região em 2020, 97% foi captado pelos municípios paulistas – o valor corresponde a 17,72% do PIB do estado. Esse valor é justificado por seu alto índice demográfico e expressivo desenvolvimento industrial. Ainda, o PIB das bacias PCJ, como um todo, correspondeu, naquele ano, a 5,71% do PIB nacional (IBGE, 2020). Além disso, cerca de 5,85 milhões de pessoas ocupam as bacias, de acordo com dados de 2019 do comitê de bacias PCJ, o que corresponde a cerca de 13% da população do estado de São Paulo.

A partir disso, é mister salientar que este trabalho se trata de um estudo multidisciplinar, decorrendo sobre temas que abrangem áreas dos conhecimentos de ciências aplicadas, sociais e humanas. A metodologia utilizada para identificar a inserção das práticas sustentáveis dentro da temática de economia circular na região integrada pelas bacias PCJ baseou-se em informações coletadas direta e indiretamente. Esta última, por exemplo, ocorreu por meio de literatura oriunda de legislações, como a Lei nº 11.445/2007 e sua atualização no denominado Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020), bem como de documentos relativos à gestão de recursos hídricos nas bacias PCJ. Além disso, utilizou-se também de *websites* de prefeituras e de companhias de saneamento básico da região paulista, além de dados atualizados e disponibilizados pelo Observatório Nacional dos Direitos à Água e ao Saneamento (Ondas) e pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). A pesquisa direta, por sua vez, ocorreu por meio da aplicação de formulários destinados a entidades ativas que compõem as bacias PCJ. Assim, define-se o trabalho como uma pesquisa exploratória, cujo principal objetivo é analisar o cenário do tema da pesquisa – a economia circular no saneamento e sua relação com o novo marco legal –, com foco na região das bacias PCJ.

## 2 O MARCO LEGAL DO SANEAMENTO E A ECONOMIA CIRCULAR

O saneamento básico na sociedade brasileira sempre foi uma questão delicada no que tange à infraestrutura e ao planejamento setorial. Somente na década de 1970 inaugurou-se o Plano Nacional de Saneamento (Planasa), que foi o primeiro grande marco brasileiro neste setor (Murtha, Castro e Heller, 2015). Embora incentivasse a criação de companhias estaduais de saneamento e captasse investimentos federais por meio do Banco Nacional de Habitação (BNH), o Planasa deixava a desejar em alguns pontos em relação à organização do setor. Um exemplo disso é o fato de rejeitar a autonomia municipal na participação do poder decisório e os baixos índices de atendimento urbano nos setores de coleta e tratamento de esgotamento sanitário, correspondendo, em 2006, a respectivamente 48,3% e a 32%, conforme dados do SNIS.

Em 2007, editou-se o Marco Legal do Saneamento Básico Brasileiro (Lei nº 11.445/2007), com a implementação de metas de universalização e de planejamento por meio de planos municipais, estaduais e federais. Além disso, um dos destaques da lei foi a subdivisão do saneamento em abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais. Entretanto, não houve a melhora esperada para o atingimento da universalização do saneamento; após treze anos do marco, surge a Lei nº 14.026/2020, isto é, o Novo Marco Legal do Saneamento Básico.

Mantendo os objetivos da lei de 2007, o novo marco busca o aprimoramento das condições estruturais do saneamento básico nacional, visto que 36,3 milhões de cidadãos brasileiros não têm acesso à água de qualidade, segura para o consumo humano, e 96 milhões não possuem acesso à rede de esgoto (SNIS, 2021). A respeito das novidades trazidas pela nova lei, é notória a influência liberal nesse setor (Souza, 2020), embora também acrescente dispositivos importantes, a exemplo do reúso das águas. É o caso do inciso I-b do art. 3º, alterado a Lei nº 11.445, que dispõe que o esgoto deve ter como destino final a produção de água de reúso ou a sua destinação apropriada ao meio ambiente. Essa orientação advém da perspectiva de economia circular, que permeia temáticas de sustentabilidade e de harmonia com todo o ecossistema ao qual o ser humano está inserido.

Com base nos dados fornecidos pelo 26º *Diagnóstico Anual dos Serviços de Água e Esgotos* para 2020, 95,8% do total de municípios brasileiros contavam com serviços de abastecimento de água e 85,2% possuíam acesso ao esgotamento sanitário (SNIS, 2021). Quanto aos índices de tratamento de esgoto, estimou-se que 50,8% de todo o esgoto gerado<sup>10</sup> e 79,8% de todo o esgoto coletado fosse tratado. Tais dados elucidam a indispensabilidade de medidas que visam ao atendimento da população ainda não contemplada, considerando sua viabilidade econômica e a sustentabilidade de toda a infraestrutura necessária.

É neste contexto que a economia circular voltada aos resíduos provenientes das ETEs, como a água de reúso, o biogás e o lodo, surge como uma alternativa à demanda por água devido ao crescimento populacional e ao aumento da periodicidade de secas em diversas regiões do país. Ao ser submetida aos devidos processos necessários para seu tratamento, a água de reúso pode ser utilizada para diversos fins não potáveis, diminuindo o volume de água retirado dos corpos hídricos. Apesar de se encontrar fora dos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011), a água de reúso possui funcionalidade industrial, agrícola, paisagística, ambiental e urbana, representando um vasto conjunto de oportunidades para sua aplicação.

10. Estima-se o volume de esgoto gerado como sendo igual ao volume de água consumido (indicador AG010 do SNIS).

Dessa forma, experiências nacionais de economia circular no setor de saneamento têm apontado gargalos ao aproveitamento dos subprodutos do setor (lodo, biogás e água de reúso). No estado de São Paulo, um grande exemplo é o trabalho realizado pela empresa Aquapolo, em funcionamento desde 2012, oriunda da parceria entre a GS Inima Industrial e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, fornecendo água de reúso para o polo petroquímico de Capuava e indústrias da região do ABC Paulista. A empresa reutiliza 100% da água proveniente de efluentes tratados, sem que nenhum volume seja descartado na natureza: “a Aquapolo atingiu a marca de 100 milhões de metros cúbicos fornecidos, o que significa mais ou menos 1 milhão de metros cúbicos por mês, o que equivale a uma vazão de cerca de 470 litros por segundo” (Aquapolo..., 2022).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que tange à bacia dos rios PCJ, constituída por 76 municípios, sendo 71 localizados no estado de São Paulo e 5 no estado de Minas Gerais, ela abrange uma região com crescimento econômico e populacional significativo e com expressivo consumo de água. De acordo com a Agência das Bacias PCJ, configurando 7% do PIB brasileiro, a região apresentará um consumo 25% maior do que sua disponibilidade hídrica em 2050 (Sánchez-Román *et al.*, 2012), considerando-se os sistemas hídricos de abastecimento superficiais e subterrâneos, caso não diminua a pressão sob as fontes de água utilizadas neste momento, ou opte por fontes secundárias de utilização. É importante ressaltar que o Sistema Cantareira (que abastece parte da cidade de São Paulo) é, em parte, abastecido pela bacia dos rios PCJ e por sub-bacias pertencentes ao rio Atibaia e ao rio Jaguari – inseridas nas bacias PCJ.<sup>11</sup>

Conforme o levantamento realizado pelos comitês PCJ, foram identificadas 170 estações de tratamento de esgoto ativas dentro dos limites da bacia, responsáveis pelo recebimento de 90% de todo o efluente sanitário gerado das bacias PCJ, e cujo índice médio de tratamento é de 83% em relação ao total coletado (CBH-PCJ, 2020). No entanto, a maior parte dos municípios presentes na região não possuem projetos de reaproveitamento dos subprodutos nas estações de tratamento de esgoto, retratando um cenário com baixo aproveitamento dos conceitos de economia circular, apesar do grande potencial, já que mais de 80% do esgoto recebido é tratado, como apontado anteriormente.

Dito isso, a região das bacias PCJ expressa pouca aderência ao reúso de água proveniente do tratamento de esgotos, aspecto representado pela obtenção de dados a partir da literatura cinzenta (como notícias e memorandos) e da aplicação de formulários direcionados aos profissionais do setor de saneamento, que trabalham diretamente ou indiretamente com o tratamento de efluentes nas cidades das bacias PCJ. Os formulários utilizados abordam questões como: i) a especificação da atividade e do setor em que trabalha o profissional; ii) os procedimentos aplicados no tratamento; iii) o conhecimento sobre a destinação do lodo, da água de reúso e do biogás; iv) se há no local a oportunidade para a implementação de novas tecnologias; e v) o conhecimento sobre práticas de economia circular no setor.

As informações obtidas (32 respostas ao formulário, entre as quais apenas nove estavam completas) demonstram que das treze cidades que contribuíram com a pesquisa, nove cidades apresentaram algum tipo de prática voltada para o reaproveitamento de recursos (especificamente água de reúso e lodo).

Um modelo de sucesso a ser exemplificado é o trabalho realizado na Estação de Produção de Água de Reúso de Capivari (EPAR Capivari II), localizada no município de Campinas,

11. Disponível em: <<https://plano.agencia.baciaspcj.org.br/>>.

em São Paulo, que é responsável pelo tratamento de esgoto doméstico e não doméstico. Essa aplicação mostra-se como uma atividade viável por sua eficiência de tratamento (364 litros por segundo) e utiliza uma área reduzida para implantação. Além disso, a planta gera receita por vender a água de reúso de qualidade que é produzida e contribui com a qualidade de vida da população atendida (Cetesb, 2018).

Outro exemplo, também localizado em Campinas, é a transformação de lodo de esgoto em adubo orgânico, na Usina Verde de Compostagem. São processados diariamente cerca de 100 toneladas de resíduos de lodo provenientes de estação de tratamento de esgoto da Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A (Sanasa), empresa que atua no tratamento de esgoto na cidade, rendendo cerca de 30 toneladas do composto orgânico. O uso de adubo orgânico vem sendo empregado nas áreas verdes da cidade para o plantio e na produção de mudas e arbustos no viveiro municipal de Campinas (Sanasa..., 2022).

No contexto da atual conjuntura do saneamento básico no Brasil, a literatura aponta que há lacunas legais, com poucas leis que regulamentam as práticas de circularidade no setor (Anício *et al.*, 2021). O quadro 1 lista as principais lacunas, incluindo a incorporação de tecnologias que representam uma gama de oportunidades a serem aproveitadas pelo setor.

#### QUADRO 1

##### Principais leis que regulamentam práticas inseridas no contexto da economia circular e do saneamento básico no Brasil e suas fragilidades

Recurso	Legislação referente	Órgão responsável	Ano	Descrição	Fragilidade
Lodo de esgoto	Resolução nº 498	Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama)	2020	Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e dá outras providências.	Restrita à aplicação de lodo de esgoto na agricultura – não estabelece diretrizes para outros usos, como na indústria e na construção civil.
Biogás	Resolução nº 685	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)	2017	Estabelece as regras para aprovação do controle da qualidade e da especificação do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais a ser comercializado em todo o território nacional.	Se restringe ao uso do biometano (i. e., o biogás purificado), não constando especificações relativas ao uso do biogás para geração elétrica ou térmica.
	Resolução Normativa nº 482	Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel)	2012	Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e ao sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.	Não é direcionada à geração a partir do biogás.
Efluente secundário	Resolução nº 54	Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)	2005	Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.	Não estabelece padrões de qualidade, bem como níveis/tipos de tratamento exigidos (como descrito na ABNT NBR nº 13969/1997 ou, como exemplo, na principal lei nesse âmbito do estado de São Paulo, a Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH, de 2017.
	Resolução nº 121	CNRH	2010	Estabelece critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005.	

Elaboração dos autores.

Portanto, embora se observe claro alinhamento entre os fundamentos da economia circular com as diretrizes do saneamento em prol da universalização do acesso à água e ao esgotamento sanitário, o aspecto normativo (com os reflexos econômicos) pouco avançou

na legislação nacional, estadual e local. Essa situação pode dificultar a implementação efetiva da economia circular no setor de saneamento, uma vez que muitas das práticas necessárias para sua implementação envolvem a adoção de novas tecnologias e mudanças nos modelos de negócios tradicionais.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As medidas propostas pela economia circular devem ser adotadas por diferentes atores como o governo, a sociedade civil e as empresas, visando práticas sustentáveis para reciclagem, redução ou reutilização dos resíduos. Com isso, é notória a devida importância do Novo Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil, promulgado em 2020, para o estímulo à economia circular, uma vez que a legislação promove a concorrência e a participação do setor privado, o que tende a impulsionar investimentos e inovações em tecnologias que permitem a reutilização e o reaproveitamento de recursos hídricos e orgânicos. Contudo, a vulnerabilização das populações mais marginalizadas pode ser agravada pela privatização desse setor, intensificando ainda mais a exclusão social e o difícil acesso a um dos bens mais preciosos da humanidade, o acesso à água.

No contexto apresentado, isto é, das bacias PCJ, é possível identificar que existe pouca adesão de práticas de economia circular, o que expõe a carência de processos sustentáveis capazes de realizar o reaproveitamento e a recuperação dos subprodutos advindos do tratamento de esgoto. Cabe o registro de que o recorte do estudo foi bastante limitado, considerando que apenas treze municípios, entre os 76 que compõem as bacias PCJ, participaram da pesquisa direta por meio de formulário. Futuramente, indica-se uma coleta de dados mais consolidados e abrangentes para obter um mapeamento mais completo das alternativas de economia circular existentes no contexto das bacias PCJ, bem como os tipos de lacunas na regulação que ainda persistem.

Para construir um sistema em que se tenha a valorização e a regeneração dos recursos provenientes das estações de tratamento de águas residuais é necessária uma mudança significativa no conceito das suas aplicações, para, assim, gerar-se a conscientização das vantagens do reúso de resíduos. O principal desafio é criar um mercado rentável para os subprodutos, os quais já são comprovadamente eficientes em suas funções, porém, ainda vistos como resíduos dispensáveis e não tão viáveis quanto os 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 prática que objetiva um futuro verde e sustentável.

#### REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. **Plano de recursos hídricos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**: relatório síntese. São Paulo: Agência das Bacias PCJ, 2018. Disponível em: <<https://plano.agencia.baciaspcj.org.br/>>.

\_\_\_\_\_. **Relatório de situação dos recursos hídricos 2021 (ano-base 2020)**: UGRHI 05 – bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. São Paulo: Agência das Bacias PCJ, 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3lil5Sp>>.

ANDREOLI, C. V. *et al.* Uso de lodo de esgoto na produção de substrato vegetal. *In*: \_\_\_\_\_. (Org.). **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro: Abes, 2006.

ANÍCIO, S. de O. *et al.* Aspectos legais da adoção de práticas de economia circular em estações de tratamento de esgoto no Brasil. *In: SEMANA DA ENGENHARIA AMBIENTAL*, 17., [s.l.]. **Anais...** [s.l.]: [s.n.], 2021.

AQUAPOLO é líder na produção de água de reúso na América do Sul. **Portal Tratamento de Água**, 30 jun. 2022. Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/aquapolo-lidera-producao-de-agua-esgoto/>>. Acesso em: 7 abr. 2023.

BABBITT, C. W.; KROCK, A. K.; KASULAITIS, B. V. Dematerialization and the circular economy: comparing strategies to reduce material impacts of the consumer electronic product ecosystem. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 1, p. 119-132, 2019.

BETEMPS, C. Lodo de esgoto é ótimo componente de substratos para plantas. **Embrapa**, 13 mar. 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/3omPqbs>>. Acesso em: 23 fev. 2023.

BOULDING, K. The economics of the coming spaceship Earth. *In: JARRETH, H. (Ed.). Environmental quality in a growing economy*. Baltimore: Johns Hopkins Univeristy Press, 1966. p. 3-14.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 3 ago. 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: MS, 2011. Disponível em: <[https://bvsm.sau.gov.br/bvsm/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](https://bvsm.sau.gov.br/bvsm/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>.

CBH-PCJ – COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Plano de recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2020-2035**: relatório síntese. Piracicaba: Consórcio Profill-Rhama, set. 2020.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Folder EPAR Capivari II**. São Paulo: Cetesb, 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/33/2018/08/Folder-EPAR-Capivari-II.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2021.

CHERNICHARO, C. A. L. *et al.* Anaerobic sewage treatment: state of art, constrains and challenges. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 14, n. 4, p. 649-679, 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto interno bruto dos municípios**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3IYyCir>>.

INSTITUTO SAVERR SUSTENTABILIDADE. **Mapeamento da regionalização do saneamento básico no país**: perspectivas e desafios. São Paulo: [s. n.], 2022.

IUCN – THE INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. **The World Conservation Strategy (WCS)**: living resource conservation for sustainable development. Gland: IUCN; UNEP; WWF, 1980.

KACPRZAK, M. *et al.* Sewage sludge disposal strategies for sustainable development. **Environmental Research**, v. 156, p. 39-46, 2017.

MALTA, T. S. **Aplicação de lodos de estações de tratamento de esgotos na agricultura**: estudo do caso do município de Rio das Ostras (RJ). 2001. Dissertação (Mestrado) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2001.



MURTHA, N. A.; CASTRO, J. E.; HELLER, L. Uma perspectiva histórica das primeiras políticas públicas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil. **Ambiente e Sociedade**, v. 18, n. 3, jul. 2015.

NEBBIA, T. **Integração entre o meio ambiente e o desenvolvimento (1972-2002)**. Ecuador: Unep, 2002. (GEO 3, n. 1). Disponível em: <<https://bit.ly/3pStsxD>>.

OMETTO, A. R. Gestão ambiental de empresas. *In*: CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. (Coord.). **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Campus-Elsevier, 2013. cap. 30.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economics of natural resources and environment**. London: Harvester Wheasheaf, 1990.

PEREIRA, A. *et al.* Economia circular no setor da água e saneamento em Portugal: situação atual e linhas de atuação futura. **Revista APDA**, Lisboa, n. 25, p. 62-69, set. 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/3q5kuNE>>.

REIS, F. C. M. *et al.* A efetividade social e a concessão do saneamento à iniciativa privada: o caso do leilão da Cedae no Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 28, n. 2, p. 547-559, 2023.

SANASA constrói única usina de compostagem no Brasil, em Campinas (SP). **Assemae**, 28 set. 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/41Ozc90>>.

SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M. *et al.* **Simulação da oferta e demanda de recursos hídricos nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí: uma análise em dinâmica de sistemas**. Botucatu: Unesp, 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/42hXMzn>>.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico Anual dos Serviços de Água e Esgotos 2021 (ano-base 2020)**. Brasília: SNIS, 2021. Disponível em: <<http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos>>.

SOUZA, A. C. A. de. O que esperar do novo marco do saneamento? **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, n. 12, 2020.

WORLD ECONOMIC FORUM; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION; MCKINSEY AND COMPANY. **Towards the circular economy: accelerating the scale-up across global supply chains**. Geneva: WOF, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/45lrSVn>>.

