cgee

Resumo executivo

OICS observatório de inovação para cidades sustentáveis

Políticas e soluções para cidades sustentáveis: saneamento/resíduos sólidos

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) edita publicações sobre diversas temáticas que impactam a agenda do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

As edições são alinhadas à missão institucional do Centro de subsidiar os processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação, por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica baseados em ampla articulação com especialistas e instituições do SNCTI.

As publicações trazem resultados de alguns dos principais trabalhos desenvolvidos pelo Centro, dentro de abordagens como produção de alimentos, formação de recursos humanos, sustentabilidade e energia. Todas estão disponíveis gratuitamente para *download*.

A instituição também produz, semestralmente, a revista **Parcerias Estratégicas**, que apresenta contribuições de atores do SNCTI para o fortalecimento da área no País.

Você está recebendo uma dessas publicações, mas pode ter acesso a todo o acervo do Centro pelo nosso site: *http://www.cgee.org.br.*

Boa leitura!

Políticas e soluções para cidades sustentáveis: saneamento/resíduos sólidos

Resumo executivo

cgee

Brasília – DF
2022

© Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

Organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)

Diretor-presidente
Marcio de Miranda Santos (até 28/02/2022)
Fernando Cosme Rizzo Assunção (a partir de 01/03/2022)

Diretores
Ary Mergulhão Filho
Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior
Regina Maria Silverio

Edição: *Aline Adolphs/Contexto Gráfico*
Diagramação: *Contexto Gráfico*
Capa e Infográficos: *Contexto Gráfico*
Projeto Gráfico: *Núcleo de design gráfico do CGEE*

Catalogação na fonte

C389p
Políticas e soluções para cidades sustentáveis: saneamento/resíduos sólidos. Resumo Executivo. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2022.

42 p.

ISBN 978-65-5775-047-6 (digital)

1.Resíduos Sólidos. 2. Saneamento. 3. Sustentabilidade. 4. Política. I. CGEE. II. UFPR. III. Título.
CDU 628.312.1

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, SCS Qd 9, Bl. C, 4º andar, Ed. Parque Cidade Corporate, 70308-200, Brasília, DF ,Telefone: (61) 3424.9600
@CGEE_oficial | *http://www.cgee.org.br* | *@CGEE*
@CGEE_oficial | *@Centro de Gestão e Estudos Estratégicos*

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que seja citada a fonte.

Referência bibliográfica:
CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS- CGEE. **Políticas e soluções para cidades sustentáveis:** saneamento/resíduos sólidos. Resumo Executivo. Brasília, DF: CGEE, 2022. 42 p.

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas pelo Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis no âmbito do Projeto CITinova – Promovendo Cidades Sustentáveis no Brasil através de Planejamento Urbano Integrado e de Investimentos em Tecnologias Inovadoras — Centro de Custo: 800160 – CGEE GEF/PNUMA (8.12.53.01.03.01).

Políticas e soluções para cidades sustentáveis: saneamento/resíduos sólidos

Resumo executivo

Supervisão

Regina Maria Silverio

Coordenação no CGEE

Marco Aurélio Lobo Júnior (até 28 de fevereiro de 2022)
Patrícia Miranda Menezes (a partir de 01 de março de 2022)

Equipe técnica do CGEE

Raiza Gomes Fraga
Monique Pinheiro Santos
Patrícia Reis Ferreira de Andrade

Equipe técnica do MCTI - Projeto CITINOVA Planejamento Integrado e Tecnologias para Cidades Sustentáveis

Luíz Henrique Mourão (Diretor Nacional)
Ana Lucia Stival (Coordenadora Nacional)
Angélica Griesinger (Coordenadora Técnica)
Régis Rathmann (Coordenador de Plataforma)
Isabela Melo (Assistente de projeto)
Camile Vieira Martins (Consultora)

PNUMA

Denise Hamú (Representante Brasil)
Regina Cavini (Oficial de Programas)
Asher Lessels (Gestor de Portfólio)

CONSULTORES

Aguinaldo dos Santos
Marcella Lomba Nicastro
Alessandra Petrecca

Os textos apresentados nesta publicação são de responsabilidade dos autores.

Sumário

Apresentação 7

Introdução 9

1. Motivações para buscar a sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos 11

2. Método de pesquisa 13

3. Taxonomia de políticas para resíduos sólidos 15

3.1. Política de planejamento e governança 15

3.2. Política de sustentabilidade econômica 16

3.3. Política para a promoção de comportamentos sustentáveis 17

3.4. Política de inclusão social por meio da gestão de resíduos 18

3.5. Política de integração da TIC na gestão de resíduos 19

3.6. Política voltada à prevenção dos resíduos 20

3.7. Política voltada à minimização da ocorrência resíduos 21

3.8. Política voltada à reutilização dos resíduos 23

3.9. Política voltada à reciclagem de resíduos 25

3.10. Política de recuperação energética dos resíduos 27

3.11. Política de tratamento e destinação dos resíduos sólidos 27

4. Considerações finais 31

Referências 32

Siglas e abreviaturas encontradas nesta publicação 41

Apresentação

O Observatório de Inovações para Cidades Sustentáveis (OICS) é uma iniciativa desenvolvida pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) como parte do projeto CITInova, do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), para a promoção de sustentabilidade nas cidades brasileiras por meio de tecnologias inovadoras e planejamento urbano integrado.

O OICS atua para acelerar a inovação nas cidades brasileiras e apoiar a tomada de decisão com base em evidências, oferecendo aos gestores públicos brasileiros um banco de soluções para a sustentabilidade urbana e um sistema de informações geográficas (*sigweb*) que caracteriza o território nacional, por meio de indicadores e tipologias para as cidades brasileiras.

O mapeamento de soluções contempla iniciativas em temas como água, energia, mobilidade, ambiente construído, resíduos sólidos e soluções baseadas na natureza. Na plataforma é possível conhecer características centrais de sua implementação e exemplos práticos de sua aplicação. O banco possui informações diretas e resumidas para auxiliar o tomador de decisão, que, apoiado pelo sistema de informações geográficas, pode levantar dados sobre sua região comparando indicadores para cada um dos temas mapeados.

Sabemos, no entanto, que o banco de soluções e o mapa *sigweb* são apenas parte de um percurso para a transição de nossas cidades para ambientes mais sustentáveis. Por isso, apresentamos essa série de resumos executivos que relacionam políticas e o banco de soluções do OICS, oferecendo aos tomadores de decisão informação atualizada a partir de uma revisão bibliográfica sistemática sobre cada um dos temas mapeados (água, energia, mobilidade, ambiente construído, resíduos sólidos e soluções baseadas na natureza). Estes resumos sinalizam aos gestores públicos as políticas que podem ser endereçadas por meio da implementação de diferentes soluções urbanas. Trata-se de um material vivo que oferece referências para a atualização de estratégias municipais no âmbito da sustentabilidade.

Os resumos executivos foram elaborados em uma parceria com o Núcleo de Design & Sustentabilidade da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e têm como principal objetivo oferecer aos gestores um material atualizado com a publicação científica na área da sustentabilidade, atentando-se às possibilidades de aplicação em escala local. O material traz extensa referência bibliográfica que poderá servir como insumo para a elaboração de projetos locais e associa as políticas mapeadas às soluções disponíveis no banco do OICS.

Para aproveitar da melhor forma o conteúdo elaborado, navegue pelas soluções indicadas, clicando nos hiperlinks e conhecendo a aplicação prática de iniciativas urbanas em consonância com políticas e estratégias que dialogam com as principais e atuais agendas para a sustentabilidade.

Boa leitura!

Políticas e soluções para cidades sustentáveis: saneamento/resíduos sólidos

Introdução

Este documento foi desenvolvido em parceria entre o Observatório para Inovação das Cidades Sustentáveis (OICS) e o Núcleo de Design & Sustentabilidade da Universidade Federal do Paraná (UFPR), com o intuito de subsidiar os tomadores de decisão no âmbito das prefeituras municipais quanto ao elenco de políticas e soluções pertinentes ao tema "Saneamento/resíduos sólidos". O arcabouço apresentado aqui, juntamente com a base de soluções e casos constantes no portal do OICS, constitui ferramenta valiosa no processo de customização de políticas e soluções mais sustentáveis adequadas às especificidades locais. Mesmo em municípios onde a concessão dos serviços de saneamento ocorre em instâncias estaduais ou empresas privadas, este documento mostra que há amplo espaço para contribuição das prefeituras para que a cidade alcance patamares mais sustentáveis na gestão de resíduos.

A limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos estão integrados no marco legal para o saneamento básico, estabelecido na Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020c). Resíduos sólidos são definidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305 de 2010) (BRASIL, 2010) como todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade.

A NBR 10.004 (ABNT, 2004), que estabelece os critérios de classificação de resíduos sólidos em termos de seus potenciais riscos ao meio ambiente e à saúde humana, classificando os resíduos sólidos em sólidos e semi-estados sólidos, resultantes das atividades comunitárias industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição. Incluem-se nesta definição os lodos derivados de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de

controle de poluição, bem como líquidos cujas particularidades tornam inviável seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água (SLOMSKI *et al.*, 2020). Os resíduos sólidos urbanos com origem residenciais, comerciais e institucionais são um dos vários fluxos de resíduos que as cidades gerenciam. Outros fluxos de resíduos comuns incluem resíduos industriais, resíduos agrícolas, resíduos de construção e demolição, resíduos perigosos, resíduos médicos e resíduos eletrônicos, ou lixo eletrônico (KAZA *et al.*, 2018).

Nos últimos anos, a gestão dos resíduos sólidos urbanos tem se tornado cada vez mais urgente nos países emergentes devido ao crescimento econômico, impactando na aceleração do consumo e, por consequência, na geração de resíduos. O aumento na geração de resíduos encontrou grave escassez de aterros e custos de operação crescentes (HOANG; FOGARASSY, 2020). A gestão dos resíduos urbanos é um desafio central para a sustentabilidade nas cidades. O tamanho da população e sua prosperidade econômica são dois vetores principais na geração de resíduos (IYAMU *et al.*, 2020). À medida que a gestão de resíduos vem sendo considerada como um direito humano básico há cada vez mais pressão para melhoria de suas práticas nas cidades.

A gestão dos resíduos no meio urbano é primariamente uma iniciativa de saúde pública e de proteção ao meio ambiente. Sua implementação implica em desafios para as autoridades locais, estando frequentemente entre os principais dispêndios municipais. Ademais as atividades econômicas associadas a resíduos constituem em importante fonte de emprego e renda para parcela da população (GUIBRUNET *et al.*, 2017).

Dentre os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável, onze têm conexão direta com a gestão dos resíduos, incluindo o aumento da inclusão, participação e urbanização sustentável e a priorização de programas que resultem em melhor qualidade do ar e saneamento (JUCÁ *et al.*, 2020). Gestão de resíduos está conectada com 12 dos 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável, particularmente o ODS 6, "Água e Saneamento"; ODS 8, "Trabalho Decente e Crescimento Econômico"; ODS 11, "Cidades e Comunidades Sustentáveis" e ODS 12, "Produção e Consumo Sustentável. No ODS 6 esta conexão é mais direta por meio da Meta 6.3 relacionada com a eliminação do descarte dos resíduos sólidos. A abordagem da economia circular contribui para o crescimento de pequenos negócios, geração de trabalho e renda, além da melhoria das condições de trabalho (LAZO; GASPARATOS, 2019).

1. Motivações para buscar a sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos

A geração dos resíduos sólidos urbanos é afetada diretamente por fatores como população, educação, renda per capita e urbanização. Estima-se que a população global deverá alcançar 9 bilhões até 2050 e o nível de urbanização tem crescido muito rapidamente, saindo de 30% em 1950 para uma estimativa de 66% em 2050 (UNITED NATIONS, 2014; KAZA *et al.*, 2018; RATHORE; SARMAH, 2020). Conforme Wilson *et al.* (2015) são gerados globalmente em torno de 7 a 10 bilhões de toneladas de resíduos anualmente, sendo que os resíduos sólidos municipais contribuem com cerca de 3,2 bilhões de toneladas deste total (WILSON *et al.*, 2015). No Brasil, a geração de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) tem registrado considerável incremento, passando de cerca de 59 milhões de toneladas em 2010 para 72,7 milhões de toneladas em 2020. Por sua vez, a geração per capita aumentou de 348 kg/ano para 379 kg/ano. Até 2050, o Brasil deve observar um aumento de quase 50% no montante de RSU, em comparação ao ano base de 2019. Para o mesmo período, a projeção de crescimento populacional esperado é de 12% (ABRELPE, 2020).

A fração orgânica ainda permanece como a principal componente dos RSU (45,3%), enquanto os resíduos recicláveis secos somam 35%, sendo compostos principalmente por plásticos (16,8%), papel e papelão (10,4%), além dos vidros (2,7%), metais (2,3%), e embalagens multicamadas (1,4%). Os rejeitos, por sua vez, correspondem a 14,1% do total e contemplam, principalmente, os materiais sanitários. Quanto às demais frações, têm-se os resíduos têxteis, couros e borrachas, com 5,6%. Note-se que 1,4% trata-se de resíduos que não deveriam estar no fluxo de resíduos sólidos urbanos como resíduos do setor de saúde, eletrônicos, pilhas/baterias, resíduos perigosos, resíduos de construção e demolição, pneus, óleos, graxas, embalagens de agrotóxicos e outros resíduos perigosos (ABRELPE, 2020).

Uma das principais formas pelas quais os resíduos sólidos contribuem para as mudanças climáticas é a geração de emissões de gases de efeito estufa (GEE). As emissões de GEE resultam da coleta inadequada de resíduos, descarte descontrolado e queima de resíduos. Os resíduos liberam gás metano quando descartados em um ambiente com limitação de oxigênio, como um lixão ou aterro, emitindo poluentes e partículas no transporte e na queima ineficiente. O metano, gerado a partir da decomposição de resíduos orgânicos, é o maior contribuinte do setor de resíduos sólidos para as emissões de GEE, sendo muitas vezes mais potente do que o CO_2 (KAZA *et al.*, 2018). As emissões de metano em aterros constituem em 4% dos gases de efeito estufa globalmente (RATHORE; SARMAH, 2020). No Brasil estima-se que o setor de tratamento de resíduos representa 4,8% do total das emissões de gases de efeito estufa geradas no país (BRASIL, 2020a). Hoa e Matsuoka (2017) argumentam que resíduos sólidos contribuem com cerca de 5% dos gases de efeito estufa (GUO *et al.*, 2021). Além destes impactos ambientais a gestão inadequada (ou inexistente) dos resíduos urbanos tem impactado na contaminação de cursos de água e oceanos, entupindo drenos, gerando inundações (HOANG; FOGARASSY, 2020). Aterros não controlados resultam na geração de lixiviado, um efluente altamente poluente devido à complexidade de sua composição, que inclui alta concentração de matéria orgânica (biodegradável e refratária) bem como compostos nitrogenados, metais pesados e

sais inorgânicos (COSTA *et al.*, 2019). Neste sentido, o aumento significativo da geração de resíduos em todo o mundo tem repercutido na degradação da qualidade do ar, terra e da água, incluindo a depreciação da estética ambiental, com contribuições diretas nas mudanças climáticas (MA; HIPEL, 2016; HOANG; FOGARASSY, 2020).

A gestão inadequada dos resíduos favorece a disseminação de insetos vetores, a emissão de poluentes tóxicos e a contaminação do solo e da água (COSTA *et al.*, 2019), criando condições para a transmissão de infecções, aumento dos problemas respiratórios, impacto na fauna e flora, além de produzir efeito negativo sobre o desenvolvimento econômico, como a redução no turismo (HOANG; FOGARASSY, 2020). A decomposição de resíduos orgânicos resulta em um meio rico para o crescimento de numerosos microrganismos, muitos dos quais causadores de doenças que podem alcançar os seres humanos (infecções gastrointestinais, febre tifóide). Destacam-se, também, os resíduos do setor da saúde, fonte de infecções virais e bacterianas como a hepatite B (HAGERU *et al.*, 2017). A contaminação derivada dos resíduos sólidos pode contaminar o solo, a água, o ar e a biota, assim como os produtos produzidos a partir destes resíduos, impactando na saúde das populações expostas aos resíduos, particularmente os mais vulneráveis (MA; HIPEL, 2016).

O Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos de 2019 aponta que a coleta domiciliar de resíduos sólidos ocorre em 98,8% da população urbana (BRASIL, 2020b). Conforme o Sistema Nacional de Informações de Saneamento – Resíduos Sólidos (SNI-RS, 2019) cerca de 38,7% dos municípios brasileiros têm coleta seletiva e 92,1% da população é atendida por coleta domiciliar de resíduos, com uma média de 0,99 kg/hab/dia. De acordo com o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2018), são 22% as cidades brasileiras que realizam a coleta seletiva combinando modelos: porta a porta (80%), ponto de entrega voluntária (45%) e cooperativas (61%). Tem-se um total de 65,1 milhões de toneladas coletadas, notando-se que deste total apenas 1,61 milhão de toneladas provém de coleta seletiva, resultando em 1,04 milhão de toneladas de materiais recuperados (SNIS-RS, 2019). Merece destaque a participação dos catadores em 36,8% da coleta seletiva, geralmente em parceria com o poder público (BRASIL, 2020b). Note-se que, segundo Kaza *et al.* (2018), globalmente cerca de 33% dos resíduos permanecem sem serem coletados (KAZA *et al.*, 2018). A falta de separação dos resíduos sobrecarrega o sistema de destinação final e na extração de recursos naturais, muitos já próximos do esgotamento (ABRELPE, 2020).

Globalmente cerca de 70% dos resíduos sólidos urbanos são dispostos em lixões e aterros (MAVROPOULOS *et al.*, 2014; ZELLER *et al.*, 2018) e 19% é reciclado ou tratado de forma mecânica ou biológica (MAVROPOULOS *et al.*, 2014). Kaza *et al.* (2018) argumenta que globalmente os lixões (33%) e os aterros (25%) são os principais destinos dos resíduos, sendo que reciclagem é destino de 13,5% dos resíduos. No Brasil, os destinos principais são aterros controlados (12%), aterros sanitários (75,1%) e lixões (12,9%) (SNIS-RS, 2019). A quantidade de resíduos que segue para unidades inadequadas (lixões e aterros controlados) tem crescido, passando de 25 milhões de toneladas por ano para pouco mais 29 milhões de toneladas por ano (COSTA *et al.*, 2019; ABRELPE, 2020). Os índices de reciclagem permanecem em patamares inferiores a 4% na média nacional (ABRELPE, 2020). Importante notar que há dois custos envolvidos: o custo do descarte e o custo associado com o não aproveitamento econômico deste resíduo (DA SILVA, 2018).

2. Método de pesquisa

Este documento é resultado da aplicação integrada dos métodos Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) e Heurístico. A RBS buscou estabelecer o estado da arte sobre o tema a partir da consulta em artigos revisados por pares, publicados em periódicos internacionais entre 2016 e 2021. A abordagem para realização desta revisão adotou a proposição de 3 filtros de leitura propostos por Carlos e Capaldo (2009): a) filtro 1: leitura do título, palavras-chave e resumo; b) filtro 2: leitura da introdução e conclusão do artigo, novamente lê-se o título, palavra-chave e resumo; c) filtro 3: leitura completa do texto. A busca foi centrada nos periódicos disponíveis na plataforma www.periodicos.capes.gov.br, tendo sido utilizado na busca de 10 strings com duas ou três palavras-chave. A aplicação dos filtros ocorreu nos 40 artigos mais relevantes obtidos a partir de cada string. Nos artigos que passaram pelo filtro 3, buscou-se a revisão de conceitos e princípios e o contexto global das iniciativas no tema, bem como dados e informações de natureza quantitativa que possibilitassem subsidiar os argumentos de tomadores de decisão.

Os exemplos de soluções realizadas no âmbito das cidades, eventualmente encontrados nos artigos, foram catalogados a partir de informações como o título genérico e descrição da solução, localização geográfica e os dados da fonte bibliográfica. A análise dessas soluções seguiu o Método Heurístico, o qual trata da explicitação de conhecimento tácito associado a soluções de problemas realizadas no mundo real (MOUSTAKAS, 1990). A lógica de análise utilizada é predominantemente indutiva, buscando generalizar soluções e respectivas políticas em ciclos continuados de abstração do significado destas evidências por meio de codificação, conceituação e categorização. Essas codificações foram agrupadas e cada um desses grupos resultou na proposição de temáticas para políticas públicas que estruturam o documento. Esse processo segue a lógica da identificação de saturações teóricas, em que há maior densidade de códigos e categorias. O resultado ao final de vários ciclos, segundo Holton (2008), é uma teoria densa alicerçada integralmente nos dados coletados em campo. Portanto, o método alinha-se à lógica da *grounded theory* proposta por Glaser (1965) e *Glaser e Strauss* (1967), posto que as políticas identificadas derivam do agrupamento de soluções efetivamente presentes em cidades ao redor do mundo, o que implica que sua formulação já tem intrinsecamente a validação externa. As categorias de políticas identificadas foram comparadas com as políticas oficiais, no intuito de identificar eventuais lacunas no contexto nacional.

Com o propósito de buscar a validação externa do conteúdo, incluindo a identificação de eventuais inconsistências técnicas e aperfeiçoamentos epistemológicos, uma versão 1.0 do relatório da pesquisa foi submetida a um painel de especialistas por meio de um *workshop*. Os especialistas (mínimo seis / máximo oito) foram selecionados a partir da base *Lattes*, tendo como critério-base de seleção: a) doutores atuando na área; b) líderes de grupos de pesquisa; c) bolsistas produtividade. Os *workshops* foram organizados em uma etapa assíncrona e outra síncrona. Na etapa assíncrona os participantes realizaram a avaliação do documento, tanto por comentários feitos diretamente no relatório, como por um formulário encaminhado juntamente ao mesmo. Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O resultado da etapa assíncrona foi utilizado para

estabelecer o foco da discussão na etapa síncrona em que se debateram – com a mesma completude do documento – eventuais inconsistências terminológicas, bem como a validade dos postulados para o contexto brasileiro.

A versão 2.0 do relatório, integrando os resultados do *workshop* com os especialistas, foi, então, submetida para avaliação da equipe do OICS. A versão 3.0 integra o *feedback* obtido da equipe do OICS. Note-se que o aperfeiçoamento continuado do documento inclui, também, aspectos, como estrutura, harmonização da linguagem e padrões visuais para infográficos, buscando reduzir eventuais redundâncias ou salientando, onde for pertinente, conexões com os outros resumos executivos.

3. Taxonomia de políticas para resíduos sólidos

Figura 1 – Taxonomia de políticas para resíduos sólidos

Fonte: Elaboração própria.

3.1. Política de planejamento e governança

Esta política trata da implementação de programas, projetos e ações voltadas a instrumentalizar o planejamento e a governança da gestão de resíduos no âmbito da cidade. Em sintonia com a Política Nacional de Resíduos (Lei nº 12.305 de 2010) (BRASIL, 2010), busca alcançar a regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Busca-se uma gestão efetivamente integrada dos resíduos sólidos, considerando a miríade de fluxos por meio da cidade e os múltiplos atores envolvidos. Afinal, conforme argumenta Ikhlayel e Nguyen (2017), a gestão de resíduos tem nexo intrínseco com a gestão da água e a gestão de energia nas cidades.

Sistemas inadequados de gestão de resíduos muitas vezes ocorrem devido a recursos financeiros limitados, pouca consciência da população e administração, uso ineficaz de recursos, falta de instrumentos adequados para governança, desigualdade sócio-econômica, dependência excessiva de equipamentos importados e, às vezes, aplicação inadequada de soluções tecnológicas (HOANG; FOGARASSY, 2020). Neste sentido, o planejamento requer **estabelecer clara compreensão da situação atual do sistema**

e a identificação de metas futuras *Indicadores de sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos em regiões metropolitanas* (base OICS, 2021), organizadas em um plano de ação detalhado. Deve **permitir transparência e governança a todas as partes interessadas**, incluindo diferentes agências governamentais, cidadãos, associações, cooperativas, e o setor privado. Para tanto, deve ser abrangente, delineando os investimentos planejados em infraestrutura, estratégias de engajamento do cidadão, critérios e salvaguardas ambientais e todos os aspectos de coleta, transporte, reúso, reciclagem, tratamento e descarte de resíduos (KAZA *et al.*, 2018).

A gestão contemporânea de resíduos sólidos urbanos tem ido para além de um escopo restrito em tecnologia, **envolvendo todos os stakeholders no processo** *Rotas tecnológicas para tratamento dos resíduos sólidos urbanos* (base OICS, 2021), desde empresas de manufatura, moradores, instituições governamentais, cooperativas, entre outros (MA; HIPEL, 2016). O sistema de gestão de resíduos envolve uma multitude de atores que incluem usuários e clientes, canais de venda e distribuição, fornecedores de materiais, empresas de manufatura, reforma e reúso de produtos, empresas e pessoas que trabalham na cadeia de valor dos resíduos, entre outros. Inclui-se nesta lista aqueles atores que com contribuição na formulação de políticas, programas, projetos e ações no setor como o governo, ONGs, movimentos comunitários, agências reguladoras, instituições dedicadas ao estabelecimento de padrões (WEF, 2021).

De maneira mais particular, o sucesso da gestão dos resíduos está intimamente ligado ao **engajamento e à confiança do cidadão**. Quando há clareza nos objetivos e motivações na gestão dos resíduos, assim como estruturas para o envolvimento dos cidadãos, aumenta-se as chances de comportamentos aderentes à economia circular (IZDEBSKA; KNIELING, 2021). Os gestores de resíduos contam com os cidadãos para reduzir conscientemente a quantidade de resíduos que geram, separar tipos específicos de resíduos em casa, descartar os resíduos de forma adequada, pagar pelos serviços de gestão de resíduos e aprovar novos locais de descarte (KAZA *et al.*, 2018). A maior participação das pessoas pode ser alcançada pela maior conveniência no acesso à infraestrutura de reciclagem, envolvendo líderes comunitários no encorajamento à participação; no conteúdo do processo de educação (MA; HIPEL, 2016).

3.2. Política de sustentabilidade econômica

Esta política trata do desenvolvimento e implementação de programas, projetos e ações que garantam a sustentabilidade econômica do sistema de gestão de resíduos na cidade. A viabilização econômica permanece como um grande entrave para a universalização da oferta de serviços de gestão de resíduos no país (COSTA *et al.*, 2019). A gestão de resíduos é frequentemente um dos itens de maior dispêndio nas municipalidades, particularmente em regiões de baixa renda onde alcança em média cerca de 20% dos orçamentos. Da Silva (2018) argumenta que o custo da gestão dos resíduos é o terceiro elemento de maior impacto nas despesas municipais. A longo prazo, Hoang e Fogarassy (2020) alertam que há expectativa de que o custo da gestão de resíduos aumente de 3 a 4 vezes nos países em desenvolvimento.

A Política Nacional de Resíduos (Lei nº 12.305 de 2010) (BRASIL, 2010) estabelece como um de seus objetivos a articulação entre as diferentes esferas do poder público e privado, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos. Globalmente cerca de 30% dos serviços de gestão de resíduos, desde a coleta primária até o tratamento e descarte, são fornecidos por meio de parcerias público-privadas, embora essas parcerias possam ser complexas de estruturar e implementar. Os operadores privados podem **trazer eficiência e segurança financeira aos sistemas de gestão de resíduos** *Serviço de Gestão de Resíduos Sólidos* (base OICS, 2021) nas condições certas. Quando entidades privadas estão envolvidas, os governos devem considerar o território sobre o qual a entidade tem controle, o que pode incluir desde a opção por uma única operadora para fornecer serviços de coleta de resíduos em toda a cidade até a opção pelo zoneamento da oferta dos serviços, realizados por operadoras diferentes. Os governos devem **equilibrar o estímulo à competição com os possíveis impactos no congestionamento das ruas e as oportunidades de receita para as operadoras privadas** (KAZA *et al.*, 2018).

De acordo com o relatório anual "Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil" (ABRELPE, 2020), a estagnação dos índices de reciclagem demonstra a fragilidade das redes existentes, a inexistência de um mercado estruturado para absorver os resíduos e as dificuldades logísticas e tributárias. Neste sentido, há várias estratégias no âmbito do poder público para **incentivar as ações neste setor como subsídios públicos, taxas para disposição de resíduos** (MA; HIPEL, 2016), **taxas variáveis para os cidadãos em função da quantidade, peso ou volume de resíduos gerados** (MA; HIPEL, 2016), **taxas e repasses para cooperativas de reciclagem**. As aquisições do poder público também configuram em oportunidade de indução econômica da evolução do setor, o que pode envolver a **priorização nas compras públicas de aquisição de produtos reciclados ou recicláveis** e a **opção por bens, serviços e obras que considerem critérios e parâmetros de desempenho pautados pela sustentabilidade** (Lei nº 12.305 de 2010) (BRASIL, 2010).

3.3. Política para a promoção de comportamentos sustentáveis

Esta política trata da implementação de programas, projetos e ações voltados à promoção de comportamentos sustentáveis relativos às várias etapas da gestão de resíduos sólidos. A adoção de práticas de consumo que resultam em menor geração de resíduos requer atuação na percepção de valor do consumidor acerca dessas novas práticas. Ma e Hipel (2016) argumentam que o estado do conhecimento e conscientização da população sobre a dinâmica e impactos sociais, ambientais e econômicos da adequada gestão dos resíduos é um dos aspectos mais importantes para a obtenção do sucesso em sua implementação.

Entre as barreiras para uma gestão eficiente dos resíduos no meio urbano está o comportamento utilitário de compra de seus cidadãos, a atitude antropocêntrica para a disposição dos resíduos, a falta de consciência de pessoas e empresas, a carência de tecnologias, técnicas e competências, as limitações de custo e financiamento, a falta de incentivos para a opção por produtos e serviços mais "verdes" e a carência de marco regulatório e estrutura legal suficiente (PAES *et al.*, 2019).

O consumidor é, em última instância, o responsável pelo direcionamento correto dos produtos/bens de consumo, no sistema de consumo. Isso inclui as maneiras de obter, utilizar e descartar os produtos. Modelos reutilizáveis exclusivos são atualmente projetados para dar ao consumidor liberdade para decidir por quanto tempo manter e reutilizar seus produtos. O consumidor pode optar por utilizar um produto reutilizável várias vezes até o final de sua vida útil ou utilizá-lo por um número de vezes insuficiente para compensar seus impactos ambientais. Sabe-se que os modelos de reutilização sequenciais, por exemplo, são mais propensos a incluir mecanismos que podem influenciar as decisões dos consumidores para realizar os comportamentos mais racionais no uso de recursos. Os custos iniciais investidos, por exemplo, em depósitos de produtos reutilizáveis, dão ao fornecedor algum controle sobre a jornada do produto, com estímulos econômicos para o consumidor devolver produtos para recuperação e posterior reutilização (MURANKO *et al.*, 2021).

A **ampliação da conscientização, atitude e comportamento público para a sustentabilidade** *Espaços destinados ao conhecimento sobre resíduos* (base OICS, 2021) pode ser promovida, por exemplo, pela conveniência, educação, regulação, campanhas publicitárias, incentivos econômicos e envolvimento no processo decisório (MA; HIPEL, 2016). Uma vez alcançada essa conscientização, tem-se condições mais favoráveis para que os **cidadãos possam ser atores ativos na gestão dos resíduos nas cidades e na implementação da economia circular, particularmente na aderência a sistemas de separação e coleta de resíduos** (IZDEBSKA; KNIELING, 2021). A minimização de resíduos de alimentação, por exemplo, requer esforços para educar consumidores a selecionar porções mais próximas às suas efetivas necessidades, associando os padrões de alimentação a estilos de vida mais saudáveis (LIU; NGUYEN, 2020). Outra estratégia efetiva é o **estímulo à rotulagem ambiental**, o que inclui selos de edificações verdes (DUAN *et al.*, 2019), instrumental para **apoiar a adoção de padrões de consumo mais sustentáveis**.

3.4. Política de inclusão social por meio da gestão de resíduos

Esta política trata da promoção da ampliação da equidade e coesão social por meio da atividade de gestão de resíduos sólidos. Procura-se nesta política converter aquilo que usualmente é compreendido como um problema em uma oportunidade social e econômica para a cidade (HOANG; FOGARASSY, 2020).

A qualidade da gestão de resíduos sólidos afeta os pobres no meio urbano de forma crítica, com impactos em sua saúde, qualidade de habitação, acesso a serviços e meios de subsistência. Os resíduos descartados também podem ser fonte de alimento e abrigo para ratos, mosquitos e animais necrófagos, que podem transmitir doenças para esta população, como a dengue. As casas mais próximas dos lixões são geralmente aquelas de populações vulneráveis que obtêm sua renda catando materiais recicláveis com um valor monetário. Os catadores costumam ser um grupo demográfico vulnerável e geralmente são mulheres, crianças, idosos, desempregados ou migrantes. Eles geralmente trabalham em condições insalubres, não têm previdência social ou seguro saúde, estão sujeitos a flutuações no preço dos materiais recicláveis, não têm oportunidades de educação e treinamento e enfrentam forte estigma social (KAZA *et al.*, 2018).

Conforme argumenta Simatele *et al.* (2017), os sistemas de gestão de resíduos sólidos mais efetivos têm sido aqueles que **incorporam os sistemas informais operados por catadores**. A Política Nacional de Resíduos Sólidos integrou os trabalhadores informais em seu escopo sendo que os mesmos passaram a ser legalmente reconhecidos no registro de profissões (RIBEIRO SIMAN *et al.*, 2020). O envolvimento dos catadores é estratégia efetiva de inclusão socioeconômica, podendo contribuir para restaurar a cidadania e dignidade humana de populações marginalizadas. Além do **suporte de natureza econômica** a esta população, ações voltadas à melhoria das posturas no trabalho, conscientização quanto a importância do uso de equipamentos de proteção pessoal, o provimento de espaços de trabalho com adequada ventilação e luminosidade (MIRANDA *et al.*, 2020), melhorias na governança, provisão de infraestrutura adequada para a gestão dos resíduos (SIMATELE *et al.*, 2017), assistência à saúde, suporte nos processos de aposentadoria e redução de impostos para incentivar seu ingresso no mercado formal (FERRONATO *et al.*, 2019).

Para instrumentalizar a participação de catadores observa-se ações pró-ativas para **organizá-los em associações e cooperativas** *Prestação de serviços aos municípios de coleta e tratamento de resíduos sólidos por cooperativas de catadores de materiais recicláveis* (base OICS, 2021) que são por sua vez integradas no sistema de gestão de resíduos. Estas organizações possibilitam a viabilização econômica e estrutural dos catadores, possibilitando a captação de investimentos e o reconhecimento de seus direitos junto à agência do governo (MIRANDA *et al.*, 2020). As iniciativas para **apoiar cooperativas na busca por eficiência** incluem sua adesão a processos de logística reversa; treinamento gerencial; padronização da produção; estudos mercadológicos; estabelecimento de redes comerciais (RIBEIRO SIMAN *et al.*, 2020).

3.5. Política de integração da TIC na gestão de resíduos

Esta política trata do desenvolvimento e implementação de programas, projetos e ações para a integração da Tecnologia da Informação e Comunicação como apoio na gestão de resíduos. Cada vez mais, governos e empresas que gerenciam resíduos integram tecnologias em todas as etapas da cadeia produtiva associada aos resíduos, buscando reduzir custos, aumentar a proporção de materiais reciclados, ampliar a recuperação de energia e, também, engajar os cidadãos no sistema de gestão de resíduos. Os dados de natureza digital estão cada vez mais servindo como base para a tomada de decisões na gestão de resíduos. Informações precisas sobre o layout e as características dos bairros locais, atividade dos caminhões de coleta, dados sobre a cobrança de taxas de resíduos, entre outras, permitem que governos e operadores projetem e executem operações mais eficientes e que economizam dinheiro (KAZA *et al.*, 2018).

A IoT (Internet das Coisas) oferece um papel relevante na **integração das informações pertinentes à gestão de resíduos** *Aplicativo para apoiar a coleta de resíduos sólidos* (base OICS, 2021), particularmente em cadeias produtivas reversas. Pode melhorar a qualidade, abrangência e integridade dos dados e informações utilizados na gestão de resíduos, viabilizando a maior velocidade no controle, monitoramento e automação de sistemas (GARRIDO-HIDALGO *et al.*, 2020). Exemplos de informações que podem ser agregadas usando um sistema de dados de gerenciamento de resíduos incluem: locais e rotas em tempo real dos veículos de coleta, peso dos resíduos descartados em diferentes locais,

emissões de aterros ou instalações de resíduos em energia, registros de pagamentos de usuários, histórico de coleta de resíduos em residências, fluxos de vídeo de atividades de equipamentos de resíduos, comunicações por rádio e e-mail com a equipe, registro de catadores, feedback dos cidadãos, inventário de instalações e equipamentos (KAZA *et al.*, 2018). **Produtos e respectivos resíduos podem ser rastreados e monitorados em tempo real**, possibilitando a maior eficiência das atividades de gestão e possibilitando a redução de custos e obtenção de maior valor econômico (FATIMAH *et al.*, 2020). Pode-se melhorar a qualidade e confiabilidade de avaliações ambientais pela utilização de tecnologias digitais (MINGALEVA *et al.*, 2020). No limite, um sistema de gestão inteligente dos resíduos pode conectar globalmente todo o sistema (FATIMAH *et al.*, 2020).

Os sensores podem **otimizar rotas e reduzir coletas desnecessárias**. Sensores de lixeira podem sinalizar o quão cheia uma lixeira está para que as coletas possam ser feitas de acordo. Compactadoras movidas a energia solar usam energia solar para compactar os resíduos em um sexto de seu volume original e podem alertar o município ou o coletor de resíduos quando um sensor detecta que a caixa está atingindo sua capacidade. A **automação para veículos de coleta de lixo** abrange desde a integração de soluções para o levantamento de lixeiras colocadas na parte de trás do caminhão até braços laterais mecânicos que coletam automaticamente lixeiras padronizadas diretamente das residências. *Chips* de identificação por radiofrequência (RFID) podem ser embutidos em cartões pessoais que os cidadãos usam para abrir lixeiras e registrar o peso dos resíduos que eles descartam. Os cidadãos então podem ser cobrados pelo peso registrado no chip e, desta forma, são motivados a reduzir o desperdício que eles produzem como resultado (KAZA *et al.*, 2018). A adoção de embalagens inteligentes que permitam informar de forma pró-ativa os usuários acerca de datas de validade de alimentos, é outro exemplo de iniciativa que pode contribuir na redução de resíduos na cidade (LIU; NGUYEN, 2020). Note-se que o **compartilhamento de resíduos pode ser facilitado por meio de plataformas digitais e aplicativos**, possibilitando também o compartilhamento de equipamentos e outras infraestruturas de apoio à construção (Civil Share/Nova Zelândia) (LOW *et al.*, 2020). Plataformas digitais são essenciais também para **habilitar iniciativas como a doação de resíduos** de alimentos para animais (LIU; NGUYEN, 2020).

3.6. Política voltada à prevenção dos resíduos

Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações prevenção da ocorrência dos resíduos na cidade. A demanda[1] crescente por recursos naturais em um planeta com uma população também crescente exige o desenvolvimento de soluções que não apenas substituam os modos presentes de consumo e produção, mas que resultem em efetiva redução da demanda por estes mesmos recursos. Assim, esta política demanda repensar de forma radical, os modos de produção e consumo de maneira que resíduos deixem de ocorrer.

1 Gharfalkar *et al.* (2016) definem os 5Rs como sendo: "reparar", "recondicionar", "recondicionar" e "remanufaturar" e "reutilizar". Na PNRS, o art. 7º utiliza os termos "não geração", "redução", "reutilização", "reciclagem" e "tratamento dos resíduos" e "disposição final". Maccari *et al.* (2019) propõem os 5Rs como sendo "repensar", "reduzir", "reutilizar", "reciclar' e "recusar", sendo que este último trata de recusar produtos que tenham um significativo impacto ambiental, dando preferência a produtos que agridam menos o meio ambiente.

Esta política integra o conceito de hierarquia dos resíduos, que consiste em um conceito que trata do estabelecimento de prioridades de implementação de estratégias de gestão dos resíduos, em que a prevenção da ocorrência dos resíduos alcança o nível mais alto de prioridade. Os vários níveis dessa hierarquia traduzem as várias **etapas do ciclo de vida de um produto e estão vinculadas ao nível de impacto ambiental correspondente** (MA; HIPEL, 2016; ZELLER *et al.*, 2019) *Análise e Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos* (base OICS, 2021).

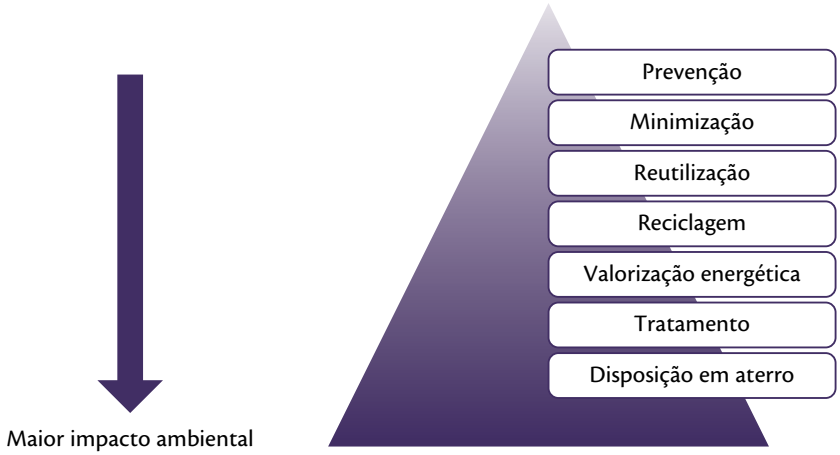

Figura 2 – Hierarquia de prioridades na gestão de resíduos

Fonte: Elaboração própria.

A gestão tradicional de resíduos que trata tão somente da coleta e disposição final não é mais apropriada para a gestão efetiva dos resíduos sólidos nas sociedades modernas. Atualmente, a gestão necessita **integrar ações voltadas à mitigação e redução do impacto ambiental** (IKHLAYEL; NGUYEN, 2017). Nesse sentido, prevenir a geração de resíduos é a opção com maior impacto ambiental, sendo que o encaminhamento para aterros sanitários deveria ser o último recurso.

Note-se que aqui a ênfase não é a busca pela eficiência no consumo, mas sim, o **consumo "suficiente"**. Consumo suficiente é aquele estritamente necessário para se viver de forma saudável (ALCOTT, 2010). A migração para estilos de vida na cidade onde a melhoria do bem-estar é alcançada ao mesmo tempo que é reduzido o consumo de recursos per-capita, implica em **mudanças das métricas de desenvolvimento**, enfatizando a qualidade de vida (OERS *et al.*, 2002). Portanto, a repercussão mais profunda desta política pode demandar revisão do próprio significado de bem-estar para os cidadãos, estimulando estilos de vida mais centrados em significado, valor e efetiva felicidade (HUMANA, 2010).

3.7. Política voltada à minimização da ocorrência resíduos

Esta política trata do desenvolvimento e implantação de programas, projetos e ações voltados à minimização na geração de resíduos. A busca por soluções que permitam conter e reduzir o aumento exponencial de resíduos contempla ações desde a coleta, transporte, embalagem e tratamento até a disposição final (SLOMSKI *et al.*, 2020). No limite, esta política implica em **ampliar a desmaterialização de parcela do consumo, com a redução dos recursos materiais necessários para prover as necessidades dos cidadãos** (EPA, 2010) *Redução da geração de resíduos domésticos* (base OICS, 2021).

Esta política alinha-se com o conceito de economia circular, o qual tem emergido como uma resposta para o desenvolvimento sustentável no meio urbano, com repercussões diretas na gestão dos resíduos. O modelo de produção e consumo predominante tem sido linear, com fluxos da extração ao descarte que inevitavelmente se encerram no descarte dos produtos ao final de seu ciclo de vida (PAES *et al.*, 2019). O modelo de economia circular visa a **usar fluxos de resíduos como fonte de recursos secundários e recuperar resíduos para reutilização e reciclagem** *Estratégias de economia circular para a Indústria Têxtil* (base OICS, 2021), promovendo o desenvolvimento econômico ao mesmo tempo que minimiza os impactos ambientais (KAZA *et al.*, 2018). A aplicação do conceito de economia circular em cidades implica na consideração das mesmas como um sistema regenerativo no qual os fluxos de entradas e saídas de recursos são minimizados e otimizados por meio de *design*, manutenção, reúso, remanufatura, reforma e reciclagem (GEISSDOERFER *et al.*, 2017; PAES *et al.*, 2019; EZEUDU; EZEUDU, 2019).

Para a implementação desta política, demandam-se ações voltadas desde o ***design* de produtos e serviços, mudanças de comportamento do consumidor, estímulo a mudanças no modelo dos negócios**, também, ações voltadas à **reconfiguração dos sistemas**, conforme descrito a seguir:

- **Digitalização**: estímulo a ações que convertam artefatos físicos em artefatos digitais, reduzindo a demanda por recursos materiais e, ao mesmo tempo, possibilitando a ampliação do valor percebido, alterando a maneira como as pessoas interagem com o ambiente artificial. A disseminação do uso de videoconferências, por exemplo, tem impacto imediato na redução da demanda sobre os sistemas de mobilidade (BOSE; LUO, 2011; JENKIN *et al.*, 2011). Esta estratégia está associada ao conceito de *Smart Cities* e ao conceito de Indústria 4.0 (CAYLAR *et al.* 2016), com a utilização de sistemas ciber-físicos para monitoramento e gerenciamento inteligente de processos e operações, o que tem sido facilitado pela computação em nuvem (MERONEN, 2017);
- **Miniaturização**: trata de ações no âmbito da cidade para estimular a drástica redução do tamanho dos produtos e sistemas utilizados. A consequência imediata da aplicação desta estratégia é a redução do peso e volume dos produtos, trazendo por consequência impactos na redução de outros recursos ao longo do ciclo de vida como a energia para produção, a redução no volume de transportes, menor quantidade de recursos dedicados a embalagens, maior facilidade de manuseio (BERNARDINI; GALLI, 1993);
- **Otimização do uso**: trata de ações no âmbito da cidade para estimular o uso ótimo de recursos requeridos para o provimento das necessidades de seus cidadãos. Esta otimização pode ser alcançada por medidas, como a adoção da simulação computacional (OERS *et al.*, 2002) e o reposicionamento de *stakeholders* no âmbito do sistema, permitindo até a supressão total ou parcial de fluxos. Esta otimização pode ser alcançada pelo estímulo na adoção de produtos multifuncionais na cidade. No âmbito das edificações, a promoção da maior adaptabilidade do ambiente construído, contribui para viabilizar ambientes multiuso (DUAN *et al.*, 2019);
- **Compartilhamento**: trata de ações no âmbito da cidade buscando estimular práticas que resultem no compartilhamento de artefatos. Reduz-se a demanda pelo consumo de recursos materiais pelo uso de um dado produto por mais de uma pessoa, simultaneamente ou não (OERS *et al.*, 2002). Este compartilhamento pode ter uma natureza de pouca exclusividade, como o compartilhamento de produtos públicos

(equipamentos de exercício no parque) ou o compartilhamento comercial de bens abertos (*bikesharing*, carona solidária), ou de alta exclusividade como o compartilhamento em clubes (clube do livro) e o compartilhamento comercial de bens fechado (planos de compartilhamento de celular) (VASQUES, 2015; LAMBERTON; ROSE, 2012);

- **Servitização**: trata de ações no âmbito da cidade para estimular a inovação pautada pela mudança no foco dos negócios, da oferta de artefatos físicos para a oferta de um conjunto de produtos e serviços que, de forma integrada, são capazes de prover a satisfação das pessoas (UNEP, 2002).

As modalidades dos sistemas produto+serviço (PSS) incluem: PSS orientado ao produto (com o usuário sendo proprietário do produto, em que há oferta de serviços para apoiar o ciclo de vida do mesmo); PSS orientado ao uso (em que o usuário não é proprietário do produto, contratando o acesso a uma plataforma de produtos e serviços para satisfazer suas necessidades); PSS orientado ao resultado (em que o usuário contrata o resultado satisfatório, não requerendo sequer a operação dos produtos do sistema) (VEZZOLI *et al.*, 2018). Portanto, na lógica centrada nos serviços a empresa passa a orientar o negócio para uma resposta compreensiva para se alcançar a satisfação do cliente e não para a simples transação comercial de artefatos (SALONEN, 2011).

Cidades buscando a implementação da economia circular necessitam **atuar no planejamento urbano e na dinâmica dos fluxos da cidade de maneira a aproximar atores, permitindo maior densificação dos serviços e maior eficiências das atividades associadas à gestão dos resíduos**. Essa proximidade dos atores é um elemento-chave para viabilizar a simbiose urbana pois amplia as oportunidades de sinergia das fontes geradoras de resíduos e dos atores com potencial para absorver ou processar esses resíduos (ZELLER *et al.*, 2019).

3.8. Política voltada à reutilização dos resíduos

Esta política trata do desenvolvimento e implementação de programas, projetos e ações voltadas a estimular a reutilização dos resíduos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305 de 2010) (BRASIL, 2010) define a reutilização como o processo que não demanda transformação biológica, física ou físico-química dos resíduos. Com a reutilização, os produtos têm **otimizado sua utilização ao longo de seu ciclo de vida, reduzindo a demanda por matéria prima virgem** *Biopolímeros* (base OICS, 2021). Ademais, o reúso de materiais é preferível a reciclagem pois implica em menor demanda de energia, conservando os recursos em seu estado original (LOW *et al.*, 2020; OTTONI *et al.*, 2020).

As políticas voltadas aos resíduos tendem a focar na coleta, transporte e disposição dos mesmos, com menor atenção ao reúso e à reciclagem (HAGERU *et al.*, 2017). Bens de consumo rápido muitas vezes têm vida útil curta, sendo frequentemente projetados para uso único e descarte, quando se pode realizar esforços para recuperar materiais e energia associados aos mesmos. Ineficiências nos sistemas de coleta e recuperação, impulsionadas pelo comportamento adverso do consumidor, infraestrutura subdesenvolvida e falta de reciclabilidade já no projeto do produto fazem com que bens de consumo passíveis de reciclagem ou reúso muitas vezes sejam desviados para aterros sanitários e/ou incineração, contribuindo para acúmulo de resíduos e poluição do ar,

água e solo (MURANKO *et al.*, 2021). Para alterar esse quadro, a Comunidade Econômica Europeia estabeleceu o objetivo de garantir o reúso ou reciclagem de 65% dos resíduos sólidos urbanos até 2035 (ROLEWICZ-KALINSKA *et al.*, 2020).

A reutilização é facilitada em municípios que buscam desenvolver um ecossistema pautado pelo conceito de economia circular. Bens de consumo operam usualmente em um sistema de economia linear, em que passam por etapa de extração e fabricação e ao final do processo são consumidos em massa e descartados no final da vida. Em vez disso, em uma economia circular, os **produtos são projetados com estratégias que mantêm uma alta utilidade dos recursos** *Aproveitamento de resíduos para desenvolvimento de produtos* | *Sistemas de Reúso de Embalagem* | *Pós-consumo e a utilização de embalagens em refis* (base OICS,2021), sendo fabricados com materiais atóxicos, locais e de fontes renováveis; ao final de sua vida funcional reingressam na economia seja como materiais reciclados, seja como embalagens e produtos reutilizáveis (MURANKO *et al.*, 2021). Há a **promoção do reúso e da simbiose industrial**, convertendo resíduos de uma indústria em insumo de outra seguindo a metáfora do "metabolismo urbano" (GUIBRUNET *et al.*, 2017; CEE, 2018). No conceito de metabolismo urbano, as cidades são analisadas e gerenciadas como um organismo vivo. Ao longo de diversas cadeias produtivas interconectadas, fluem para o desenvolvimento das atividades de produção e consumo nas cidades, sendo eventualmente gerados resíduos que são, por sua vez, reintroduzidos no sistema (DUAN *et al.*, 2019).

Um fator-chave para viabilizar a reutilização de produtos é a **implantação de serviços voltados ao upgrade ou recondicionamento funcional ou estético dos produtos**. De maneira similar, esta política demanda ações que **estimulem o desenvolvimento de produtos e serviços adequados à economia circular, possibilitando o reingresso dos produtos no ciclo econômico**. É necessário já a partir do conceito de um produto, a definição de opções de "reutilização" do produto, subsistemas, componentes e materiais (GHARFALKAR *et al.*, 2016). Conforme argumenta Ottoni *et al.* (2020), as atividades de reúso e reciclagem são facilitadas quando produtos adotam configurações modulares, facilitando sua desmontagem, atualização/substituição e/ou reciclagem.

Um exemplo das repercussões dessa política é o setor de edificações, que necessita considerar já no projeto as atividades de desconstrução, possibilitando o reuso de materiais para outras aplicações na eventualidade de reformas ou demolições futuras. Uma substancial porção dos resíduos de construção e demolição podem ser reutilizadas (ou recicladas) antes de serem encaminhadas para aterros.

Existem inúmeros **incentivos governamentais para estimular a transição para modelos centrados na reutilização** em andamento em todo o mundo, incluindo um corpo crescente de regulamentações que impõem os princípios da economia circular. Isso inclui medidas como cotas que exigem porcentagens mais altas de produtos sustentáveis em um determinado mercado; estímulo a parcerias público-privadas que serão cruciais para impulsionar novos modelos de negócio orientados à reutilização, superando barreiras de escala e necessidades de mudança de comportamento em favor da reutilização (WEF, 2021).

3.9. Política voltada à reciclagem de resíduos

Esta política trata do desenvolvimento e implantação de programas, projetos e ações voltadas à promoção da reciclagem nas cidades. Conforme Miranda *et al.* (2020), a reciclagem é uma prática essencial na gestão de resíduos sólidos municipais. Sob a perspectiva ambiental, a reciclagem contribui para a redução da poluição, preservação dos recursos naturais, redução dos impactos ambientais, redução dos resíduos que se acumulam em lixões e aterros e, desta forma, contribui para a extensão de sua vida útil, contribui para redução do consumo de energia. Sob a perspectiva econômica, a reciclagem pode reduzir os custos na indústria, ampliar as oportunidades de emprego e renda, reduzir os custos com a criação e manutenção de aterros sanitários, e incentivar a implantação de micro e pequenas empresas. Sob a perspectiva social, a reciclagem auxilia na inclusão das pessoas no mercado de trabalho, na geração de renda para as pessoas mais vulneráveis e na integração das pessoas em processos de ativa cidadania (MIRANDA *et al.*, 2020).

A reciclagem integra-se nas noções contemporâneas da "economia circular", em que resíduos passam a ser compreendidos como recursos com valor econômico passível de reingresso no ciclo econômico (GHARFALKAR *et al.*, 2016). Os modelos de economia circular podem ser divididos em dois grupos: a) a promoção do reúso e extensão do ciclo de vida dos produtos/resíduos por meio de reparos, remanufatura, atualização, reforma; b) a conversão de produtos sem uso e descartados em novos recursos por meio da reciclagem dos materiais e tratamento dos resíduos (PAES *et al.*, 2019). Neste segundo grupo, o reingresso dos resíduos pode ocorrer em ciclos fechados, quando os resíduos retém proximidade de desempenho com a matéria-prima virgem, ou por ciclos abertos ou reciclagem em cascata, quando esse desempenho é progressivamente inferior (TAELMAN *et al.*, 2018). Os processos de logística reversa envolvidos resultam em três níveis possíveis de recursos: produto, componente e material (OTTONI *et al.*, 2020).

Para maior efetividade, esta política demanda **implantação de práticas de transporte, separação e registro, que resultem na classificação dos resíduos em relação a fontes, volumes, potencial de reciclagem, composição e nível de risco** (DUAN *et al.*, 2019) *Logística Reversa* | *Alternativa para logística reversa de embalagens* (base OICS, 2021). Desta forma, a reciclagem pode envolver também a aplicação do conceito de mineração urbana, englobando operações como recuperação, análise, processamento e reciclagem, buscando recuperar recursos materiais presentes em aterros sanitários.

Dentre os resíduos sólidos urbanos com potencial de reciclagem destacam-se aqueles oriundos de construção e demolição, que muitas vezes competem por espaço em aterros sanitários. O setor da construção civil é um dos que mais demanda recursos materiais das fontes naturais, demandando globalmente cerca de 36% da energia e emitindo 39% das emissões de CO_2 (LOW *et al.*, 2020). Para evitar o destino dos resíduos da construção e demolição para aterros é necessário a **redução e separação dos resíduos nos canteiros de obra**, com atribuição de responsabilidades e penalidades já a partir do planejamento (DUAN *et al.*, 2019). Isso requer mudança profunda de paradigma na construção civil, com o reconhecimento das edificações como reserva de recursos passíveis de serem reutilizados ou reciclados ao longo de seu ciclo de vida (LOW *et al.*, 2020).

Os resíduos de natureza orgânica merecem destaque no meio urbano. As formas naturais e renováveis de fertilizante orgânico devem ser consideradas em relação às fontes tradicionais de fertilizantes minerais (por exemplo, fósforo). Um fator que afeta a possibilidade de extensão do uso de bio-resíduos é sua qualidade e, em particular, seu nível de impurezas, o que é afetado diretamente pela eficiência do sistema de separação (ROLEWICZ-KALINSKA *et al.*, 2020). Assim, a reutilização (e reciclagem) de resíduos orgânicos (setor de alimentos) demanda o desenvolvimento de programas, projetos e ações compreensivas que envolvem toda a cadeia produtiva, da extração da matéria-prima ao processamento, estoque, comercialização, distribuição, produção de alimentos e descarte dos dejetos. No âmbito da habitação, além da **separação e coleta dos resíduos do processo de alimentação** *Transformação de resíduos alimentares em água para reúso* | *Tratamento do Óleo de Cozinha para Produção de Biodiesel* (base OICS, 2021), envolve também o **estímulo a ciclos de utilização destes resíduos no entorno da própria habitação** (LIU; NGUYEN, 2020).

A **produção de fertilizantes orgânicos do solo a partir de fluxos de resíduos municipais** é uma alternativa que vem sendo explorada, decorrente de tecnologias mais eficientes para a remoção de componentes nocivos e produção de nutrientes para as lavouras. Apesar de conter vários nutrientes (carbono orgânico, fósforo e compostos nitrogenados), o desafio para sua utilização é a elevada umidade e a ampla gama de substâncias perigosas (metais pesados, patógenos e poluentes orgânicos persistentes). Essa situação dificulta a aplicação tradicional de lodo de esgoto como fertilizante devido ao risco ambiental potencial. Observam-se iniciativas como a **utilização do lodo como material de enchimento em obras de pavimentação** e, também, no **substrato de estradas**, como substituição parcial do agregado fino reciclado na produção do material de baixa resistência controlado com a ajuda de aditivos (FANG *et al.*, 2019).

A busca pela **disseminação da prática da reciclagem** *Pontos de Entrega Voluntári*a (base OICS, 2021) tem nos resíduos eletrônicos outro grande desafio no meio urbano. O *Global e-waste Monitor* estima que no Brasil são gerados cerca de 1,5 milhões de toneladas/ano de resíduos eletrônicos (FORTI *et al.*, 2020). A longo prazo, o problema deve ser ampliado no país com a maior intensidade de utilização de artefatos digitais, impulsionada pela adoção da tecnologia 5G e ampliação da participação do trabalho remoto na economia. Tem-se, também, a expectativa do crescimento do uso de veículos elétricos, visando à redução das emissões de CO_2, implicando na necessidade de estratégias para **consideração do final do ciclo de vida de suas baterias e sistemas eletrônicos embarcados** (GARRIDO-HIDALGO *et al.*, 2020) *Recuperação de Resíduos Eletroeletrônicos* (base OICS, 2021). A quantidade crescente de lixo eletrônico e seu potencial para poluição ambiental e reciclagem requerem ações específicas como o **estímulo para a instalação de plantas de extração dos metais presentes nesses resíduos e a formação de recursos humanos com competência para seu manuseio em processos de reciclagem**. A título de referência, o plano Europeu para os resíduos estabelece que a reutilização e a reciclagem de resíduos urbanos devem ser aumentadas para um mínimo de 55%, 60% e 65% em peso até 2025, 2030 e 2035, respectivamente (CEE, 2018).

Para a implantação de uma política de reciclagem em uma cidade, se faz relevante **compreender que as fronteiras geográficas da reciclagem dependem do tipo de resíduo**. Resíduos como óleo, metal, plástico e produtos eletrônicos usualmente necessitam transitar em regiões maiores, enquanto resíduos orgânicos, resíduos de construção e demolição são mais aptos para reciclagem local. A densidade

dos resíduos separados e os custos logísticos são determinantes destes limites geográficos. Resíduos com alto valor econômico, mas com baixos volumes, são tipicamente transportados para instalações centralizadas e de maior escala de processamento. Resíduos com menor valor econômico, com grandes volumes e com elevados custos de logística, encontram melhores condições de reciclagem no âmbito local (ZELLER *et al.*, 2019).

3.10. Política de recuperação energética dos resíduos

Esta política trata do desenvolvimento e implementação de programas, projetos e ações voltados à recuperação e aproveitamento energéticos dos resíduos. A extração de energia a partir dos resíduos urbanos tem se apresentado como uma opção de transição para uma nova matriz energética nas cidades. A energia dos resíduos pode ser direcionada para o próprio processamento dos resíduos. Tomić e Schneider (2018) sugerem que tal aproveitamento pode resultar na satisfação de 50% a 60% das necessidades de processamento, dependendo das características do sistema e da eficiência na separação dos resíduos.

Bastante disseminada está a **implementação de programas para conversão da fração orgânica do resíduo urbano em biogás** (JUÁREZ-HERNÁNDEZ; CASTRO-GONZÁLEZ, 2016) *Aproveitamento energético do biogás proveniente do tratamento de resíduos sólidos orgânicos* | *Aproveitamento energético do biogás gerado em aterros de resíduos sólidos urbanos* (base OICS, 2021), sendo que o mesmo tipicamente consiste em metano (50% a 60%) e dióxido de carbono (40 a 50%) (KAMMEN; SUNTER, 2016). Esta estratégia tem se mostrado como uma solução atrativa para a geração de energia nas cidades, seja via a extração de biogás em aterros sanitários, seja por meio de processos de incineração. A densidade urbana é uma variável importante na determinação da viabilidade da extração de energia a partir dos resíduos, tendo em vista que instalações para extração e processamento do biogás são passíveis de serem localizadas próximas aos pontos de consumo (DI MATTEO *et al.*, 2017).

Importante notar que a extração de energia de resíduos necessita ocorrer concomitantemente aos esforços para a minimização ou eliminação dos mesmos no meio urbano (SALATA *et al.*, 2017; ROVENSE *et al.*, 2016). A ênfase a longo prazo deve ser a **geração de energia através de resíduos industriais de fontes renováveis** (IRENA, 2018). Também é relevante reconhecer que cerca de 20 a 30% da energia em processos de digestão anaeróbica de resíduos é consumida no próprio processo, sendo que estas percentagens podem ser ainda maiores em instalações de pequeno porte (RIS, 2021).

3.11. Política de tratamento e destinação dos resíduos sólidos

Esta política trata do desenvolvimento e implementação de programas, projetos e ações para o tratamento dos resíduos sólidos de maneira a minimizar o volume, a periculosidade e os impactos ambientais. A coleta inadequada de resíduos e o despejo ou queima descontrolada de resíduos sólidos, ainda são uma realidade presente em todo o país, poluindo o ar, a água e o solo. Quando os resíduos são queimados, as toxinas resultantes e o material particulado no ar podem causar doenças respiratórias e neurológicas, entre outras. Pilhas de lixo produzem um escoamento de chorume, que

pode alcançar rios, lençóis freáticos e solo. Os resíduos orgânicos que entram nas vias navegáveis reduzem a quantidade de oxigênio disponível, causando a eutrofização da água, entre outros impactos (KAZA *et al.*, 2018).

As tecnologias de tratamento de resíduos sólidos são agrupadas em funções de reciclagem, compostagem aeróbica, digestão anaeróbica, aterro e tratamento térmico (IYAMU *et al.*, 2020). **Aterros sanitários**, ou lixões abertos são a solução mais comum para o fim da vida útil de Resíduos Sólidos Urbanos em todo o mundo, apesar de seu risco potencial na água do subsolo e na poluição do solo. **Tratamentos biológicos mecânicos podem ser implantados em etapa anterior ao encaminhamento para aterros** *Tratamento de resíduos sólidos orgânicos* | *Produtos Biodegradáveis* | *Revitalização de áreas contaminadas ou degradadas por despejo de resíduos sólidos* (base OICS, 2021), garantindo a estabilização da putrefação dos resíduos e facilitando a retirada e combustível (FERRONATO *et al.*, 2019). A **incineração do resíduo** pode gerar energia, mas as tecnologias existentes não se encontram avançadas o suficiente para prevenir de forma segura e contínua a emissão de poluentes perigosos (GUO *et al.*, 2021).

O chorume derivado dos aterros representa uma carga ambiental que afeta a saúde da população e o meio ambiente (TORRETTA *et al.*, 2017). As tecnologias empregadas em aterros sanitários brasileiros vêm se modernizando, particularmente pelo uso de **membranas (*membrane bioreactor* (MBR) ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa)**, refletindo a tendência que tem sido utilizada por países desenvolvidos (COSTA *et al.*, 2019). Ainda assim, os locais de despejo frequentemente sofrem com a falta de tratamento do material lixiviado, resultando na contaminação de corpos d'água e solo e ameaçando a saúde humana. As infiltrações de água da chuva no aterro, somadas a outros fenômenos químicos e físicos, auxiliam o resíduo a passar por uma série de fases de decomposição que permitem a geração deste lixiviado (TORRETTA *et al.*, 2017).

A composição do lixiviado varia significativamente entre os aterros, dependendo da composição do resíduo, da idade do resíduo e da tecnologia de aterro. Esses poluentes podem ser divididos em quatro grupos principais: matéria orgânica dissolvida, quantificada como oxigênio químico (COD); macrocomponentes inorgânicos; metais pesados; e orgânicos xenobióticos. No entanto, outros compostos podem ser encontrados no lixiviado de aterros sanitários, como borato, sulfeto, arseniato, bário, lítio, mercúrio e cobalto (TORRETTA *et al.*, 2017).

É importante notar que, de acordo com a Resolução do Conama n° 430 (BRASIL, 2011), que estabelece padrões para a descarga de efluentes em corpos d'água. As estações de tratamento de efluentes municipais que recebem efluentes de lixiviado de aterro sanitário não são obrigadas a cumprir o padrão de nitrogênio amoniacal. Assim, após a introdução desta resolução, muitos municípios optaram por esta alternativa, que é potencialmente perigosa para o meio ambiente (COSTA *et al.*, 2019).

No Brasil, o clima tropical, com elevadas temperaturas e volumes de precipitação, favorece o processo de degradação de resíduos e formação de lixiviados. No entanto, a composição do chorume apresenta altas concentrações de matéria orgânica, refletindo o perfil de consumo dos brasileiros (COSTA *et al.*, 2019). Atualmente, diversas tecnologias diferentes estão disponíveis para o tratamento de chorume de aterro. O **tratamento de lixiviado de aterro sanitário no Brasil por meio de processos biológicos**

é a abordagem mais comum e frequentemente a mais economicamente viável, apresentando alta eficiência na remoção de material orgânico biodegradável (COSTA *et al.*, 2019).

Dentre os resíduos que requerem tratamento destaca-se o **de lodo do sistema de esgoto urbano**. Este é um dos maiores desafios na gestão de águas residuais, sendo produzido ao separar os líquidos e sólidos no tratamento de águas residuais. Busca-se a redução do volume e a diminuição dos problemas de saúde e ambientais. Existem várias tecnologias para o tratamento de lodo de esgoto urbano, destacando-se a compostagem, a incineração e a digestão anaeróbica para recuperação de energia. De maneira análoga, outro desafio é o lodo de sistemas hidráulicos ("sal" do lodo), que é um subproduto gerado em estações de tratamento de água potável, sendo um problema ambiental mundial devido à falta de um método de tratamento eficaz. O descarte convencional de lodo em aterros sanitários não é uma opção sustentável e levanta preocupações ambientais. Além disso, as cidades de alta densidade estão enfrentando escassez de locais disponíveis para aterros. Desta forma, é imperativo **transformar o lodo do sistema hídrico em alternativa de materiais ambientais úteis** para promover um desenvolvimento sustentável (FANG *et al.*, 2019).

4. Considerações finais

As políticas constantes neste documento, embora apresentadas de forma individual, constituem um todo coeso. Desta forma, seu maior impacto ocorre quando da aplicação integrada e sistêmica, tendo em vista suas intrínsecas interdependências. A aplicação isolada de uma determinada política pode resultar em baixa eficácia quando não são implementadas ações requeridas de outras políticas complementares. Ações voltadas à gestão de resíduos sólidos, por exemplo, podem ser inócuas se houver ausência de ações correspondentes voltadas à promoção de comportamentos mais sustentáveis para conscientização da população, e ausência de capacitação da gestão pública sobre o tema, principalmente quanto às soluções integradas ao uso de tecnologias digitais.

Ressalta-se a necessidade de customização da política para a realidade e necessidades presentes, assim para as perspectivas de longo prazo de cada município. O presente documento deixa claro que essa customização demanda considerar tanto os aspectos técnicos e de capacitação, quanto a integração envolvendo as diversas áreas e atores do sistema de resíduos sólidos. Ressalta-se que não há um delineamento único e universal de como estas políticas devem ser configuradas e implementadas na busca por uma gestão de resíduos sólidos mais sustentável. Questões como: suporte técnico e normativo, a cultura local, a zona bioclimática, os recursos disponíveis, o histórico de iniciativas anteriores e o nível de educação da população, são exemplos de variáveis que afetam esta customização.

Finalmente, ressalta-se que as políticas apresentadas neste documento demandam uma compreensão holística do tomador de decisão sobre as implicações ambientais, sociais e econômicas, tanto na esfera local como global, de realização de esforços na busca por uma gestão de resíduos sólidos mais sustentável. Conclui-se, desta forma, como absolutamente estratégico o desenvolvimento de competências no tema entre os tomadores de decisão no âmbito dos municípios brasileiros.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. Disponível em: *https://abrelpe.org.br/panorama-2020/*

ALCOTT, B. The Sufficiency strategy: would rich-world frugality lower environmental impact, **ecological Economics**, v.64, n.4, p.770-786, 2008. *https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.04.015.*

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (Brazilian Association of Technical Standards) (ABNT). **NBR10004. Classificação dos Resíduos Sólidos.** 2004. Disponível em: *http://www.saac.com.br/pdf/NBR10004-2004ClassificadodeResiduosSolidos.pdf*

BERNARDINI, O.; GALLI, R. Dematerialization: long term trends in the intensity of use of materials and energy. **Futures**, v.25, n.4, p.431-448, 1993.

BOSE, Ranjit; LUO, Xin. Integrative framework for assessing firms´ potential to undertake green IT initiatives via virtualization - a theoretical perspective. **The Journal of Strategic Information Systems**, v.20, n. 1, p.38-54, 2011. Disponível em: *https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.471.8131&rep=rep1&type=pdf*

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011**. *Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes*. Disponível em: *http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627*

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no brasil**, 5ª Edição, 2020a. Disponível em: *https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee/arquivos/livro_digital_5ed_estimativas_anuais.pdf*

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de informações sobre saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos** – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020b. 244p. Disponível em: *http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2019/Diagnostico_RS2019.pdf*

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos-PNRS. Disponível em: *http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm*

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 14.026 de 15 de julhp de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico. 2020c. Disponível em: *https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421*

CAYLAR, Paul-Lous; NAIK, Kedar; NOTERDAEME, Olivier. **Digital in industry:** from buzzword to value creation. Mckinsey Quarterly, 2016. Disponível em: *https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/OUR-INSIGHTS/DIGITAL-IN-INDUSTRY-FROM-BUZZWORD-TO-VALUE-CREATION. Acesso em: 29 set. 2021.*

COMUNIDADE ECONÔMICA EUROPEIA - CEE. **Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018**, que altera a Diretiva 2008/98/CE relativa aos resíduos. Disponível em: *https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex%3A32018L0851.* Acesso em: 26 set. 2021.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM - CEMPRE. **Pesquisa Ciclosoft 2018:** radiografando a coleta seletiva. 2018. Disponível em: *https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/08/Pesquisa-Ciclosoft-2018.pdf.* Acesso em: 26 de setembro, 2021.

CONFORTO, E.C.; AMARAL, D.C. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO - CBGDP, 8., Porto Alegre, 2011. **Trabalho apresentado...** Porto Alegre, 2011. Disponível em: *https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2205710/mod_resource/content/1/Roteiro%20para%20revis%C3%A3o%20bibliogr%C3%A1fica%20sistem%C3%A1tica.pdf*

COSTA, A.; ALFAIA, R.; CAMPOS, J. Landfill leachate treatment in Brazil – An overview, **Journal of Environmental Management**, v.232, p.110-116, 2019. Disponível em: *https://fr.art1lib.org/dl/73383082/4d53a8*

DA SILVA, C.L. Proposal of a dynamic model to evaluate public policies for the circular economy: Scenarios applied to the municipality of Curitiba. **Waste Management**, v. 78, p. 456–466, 2018. *https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.06.007.*

DI MATTEO, U.; NASTASI, B.; ALBO, A.; ASTIASO GARCIA, D. Energy contribution of OFMSW (Organic Fraction of Municipal Solid Waste) to energy-environmental sustainability in urban areas at small scale. **Energies**, v. 10, n. 2, 2017.

DUAN, H.; MILLER, T.R.; LIU, G.; TAM, V.W.Y. Construction debris becomes growing concerns of growing cities. **Waste Management**, v. 83, p. 1–5, 2019. *https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.044*

EPA - United States Environmental Protection Agency, 2004. **Site.** Disponível em: *https://www.epa.gov/international-cooperation.* Acesso em: ago. 2021.

EZEUDU, O.B.; EZEUDU, T.S. Implementation of circular economy principles in industrial solid waste management: Case studies from a developing economy (Nigeria). **Recycling**, v. 4, n. 4, 2019. Disponível em: *https://www.mdpi.com/2313-4321/4/4/42/pdf*

FANG, X; WANG, L.; POON, C.; BAEK, K.; TSANG, D.; KWOK, S. Transforming waterworks sludge into controlled low-strength material: Bench-scale optimization and field test validation, **Journal of Environmental Management**, v.232, p.254-263, 2019. *https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.091.*

FATIMAH, Y.A.; GOVINDAN, K.; MURNININGSIH, R.; SETIAWAN, A. Industry 4.0 based sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals: A case study of Indonesia. **Journal of Cleaner Production**, v. 269, p. 122263, 2020. *https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122263.*

FERRONATO, N. *et al.* Introduction of the circular economy within developing regions: A comparative analysis of advantages and opportunities for waste valorization. **Journal of Environmental Management**, v.230, p.366–378, 2019. *https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.095.*

FORTI, V.; BALDÉ, C.P.; KUEHR, R.; BEL, G. **The Global E-waste monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential**. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam, 2020. Disponível em: *http://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/12/GEM_2020_def_dec_2020-1.pdf.* Acesso em: 26 set. 2021.

GARRIDO-HIDALGO, C.; RAMIREZ, F.J.; OLIVARES, T.; RODA-SANCHEZ, L. The adoption of internet of things in a circular supply chain framework for the recovery of WEEE: The case of Lithium-ion electric vehicle battery packs. **Waste Management**, v. 103, p. 32–44, 2020. *https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.09.045.*

GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N.M.P.; HULTINK, E.J. The circular economy – a new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v.143, p. 757-768, 2017. Disponível em: *https://www.researchgate.net/profile/Martin-Geissdoerfer/publication/311776801_The_Circular_Economy_-_A_new_sustainability_paradigm/links/5ae34246a6fdcc9139a18a46/The-Circular-Economy-A-new-sustainability-paradigm.pdf*

GHARFALKAR, M.; ALI, Z.; HILLIER, G. Clarifying the disagreements on various reuse options: Repair, recondition, refurbish and remanufacture. **Waste Manag Res**, v.34, n.10, p.995-1005, 2016. doi: 10.1177/0734242X16628981.

GLASER, B. The constant comparative method of qualitative analysis. **Society for the Study of Social Problems,** Oxford University Press, v. 12, n.4, p.436-445, 1965. Disponível em: *https://www.researchgate.net/profile/David_Morgan19/post/Has_anyone_used_the_constant_comparative_method_Any_tips/attachment/59d6259779197b8077983e71/AS:318237135310850@1452885054267/download/Glaser+65+Constant+Comparative+Analysis.pdf*

GLASER, B.; STRAUSS, A.L. **Discovery of grounded theory:** Strategies for qualitative research. Routledge, 1967. Disponível em: *http://www.sxf.uevora.pt/wp-content/uploads/2013/03/Glaser_1967.pdf*

GUIBRUNET, L.; SANZANA CALVET, M.; CASTÁN BROTO, V. Flows, system boundaries and the politics of urban metabolism: Waste management in Mexico City and Santiago de Chile. **Geoforum**, v. 85, p. 353–367, 2017. *http://dx.doi.org/10.1016/j.geoforum.2016.10.011.*

GUO, W. *et al.* Solid waste management in China: Policy and driving factors in 2004–2019. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 173, 2021. *https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105727.*

HAREGU, T.N. *et al.* An assessment of the evolution of Kenya's solid waste management policies and their implementation in Nairobi and Mombasa: analysis of policies and practices. **Environment and Urbanization**, v. 29, n. 2, p. 515–532, 2017. Disponível em: *https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0956247817700294*

HOA, N.T.; MATSUOKA, Y. The analysis of greenhouse gas emissions/reductions in waste sector in Vietnam. **Mitigation Adapt. Strateg. Global Change**, v.22, n. 3, p.427–446, 2017. *https://www.springerprofessional.de/en/mitigation-and-adaptation-strategies-for-global-change/11064818*

HOANG, N.H.; FOGARASSY, C. Sustainability evaluation of municipal solid waste management system for Hanoi (Vietnam)—why to choose the 'waste-to-energy' concept. **Sustainability**, v.12, n.3, p.1085, 2020. *https://doi.org/10.3390/su12031085.*

HOLTON, J.A. Grounded theory as a general research methodology. **Grounded Theory Review: An International Journal**. v.7, n. 2, June 2008. Disponível em: *http://groundedtheoryreview.com/2008/06/30/grounded-theory-as-a-general-research-methodology/*

HUMANA, B. **Dematerialization – public sphere project**. 2008. Disponível em: *http://publicsphereproject.org/node/217.* Acesso em: ago. 2021.

IKHLAYEL, M.; NGUYEN, L.H. Integrated approaches to water resource and solid waste management for sustainable development. **Sustainable Development**, v. 25, n. 6, p. 467–481, 2017. *https://doi.org/10.1002/sd.1683*

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA - **Renewable energy policies in a time of transition**. IRENA, OECD/IEA and REN21, 2018, 112p. Disponível em: *https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_IEA_REN21_Policies_2018.pdf*

IYAMU, H. O.; ANDA, M.; HO, G. A review of municipal solid waste management in the BRIC and high-income countries: A thematic framework for low-income countries. **Habitat International**, v. 95, 2020. *https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.102097*

IZDEBSKA, O.; KNIELING, J. Citizen involvement in waste management and circular economy in cities: Key elements for planning and implementation. **European Spatial Research and Policy**, v. 27, n. 2, p. 115–129, 2021. Disponível em: *https://www.researchgate.net/profile/Joerg-Knieling/publication/349068784_Citizen_involvement_in_waste_management_and_circular_economy_in_cities_Key_elements_for_planning_and_implementation/links/60eaac7bb8c0d5588cebaa71/Citizen-involvement-in-waste-management-and-circular-economy-in-cities-Key-elements-for-planning-and-implementation.pdf*

JENKIN, Tracy A.; WEBSTER, Jane; MCSHANE, Lindsay. An agenda for "green" information technology and systems research. **Information and organization**, v.21, p.17–40, 2011. DOI: 10.1016/j.infoandorg.2010.09.003

JUÁREZ-HERNÁNDEZ, S.; CASTRO-GONZÁLEZ, A. Assessing the impact of biogas on the energy sustainability of an urban restaurant in Mexico. **Ingeniería, Investigación y Tecnología**, v. 17, n. 1, p. 61–71, 2016. Disponível em: *https://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/2016/v17n1-06.pdf*

JUCÁ, J.F.T.; BARBOSA, K.R.M.; SOBRAL, M.C. Sustainability indicators for municipal solid waste management: A case study of the Recife Metropolitan Region, Brazil. **Waste Management and Research**, v. 38, n. 12, p. 1450–1454, 2020. *https://doi.org/10.1177/0734242X20941088*

KAMMEN D. M.; SUNTER, D. A. City-integrated renewable energy for urban sustainability, **Science**, v.352, n. 6288, p.922–8, 2016. Disponível em: *https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Kammen/publication/303369794_City-integrated_renewable_energy_for_urban_sustainability/links/5eb044d6a6fdcc7050a89199/City-integrated-renewable-energy-for-urban-sustainability.pdf*

KAZA, S.; YAO, L.C.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. **What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050**. World Bank, Washington, DC, 2018. Disponível em: *https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30317/2113290v.pdf*

LAMBERTON, Cait Poynor; ROSE, Randall L. When is ours better than mine? A framework for understanding and altering participation in commercial sharing systems. **Journal of Marketing**, v. 76, p. 109-125, 2012. DOI:10.2139/ssrn.1939289

LAZO, D.P.L.; GASPARATOS, A. Sustainability transitions in the municipal solid waste management systems of Bolivian cities: Evidence from La Paz and Santa Cruz de la Sierra. **Sustainability**, v. 11, n. 17, 2019.

LIU, C.; NGUYEN, T.T. Evaluation of household food waste generation in Hanoi and policy implications towards SDGs Target 12.3. **Sustainability**, v.12, 2020. *https://doi.org/10.3390/su12166565*.

LOW, J.K. *et al*. Encouraging circular waste economies for the New Zealand construction industry: opportunities and barriers. **Frontiers in Sustainable Cities**, v. 2, p. 1–7, 2020. Disponível em: *https://www.researchgate.net/publication/343105339_Encouraging_Circular_Waste_Economies_for_the_New_Zealand_Construction_Industry_Opportunities_and_Barriers/fulltext/5f1ca59ca6fdcc9626b37f98/Encouraging-Circular-Waste-Economies-for-the-New-Zealand-Construction-Industry-Opportunities-and-Barriers.pdf*

MA, J.; HIPEL, K. W. Exploring social dimensions of municipal solid waste management around the globe – A systematic literature review. **Waste Management**, v. 56, p. 3–12, 2016. *http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.06.041*.

MACCARI, G. R.; CLAUDIA, A.; SEIXAS, M. DE. **Conceito dos 5Rs : Como introduzir a mudança de pensamento no ensino básico a partir da educação ambiental**. Brazilian Technology Symposium, v.1 p. 1–4, 2019.

MAVROPOULOS, A.; WILSON, D.; APPELQVIST, B.; VELIS, C.; COOPER, J. **Globalisation and waste management–final report from the ISWA task force**. 2014, Vienna, Austria. Disponível em: *https://www.researchgate.net/profile/Antonis-Mavropoulos/publication/275017171_Globalisation_and_Waste_Management_-_Final_Report/links/552e39980cf22d43716def32/Globalisation-and-Waste-Management-Final-Report.pdf*

MERONEN, Teemu. **Environmental sustainability through digitalization in Finnish public and private sector organizations**. Thesis (Master's degree Programme in Information Networks) - Aalto University School of Science. Helsinki, 2017. Disponível em: *https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/29205/master_Meronen_Teemu_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y*

MINGALEVA, Z.; VUKOVIC, N.; VOLKOVA, I.; SALIMOVA, T. Waste management in green and smart cities: A case study of Russia. **Sustainability**, v. 12, n. 1, p. 1–17, 2020. Disponível em: *https://www.researchgate.net/profile/Natalya-Vukovic/publication/338117550_Waste_Management_in_Green_and_Smart_Cities_A_Case_Study_of_Russia/links/5e008b13299bf10bc371a443/Waste-Management-in-Green-and-Smart-Cities-A-Case-Study-of-Russia.pdf*

MIRANDA, I.T.P.; FIDELIS, R.; FIDELIS, D.A. DE S.; PILATTI, L.A.; PICININ, C.T. The integration of recycling cooperatives in the formal management of municipal solid waste as a strategy for the circular economy—The case of Londrina, Brazil. **Sustainability**, v. 12, n. 24, p. 1–22, 2020. Disponível em: *https://www.mdpi.com/2071-1050/12/24/10513/pdf*

MOUSTAKAS, C.E. **Heuristic research:** Design, methodology, and applications. Sage Publications, Inc.1990.

MURANKO, Z.; TASSELL, C.; ZEEUW van der Laan, A.; AURISICCHIO, M. Characterisation and environmental value proposition of reuse models forfast-moving consumer goods: reusable packaging and products. **Sustainability**, v.13, p. 2609, 2021. *https://doi.org/10.3390/su13052609.*

OERS, L. VAN; KLEIJN, R.; VOET, E. VAN DER. **Dematerialization for urban waste reduction: effectiveness and side-effects**. Centre of Environmental Science, Leiden University, Leiden, 2002. Disponível em: *https://web.universiteitleiden.nl/cml/ssp/publications/wp2001-014.pdf*

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS - OICS. **Soluções e casos.** 2021. Disponível em: *https://oics.cgee.org.br/solucoes-e-casos/soluções.*

OTTONI, M.; DIAS, P.; XAVIER, L. H. A circular approach to the e-waste valorization through urban mining in Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 261, 2020. *https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120990.*

PAES, M.X.; DE MEDEIROS, G.A.; MANCINI, S.D.; RIBEIRO, F. DE M.; PUPPIM DE OLIVEIRA, J.A. Transition to circular economy in Brazil: A look at the municipal solid waste management in the state of São Paulo. **Management Decision**, v. 59, n. 8, p. 1827–1840, 2019. *https://doi.org/10.1108/MD-09-2018-1053*

RATHORE, P.; SARMAH, S. P. Economic, environmental and social optimization of solid waste management in the context of circular economy. **Computers and Industrial Engineering**, v. 145, 2020. *https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106510.*

RIBEIRO SIMAN, R. *et al*. Governance tools: Improving the circular economy through the promotion of the economic sustainability of waste picker organizations. **Waste Management**, v. 105, p. 148–169, 2020. *https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.040.*

RIS - International Feasibility of Generating Green Power through Anaerobic Digestion of Garden Refuse from the Sacramento Area. **Feasibility study Sacramento municipal utility district**, Sacramento, CA, USA. 2005. Disponível em: *https://nerc.org/documents/sacramento_feasibility_study.pdf.* Acesso em: 29 set. 2021.

ROLEWICZ-KALIŃSKA, A.; LELICIŃSKA-SERAFIN, K.; MANCZARSKI, P. The circular economy and organic fraction of municipal solid waste recycling strategies. **Energies**, v. 13, n. 17, 2020. Disponível em: *https://www.mdpi.com/1996-1073/13/17/4366/pdf*

ROVENSE, F.; AMELIO, M.; FERRARO, V.; SCORNAIENCHI, V. Analysis of a Concentrating Solar Power Tower Operating with a Closed Joule Brayton Cycle and Thermal Storage. **Int. J. Heat Technol**. v.34, p.485–490, 2016. Disponível em: *https://www.iieta.org/sites/default/files/Journals/IJHT/34.3_19.pdf*

SALATA, F.; GOLASI, I.; DOMESTICO, U.; BANDITELLI, M.; LO BASSO, G.; NASTASI, B.; DE LIETO VOLLARO, A. Heading towards the nZEB through CHP + HP systems. A comparison between retrofit solutions able to increase the energy performance for the heating and domestic hot water production in residential buildings. **Energy Convers. Manag**, v.138, p.61-76, 2017. *https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.01.062*.

SALONEN, A. Service transition strategies of industrial manufacturers. **Industrial Marketing Management**, v.40 n.5, p. 683-690, 2011. Disponível em: *https://www.researchgate.net/profile/Anna-Salonen/publication/281106530_Service_Transition_Strategies_of_Industrial_Manufacturers/links/5c385f3c458515a4c71cb689/Service-Transition-Strategies-of-Industrial-Manufacturers.pdf*

SIMATELE, D. M.; DLAMINI, S.; KUBANZA, N. S. From informality to formality: Perspectives on the challenges of integrating solid waste management into the urban development and planning policy in Johannesburg, South Africa. **Habitat International**, v. 63, p. 122–130, 2017. *http://dx.doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.03.018.*

SLOMSKI, V.G.; SILVA LIMA, I.C.; SLOMSKI, V.; SLAVOV, T. Pathways to Urban Sustainability: An Investigation of the Economic Potential of Untreated Household Solid Waste (HSW) in the City of São Paulo. **Sustainability**, v.12, n.13, 2020. *https://doi.org/10.3390/su12135249.*

SNIS-RS - Sistema Nacional de Informações de Saneamento – Resíduos Sólidos, 2019. **Diagnóstico resíduos sólidos**. Disponível em: *http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-residuos-solidos.* Acesso em: 27 set. 2021.

TAELMAN, S.E.; TONINI, D.; WANDL, A.; DEWULF, J. A Holistic sustainability framework for waste management in European Cities: Concept development. **Sustainability**, v. 10, n. 7, 2018. Disponível em: *https://www.mdpi.com/2071-1050/10/7/2184/pdf*

TOMIĆ, T.; SCHNEIDER, D.R. The role of energy from waste in circular economy and closing the loop concept – Energy analysis approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 98, p. 268–287, 2018. *https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.029.*

TORRETTA, V.; FERRONATO, N.; KATSOYIANNIS, I.A.; TOLKOU, A.K.; AIROLDI, M. Novel and conventional technologies for landfill leachates treatment: A Review. **Sustainability**, v.9, n.9, 2017. *https://doi.org/10.3390/su9010009.*

UNITED NATIONS - UN. **World urbanization prospects: the 2014 revision**. Department of Economic and Social Affairs, United Nations Publications. 2014. Disponível em: *http://esa.un.org/unpd/wup/highlights/wup2014-highlights.pdf.* Acesso em: 26 set. 2021.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **Product-service systems and sustainability:** opportunities for sustainable solutions. Division of Technology Industry and Economics – Production and Consumption Branch, 2002. Disponível em: *https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8123/-Product-Service%20Systems%20and%20Sustainability_%20Opportunities%20for%20Sustainable%20Solutions-20021192.pdf?sequence=2&isAllowed=y*

VASQUES, R.A. **Design, possession and shared usage:** reflections and practices, 2015, 330p. Tese (doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: *https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16134/tde-08032016-165707/publico/rosanavasques.pdf*

VEZZOLI, C.; KOHTALA, C.; SRINIVASA, A.; DIEHL, J.C.; FUSAKUL, S.M.; XIN, L.; SATEESH, D.; SANTOS, Aguinaldo; CHAVES, L.I.; CASTILLO, L.A.G.; GOMEZ, C.R.P.; NUNES, V.G.A.; LEPRE, P.R.; ENGLER, R.C.; MARTINS, S.B. **Sistema produto + serviço sustentável: fundamentos**. 1. ed. Curitiba: Editora Insight, 2018. v. 1. 178p. Disponível em: *http://editorainsight.com.br/wp-content/uploads/2018/03/aSistema-ProdutoServico-Sustentavel_web.pdf*

WILSON, D.C.; RODIC, L.; MODAK, P.; SOOS, R.; CARPINTERO, A.; VELIS, K.; IYER, M.; SIMONETT, O. **The Global waste management outlook. 2015**. United Nations Environmental Programme, UNEP. *http://www.greenreport.it/wp-content/uploads/2015/09/Global-Waste-Management-Outlook-2015.pdf*. Acesso em: 25 set. 2021.

WORLD ECONOMIC FORUM - WEF. **Future of reusable consumption models -** platform for shaping the future of consumption. Genova: Insight Report, 2021. Disponível em: *https://www3.weforum.org/docs/WEF_IR_Future_of_Reusable_Consumption_2021.pdf*

ZELLER, V.; TOWA, E.; DEGREZ, M.; ACHTEN, W.M.J. Urban waste flows and their potential for a circular economy model at city-region level. **Waste Management**, v. 83, p. 83–94, 2019. *https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.034*.

Siglas e abreviaturas encontradas nesta publicação

CDO | oxigênio químico em inglês chemical oxygen demand
Cempre | Compromisso Empresarial para Reciclagem
CGEE | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
GEE | gases de efeito estufa
IoT | Internet das Coisas
MCTI | Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
OICS | Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis
PSS | sistemas produto+serviço
PSS| produto+serviço
RBS | Revisão Bibliográfica Sistemática
RFID | radiofrequência
RSU | Resíduos Sólidos Urbanos
SNI-RS | Sistema Nacional de Informações de Saneamento - Resíduos Sólidos
UFPR | Universidade Federal do Paraná