unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

PEDRO PAULO GONÇALVES NASCIMENTO

A contribuição das técnicas de aproveitamento de resíduos para a economia circular e para a sustentabilidade da indústria da construção civil

GUARATINGUETÁ - SP

2022

Pedro Paulo Gonçalves Nascimento

Contribuição do aproveitamento de resíduos para a economia circular e para a sustentabilidade da construção civil

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil

Orientadora: Profª Drª Isabel Cristina de Barros Trannin

Guaratinguetá - SP

2022

Nascimento, Pedro Paulo Gonçalves
N244c A Contribuição das técnicas de aproveitamento de resíduos para a economia circular e para a sustentabilidade da indústria da construção civil / Pedro Paulo Gonçalves Nascimento – Guaratinguetá, 2022.
46 f : il.
Bibliografia: f. 44-46

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2022.
Orientadora: Profª. Drª. Isabel Cristina de Barros Trannin

1. Construção civil. 2. Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.).
3. Saneamento. I. Título.

CDU 69

Luciana Máximo
Bibliotecária CRB-8/3595

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

PEDRO PAULO GONÇALVES NASCIMENTO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "**GRADUADO ENGENHARIA CIVIL**" APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Profª Drª Isabel Cristina de Barros Trannin
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:

Profª Drª Isabel Cristina de Barros Trannin
Orientadora/UNESP-FEG

Profa Dra Thaís Santos Castro
UNESP-FEG

Profª Me. Karen Sorgi Bomediano
UNESP-FEG

Março de 2022

DADOS CURRICULARES

PEDRO PAULO GONÇALVES NASCIMENTO

NASCIMENTO	01.12.1997 – Santos/SP
FILIAÇÃO	Carolina Moreira Gonçalves Celso Nascimento Filho
2016/2021	Curso de Graduação em Engenharia Civil Universidade Estadual Paulista – "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Guaratinguetá

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a todos os novos estudantes de Engenharia Civil.
Nossa área e nosso curso precisam de novas mentes para encarar os novos desafios.

AGRADECIMENTOS

À família e amigos, todos que acreditaram em mim ao longo de minha graduação.

A minha orientadora Profª Drª Isabel Cristina de Barros Trannin, que me apoiou firmemente ao longo dessa reta final da trajetória, e por sua atenção, dedicação e paciência.

Aos professores e funcionários da FEG, principalmente aos do Departamento de Engenharia Civil, que mesmo com as dificuldades enfrentadas pelo curso e pela educação em todo o país, se mantiveram firmes em seus objetivos.

Aos profissionais de saúde, médicos, enfermeiros, farmacêuticos, pesquisadores entre tantos outros que estiveram na linha de frente, enquanto uma pandemia assolou o país e o mundo, cujos esforços têm permitido que, gradualmente, retornemos às nossas rotinas.

Aos leitores deste trabalho de graduação, espero que as informações apresentadas possam ser úteis para a melhoria da gestão de resíduos.

“Não podemos resolver nossos problemas com o mesmo pensamento que usamos quando nós os criamos.”

Albert Einstein

RESUMO

A indústria da construção civil está entre as atividades de maior importância para o desenvolvimento da civilização e para a economia mundial, mas também se destaca entre as que mais causam impactos ambientais. Além do elevado consumo de recursos minerais, a construção civil é responsável por cerca de 50 a 70% dos resíduos sólidos urbanos, que precisam ser gerenciados adequadamente por pequenos e grandes geradores, conforme determinam Resolução Conama nº307/2002 e a Lei nº12.305/2010. Para a destinação correta dos resíduos, é necessária a apresentação dos planos de gerenciamento de resíduos pelas prefeituras dos municípios e atuação do ministério público para que a legislação vigente seja cumprida. Estes planos de gerenciamento de resíduos devem priorizar técnicas de reutilização e reciclagem nos próprios canteiros de obras. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar a contribuição do aproveitamento de resíduos para a economia circular e para a sustentabilidade da construção civil, tendo como estudo de caso, o município de Santos (SP). Analisando o panorama brasileiro de gestão de resíduos sólidos e a legislação vigente, especificamente, sobre os resíduos da construção civil e demolição (RCD) foi possível identificar as necessidades de adequações para que o plano de gestão adotado no município de Santos (SP) passe a aplicar de forma efetiva as técnicas de aproveitamento de RCD e, assim, contribua para a economia circular e para a sustentabilidade do setor de construção civil.

PALAVRAS CHAVE: Construção Civil. Gestão de Resíduos. Reciclagem. Saneamento.

ABSTRACT

Construction industry, albeit one of the activities of greatest importance for civilization development and worldwide economy, is highlighted as one of greatest environmental impact. Besides high mineral resources consumption, construction is responsible for about 50 to 70% of urban solid waste, that demand a proper management either for small or big generators, as determined by Conama Resolution 307/2002. Altought, for correct destination of these residues, it is necessary the presentation of waste management plans by the city halls and so that the mentioned resolution is fulfilled. These waste management plans must prioritize reusing and recycling techniques in their own construction sites. This work has as its purpose to evaluate the contribution of waste for the circular economy and the sustainbility of civil construction, using as a case study the city of Santos/SP. Analising the brazilian panorama of waste management and the current laws, specifically concerning construction waste, it was possible the need of adequations for the management plan of Santos/SP, so that the techniques of construction waste can contribute to circular economy and sustainbility of the construction sector.

KEYWORDS: Civil Construction. Waste Management. Recycling. Sanitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Materiais de construção civil produzidos por unidades de reciclagem de RCD no Brasil 21

Figura 2 – Principais canais de escoamento de materiais reciclados de RCD no Brasil ….... 22

Figura 3 – Destinação de resíduos sólidos no Brasil nos anos de 2010 e 2019(t.ano-1) 23

Figura 4 – Destinação dos resíduos da construção civil e demolição na Irlanda 23

Figura 5 – Destinação dos resíduos de construção civil e demolição, de acordo com o tipo de material na Irlanda 24

Figura 6 – Destinação dos resíduos sólidos no Brasil nos anos de 2010 e 2019 28

Figura 7 – Destinação de resíduos sólidos por região brasileira 28

Figura 8 – Infográfico demonstrando o funcionamento da economia circular 29

Figura 9 – Fluxograma ilustrando o processo de Logística Reversa 30

Figura 10 – Localização do município de Santos no estado de São Paulo 33

Figura 11 – Município de Santos com a delimitação da área continental na parte superior e a insular na parte inferior 33

Figura 12 – Lixeiras do município de Santos destinadas a resíduos domésticos em pontos de descarte de RCD 38

Figura 13 - Ponto de descarte irregular de rejeitos no bairro Marapé, no município de Santos (SP) 39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Destinação dos RCD, de acordo com a Resolução Conama nº 307/2002 20

Quadro 2 - Caracterização e usos dos produtos reciclados oriundos dos RCD 21

Quadro 3 - Coleta de resíduos sólidos e índice de cobertura de coleta por estado 25

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EUROSTAT	Gabinete de Estatísticas da União Europeia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Técnica
RCD	Resíduos da Construção e Demolição
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SUASA	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
2 OBJETIVOS 15
2.1 OBJETIVO GERAL 15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 16
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS 16
3.2 RESIDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO 17
3.3 PANORAMA BRASILEIRO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 25
3.4 RELAÇÃO ENTRE A GESTÃO DE RESÍDUOS E A ECONOMIA CIRCULAR . 28
4 MATERIAL E MÉTODOS 32
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SANTOS 32
4.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE 34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 36
5.1 PANORAMA BRASILEIRO DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 36
5.2 GESTÃO ATUAL DE RCD EM SANTOS 36
6 CONCLUSÕES 41
REFERÊNCIAS 42

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a preocupação com os impactos gerados pelas ações antrópicas ao meio ambiente tem aumentado significativamente. Estas preocupações estão relacionadas principalmente ao aumento de geração de resíduos sólidos urbanos, que acompanhou o crescimento exponencial da população brasileira e, consequentemente, a demanda por bens de consumo, da industrialização de produtos e consumo de recursos biológicos, energéticos e minerais.

A indústria da construção civil se destaca nesse cenário, como uma das que mais impactam o ambiente, devido à modificação da paisagem, necessária às construções, somando-se a isso o elevado consumo de recursos minerais, energéticos e hídricos e, principalmente, devido à geração de grandes volumes de resíduos, que na maioria das vezes, são dispostos de forma incorreta. Essa disposição inadequada de resíduos da construção civil e demolição (RCD) na natureza é extremamente prejudicial, podendo causar impactos ambientais irreversíveis e colocar em risco tanto o equilíbrio ecológico, quanto a saúde pública. De acordo com a edição de 2019 do Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2019), a indústria da construção civil é responsável por cerca de 50% a 70% do total de resíduos sólidos urbanos (RSU).

No Brasil, o marco regulatório para a gestão dos resíduos da construção civil foi a Resolução Conama nº 307/2002 e Resoluções complementares. A norma NBR 10.004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), também teve grande importância para a gestão de RSU por classificá-los em função do grau de periculosidade, possibilitando assim, a destinação correta dos resíduos em Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), Áreas de Transbordo e Triagem (ATTs), usinas de reciclagem e aterros, que apresentam diferentes funções. Em 2010, a Lei Federal nº 12.305, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), cujos principais objetivos são, a extinção dos lixões; o estímulo ao aproveitamento de RSU, por meio de técnicas de reutilização e reciclagem; e a máxima redução do volume de resíduos destinados aos aterros sanitários.

A PNRS também prevê a responsabilidade compartilhada, atribuindo responsabilidades a cada integrante da cadeia produtiva e titulares de manejo de resíduos pelo ciclo de vida completo dos produtos, que compreende desde a obtenção de matérias-primas e insumos, passando pelo processo produtivo e consumo e, finalmente, pelo transporte e destinação final dos resíduos. Desta forma, existe envolvimento de todos os elos das cadeias de produção e

consumo na questão da coleta, reaproveitamento e reciclagem dos resíduos ou outra destinação final ambientalmente adequada, sendo imprescindível a contribuição das prefeituras de cada município para disponibilizar áreas de manejo de resíduos, bem como promover políticas públicas para a gestão adequada das diferentes classes de resíduos.

A PNRS incentiva a redução, a reutilização, a recuperação e a reciclagem de materiais e energia, o que vai de encontro ao conceito de Economia Circular, que substitui o atual conceito de fim de vida, preconizado pela economia linear; por novos fluxos circulares de processos integrados, onde os resíduos retornam ao ciclo produtivo o máximo de vezes possível, dissociando o crescimento econômico do aumento de consumo de recursos naturais.

A economia circular ultrapassa o âmbito da gestão de resíduos e reciclagem, visa ações mais amplas, desde o redesenho de processos, produtos e novos modelos de negócio até a otimização do uso de recursos, “circulando” o mais eficientemente possível, produtos, componentes e materiais nos ciclos técnicos e/ou biológicos. Este conceito de economia visa desenvolver novos produtos e serviços economicamente viáveis e ecologicamente eficientes, com ciclos de reconversão, que minimizam a extração de recursos, maximizam a reutilização e aumentam a eficiência e desenvolvimento de novos modelos de negócios.

Nesse contexto, este trabalho de graduação teve como objetivo explorar os conceitos de economia circular, suas técnicas, analisar detalhadamente normas e leis vigentes sobre gestão de resíduos sólidos e avaliar a realidade da gestão de resíduos no país e no município de Santos (SP).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar o panorama brasileiro de gestão de resíduos da construção civil e a contribuição do aproveitamento destes resíduos para a economia circular e para a sustentabilidade deste setor no município de Santos (SP).

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

•Analisar o panorama brasileiro de gestão de resíduos da construção civil e demolição (RCD), as diretrizes da Resolução Conama nº 307/2002, Resoluções Complementares, da Lei nº 12.305/2010 e as recomendações das normas da ABNT e Portarias, para avaliar a gestão de RCD adotada no município de Santos (SP) e possíveis necessidades de adequações.

•Analisar a gestão de RCD adotada por pequenos e grandes geradores do município de Santos, e propor um plano de gerenciamento de resíduos, abordando desde a segregação nos canteiros de obras até a destinação final, buscando incentivar as técnicas de reutilização/reciclagem *in loco*, conforme estabelece a Resolução Conama nº307/2002 e as normas brasileiras complementares.

• Avaliar o potencial de contribuição de diferentes técnicas de aproveitamento de resíduos de canteiros de obras para a economia circular e para a sustentabilidade da indústria da construção civil, por meio da análise de resultados apresentados na literatura nacional e internacional sobre o tema.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o desenvolvimento do tema proposto, inicialmente foi realizada a revisão da literatura para obter informações sobre o panorama brasileiro de gestão de resíduos da construção civil e demolição (RCD), as diretrizes da Resolução Conama nº 307/2002 e da Lei nº 12.305/2010 e as recomendações das normas da ABNT e Portarias vigentes, para avaliar a gestão de RCD adotada no município de Santos (SP) e possíveis necessidades de adequações. Posteriormente, foi contextualizado o potencial de contribuição de diferentes técnicas de aproveitamento de RCD para a economia circular e para a sustentabilidade da indústria da construção civil, apresentando os resultados da literatura nacional e internacional sobre o tema.

3.1. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A NBR 10004- Resíduos sólidos – Classificação (ABNT, 2004) classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente e os define como:

> "*Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível"* (ABNT, 2004).

Complementarmente, a Lei nº12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), define estes resíduos como:

> "*Materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso*

> *soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível*" (BRASIL, 2010).

No Brasil, mesmo após a instituição da PNRS, a destinação final dada aos RSU, tem sido:

• *Aterros Sanitários*: feitos pela compactação de resíduos no solo, sendo cobertos por terra (ou outro material inerte), de forma que ocupe o menor espaço prático possível, para reduzir os riscos de danos ao meio ambiente e a saúde pública. Devem possuir cuidados especiais na sua construção, bem como em sua operação e monitoramento constante. É a solução ambientalmente adequada (CETESB, 2020);

• *Aterros Controlados*: onde os resíduos são dispostos com algum tipo de controle, mas ainda contra as normas ambientais brasileiras. Geralmente, têm o mínimo de gestão ambiental, como isolamento, acesso restrito, cobertura dos resíduos com terra e controle de entrada de resíduos, mas não atendem às recomendações da Política Nacional de Resíduos Sólidos (CETESB, 2017);

• *Lixões*: vazadouro a céu aberto, sem controle ambiental e nenhum tratamento do lixo, onde pessoas têm livre acesso para mexer nos resíduos e até montar moradias em cima deles. É, ambiental e socialmente, a pior situação encontrada quando se fala de lixo (CETESB, 2017).

3.2. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO

Os resíduos da construção civil e demolição (RCD) são definidos, de acordo com o artigo 2º da Resolução nº 307 da CONAMA, como:

> *"provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos. Assim, se englobam diversos produtos de diferentes fases do processo construtivo, como tijolos e blocos, telhas e pisos, fios e tubos das partes elétrica e hidráulica e mesmo solo, rochas e vegetação oriundos da terraplenagem e da construção do terreno"* (BRASIL, 2002).

No entanto, entulho é a denominação mais usual para os RCD, sendo definido no dicionário Aurélio como:

> "*Caliça, pedregulhos, areia, tudo que sirva para aterrar, nivelar depressão de terreno, vala. Restos de tijolos, argamassa. Materiais inúteis resultantes da demolição. Caliça, fragmentos de argamassa resultantes da demolição de obras de alvenaria*"

A Resolução Conama nº 307/2002 em seu Artigo 3º classifica os resíduos da construção civil em:

I - Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso;

III - Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

O entendimento dessas classes é fundamental para o processo de separação e da busca pela destinação adequada, uma vez que alguns resíduos podem ser reaproveitados na própria obra, como por exemplo, o uso de resíduos da Classe A originados de terraplenagem para fabricar tijolos ecológicos, enquanto os resíduos da Classe D não podem ser reaproveitados. Assim, pode-se buscar formas mais sustentáveis e até mesmo mais econômicas para solucionar os problemas gerados pelo descarte inadequado destes entulhos.

No Artigo 10 desta Resolução, cada classe de resíduo deverá ter o respectivo destino:

I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros;

II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Como pode ser observado no Quadro 1, a destinação dos RCD, em atendimento à Resolução Conama nº 307/2002 deve ser realizada, considerando os diferentes empreendimentos capacitados a receberem as diferentes classes de resíduos, conforme descrito a seguir.

- Áreas de reciclagem de resíduos da construção civil classe A: beneficiam materiais já triados para produção de agregados com características para aplicação em obras de infraestrutura e edificações. Sua construção deverá atender à NBR 15114 - Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004).

- Áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT): recebem os resíduos da construção civil e volumosos, para triagem, armazenamento temporário, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, de acordo com normas operacionais específicas. As ATT devem atender à norma NBR 15112 - Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004).

- Aterros de resíduos Classe A: áreas onde serão empregadas técnicas de destinação de resíduos da construção civil classe A no solo, visando a reservação de materiais segregados para possibilitar seu uso posteriormente ou futura utilização da área. Os projetos de aterros de resíduos de Classe A devem atender à NBR 15113 - Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004).

Quadro 1 - Destinação dos RCD, de acordo com a Resolução Conama nº 307/2002

DESTINAÇÃO	CLASSE A	CLASSE B	CLASSE C	CLASSE D
REUTILIZAÇÃO no próprio canteiro	Reutilização no próprio canteiro			
RECICLAGEM no próprio canteiro	Reciclagem no próprio canteiro			
PONTOS DE ENTREGA (NBR 15.112)	Apenas pequenos volumes			
ATT (NBR 15.112)	Área de Transbordo e triagem			Pequeno volume e estocado em caráter transitório
AREAS DE RECICLAGEM (NBR 15.114)	Usinas de reciclagem de resíduos classe A			
ATERROS DE RESÍDUOS CLASSE A - (NBR 15.113)	Aterros de resíduos classe A			
ATERROS PARA RESÍDUOS INDUSTRIAIS		Quando não houver outra alternativa local	Descarte final	Descarte final quando o aterro for licenciado para o recebimento do resíduo classe I (perigoso)
OUTROS FORNECEDORES		Resíduos de embalagens reaproveitáveis		
SUCATEIROS / COOPERATIVAS / GRUPOS DE COLETA SELETIVA		Resíduos recicláveis		
RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA		Logística reversa	Logística reversa	Captação resíduo perigoso que possa ser tratado

Fonte: SINDUSCON-SP (2014).

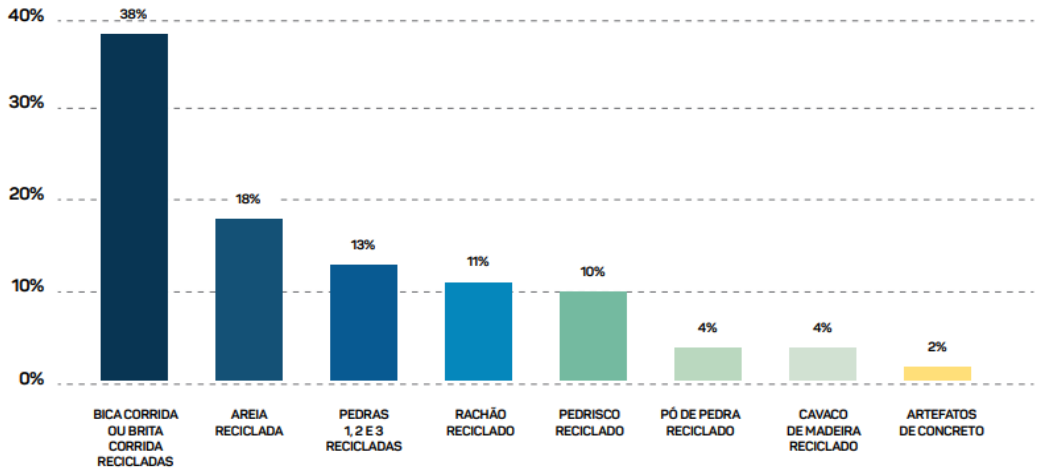
De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2020, apresentado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), no ano de 2019, o Brasil gerou 290,5 t dia^{-1}de RCD, cerca de 520 kg $hab^{-1}dia^{-1}$, dos quais apenas 21% foram reciclados, sendo coletadas 44 milhões de toneladas de RCD e 72 milhões de toneladas de RSU, indicando a participação de 61% de RCD no total de RSU coletados.

Após o processo de reciclagem, os RCD de Classe A podem ser transformados em agregados e, como tal retornarem ao processo produtivo da construção civil, aplicados à produção de argamassa, concreto sem função estrutural e em pavimentação, finalidades para as quais existem resoluções específicas do Conama.

No Brasil, o processo de reciclagem dos resíduos de Classe A, gera como produtos, principalmente, bica corrida ou brita corrida, que corresponde a 38% do total reciclado e outros,

em menor proporção, como areia, pedras, rachão, pedrisco, pó de serra, cavaco de madeira, artefatos de concreto, como pode ser observado na Figura 1.

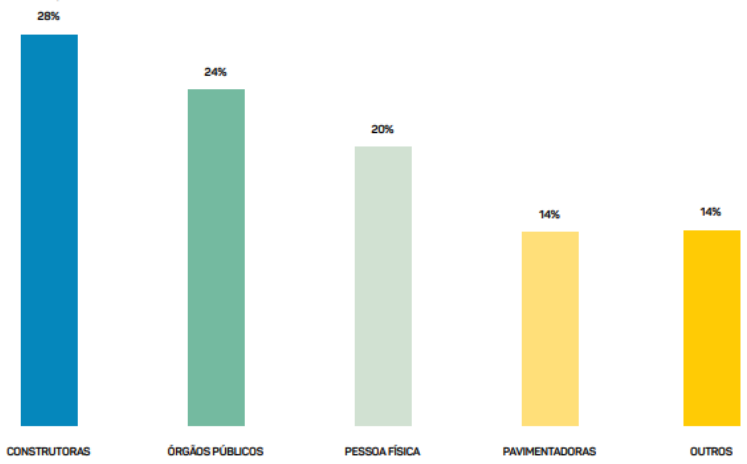
Figura 1 - Materiais de construção civil produzidos por unidades de reciclagem de RCD no Brasil



Fonte: ABRECON (2015).

De acordo com relatos da Associação Brasileira para a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2015), a maioria dos compradores de materiais reciclados corresponde a construtoras, que atingem cerca de 28%, seguidas de órgãos públicos e pessoas físicas (Figura 2). Esta Associação relata também que, entre as dificuldades encontradas pelas usinas na venda de agregados reciclados, destacam-se a falta de divulgação dos benefícios socioambientais e econômicos desta prática e de incentivo ao consumo, maior fiscalização do destino e do transporte dos RCD, e falta de divulgação das normas brasileiras específicas para uso adequado de agregados brasileiros em obras civis. Neste aspecto, o Decreto nº 48.075, de 28 de dezembro de 2006, foi um dos pioneiros a dispor sobre a obrigatoriedade da utilização de agregados reciclados, oriundos de resíduos sólidos da construção civil, em obras e serviços de pavimentação das vias públicas do Município de São Paulo.

Figura 2 - Principais canais de escoamento de materiais reciclados de RCD no Brasil



Fonte: ABRECON (2015).

Até o ano de 2018, apenas cerca de 55% dos municípios possuem Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (IBGE, 2018). Em 2019, aproximadamente, 4070 municípios possuíam alguma iniciativa de coleta seletiva, o que representava 73% dos municípios brasileiros. Esse número teve um aumento significativo em relação a 2010, quando somente 3152 municípios foram registrados entre os que realizavam coleta seletiva (ABRELPE, 2020).

Segundo o texto original da Lei nº 12.305/2010, havia um prazo para a regularização da destinação dos resíduos sólidos, “a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deverá ser implantada em até 4 (quatro) anos após a data de publicação desta Lei” (BRASIL, 2010). Portanto, em 2014, a situação dos lixões a céu aberto deveria ter sido regularizada, no entanto, como pode ser observado na Figura 3, ainda houve um nível considerável de resíduos descartados em lixões, que correspondeu a mais de 17% de todo os resíduos coletados no país, no ano de 2019, cinco anos após o prazo determinado para a extinção dos lixões.

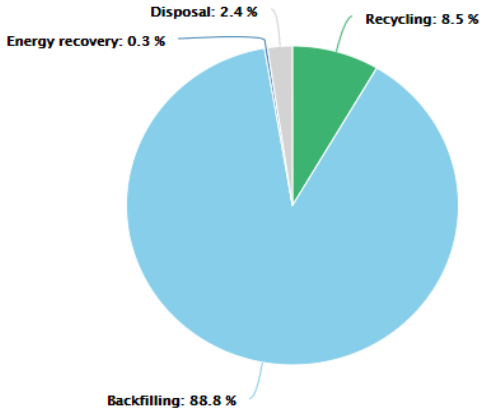
Figura 3 - Destinação de resíduos sólidos no Brasil nos anos de 2010 e 2019 (t ano^{-1})

Fonte: Abrelpe(2020).

Diante deste cenário, em julho de 2020, houve uma nova redação dada pela Lei nº 14.026/2020, prorrogando os prazos para essa regularização, que originalmente eram para dezembro do mesmo ano, exceto quando os municípios já tivessem elaborado um plano integrado, passaram a ter prazos entre 2021 a 2024 para regularizar.

Quando comparamos o cenário brasileiro de gestão de RCD com o de outros países, verificamos que ainda há muito a ser feito em nossa nação. Na União Europeia, por exemplo, cerca de 37,41% dos resíduos são gerados pela construção civil e a taxa de recuperação desses resíduos, após tratados é de 90%, chegando a 100% em países como Irlanda, Holanda e Malta (EUROSTAT, 2018). No caso da Irlanda, cerca de 89% do total de RCD é reutilizado por meio de *backfilling* (Figura 4), processo em que esses resíduos são misturados ao solo e rochas para melhorar suas propriedades mecânicas, sendo reinserido no próprio local; 2,4% são dispostos em aterros; 0,3% são utilizados para produção de energia e, 8,5% dos RCD passam por processos de reciclagem (EPA, 2020).

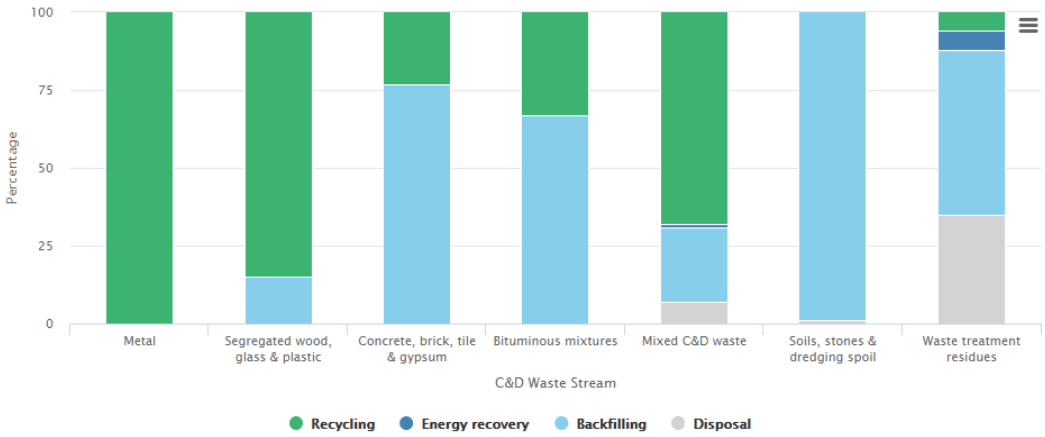
Figura 4- Destinação dos resíduos da construção civil e demolição na Irlanda



Fonte: EPA (2020).

É possível notar que resíduos de materiais da construção civil como concreto, tijolos e misturas betuminosas são mais utilizados como o *backfilling*, enquanto metais, vidro e plástico são, em maioria, reciclados (Figura 5).

Figura 5 – Destinação dos resíduos de construção civil e demolição, de acordo com o tipo de material na Irlanda



Fonte: EPA (2020).

Alguns governos têm tomado iniciativas para promover a economia circular, o Parlamento Europeu, por exemplo, tem fixado critérios mínimos de resistência, bem como encorajado a construção modular dos produtos, para um reparo facilitado, como parafusos no lugar de soldagens. Além disso, tem buscado formas de lutar contra a obsolescência programada, que ocorre quando os produtos são fabricados com defeitos, para que se torne obsoleto com o tempo (PARLAMENTO EUROPEU, 2015).

A construção modular tem sido uma estratégia para a aplicação da economia circular, também na construção civil. A fornecedora brasileira de pré-fabricados, Precon Engenharia, passou a produzir peças para a montagem no local, o que reduziu significantemente o tempo de construção (em até 50%) e a geração de resíduos, com a eliminação de cerca de 90% dos resíduos que seriam gerados em um processo construtivo tradicional. Por meio de análises ergonômicas no local de trabalho, pode-se buscar formas de reduzir o desperdício, além de se aumentar a produtividade das obras civis.

A multinacional francesa Tarkett, referência mundial em pisos vinílicos e superfícies para práticas esportivas, também demonstrou sucesso na economia circular. Em sua produção, esta empresa tem utilizado materiais reciclados de outros setores, como o PVC (cerca de 65% do que utilizam é reciclado, o que corresponde a aproximadamente 100 toneladas por ano), além de reciclar internamente toda a sucata resultante do processo de fabricação, utilizar

produtos biodegradáveis (os seus plastificantes) e instalar um programa de coleta de pisos pós-consumo (CE100, 2017).

Após passar por processos de beneficiamento, os RCD podem se transformar em matéria prima da construção, e de acordo com sua natureza (sua classe) e suas características pós-reciclagem, como suas dimensões, podem ser utilizados para diversas finalidades, por exemplo, como agregado na confecção de argamassa e de concreto, na mistura de pavimentações e tijolos (Quadro 2). Desse modo, os RCD são reinseridos na cadeia produtiva da construção civil, reduzindo a necessidade de retirada de agregados naturais e contribuindo para a economia circular.

Quadro 2- Caracterização e usos dos produtos reciclados oriundos dos RCD

Produto	Características	Uso Recomendado
Areia reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.
Pedrisco reciclado	Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
Brita reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.
Bica corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente).	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.
Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

Fonte: Abrecon (2020).

3.3. PANORAMA BRASILEIRO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A PNRS instituída pela Lei nº 12.305/2010:

> "reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos"(BRASIL, 2010).

Desta forma, as ações adequadas a serem executadas pelos poderes do governo federal até os municípios, empresas e indivíduos, tanto no intuito de reduzir quanto recolher e dar a destinação final adequada aos resíduos, bem como de definir multas, sanções a serem aplicadas em caso de irregularidades.

O plano de gestão integrada de resíduos sólidos é um documento contendo um diagnóstico sobre a situação dos resíduos no município, assim como diretrizes, estratégias e metas a serem desenvolvidas. O conteúdo mínimo desse plano abrange 19 tópicos, porém, para municípios com menos de 20.000 (vinte mil) habitantes, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos terá conteúdo simplificado, na forma do regulamento, podendo fazer parte dos planos municipais de saneamento, desde que tenham o conteúdo mínimo (BRASIL, 2010).

De acordo com o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil de 2020, da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), a geração total de RSU no país passou de 66.695.720 t ano^{-1}, em 2010, ano que a PNRS entrou em vigor, para 79.069.585 t ano^{-1}, em 2019 e a geração per capta passou de 348,3 kg $hab^{-1}ano^{-1}$ para 379,2 kg $hab^{-1}ano^{-1}$. Esse aumento teve relação direta com o aumento da população brasileira, que de 190.732.694 habitantes em 2010 passou a contar com 210.147.125 habitantes em 2019 (IBGE, 2020).

Este panorama relatou que, em 2019, a taxa de cobertura de coleta de RSU no país foi de 92%, havendo uma considerável variação dessa taxa entre os estados, chegando a mais de 99% nos estados de Rio de Janeiro e São Paulo, e menos de 70% nos estados do Maranhão e Piauí. As taxas de coleta foram maiores nas regiões Sul e Sudeste, sendo o estado mais baixo o de Minas Gerais, com 92%, enquanto as taxas mais baixas foram as do Nordeste, onde sua melhor cobertura foi de 91,40%, no Sergipe (Quadro 3).

Quadro 3- Coleta de resíduos sólidos e índice de cobertura de coleta por estado

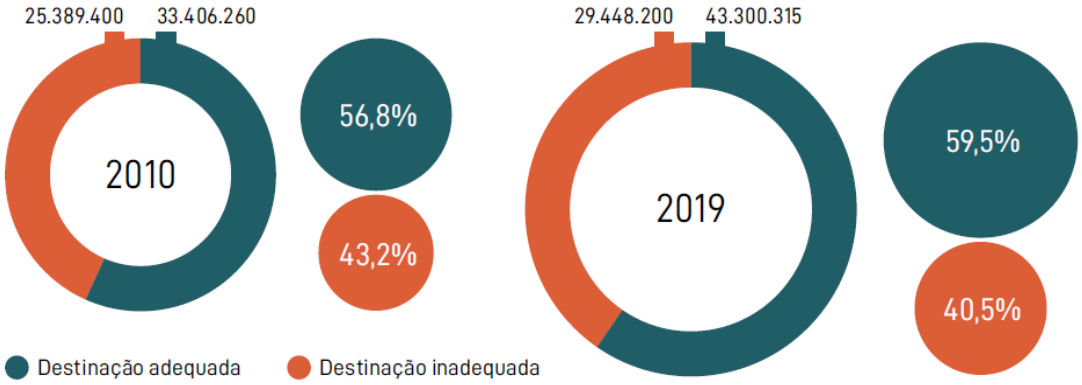
REGIÃO	ESTADO	COLETA TOTAL EM 2010 (T/ANO)	ÍNDICE DE COBERTURA DE COLETA EM 2010	COLETA TOTAL EM 2019 (T/ANO)	ÍNDICE DE COBERTURA DE COLETA EM 2019
NORTE	ACRE	124.465	80,6%	198.925	83,1%
	AMAPÁ	158.775	97,5%	239.075	93,3%
	AMAZONAS	997.910	84,1%	1.385.905	86,6%
	PARÁ	1.653.815	78,4%	2.028.670	76,7%
	RONDÔNIA	271.925	72,3%	402.960	78,9%
	RORAIMA	93.440	84,2%	139.430	84,1%
	TOCANTINS	229.950	75,1%	375.220	83,4%
NORDESTE	ALAGOAS	667.950	75,5%	915.785	83,8%
	BAHIA	3.700.370	75,6%	4.266.120	84,1%
	CEARÁ	2.476.890	76,4%	2.830.210	80,1%
	MARANHÃO	1.296.115	66,8%	1.605.270	63,9%
	PARAÍBA	900.820	80,8%	1.111.425	86,7%
	PERNAMBUCO	2.240.370	79,7%	2.856.855	86,9%
	PIAUÍ	606.630	56,5%	789.495	69,2%
	RIO GRANDE DO NORTE	715.400	84,7%	992.070	89,0%
	SERGIPE	508.445	85,7%	606.265	91,4%
CENTRO-OESTE	DISTRITO FEDERAL	1.530.080	96,5%	1.049.740	95,0%
	GOIÁS	1.691.045	88,6%	2.430.900	96,1%
	MATO GROSSO	681.820	78,1%	1.069.450	88,6%
	MATO GROSSO DO SUL	622.325	88,0%	903.375	92,7%
SUDESTE	ESPÍRITO SANTO	879.650	83,8%	1.131.500	93,7%
	MINAS GERAIS	5.382.655	95,3%	6.383.485	92,0%
	RIO DE JANEIRO	6.862.730	95,5%	8.182.570	99,5%
	SÃO PAULO	18.002.895	95,9%	22.984.050	99,6%
SUL	PARANÁ	2.692.970	89,8%	3.074.395	95,0%
	RIO GRANDE DO SUL	2.484.920	91,9%	3.004.315	95,5%
	SANTA CATARINA	1.321.300	90,6%	1.791.055	96,2%

Fonte: Abrelpe (2020).

Apenas 59,5% dos resíduos gerados tiveram uma disposição final adequada, ou seja, com destinação a aterros sanitários, na maior parte do país (Figura 6). Depois de 9 anos da Lei 12.305/2010 da PNRS, o Brasil aumentou em menos de 3% a destinação adequada dos resíduos sólidos.

Ainda que tenha havido uma melhoria, esse aumento da cobertura foi muito baixo, quase imperceptível ao longo de uma década, e mais de 40% do peso desses resíduos gerados possui uma destinação ambiental inadequada, sendo levado para aterros controlados e lixões, que, segundo a lei mencionada, deveriam estar sendo encerrados.

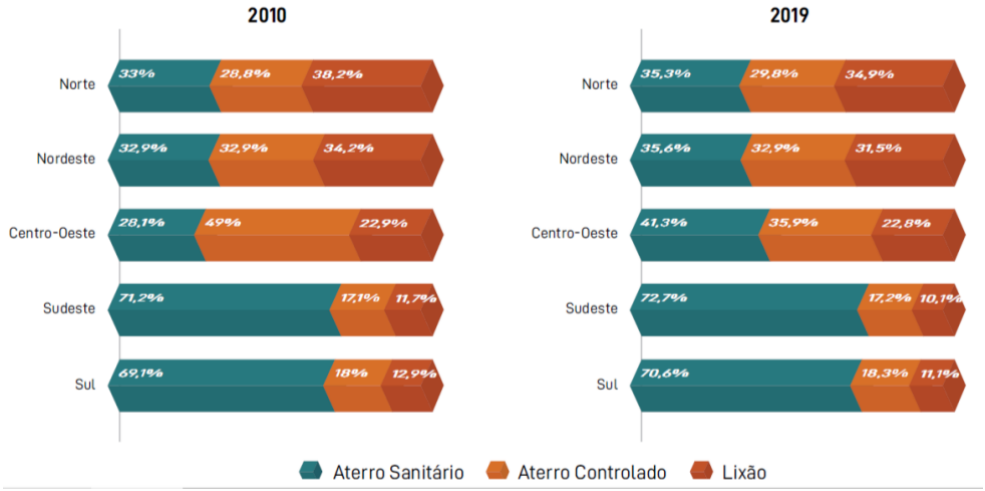
Figura 6 - Destinação dos resíduos sólidos no Brasil nos anos de 2010 e 2019



Fonte: Abrelpe (2020).

As regiões Sul e Sudeste utilizam mais aterros sanitários, enquanto as regiões Centro-oeste, Norte e Nordeste ainda destinam os resíduos sólidos em maioria, para aterros controlados e lixões, que são inadequadas e causam impactos ambientais, sociais e econômicos (Figura 7).

Figura 7- Destinação de resíduos sólidos por região brasileira

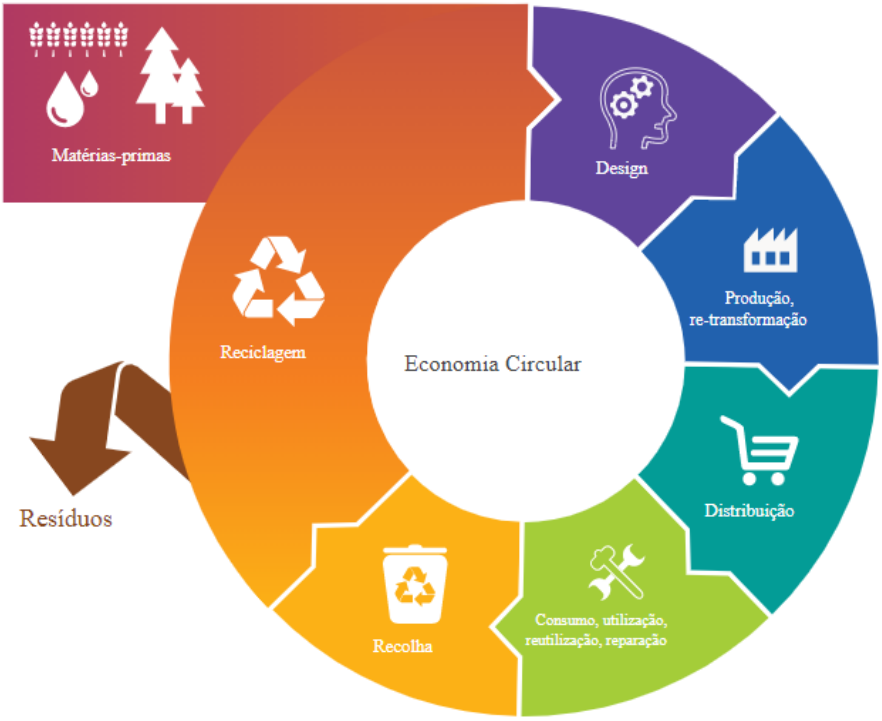


Fonte: Abrelpe (2020).

3.4. RELAÇÃO ENTRE A GESTÃO DE RESÍDUOS E A ECONOMIA CIRCULAR

A economia circular é um modelo de produção e consumo que promove reutilização, reparo e reciclagem de produtos já existentes, de forma que aumenta seu ciclo de vida, reduzindo desperdícios e exploração desnecessária (PARLAMENTO EUROPEU, 2021). Com o fim de vida do produto, seus materiais ainda são mantidos em circulação, sendo reaproveitados sob novas formas (Figura 8).

Figura 8 - Infográfico demonstrando o funcionamento da economia circular



Fonte: Parlamento Europeu (2021).

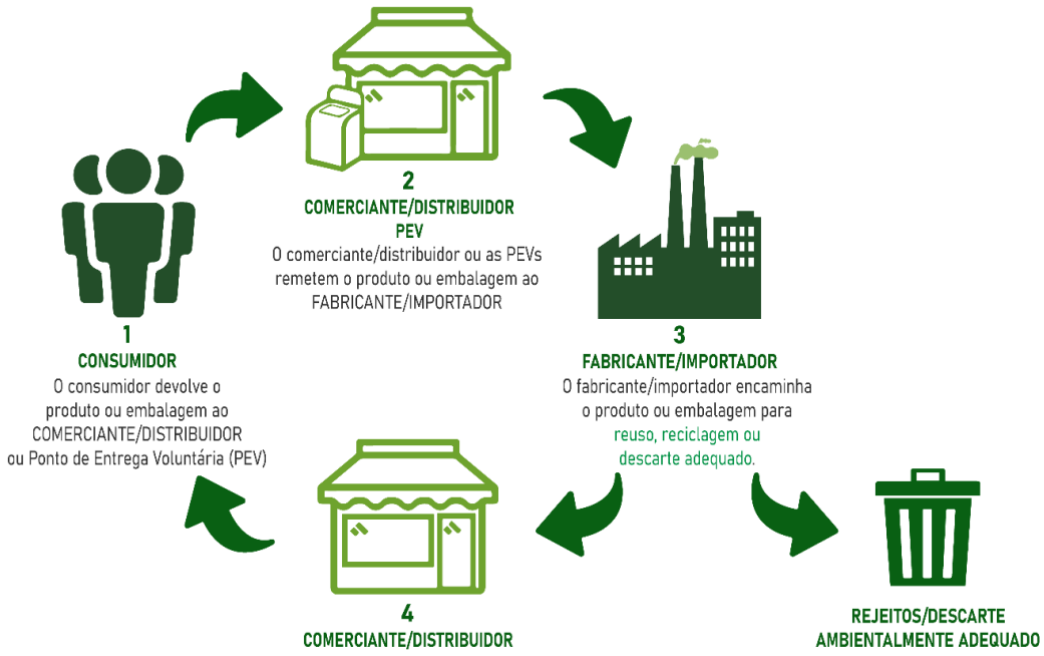
De acordo com o Parlamento Europeu (2021), o conceito de economia circular traz diversos benefícios para a sociedade, uma vez que se reduz a emissão de gases poluentes (com menor fabricação de produtos novos), a retirada de matéria prima no ambiente é reduzida, além de promover uma busca pela inovação de materiais e produtos, gerando opções mais modernas e duradouras, e criando novos empregos.

A economia circular contribui para a redução da quantidade de resíduos dispostos em aterros e lixões, a separação é facilitada, trazendo ainda, economia de tempo, tanto no caso do próprio município, ao realizar uma logística, que contemple diversos tipos de resíduos, quanto dos fabricantes/fornecedores em si.

Esse modelo econômico contrasta com o modelo linear, em que o ciclo de vida dos produtos se resume à extração de matérias primas, fabricação, uso e descarte, o que demanda uma quantidade exagerada de materiais e energia.

O fluxograma da logística reversa ilustrado pela Figura 9, 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 próprio ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Figura 9 - Fluxograma ilustrando o processo de Logística Reversa.



Fonte: SINIR (2021).

A Lei nº12.305/2010 determina a obrigatoriedade de estruturar e implementar sistemas de logística reversa aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;

II - pilhas e baterias;

III - pneus;

IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;

V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; e

VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

A Política dos 5“Rs” define uma ordem de ações a serem tomadas levando em consideração a questão da sustentabilidade, quando do consumo de produtos e serviços, sendo essas ações, em ordem de prioridade:

•Repensar: deve-se refletir sobre os processos de fabricação, considerando quais impactos serão gerados com o uso e descarte de determinados produtos que se irá (ou se planeja) adquirir, incluindo os materiais serão reutilizáveis e/ou recicláveis.

•Recusar: evitar um consumo de produtos que causem um significativo impacto ambiental, dando preferência a produtos mais nocivos após seu descarte, ou que possuam um plano de recolhimento de resíduos mais acessível (o que pode ajudar as próprias empresas a repensarem seus próprios processos de produção, composição e meios de descartar/reaproveitar o produto).

•Reduzir: através de uma diminuição no consumo, conseguir uma redução na produção de lixo. Isso é possível ao se evitar o consumo exagerado e desnecessário de produtos que irão causar danos no meio, além de se buscar alternativas, em materiais mais duráveis, que não terão descarte imediato, assim, além de reduzir o acumulo de lixo, irá diminuir a exploração de recursos naturais.Por exemplo, o uso de materiais descartáveis de plástico, que pode ser substituído por pratos e copos de vidro laváveis e reutilizáveis.

•Reutilizar: reaproveitar o material, dando a eles uma nova utilidade, de forma que se evita o descarte precoce, além de se evitar a compra de outro produto (cuja função será atribuída ao produto reutilizado). Isso é visto no dia a dia, e algumas empresas tomam iniciativas para favorecer isso, por exemplo, copos de vidro de requeijão que podem ser utilizados como copos usados no dia a dia; latas de leite condensado decoradas que podem ser reaproveitadas como porta-lápis, porta-guardanapos, entre outros.

•Reciclar: termo que tem estado em voga nos últimos anos, é o último dos 5 “Rs” a ser adotado, ou seja, quando a geração do lixo foi inevitável. Consiste na alteração, na transformação de um material usado para algo novo, passando por processos mais complexos que os anteriores.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, foi realizada revisão da literatura técnica e científica para a obtenção de informações sobre o panorama brasileiro da gestão de RCD e sobre os planos municipais de gerenciamento de resíduos sólidos, considerando a Lei nº12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), bem como a Resolução nº307/2002 do CONAMA, as normas da ABNT e portarias, destacando a gestão de resíduos sólidos adotada no município de Santos (SP).

Em seguida, foram obtidas informações junto à prefeitura municipal de Santos sobre a gestão de RCD adotada por pequenos e grandes geradores e, com base nestas informações, foi proposto um plano de gerenciamento de resíduos, abordando desde a segregação nos canteiros de obras até a destinação final, buscando incentivar, principalmente, as técnicas de reutilização/reciclagem *in loco*, conforme estabelece a Resolução nº 307/2002 e as normas brasileiras complementares.

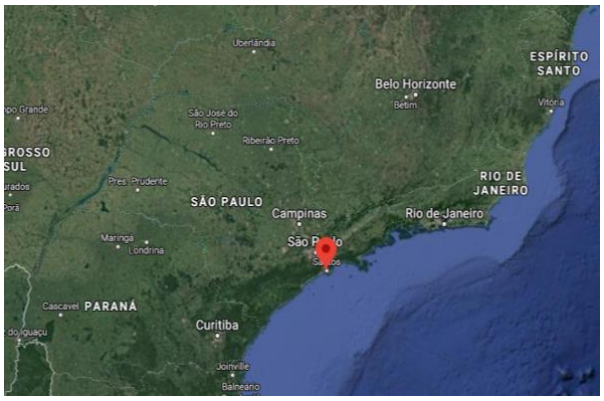
Com base em todas as informações obtidas e análises realizadas, foi avaliada a contribuição de diferentes técnicas de aproveitamento de resíduos de canteiros de obras para a economia circular e para a sustentabilidade da indústria da construção civil, tendo como base o município de Santos.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SANTOS

O município de Santos se localiza na Região Metropolitana da Baixada Santista, no litoral do Estado de São Paulo, com uma área de 281,033 km^2, e uma população de 433.991 habitantes (IBGE, 2021).

A cidade se divide em 2 áreas: a insular, localizada na ilha de São Vicente, onde se situa a maior parte da população, bem como a prefeitura e os centros comerciais; e a continental, que envolve parte do Parque Nacional da Serra do Mar, uma reserva protegida que abriga a maior área contínua da Mata Atlântica preservada no país (Figuras 10 e 11).

Figura 10 - Localização do município de Santos no estado de São Paulo.



Fonte: Google Earth (2021).

Figura 11 - Município de Santos com a delimitação da área continental na parte superior e a insular na parte inferior.

Fonte: Google Earth (2021).

A geração per capta de resíduos passou de 0,620 t hab^{-1} ano^{-1} no ano de 2011 (SANTOS, 2012) para 0,733t hab^{-1} ano^{-1}, no ano de 2020 (SNIS, 2020). Enquanto a coleta de RCD é de 0,125t hab^{-1} ano^{-1} representando cerca de 17% do total de resíduos sólidos coletados (SNIS, 2020).

Atualmente a coleta dos resíduos sólidos no município de Santos é realizada pela Terracom Construções Ltda., que atende a maioria das cidades da Baixada Santista, enquanto a gestão dessa coleta é feita pela Secretaria de Serviços Públicos (SESERP).

4.2. METODOLOGIA DE ANÁLISE

Inicialmente foram consultadas, para uma melhor compreensão de termos técnicos e de gestão adequada de resíduos, as normas técnicas:

- NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação (ABNT, 2004);
- NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004);
- NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004);
- NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004).

Estas normas foram a base para a determinação dos padrões de qualidade e diretrizes para a classificação dos resíduos sólidos, bem como da separação e correta destinação.

A Lei nº 12.305/2010, que instituiu a PNRS foi a base para compreender as metas estabelecidas pelo país, conceitos de logística reversa e economia circular e suas aplicações no cenário atual. Em complemento a esta lei, foram analisados os dados obtidos por associações como a Abrelpe e Abrecon, para distinguir a teoria exigida em leis e normas, da realidade apresentada pelas estatísticas.

Para a análise da gestão de RSU e RCD foram consultados o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Santos, o Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Baixada Santista, e os dados obtidos no portal da cidade, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para a obtenção de informações mais atualizadas sobre a população, geração de resíduos e destinação e compará-las à situação do ano de publicação dos planos municipal e regional de gestão de resíduos.

As Resoluções do Conama nºs 307/2002, 348/2004, 431/2011 e 469/2015 e os dados referentes à situação brasileira e de Santos, sobre volumes gerados e destinações, permitiram analisar a gestão de RCD que vem sendo desenvolvida e compreender melhor os problemas enfrentados pelo país quanto à destinação adequada de resíduos sólidos, para a proposição de soluções estratégicas e viáveis do ponto de vista econômico, social, ambiental e político.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. PANORAMA BRASILEIRO DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Os prazos estabelecidos em 2010 pelo governo federal por meio da Lei nº12305/2010, para extinção dos lixões foram alterados, pela Lei nº 14.026, passando de 2014 para 2024, ao invés de terem suas metas cumpridas.

O aumento da geração de RSU ocorreu proporcionalmente ao crescimento populacional expressivo, passando de 190.732.694 toneladas em 2010 para 213.317.639 toneladas em 2021 (IBGE, 2021). Os lixões ainda são o destino de mais de 17% de todos os resíduos coletados, quando já deveriam estar extintos.

Os RCD são descartados em maior proporção por pequenos geradores, como resultado de pequenas obras, como reformas pontuais que são mais recorrentes e frequentes. No entanto, a falta de controle e planejamento nestes canteiros de obra resultam em desperdícios e perdas, além de trazer menos oportunidades para reutilização e ou reciclagem destes resíduos. (ABRECON, 2019)

5.2. GESTÃO ATUAL DE RCD EM SANTOS

O município de Santos possui Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS), que foi publicado em 2012 pela Secretaria do Meio Ambiente (SEMAM) e instituído pela Lei Complementar nº792/2013 e, de acordo com este plano:

> *"A coleta do RCC é de responsabilidade do próprio empreendedor, sendo que, em casos dessa geração ser de pequena monta, podem ser aplicadas soluções que possibilitem a entrega dos mesmos em pontos específicos, ou ainda, a coleta ser efetuada pela municipalidade. Seu destino mais adequado é a reciclagem, para reaproveitamento na própria indústria da construção civil, sendo que conforme legislação específica, o armazenamento do material deve ser efetuado em aterros de inertes, específicos para tal finalidade. Dessa forma, sua disposição final seria em aterros de inertes ou, idealmente, o reprocessamento do material e reutilização na própria indústria." (SANTOS, 2012)*

Este plano estabelece que pequenos geradores, que produzem até 200 kg (cerca de 1 m^3) de resíduos sólidos, podem agendar a coleta junto à Secretaria de Serviços Públicos (SESERP), sendo deixados no passeio, em frente ao local de geração, pouco antes do horário agendado. Este serviço é gratuito e ocorre de segunda a sábado.

Os grandes geradores, que produzem mais de 200 kg, devem apresentar um plano específico de gestão à Secretaria de Meio Ambiente, se adequando ao Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil. Nesse plano, segundo o Art. 16 da lei complementar nº 792/2013, devem constar a anotação de responsabilidade técnica (ART), cópia do projeto arquitetônico, planilha descritiva dos resíduos, cronograma de remoção, e uma cópia do espelho do IPTU, para casos de demolição. A falta desse documento pode implicar na aplicação de multas entre R$ 300,00 a R$ 30.000,00; de acordo com o dano ambiental causado pelo descarte inadequado (SANTOS, 2020).

Para o descarte de resíduos sólidos, como baterias, pilhas e lâmpadas, os estabelecimentos que os comercializam devem se responsabilizar pela coleta e correta destinação dos materiais, segundo a Lei Complementar nº 779/2012, garantindo a logística reversa e a infração pode resultar em multa no valor de cinco salários mínimos (SANTOS, 2012).

Os resíduos sólidos gerados no município de Santos podem ser destinados aos seguintes locais (SNIS, 2020):

•*Usina de Separação*: uma unidade de triagem controlada pela PRODESAN, uma empresa de economia mista, ou seja, em parte administrada pela prefeitura da cidade;

•*Aterro Sanitário Sítio das Neves*: na área continental de Santos, um aterro iniciado em 2003, quando o Aterro da Alemoa, controlado da prefeitura, que recebia os resíduos de toda a cidade, encerrou suas atividades. Possui recobrimento diário dos resíduos, além de vigilância ambiental, sistema de drenagem de líquidos e gases e licença ambiental do tipo operação propriedade particular, da empresa Terrestre Ambiental. Nesse aterro existe uma usina de reciclagem de RCD, que após serem processados, são utilizados pela própria empresa, para suas construções.

•*Área de Transbordo e Triagem da Alemoa*: uma unidade de transbordo iniciada também em 2003, controlada pela prefeitura.

Análise do PGIRS de Santos

O plano de gestão do município foi aprovado em agosto de 2012, não tendo nenhuma atualização durante os últimos nove anos. Apesar de ter um horizonte de 20 anos (e prazo de vigência indeterminado), segundo a Lei nº 12.305, este documento deveria ser atualizado a cada quatro anos.

Além disso, é preciso considerar que a população do município de Santos passou de 419.400 habitantes em 2010 para 433.991 em 2021 (IBGE, 2021), quando, segundo projeções realizadas durante a criação do PGIRS seria de 428.703 habitantes, além de uma população flutuante, representada por turistas com casas de veraneio e parentes, que corresponde a cerca de 60 mil pessoas. Este crescimento acima do projetado reforça a necessidade da atualização do plano.

No site do município de Santos é apresentado um mapa com a localização de pontos de descarte de entulho, no entanto, nos locais indicados, existem lixeiras com descarte de diversos tipos de resíduos, incluindo lixo doméstico e sobras de restaurantes, deixando clara a proibição de descarte de entulho (Figura 12), o que pode causar confusão nos moradores e uma mistura indesejada de diferentes tipos de resíduos, ou ainda disposição equivocada de resíduos que poderiam ser reciclados.

Figura 12 - Lixeiras do município de Santos destinadas a resíduos domésticos em pontos de descarte de RCD.

Fonte: Autor.

Existem diversos pontos de descarte irregular de rejeitos na cidade de Santos, na Figura 13, retirada de uma notícia de jornal local, em Dezembro de 2020, pode ser observado um exemplo da disposição inadequada de resíduos sólidos, que incluem móveis e lixo doméstico, denominado como entulho, pelo jornal e pelos munícipes que a denunciaram, o que demonstra uma falta de conhecimento da população sobre as diferenças entre RSU e RCD. A prefeitura foi acionada mais de uma vez pelos munícipes, demorando mais de uma semana para fazer o recolhimento dos resíduos.

Figura 13 - Ponto de descarte irregular de rejeitos no bairro Marapé, no município de Santos (SP)

Fonte: A Tribuna (2020).

É comum a ocorrência de descarte de resíduos de diversos tipos em caçambas, desde bitucas de cigarro, embalagens de comida até fezes de animais, pela população, que inclui tanto pessoas relacionadas à obra quanto transeuntes, que as utiliza como um cesto de rejeitos, mais acessível, e não compreende o conceito de separação de materiais.

Proposta para a gestão de RCD do município de Santos

O solo do município de Santos é conhecido por sua má qualidade, o que resulta nos famosos prédios tortos, e suas propriedades mecânicas podem se beneficiar com o processo de *backfilling*, aplicado na Europa, reduzindo problemas como recalque.

Os tijolos de solo-cimento, conhecidos como tijolos ecológicos, também permitem o reaproveitamento de resíduos, principalmente, os solos gerados do nivelamento de terrenos. Estes tijolos são compostos por solos, que devem apresentar cerca de 70% de areia e 30% de argila, misturados à água e ao cimento. Estes tijolos são secos sem o uso de fornos, o que reduz a emissão de carbono. Estudos têm demonstrado que a mistura com outros componentes, como agregados reciclados, ou resíduos como raspas de pneus inservíveis e outros, podem aprimorar

suas características mecânicas, além de transformar diferentes tipos de resíduos em matérias-primas.

A Secretaria do Meio Ambiente do município e a empresa Terracom, responsável pela gestão dos resíduos não forneceram informações sobre as quantidades de resíduos recebidos e enviados para reciclagem em usinas. Outra referência utilizada na revisão bibliográfica foi o "Programa de gestão integrada da baixada santista", que também relatou carência de informações para o município de Santos, sendo necessário estimar os dados faltantes, tomando-os de fontes distintas e de anos diferentes, em alguns casos, o que dificultou uma análise mais precisa e adequada do cenário real da gestão de resíduos no município de Santos atualmente.

No município de Praia Grande, na Baixada Santista, tem sido utilizado o sistema eletrônico Coletas Online, que auxilia o município no monitoramento dos resíduos do gerador à destinação final, além de fornecer informações sobre transportadores e Pontos de Entrega Voluntária, permitindo que os cidadãos possam, assim, verificar a disponibilidade destes empreendimentos, de acordo com sua região e se planejar para um descarte adequado. Se utilizada no município de Santos esta ferramenta, além de ajudar no monitoramento por parte da prefeitura, pode subsidiar os munícipes com informações que permitam melhorar o planejamento.

Um erro comum tanto da mídia (jornais) quanto em *sites* do governo e na população em geral é a confusão com o termo "entulho", que generaliza qualquer tipo de resíduo sólido, dificultando a correta separação e destinação do mesmo. Além disso, é comum que a população descarte rejeitos domésticos em caçambas, o que dificulta a separação posteriormente. Segundo o artigo 18 da lei 12.305/2010, a educação ambiental é necessária para a redução da geração e orientação quanto à destinação correta.

A educação ambiental pode se dar também por meio de projetos, como a campanha "Lixo no Lixo – Cidade no Capricho" que foi promovida pelo jornal "A Tribuna", em 2011 em escolas, ajudando não só a informar, mas a coletar em escolas e universidades produtos como, embalagens de alimentos e óleo de cozinha usado, incentivando a arrecadação com premiações. Ações como a promoção de concursos e gincanas, também podem contribuir para que a população participe efetivamente do processo educativo.

6. CONCLUSÕES

No Brasil, o principal destino dos resíduos sólidos urbanos coletados são os aterros sanitários, no entanto, desde a promulgação da Lei 12.305/2010 que instituiu a PNRS e determinou a extinção dos lixões até 2014, há mais de uma década, a disposição de RSU em aterros aumentou pouco mais de 2%, passando de 56,8% em 2010 para 59,5% em 2019, enquanto os lixões continuam recebendo cerca de 17% dos RSU, o que correspondeu a mais de 12 milhões de toneladas em 2019.

Até 2019, cerca de 27% dos municípios brasileiros não praticavam coleta seletiva, e apenas 54% apresentaram Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

O "Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Santos" é de 2012 e precisa ser atualizado, com adequações, considerando o crescimento populacional e a necessidade de modernização dos sistemas de coleta. A ausência de informações sobre a gestão dos resíduos da construção civil do município de Santos e da empresa responsável pela coleta e destinação dificultou a análise detalhada da situação real do município.

A população no município de Santos passou de 419.400 habitantes em 2010 para 433.656 habitantes em 2021, superior à estimada pelo PGIRS, que foi de 428.703 habitantes para 2021, além disso, não considerou a população flutuante de turistas, de cerca de 60 mil pessoas, indicando a necessidade de atualização em caráter urgente.

A economia circular é uma tendência crescente no mundo, sendo necessária à medida que as matérias-primas se tornam mais escassas e o volume de resíduos gerados aumenta. A logística reversa, obrigatória pela Lei 12.305/2010, tem sido o caminho para que fabricantes se conscientizem de sua responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos comercializados e pelo descarte adequado dos resíduos gerados, contribuindo para que a cadeia produtiva brasileira se aproxime cada vez mais da economia circular.

Os RCD podem ser reinseridos na cadeia produtiva da construção civil, como agregados reciclados ou por meio de *backfilling,* no entanto, o planejamento, a organização e a adoção de sistemas construtivos modulares e da "Política dos 5Rs" devem ser medidas priorizadas para a redução dos desperdícios e perdas e, consequentemente, da geração de resíduos nos canteiros de obras brasileiros.

REFERÊNCIAS

A TRIBUNA. **Rua do Marapé é alvo de descarte de entulho em Santos:** 'falta higiene'. 2020. Disponível em: https://www.atribuna.com.br/noticias/reporterdebairro/rua-do-marap%C3%A9-%C3%A9-alvo-de-descarte-de-entulho-em-santos-falta-higiene-1.133966. Acesso em: 2 jan. 2022.

AGÊNCIA METROPOLITANA DA BAIXADA SANTISTA. **Plano regional de gestão integrada de resíduos sólidos da Baixada Santista.** Santos: AGEM, 2018. 389 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004:** resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15112:** resíduos da construção civil e residues volumosos: áreas de transbordo e triagem: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15113:** resíduos sólidos da construção civil e resíduosinertes: aterros: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15114:** resíduos sólidos da construção civil: áreas de reciclagem: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Pesquisa setorial 2014/2015**. São Paulo: ABRECON, 2015. 74 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos residues sólidos no Brasil 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2020. 52 p.

BEEGREEN. **Conheça 6 projetos de inovação em economia circular que vão mudar o seu ponto de vista!** 2020. Disponível em: https://beegreen.eco.br/projetos-de-inovacao-em-economia-circular/. Acesso em: 15 jul. 2021.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978 Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 25 fev. 2022.

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. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 25 fev. 2022.

BRASIL. **Lei nº 14026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, [...]. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421 Acesso em: 25 fev. 2022.

CE 100. **Uma economia circular no Brasil:** uma abordagem exploratória inicial. 2017. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Uma-Economia-Circular-no-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf. Acesso em: 17 jul. 2021.

CE 100. **Uma economia circular no Brasil:** uma abordagem exploratória inicial: estudos de caso. 2017. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Uma-Economia-Circular-no-Brasil_Ap%C3%AAndice-de-Estudos-de-Caso.pdf. Acesso em: 17 jul. 2021.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Aterros sanitários, aterros controlados e lixões:** entenda o destino do lixo no Paraná. São Paulo, 2017. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/biogas/2017/08/01/aterros-sanitarios-aterros-controlados-e-lixoes-entenda-o-destino-do-lixo-no-parana/. Acesso em: 2 dez. 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, de 30 de agosto de 2002, seção I, p.17.241.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e estados:** Santos. 2020. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/santos.html. Acesso em: 2 fev. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Índice de desenvolvimento humano**. 2010. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/santos/pesquisa/37/30255?localidade2=355100&tipo=ranking&ano=2010. Acesso em: 1 fev. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos municípios brasileiros**. 2017. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/496bb4fbf305cca806aaa167aa4f6dc8.pdf. Acessoem: 2 fev. 2022

IRLANDA.EPA. **Construction & demolition waste statistics for ireland**. 2020. Disponível em: http://www.epa.ie/nationalwastestatistics/constructiondemolition/. Acesso em: 6 dez. 2021.

MARTINS, Bianca Peccin. **Estudo de alternativas para reaproveitamento de residues sólidos das indústrias metal-mecânicas em processos siderúrgicos.** 2010. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2010.

PARLAMENTO EUROPEU. **Economia circular:** definição, importância e benefícios. 2015. Disponível em: https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicao-importancia-e-beneficios. Acesso em: 15 jul. 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTOS. **Plano de gestão integrada de resíduos sólidos do município de Santos.** Santos: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2011. 147 p. Disponível em: http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/cpla/2017/05/santos.pdf. Acesso em: 15 ago. 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTOS. **Resíduos sólidos**. 2017. Disponível em: https://www.santos.sp.gov.br/?q=servico/residuos-solidos. Acesso em: 10 jul. 2021

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTOS. **Santos mapeada**: pontos de descarte de entulho de Santos. 2020. Disponível em: https://egov.santos.sp.gov.br/santosmapeada/ServicosPublicos/LimpezaUrbana/MapaPontosDescarteEntulho/. Acesso em: 2 jun. 2021.

SANTOS (Município). **Lei Complementar nº 779, de 5 de setembro de 2012.**Obriga os estabelecimentos que comercializam baterias, pilhas, lâmpadas e similares a disponibilizar receptáculo para coleta desses materiais e dá outras providências. Santos, SP. Disponível em: https://www.santos.sp.gov.br/?q=servico/residuos-solidos.Acessoem: 2 jun. 2021.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO - SNS. **SNIS**: série histórica. 2020. Disponível em: http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#. Acesso em: 15 fev. 2022.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Resíduos da construção civil:** gestão pelos pequenos geradores. São Paulo, SINDUSCON: 2014. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/sigor/wp-content/uploads/sites/37/2014/12/Gest%C3%A3o-pelos-Pequenos-Geradores.pdf. Acesso em: 20 maio 2021.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. **Logística reversa**. Disponível em: https://sinir.gov.br/logistica-reversa. Acesso em: 20 jul. 2021.

UNIÃO EUROPEIA. EUROSTAT. **Waste management indicators**. 2019. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_management_indicators. Acesso em: 2 dez. 2021.

UNIÃO EUROPEIA. EUROSTAT. **Generation of waste by economic activity**. 2018. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00106/default/table?lang=en. Acesso em: 30 nov. 2021.

UNIÃO EUROPEIA. EUROSTAT. **Recovery rate of construction and demolition waste**. 2018. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/cei_wm040_esmsip2.htm. Acesso em: 30 nov. 2021.