

MANUAL PRÁTICO PARA INOVAÇÃO EM GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

2021

Michel Xocaira Paes
Rodrigo Augusto Bellezoni
Jose Antônio Puppim de Oliveira

 **FGV EAESP**

CENTRO DE ESTUDOS
DE INFRAESTRUTURA
E SOLUÇÕES AMBIENTAIS

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Paes, Michel Xocaira

Manual prático para inovação em gestão dos
resíduos sólidos urbanos [livro eletrônico] / Michel
Xocaira Paes, Rodrigo Augusto Bellezoni, Jose Antônio
Puppim de Oliveira. -- 1. ed. -- São Paulo : FGV
EAESP, 2021.

HTML

ISBN 978-65-00-24450-2

1. Conservação da natureza 2. Meio ambiente 3.
Resíduos sólidos - Manejo - Aspectos ambientais 4.
Sustentabilidade ambiental I. Bellezoni, Rodrigo
Augusto. II. Oliveira, Jose Antônio Puppim de. III.
Título.

21-68470

CDD-352.16

Índices para catálogo sistemático:

1. Resíduos sólidos urbanos : Problemas ambientais :
Administração pública 352.16

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

MANUAL PRÁTICO PARA INOVAÇÃO EM GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS 2021

AUTORES:

Michel Xocaira Paes
Rodrigo Augusto Bellezoni
Jose Antônio Puppim de Oliveira

REALIZAÇÃO:

Centro de Estudos de Infraestrutura & Soluções Ambientais
(FGV/CEISA)
Fundação Getúlio Vargas (FGV) /Escola de Administração de
Empresas de São Paulo (EAESP)

APOIO:

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

E-MAILS:

michel.paes@fgv.br /michelxocaira@gmail.com
rodrigo.bellezoni@fgv.edu.br
jose.puppim@fgv.br

Realização:



Apoio:



SUMÁRIO

6	ÍNDICE DE TABELAS
7	ÍNDICE DE FIGURAS
9	LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS
10	Apresentação
12	1. A Problemática e os Desafios dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)
15	2. Conceitos para o Diagnostico e Planejamento da Gestão dos RSU
15	2.1. Definições e responsabilidades
15	2.2. Impactos Socioambientais e Econômicos
17	2.3. Fatores de Influência no Gerenciamento dos RSU
17	2.4. Etapas de Gerenciamento e a Hierarquia na Gestão dos RSU
19	2.5. Tecnologias de Tratamento e Destinação Final de RSU
21	2.6 Alternativas de Gestão e Economia Circular
23	3. A Busca por Ferramentas e Boas Práticas na Gestão de RSU
26	4. Caminhos para Inovação da Gestão dos RSU
27	4.1 Capacidade Local e Colaboração dos Níveis Governamentais

SUMÁRIO

30	4.2 Educação Ambiental e Participação Social
32	4.3 Identificação e Participação dos Atores e Condutores
33	4.4 Foco na Prevenção e Economia Circular
34	4.5 Tecnologias para as Realidades Locais
37	5. Indicadores para o monitoramento e avaliação da Gestão dos RSU
39	6. Considerações Finais

APÊNDICES

45	Apêndice A Ferramentas de Análise da Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos
48	Apêndice B Indicadores Geográficos, Socioeconômicos e Ambientais dos Municípios
49	Apêndice C Modalidades e Sistemas de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (SGRSU)
62	Apêndice D Composição dos RSU das Localidades
65	Apêndice E Dimensões da Gestão dos RSU e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

ÍNDICE DE TABELAS

13	TABELA 1: Quantidade de RSU gerados, tratados e destinados nos anos de 2008 e 2018.
16	TABELA 2: Matriz de responsabilidades sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos.
38	TABELA 3: Indicadores econômicos, ambientais e operacionais dos seis municípios estudados.
48	TABELA B1: Indicadores geográficos, socioeconômicos e ambientais dos municípios integrantes deste manual.
61	TABELA C1: Modalidades de gestão em cada uma das etapas dos SGRSU e parcerias com diferentes níveis governamentais.
62	TABELA D1: Quantidade de RSU Gerados e Gerenciados pelo Município de Ibertioga (MG) no ano de 2019.
62	TABELA D2: Quantidade de RSU Gerados e Gerenciados pelo Município de Rio Branco (AC) em 2018.
63	TABELA D3: Quantidade de RSU Gerados e Gerenciados pelo Município de Harmonia (RS) em 2019.
63	TABELA D4: Quantidade de RSU Gerados e Gerenciados pelo Município de Palmeiras de Goiás (GO) nos anos de 2016 e 2019.
64	TABELA D5: Quantidade de RSU Gerados e Gerenciados pelo Município de Carauari (AM) no ano de 2017.
64	TABELA D6: Composição dos Resíduos Domiciliares (RDO) e dos Resíduos da Limpeza Pública (RLP), da cidade de São Paulo (SP), para o ano de 2019.
65	TABELA E1: Interação entre as dimensões da gestão dos RSU e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

ÍNDICE DE FIGURAS

- 11 | **FIGURA 1:** Caminhos para o uso deste Manual Prático para Inovação na Gestão dos RSU.
- 14 | **FIGURA 2:** Número de Municípios com Aterros Sanitários, Controlados e Lixões (A) e Municípios com Coleta Seletiva (B).
- 18 | **FIGURA 3:** Ações de prevenção e gestão de RSU no contexto do ciclo de vida.
- 24 | **FIGURA 4:** Modelo de Gestão Integrada.
- 25 | **FIGURA 5:** Localização das cidades selecionadas como estudos de caso que serviram como base para a elaboração deste manual.
- 27 | **FIGURA 6:** Eixos e caminhos possíveis para a inovação na gestão de RSU.
- 47 | **FIGURA A1:** Interação entre os princípios funcionais e aspectos da gestão integrada dos RSU.
- 49 | **FIGURA C1:** Sistema de Gestão dos RSU do município de Ibertioga (MG) em 2019.
- 50 | **FIGURA C2:** Unidade de Triagem, Compostagem e Aterro de Pequeno Porte (A); Pátio de Compostagem (B); Triagem e Armazenamento dos RSU (C); Capacitação do Instituto Gesois e Municípios de MG (D) no Município de Ibertioga (MG).
- 51 | **FIGURA C3:** Sistema de Gestão dos RSU no município de Rio Branco (AC) no ano de 2018.
- 52 | **FIGURA C4:** Horta (A), Compostagem (B) e Locais de Entrega Voluntária (C) em Escolas Municipais; Ponto de Entrega Voluntária (D) e Unidade de Compostagem da UTRE (E) no Município de Rio Branco (AC).
- 53 | **FIGURA C5:** Sistema de Gestão dos RSU no município de Harmonia (RS) em 2019.

ÍNDICE DE FIGURAS

- 54 | **FIGURA C6:** Horta (A) e Compostagem (B) em Escola Municipal; Compostagem em Residência (C) e Propriedade Rural (D) no Município de Harmonia (RS).
- 55 | **FIGURA C7:** Sistema de Gestão dos RSU no município de Palmeiras de Goiás, nos anos de 2016 (A) e 2019 (B).
- 56 | **FIGURA C8:** Unidade de Triagem (A); Ponto de Entrega Voluntária (B) e implementação de geomembrana em nova célula do Aterro Sanitário de Palmeiras de Goiás (C).
- 57 | **FIGURA C9:** Gestão de Resíduos no município de Carauari (AM) e envio dos materiais recicláveis para Manaus (AM), no ano de 2017.
- 58 | **FIGURA C10:** Casas flutuantes (A); área urbana de Carauari (B); manejo do pirarucu (C); manejo e conservação das tartarugas (D); resíduos urbanos encontrados na floresta (E); agroindustrial no núcleo de conservação e apoio ao empreendedorismo sustentável na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uacari (F) no Município de Carauari (AM).
- 59 | **FIGURA C11:** Sistema de Gestão dos RSU no município de São Paulo para o ano de 2019.
- 60 | **FIGURA C12:** Central Mecanizada de Triagem “Maria Carolina de Jesus” (A); Unidade de Triagem da Cooperativa Rainha da Reciclagem (B); Pátio de Compostagem da Lapa (C); Aterro Sanitário Central de Tratamento Leste (D) no Município de São Paulo (SP).

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AMLURB	- Autoridade Municipal de Limpeza Urbana
BRICS	- Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CMT	- Centrais Mecanizadas de Triagem
GIRSU	- Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos
ICMS	- Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
LEV's	- Locais de Entrega Voluntária
ONG's	- Organizações Não Governamentais
PAYT	- <i>Pay As You Throw</i>
PEV	- Ponto de Entrega Voluntária
PLNR	- Plano Nacional de Resíduos
PMH	- Prefeitura Municipal de Harmonia
PNRS	- Política Nacional de Resíduos Sólidos
RDO	- Resíduos Domiciliares
RDS	- Reserva de Desenvolvimento Sustentável
RESEX	- Reserva Extrativista
RLP	- Resíduos da Limpeza Pública
RSU	- Resíduos Sólidos Urbanos
SEMAD	- Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SGRSU	- Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos
SNIS	- Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico
TMB	- Tratamento Mecânico Biológico
UTC	- Unidade de Triagem e Compostagem
UTRE	- Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos

APRESENTAÇÃO

O crescimento populacional ocorrido nas últimas décadas, aliado aos intensos processos de urbanização e consumo, têm gerado elevada busca por matéria e energia, além de crescente geração de resíduos. Atualmente, mais da metade da população mundial vive em áreas urbanas e essa proporção deve aumentar para 70% até 2050 (Nações Unidas, 2017).

E são através dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados nas cidades onde se pode identificar a maior parte dos impactos causados por uma gestão ineficaz. Estes resíduos são basicamente divididos em uma fração úmida e orgânica (como resto de alimentos e resíduos vegetais) e outra, composta por materiais secos e com potencial para reciclagem (como plásticos, papéis, vidros e metais). Uma fração menor e menos útil dos resíduos é chamada de rejeito (plásticos metalizados, papéis e plásticos contaminados, fraldas, fezes de animais e lixo de banheiro), cujas características inviabilizam sua comercialização e/ou reciclagem.

Avanços tecnológicos e de gestão ocorreram nas últimas décadas em busca das soluções desta problemática, porém, principalmente nos países em desenvolvimento, a gestão dos RSU ainda se apresenta como grandes desafios e obstáculos às gestões públicas municipais.

Este manual é fruto do Projeto “Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: Uma Análise das Inovações Institucionais em Políticas Públicas Municipais”, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e coordenado e executado pelo Departamento de Gestão Pública (GEP) da Escola de Administração de Empresas de São Paulo (EAESP) da Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Com foco nas boas práticas de gestão municipal sobre RSU no Brasil, foi idealizado em meados de 2018, sendo iniciado no final do mesmo ano. O plano inicial era lançar sua publicação em 2020 (ano em que a Política Nacional de Resíduos Sólidos completaria 10 anos), porém, devido a pandemia do novo coronavírus (COVID-19) sua publicação foi postergada para 2021. A nova data de lançamento coincide com os novos mandatos das prefeituras (que devem ocorrer entre os anos de 2021 e 2024), visando assim, a geração de resultados práticos para estas administrações.

Todo o conteúdo, sobre inovação em políticas públicas locais para a gestão dos RSU, está estruturado e será apresentado a partir dos seguintes capítulos:

Capítulo 1 – Breve contextualização sobre a problemática e os desafios da Gestão dos RSU, além dos objetivos deste manual;

Capítulo 2 – Conceitos e aspectos sobre Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos, utilizados como bases para diagnósticos e planejamento;

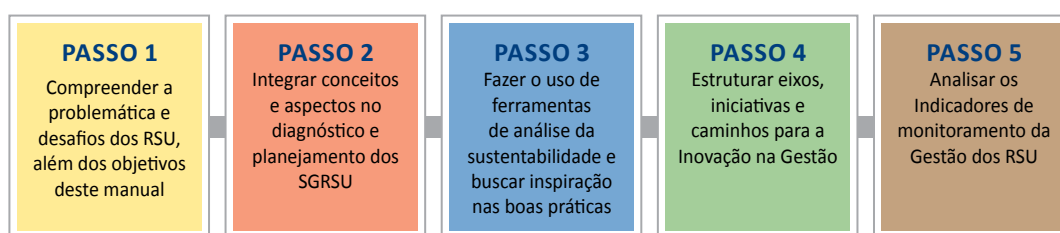
Capítulo 3 – Critérios para a seleção dos municípios estudados e das ferramentas e métodos utilizados para análise da sustentabilidade;

Capítulo 4 – Principais eixos de gestão, iniciativas e caminhos para a inovação para políticas públicas voltadas ao gerenciamento dos RSU;

Capítulo 5 – Apresentação de indicadores para o monitoramento das ações e acompanhamento dos resultados e da sustentabilidade dos Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (SGRSU);

Capítulo 6 – Considerações Finais.

FIGURA 1: Caminhos para o uso deste manual prático para inovação na gestão dos RSU.



Portanto, este manual poderá ser utilizado como forma de reflexão e conhecimento para os gestores, pesquisadores, empresas e toda sociedade que se dedica ao tema, seja através de seus conceitos que podem contribuir para os processos de diagnósticos e planejamento, como também por meio de sugestões sobre os principais caminhos que governos locais podem seguir para implementar ações efetivas de inovação sobre a gestão dos RSU. Além disso, é possível a utilização dos indicadores aqui apresentados como forma de monitoramento e avaliação das ações implementadas.

Boa leitura.

1. A Problemática e os Desafios dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

Inovações significativas na gestão de resíduos surgiram em períodos recentes para atender à crescente demanda por materiais e reduzir impactos ambientais e sociais, frutos de uma economia consumista e descartável. Assim, os desafios para a gestão de RSU se apresentam em todas as partes do mundo, tanto pela diversidade na sua composição e geração, como por aspectos tecnológicos e de gestão impostos aos gestores públicos, empresas e sociedade.

Em alguns países, em especial na União Europeia (onde pode-se destacar regiões da Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Holanda e Suécia), a implementação efetiva de práticas de gestão dos RSU resultaram em taxas próximas a 90% de reaproveitamento dos resíduos, por meio da combinação de ações de reutilização, reciclagem, compostagem e tratamento de resíduos com recuperação energética (por meio de incineração e/ou tratamento mecânico biológico) (Eurostat, 2019; Word Bank, 2013). Nestes países, práticas de prevenção e redução da geração também têm sido implementadas por meio de, por exemplo, ações de reutilização, “home” compostagem (compostagem caseira) e não geração

de embalagens. Tais iniciativas reduzem o envio de resíduos para os sistemas de gerenciamento, comumente formados pelas atividades de coleta, transporte, triagem, tratamento e disposição final.

No geral, principalmente em países em desenvolvimento, as etapas de tratamento e disposição final de RSU ocorrem através dos aterros sanitários. Tecnologias para tratamento da matéria orgânica (como compostagem ou biodigestores) ou aproveitamento energético de RSU (como incineradores) constituem investimentos que por muitas vezes estão fora da realidade de muitos países.

Em países como Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (que compõem o bloco dos BRICS), o envio dos resíduos para disposição no solo (irregular, como lixões, ou regular, aterros), ainda é a prática mais comum, com percentuais próximos a 98%, 95%, 93%, 63% e 100%, respectivamente (Paes et al, 2020a). Como comparação, 53% dos RSU gerados nos EUA em 2014 foram destinados a aterros, sendo outros 29% reciclados, 13% incinerados (com recuperação energética) e 5% enviados para compostagem (EPA, 2016).

No Brasil, após a publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o governo federal elaborou em 2011, o Plano Nacional de Resíduos (PLNR). O PLNR apresentou um diagnóstico da gestão de resíduos no Brasil, além de diretrizes, estratégias e metas, como por exemplo, previsão de aumento da reciclagem e compostagem e erradicação de lixões até o ano de 2014. A seguir, é apresentada a evolução ocorrida no intervalo de 10 anos, com base nos dados do PLNR e dos Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SNIS) para as quantidades de RSU gerados, tratados e destinados nos anos de 2008 e 2018.

Assim, mesmo após dez anos da publicação da política nacional e dos dados do IBGE e do SNIS, a redução das formas de disposição final inadequada (lixões e aterros controlados) foi de apenas 16 pontos percentuais sobre o total de resíduos gerados, passando de 40% (em 2008) para 24% (em 2018). Contrário também ao esperado o reaproveitamento dos resíduos secos e úmidos, pelas vias tecnológicas da triagem/reciclagem e compostagem permaneceu estável em cerca de 2% do total.

A reciclagem, que passou de 1,4% para 1,7%, teve um aumento aproximado de apenas 669 toneladas diárias, enquanto a compostagem regrediu no país.

Se analisadas ainda as informações sobre o número de municípios que possuem aterros sanitários (36% ou 1.986 cidades) e aqueles que possuem formas de disposição inadequada - como lixões e aterros controlados - (29% ou 1.617 cidades) e/ou ainda não responderam as pesquisas do governo federal (35% ou 1.967 cidades), estes dados ficam ainda mais impactantes (Figura 2). Observa-se ainda, o reduzido número de municípios que possuem coleta seletiva (apenas 1.322 ou 24%).

A capacidade técnica e financeira dos governos locais, articulação regional, conscientização e participação da população e da iniciativa privada, além da necessidade de investimentos e ações de infraestrutura e desenvolvimento tecnológico por parte de governos estaduais e federais, são barreiras comumente identificadas nas políticas urbanas em países em desenvolvimento e no Brasil (IPEA, 2018; Nações Unidas, 2017).

TABELA 1: Quantidade de RSU gerados, tratados e destinados nos anos de 2008 e 2018.

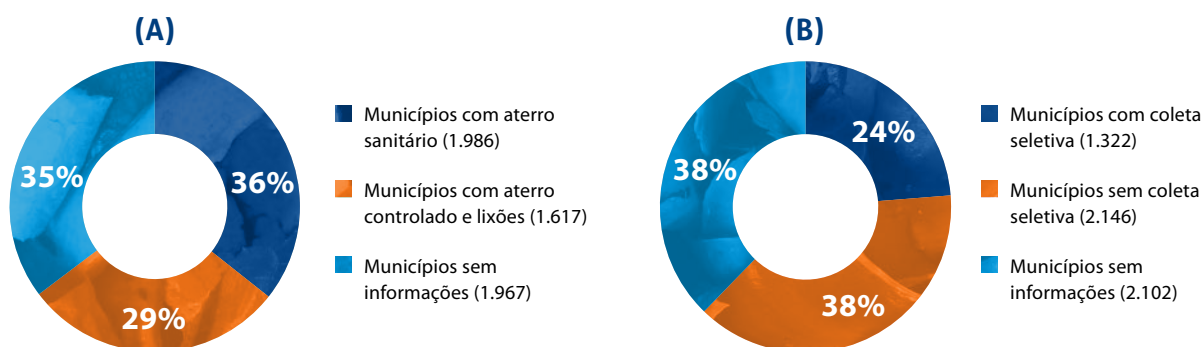
UNIDADES DE DESTINO	2008 ¹		2018 ²	
	T/DIA	%	T/DIA	%
Aterro Sanitário	110.044	58.3%	144.987	74.2%
Aterro Controlado ³	36.673	19.4%	21.742	11.1%
Lixão ³	37.986	20.1%	25.003	12.8%
sub total	184.703	97.8%	191.732	98.1%
Triagem e Reciclagem	2.592	1.4%	3.261	1.7%
Compostagem	1.520	0.8%	385	0.2%
sub total	4.112	2.2%	3.646	1.9%
Total	188.815	100.0%	195.378	100.0%

¹Dados do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2011) com base em estudos do IBGE para o ano de 2008.

²Dados do SNIS (2019) com base nas informações do diagnóstico do ano de 2018.

³Formas de destinação final consideradas como inadequadas pelo PLNR.

FIGURA 2: Número de municípios com aterros sanitários, controlados e lixões (A) e municípios com coleta seletiva (B).



Fonte: SNIS (2019), diagnóstico do ano de 2018.

Contudo, alguns municípios e regiões do Brasil têm mostrado que, mesmo com dificuldades, estes desafios podem ser enfrentados e transformados em oportunidades para melhorias das políticas públicas locais. Assim, este manual apresenta como alguns condutores das políticas e ações, superaram estas barreiras, demonstrando ainda caminhos possíveis de serem trilha-

dos e seguidos por outras localidades. Portanto, este manual prático tem como objetivo, apresentar ao leitor conceitos sobre a gestão dos RSU, caminhos possíveis para a inovação política, social e institucional, além de indicadores econômicos, ambientais e operacionais que podem servir como ferramentas para análise das políticas públicas locais.

2. Conceitos para o Diagnóstico e Planejamento da Gestão dos RSU

Neste capítulo serão apresentados inicialmente alguns conceitos e definições que envolvem o adequado diagnóstico, planejamento e tomada de decisões sobre os Resíduos Sólidos Urbanos.

2.1. Definições e responsabilidades

Resíduo Sólido: Bem ou subproduto com potencial de reaproveitamento, reuso ou tratamento, mesmo que para uso menos nobre do que o atual (Brasil, 2010; Paes, 2018).

Rejeito: Resíduo que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresenta outra possibilidade que não seja a disposição final ambientalmente adequada (Brasil, 2010; Paes, 2018).

Gerenciamento de Resíduos Sólidos: Conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de armazenamento, coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos e disposi-

ção final ambientalmente adequada dos rejeitos (Brasil 2010; World Bank, 2013).

Gestão Integrada de Resíduos: Visão mais ampla e estratégica. Conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, sob a premissa do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2010).

A Tabela 2 apresenta a matriz de responsabilidades pelo gerenciamento de cada tipo de resíduo, onde se observa que o gerador, em muitos casos, passa a ser o responsável pelo seu gerenciamento, desde a geração até sua disposição final.

2.2. Impactos Socioambientais e Econômicos

Para compreender e refletir sobre os resíduos sólidos urbanos é necessário considerar os aspectos espaciais/territoriais, ambientais, de saúde, sociais, econômicos, culturais/educacionais, políticos e institucionais.

TABELA 2: Matriz de responsabilidades sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos.

TIPO DE RESÍDUOS	RESPONSÁVEL PELO GERENCIAMENTO
1 - Resíduos domiciliares	Prefeitura Municipal
2 - Resíduos de limpeza urbana	Prefeitura Municipal
3 - Resíduos sólidos urbanos	Prefeitura Municipal
4 - Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços (*)	Gerador/ Prefeitura Municipal
5 - Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	Gerador
6 - Resíduos industriais	Gerador
7 - Resíduos de serviços de saúde	Gerador
8 - Resíduos da construção civil	Gerador
9 - Resíduos agrossilvipastoris	Gerador
10 - Resíduos de serviços de transportes	Gerador
11 - Resíduos de mineração	Gerador

Fonte: Brasil, (2010); Paes, (2018), adaptado pelo próprio autor.

*Pode variar de acordo com legislação municipal específica sobre a quantidade máxima (kg/dia ou m³/dia) que o Poder Público Municipal coleta e transporta.

Assim, para questões complexas não existem respostas prontas e imediatas. Uma das formas de se equacionar os problemas e desafios dos RSU no Brasil (e em locais com características semelhantes), é a aplicação dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar), em todos os setores da sociedade. Somam-se ainda as alternativas de tratamento e disposição final de resíduos, associadas a implantação de ações eficientes de logística reversa, coleta seletiva e reciclagem, além das práticas de prevenção (Paes, 2018).

Devido aos desafios contemporâneos dos processos de urbanização, poluição e escassez de recursos, estudos vêm utilizando métodos para a avaliação de impactos ambientais dos RSU e demonstrando que diversas categorias de impacto são influenciadas diretamente pelos SGRSU. Destacam-se alguns impactos não tóxicos dos RSU, como mudanças climáticas, depleção de ozônio estratosférico, acidificação, formação de ozônio fotoquímico e eutrofização. Há ainda impactos tóxicos, como ecotoxicidade aquática e terrestre, toxicidade

humana e materiais particulados, além de escassez de recursos naturais não renováveis e uso do solo (Laurent *et al.*, 2014a, 2014). Alguns métodos ainda relacionam essas categorias com suas consequências finais, isto é, como cada impacto ambiental pode contribuir para, por exemplo, afetar a saúde humana, as consequências ecológicas dos ecossistemas e escassez dos recursos naturais (UNEP, 2010).

Estudos destacam ainda que os RSU podem contribuir para reduzir a pressão sobre a extração de recursos naturais e também servir como fonte de matéria prima e energia, incluindo o uso de composto para agricultura, reutilização e reciclagem e geração de energia por meio dos processos de biodigestão e incineração (Paes, 2020a, 2020b; Laurent *et al.*, 2014b; UNEP, 2010).

No que tange à saúde da população, tanto as áreas próximas aos depósitos de resíduos, quanto os trabalhadores dos serviços de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos, podem ser afetados diretamente (UNEP, 2010; World Bank, 2013). Os impactos provocados pelos

resíduos sólidos podem também afetar a população em geral por meio da poluição e contaminação dos corpos d'água e dos lençóis subterrâneos (Bellezoni *et al*, 2014). Esse quadro torna-se ainda mais preocupante em áreas lixões e aterros ditos "controlados" (mas que não passam de lixões maquiados) ainda existentes no Brasil, em que sabidamente há poluição dos recursos naturais, a contaminação biológica e a proliferação de vetores de doenças infectocontagiosas, além da presença de pessoas vivendo da comercialização e consumo desses resíduos, sem qualquer segurança (Paes, 2018)

Os trabalhadores diretamente envolvidos com os processos de manuseio, coleta, transporte, triagem e destinação final dos resíduos, também estão expostos aos impactos advindos dos resíduos sólidos. A exposição neste caso se dá pelos riscos de acidentes de trabalho provocados pela ausência de treinamento, pela falta de condições adequadas de trabalho e pela inadequação da tecnologia utilizada, como os sistemas de coleta manual frequentemente utilizados em países em desenvolvimento. Os riscos de contaminação pelo contato direto com os resíduos (onde há maiores probabilidades da presença ativa de microrganismos infecciosos) também se apresentam como problemas de saúde (Paes, 2018; UNEP, 2010).

É importante notar também que todos esses resíduos que muitas vezes são desperdiçados e enterrados, também podem ser fontes de geração de emprego e renda e ganhos econômicos para toda a sociedade. No que se refere aos aspectos sociais destaca-se a inclusão social relacionada ao tema dos resíduos no Brasil, tema relevante que deve ser foco de políticas públicas visando a redução de desigualdades, inclusão social, geração de renda e efetiva melhora ambiental (por exemplo, na limpeza pública e aumento da reciclagem de resíduos). Segundo pesquisa desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA) em 2009 para o Brasil, se todo o material com potencial para ser reciclado fosse recuperado, os benefícios à economia nacional poderiam atingir R\$ 8 bilhões ao ano (IPEA, 2010).

2.3. Fatores de Influência no Gerenciamento dos RSU

A seguir serão apresentados alguns **fatores que influenciam** a Gestão dos RSU e, portanto, devem ser considerados **nos seus processos de diagnóstico e planejamento** (Paes, 2018), como:

- ✓ Número atualizado de habitantes do município;
- ✓ Poder aquisitivo, hábitos e costumes da população;
- ✓ Nível educacional;
- ✓ Condições territoriais e climáticas predominantes da região em análise;
- ✓ Geração *per capita*, obtido por amostragem e gravimetria;
- ✓ Taxa de crescimento populacional;
- ✓ Taxa de incremento futuro dos serviços de limpeza pública e;
- ✓ Taxa de incremento da geração *per capita*.

2.4. Etapas de Gerenciamento e a Hierarquia na Gestão dos RSU

Ainda para uma boa compreensão do funcionamento de um SGRSU é necessário visualizar e entender todas as **etapas do sistema** e como elas interagem, (Paes, 2018; World Bank, 2013), começando pela:

1. **Dimensão estratégica:** Existências de leis e planos de gestão de resíduos, políticas de educação ambiental, mudanças climáticas, inclusão social de catadores, participação social da população, capacitação dos funcionários, entre outras;
2. **Sistemas de armazenamento, coleta e transporte dos resíduos:** Tipos de lixeiras e/ou contêineres,

dias e frequência da coleta, itinerários, tipos e capacidades dos caminhões e dos sistemas de coleta (comum e diferenciados), entre outros;

3. **Sistemas de triagem e processamento:** Se há cooperativas ou associações de catadores, sistemas informais e a cadeia produtiva da reciclagem e;
4. **Tratamento e disposição final:** Conhecimento das práticas e tecnologias de tratamento (como compostagem, tratamento mecânico biológico e incineradores) e disposição final em solo, como aterros sanitários.

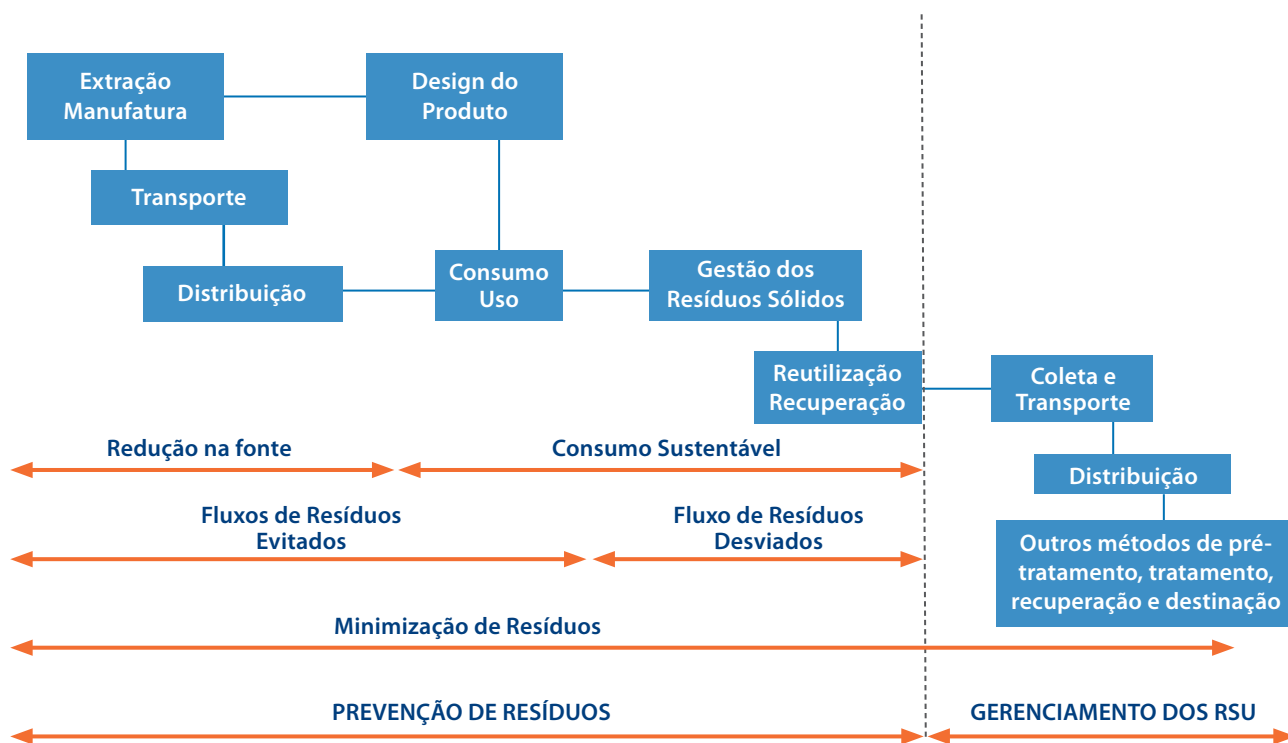
Além das etapas que constituem os SGRSU, alguns **princípios e objetivos** foram **estabelecidos e adotados** pela União Europeia, EUA e também no Brasil, com foco na hierarquia da gestão de resíduos, por meio da prevenção e redução, reutilização, reciclagem e tratamento

de resíduos, além da disposição final de rejeitos (Brasil, 2010; EPA, 2018; European Commission, 2012). A seguir, etapas desta hierarquização.

A **Prevenção** pode ser compreendida como um conjunto de práticas que têm por objetivo minimizar os danos à saúde humana e ao meio ambiente, antes que os subprodutos das atividades humanas ingressem nos fluxos de gestão de resíduos (OECD, 2000; Paes, 2018), como exemplificado na Figura 3.

Desta forma, pode-se compreender por meio da Figura 3, o escopo em que ações e políticas de prevenção e gestão de resíduos estão inseridas, assim como sua relação direta com os custos e impactos ambientais dos SGRSU. Nota-se, portanto, que a redução, minimização e não geração dos resíduos estão diretamente ligadas às práticas de prevenção, estando na maioria das vezes sob

FIGURA 3: Ações de prevenção e gestão de RSU no contexto do ciclo de vida.



Fonte: Adaptado de European Commission (2012).

a responsabilidade do gerador, além de responder a incentivos do poder público (European Comissão, 2012; Paes, 2018).

A **Reutilização**, que ainda se encontra inserida dentro das práticas de prevenção, pode ser compreendida como processos de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, para os mesmos ou diferentes usos. Como exemplos de reutilização podemos citar a doação e reuso de roupas, brinquedos, móveis e aparelhos eletroeletrônicos e a reutilização de garrafas pet pra refrigerar água, pneus pra contenção de encostas, sacos plásticos de supermercados como saquinhos de lixo, madeiras de caixas de feira/pallets pra construir móveis, entre outros (Brasil, 2010; Paes, 2018).

Já a **Reciclagem**, pode ser definida como um processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insussumos ou novos produtos (Brasil, 2010; Paes, 2018).

2.5. Tecnologias de Tratamento e Destinação Final de RSU

Agora abordando de maneira rápida, as principais **Técnicas de Tratamento e Destinação de RSU** utilizadas na atualidade, serão apresentados alguns conceitos sobre as tecnologias de Compostagem, Tratamento Mecânico Biológico (TMB), Tratamento Térmico (Incineração) e Aterros Sanitários.

A **Compostagem** é compreendida como uma técnica de transformação dos resíduos orgânicos, através de processos físicos, químicos e biológicos, em material mais estável e resistente, denominado composto orgânico (com características de solo e húmus). É um processo controlado de estabilização e decomposição de resíduos orgânicos (preferencialmente putrescíveis),

promovido por microrganismos normalmente aeróbios, e com o auxílio da ação humana para sua otimização (Paes, 2018).

Nestes processos, procura-se reproduzir algumas condições ideais (de umidade, temperatura, oxigênio e de nutrientes), para favorecer e acelerar a degradação dos resíduos de forma segura (evitando a atração de vetores de doenças e eliminando patógenos e maus odores). É um método simples e seguro que, quando bem feito, garante um produto uniforme que pode ser utilizado no cultivo de plantas e pode ser realizado tanto em escalas pequena (doméstica), quanto média (comunitária/institucional) ou grande (municipal/industrial) (Blanco *et al.*, 2010; Brasil, 2017).

A tecnologia de **Tratamento Mecânico Biológico (TMB)**, considera a separação dos RSU por via mecânica, em que o resíduo orgânico é separado das demais frações secas e, em seguida, encaminhado ao tratamento biológico por meio da digestão anaeróbia em biodigestores (IPCC, 2006; Paes, 2018; Pires *et al.*, 2011). A parte não orgânica, dependendo da qualidade, pode ser enviada ainda para reciclagem (Paes, 2018).

O tratamento em biodigestores consiste na geração de dois produtos principais. A fração gasosa, composta basicamente por gás metano (CH_4) é chamada de biogás e possui alto poder combustível. Após tratamento para retirada da umidade e do excesso de CO_2 (gás não combustível), o biogás se assemelha ao gás natural, podendo ser utilizado em motores adaptados ao uso deste gás. Já a fração sólida, chamada de bioresíduos, pode ser utilizada como matéria-prima rica em nutrientes para o solo agrícola (geralmente necessitando uma espécie de compostagem antes do uso) ou combustíveis em processo de incineração (com ou sem recuperação de energia) (IPCC, 2006; Paes, 2018; Pires *et al.*, 2011). Após o tratamento da matéria orgânica em biodigestores, pode-se obter uma redução média de cerca de 40% no volume dos resíduos tratados (Barros, 2012; Paes, 2018; Tessa, 2014).

O processo operacional da digestão anaeróbia é composto normalmente por quatro etapas: 1) pré-trata-

mento; 2) digestão dos resíduos; 3) recuperação do biogás e; 4) tratamento dos rejeitos (Soares, 2016). Em geral, é necessário o pré-tratamento, pois é o momento que se busca obter uma massa homogênea para a adequada decomposição dos resíduos, retirando aqueles materiais impróprios para a digestão, como vidros, metais e outros materiais indesejáveis. Num sistema biodigestor típico, a massa é diluída em água ou lodo de esgoto, permanecendo por aproximadamente 20 dias, onde os efluentes líquidos também podem ser utilizados (através da recirculação) como fonte de umidade ao processo. A composição do biogás se apresenta próxima da-quele gerado em aterros sanitários, com 60% de metano e 40% de dióxido de carbono (IPCC, 2006; Jungbluth *et al*, 2007; Soares, 2016).

Já o **Tratamento Térmico**, realizado por meio de **Incineradores**, é um processo que reduz de maneira acentuada o volume (em até 90%) e o peso (em até 70%) dos resíduos. Esta tecnologia é realizada por meio de combustão controlada, com monitoramento permanente, visando à disposição ou reutilização do material remanescente (cinzas e escórias metálicas), em aterros ou como agregados para construção civil. É fundamental que haja grande quantidade de resíduos secos comburentes e com alto poder calorífico, como papéis e plásticos. Caso contrário, parte da energia usada será para evaporar a água presente nos resíduos (Barros, 2012; Doka, 2009a; Paes, 2018). A incineração é aconselhável para o tratamento térmico de grandes quantidades de resíduos sólidos (mais de 160.000 t/ano ou 500 t/dia) (BNDES, 2014).

Estas usinas utilizam a incineração de RSU para a produção de vapor, que irá acionar uma turbina, acoplada a um gerador que produzirá energia elétrica. As usinas atuais são desenvolvidas a depender da composição dos RSU que irão receber, o que irá determinar, além da tecnologia escolhida, a quantidade de energia gerada (Soares, 2016). A tecnologia mais utilizada é conhecida como "*mass burning*", onde os resíduos são incinerados diretamente sem qualquer tipo de tratamento ou beneficiamento. Entre suas principais vantagens destacam-se

o uso direto da energia térmica para produção de vapor e energia elétrica; processo contínuo de alimentação de resíduos e que apresentam baixo ruído e odor; ocupação de áreas menores comparadas à outras alternativas, como os aterros. Como desvantagens podem-se destacar altos custos de investimento, operação e manutenção; necessidade de controle de resíduos úmidos, tóxicos e perigosos; necessidade do uso de combustíveis auxiliares para combustão; possibilidade da presença de metais tóxicos nas cinzas e; geração de gases como dioxinas e furanos, exigindo grandes investimentos para monitoramento e controle de emissões atmosféricas (Doka, 2009a; IPCC, 2006; Paes, 2018; Soares, 2016).

Vale aqui destacar ainda, que algumas localidades vêm integrando as plantas de TMB e incineração, buscando o tratamento dos resíduos que não foram reaproveitados pelos processos de reuso, reciclagem e compostagem, para seu reaproveitamento e/ou da geração de energia (AMB, 2020; Tersa, 2014).

Como principal forma de destinação final no Brasil, os **Aterros Sanitários** devem possuir impermeabilização do solo, isolamento físico, sistemas de drenagem de gases, águas pluviais e lixiviados (chorume) e compactação para confinar os resíduos e rejeitos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-o com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou em intervalos menores, se necessário (Brasil, 2011). Estas estruturas também devem evitar a presença de catadores e devem ser monitoradas por aproximadamente 20 anos após a sua desativação, já que a decomposição dos resíduos ainda irá emitir gases (como metano) e efluentes (como chorumes), sendo, portanto, um passivo de longo prazo para seus gestores (Paes, 2018).

Os Aterros Sanitários, assim como os biodigestores, também geram biogás, com cerca de 60% de metano e assim têm potencial para geração de energia elétrica ou motriz (Doka, 2009b; IPCC, 2006). A geração do biogás ocorre através de quatro fases características da vida útil de um aterro, sendo: 1) fase aeróbia, onde se começa a ser produzido o CO₂; 2) esgotamento de O₂, que resulta

em um ambiente anaeróbio com grandes quantidades de CO_2 ; 3) fase anaeróbia, onde se inicia a produção de CH_4 , com redução na quantidade de CO_2 produzido e; 4) fase final, onde há produção quase estável de CH_4 , CO_2 e N_2 (Doka, 2009b; IPCC, 2006).

As principais alternativas tecnológicas para o aproveitamento do biogás gerado são: 1) uso direto do gás de médio poder calorífico; 2) produção de energia elétrica após conversão em motores adaptados ou; 3) venda direta do biogás como fonte de CH_4 (similar ao gás natural) através de gasodutos ou como gás veicular (Paes, 2018).

2.6 Alternativas de Gestão e Economia Circular

Outro aspecto importante que vem sendo explorado por pesquisadores na área de resíduos é o desenvolvimento de **Alternativas de Gestão mais Locais e Descentralizadas**, principalmente em grandes centros urbanos e regiões metropolitanas, que podem ser compreendidas como medidas que possuem potencial para reduzir os resíduos enviados aos sistemas de coleta, transporte, tratamento e disposição final. Exemplo dessas iniciativas são a instalação de pontos de entrega voluntária (para materiais recicláveis e com potencial de reuso) e as compostagens residencial e comunitária, combinadas às práticas de prevenção, redução e não geração de resíduos (Paes, 2020a).

Neste sentido, o conceito de **Economia Circular** surge como uma alternativa de resposta ao desejo de um crescimento sustentável. A base da economia global moderna ainda é baseada num modelo linear e insustentável de extração, produção, uso e eliminação/descarte de materiais, onde todos os produtos alcançarão inevitavelmente o fim de sua vida útil (Paes et al, 2019).

No entanto, na Economia Circular, as perdas são “excluídas desde o princípio” e os resíduos devem ser vis-

tos e transformados em matérias-primas e recursos. Os materiais biológicos podem ser devolvidos ao solo, por compostagem ou digestão anaeróbia, ou ainda reaproveitados de maneira direta (pelas técnicas conhecidas como cascata ou *Mulching*, através do recobrimento do solo com matéria orgânica, como folhas, gravetos e pedaços de madeira). Os materiais técnicos – polímeros, vidros, metais, papéis e outros materiais industrializados criados pelo homem – podem ser recuperados, atualizados, modificados, beneficiados ou renovados, reduzindo a energia necessária para produção de novos materiais, além de aumentar o valor agregado (econômico e de recursos) na cadeia de recicláveis (Paes, 2019; Silva, 2017; Stahel, 2016). A abordagem de economia circular se divide em dois grupos: aqueles que promovem a reutilização e prolongam a vida útil através do reparo, conserto, remanufatura, atualizações e reformas e; aqueles que transformam bens antigos em novos recursos por meio da reciclagem/tratamento dos materiais e resíduos (Suavé et al., 2016).

Portanto, os melhores indicadores podem ser atribuídos aos **avanços legais e tecnológicos** das últimas décadas, como também aos **modelos de gestão utilizados**, onde a efetividade das políticas públicas está ligada diretamente aos processos de planejamento, participação social e controle local da gestão dos resíduos, além de como as instituições atuam nas relações intergovernamentais, como nas políticas setoriais, políticas de outros níveis governamentais, sociedade civil, academia, iniciativa privada e dentro de si mesma (Guerrero, 2013; Puppim de Oliveira, 2009, 2017; Nações Unidas, 2017).

Especialistas nesses temas destacam ainda que, a maturidade, participação e envolvimento social, político e institucional são determinantes para o sucesso de políticas públicas de **transição e inovação para a sustentabilidade**, que gerem (co)benefícios econômicos e ambientais para a sociedade (Roppongi, H., Suwa, A., Puppim de Oliveira, J.A, 2016).

Em localidades que demonstram avanços em políticas públicas ambientais, incluindo as boas práticas de gestão integrada de resíduos, pode-se atribuir tais ama-

durescimentos às práticas de **inovação institucional** ligadas a implementação de ações como a identificação e fortalecimento de lideranças, campanhas de conscientização, capacitação dos envolvidos e partes interessadas (*stakeholders*), gestão e monitoramento de informação, fortalecimento das relações entre os governos mu-

nicipais, estaduais e nacionais, participação das partes interessadas nos processos de planejamento e controle, além do monitoramento da implementação gradual das políticas combinadas a avaliação dos resultados por parte da sociedade (Roppongi, Suwa & Puppim de Oliveira, 2016; Puppim de Oliveira, 2017).

3. A Busca por Ferramentas e Boas Práticas na Gestão de RSU

Visando compreender, avaliar e propor diretrizes para a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (GIRSU), este manual utiliza **ferramentas** que possibilitam a análise do:

- ✓ *Envolvimento das partes interessadas* (usuários dos serviços, organizações não governamentais - ONGs, iniciativa privada formal e informal, governos municipais e demais esferas governamentais),
- ✓ *Princípios funcionais* (dimensões ambientais, econômicas, políticas, sociais e institucionais) e
- ✓ *Etapas de gerenciamento de resíduos* (geração, coleta, transporte, triagem, tratamento e disposição final) - conforme apresentado na Figura 4 (maiores detalhes no Apêndice A).

Após a seleção das ferramentas e métodos de análise para a GIRSU, os autores deste manual selecionaram seis municípios brasileiros como estudos de caso (apresentados na forma de boxes no capítulo 4, além de seus SGRSU no Apêndice B) que serviram como base para

os estudos e definição dos caminhos para a inovação. O primeiro critério de seleção foi a escolha de localidades que apresentassem índices de reaproveitamento de RSU superior a 20%.

No entanto, a fim de aumentar a representatividade dos estudos de caso neste manual, foram definidos critérios adicionais para seleção das localidades, a saber:

- a) Distribuição geográfica em diferentes regiões, uso do território e número de habitantes;
- b) Modalidades de gestão de RSU (administração pública direta, autarquias, empresas privadas, cooperativas, associações, sistemas mistos ou outros tipos de parcerias);
- c) Localização econômica das cidades (agrícola, industrial, serviços, comércio, florestal e agroextrativismo).

Assim, além da identificação preliminar de três municípios que apresentaram elevados índices de reaproveitamento de RSU (**Harmonia/RS, Ibertioga/MG e Palmeiras de Goiás/GO**), foram selecionados também:

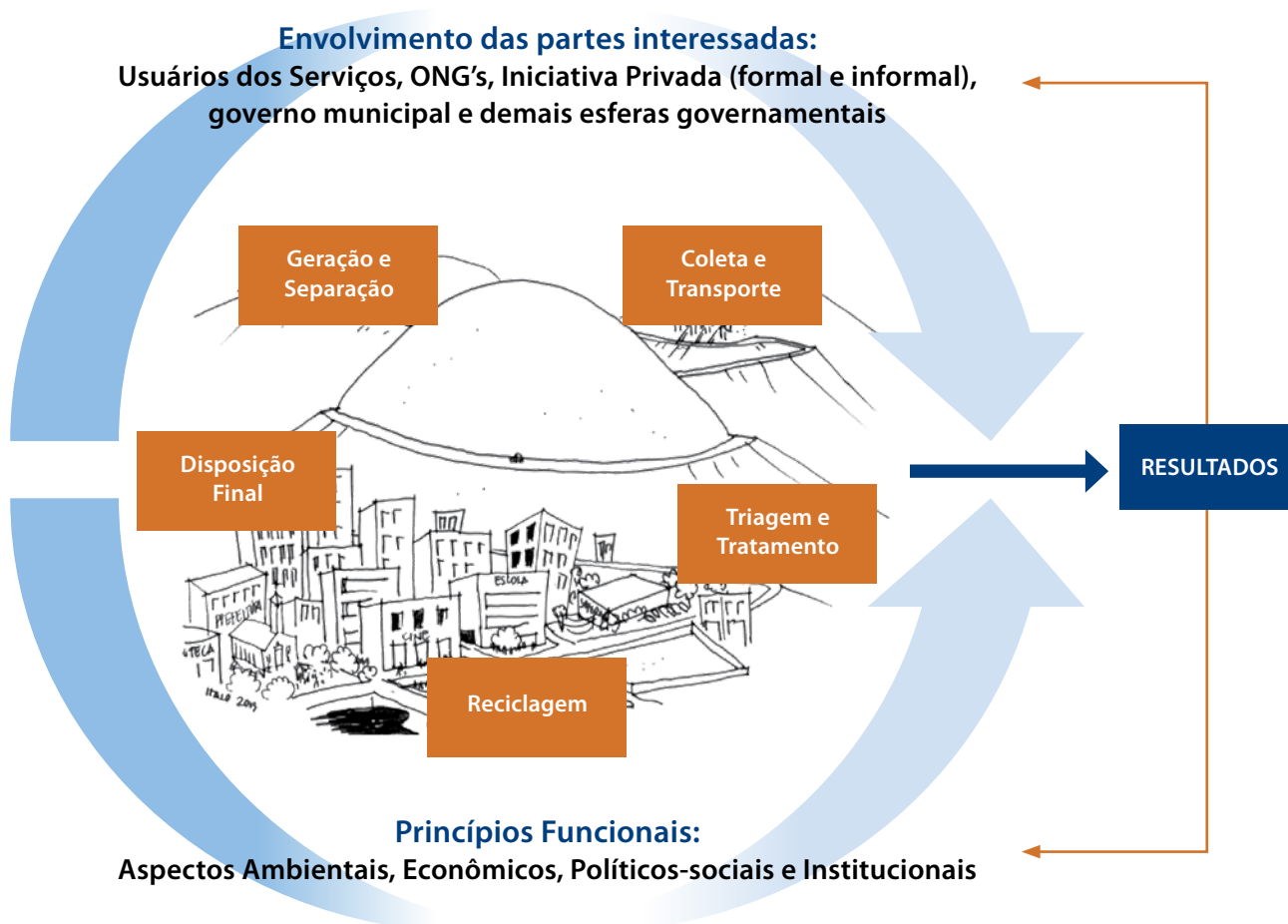
uma metrópole, com mais de 12 milhões de habitantes (**São Paulo/SP**); uma capital de estado da região Norte, com cerca de 400.000 habitantes (**Rio Branco/AC**) e; uma cidade localizada no coração da floresta (amazônica) que ocupa 60% do território nacional (**Carauari/AM**), onde foi possível estudar ainda, a gestão de resíduos em comunidade florestais e agroextrativista, conforme visualizado na Figura 5.

Para se ter uma ideia da distribuição demográfica do país, apenas 15% da população brasileira vive em

cidades com menos de 20.000 habitantes, porém estes municípios representam 68,4% (3.808) dos 5.570 existentes no país. Cerca de 70% da população do Brasil vive em cidades com mais de 50.000 habitantes, o que representa 12% (649) dos municípios. Por outro lado, 22% da população vive nas 17 cidades (0,3%) com mais de 1 milhão habitantes (IBGE, 2018).

Com base nessa distribuição geográfica e populacional heterogênea, este manual buscou olhar para essa diversidade de informações que impõe enormes desa-

FIGURA 4: Modelo de gestão integrada.



Nota: Detalhes sobre o modelo de gestão integrada podem ser encontrados no Apêndice A deste mesmo manual. Fonte: Adaptado de Paes e Puppim de Oliveira, 2019.

FIGURA 5: Localização das cidades selecionadas como estudos de caso que serviram como base para a elaboração deste manual.



fos para a gestão das cidades brasileiras. Desta forma, acredita-se que a variabilidade geográfica, populacional, socioeconômica, ambiental e de diferentes sistemas de gestão de RSU considerados na elaboração deste ma-

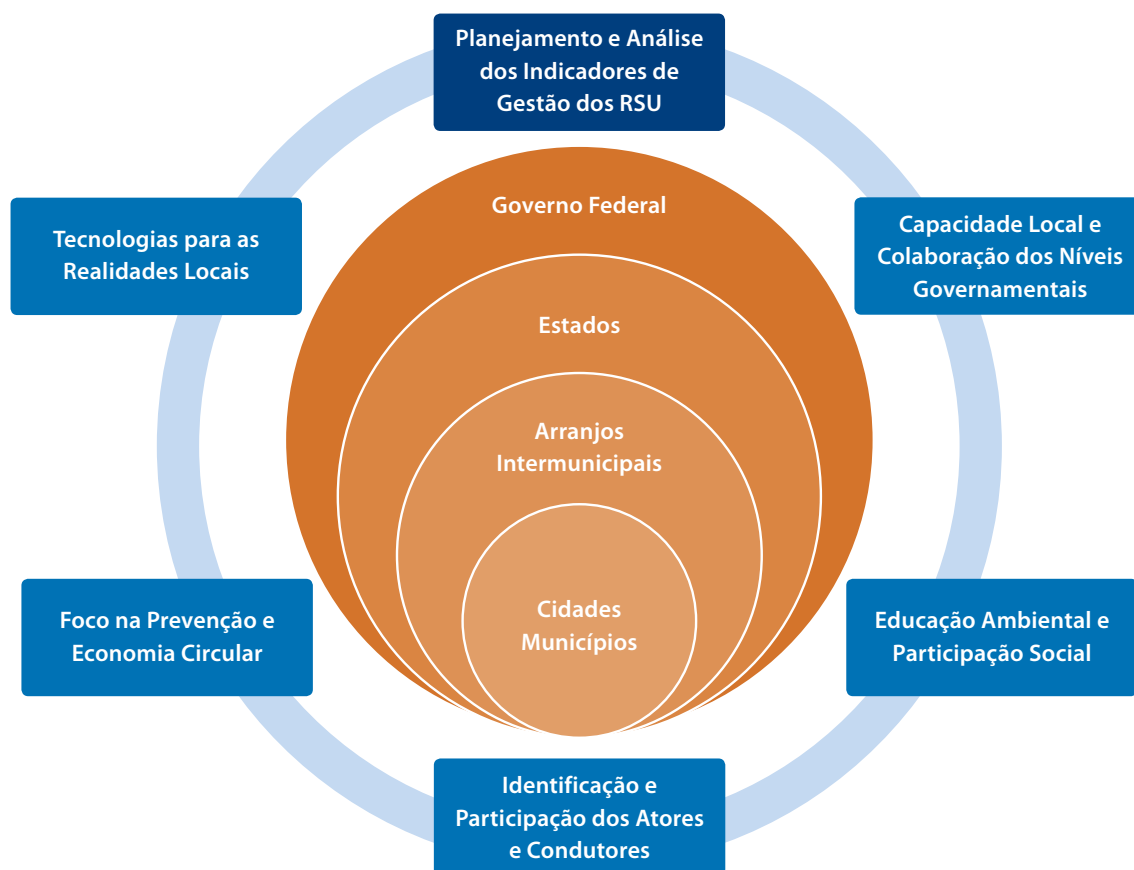
nual, possibilite ao leitor uma ampla amostragem da realidade brasileira (ver Tabela do Apêndice B - Indicadores geográficos, socioeconômicos e ambientais dos municípios).

4. Caminhos para Inovação da Gestão dos RSU

Além do entendimento de fatores e conceitos que influenciam os processos de diagnóstico e planejamento (apresentados no capítulo 2) e dos indicadores que podem servir como base para análise da sustentabilidade dos SGRSU (que serão apresentados no capítulo 5), a

seguir são apresentados alguns eixos, passos, iniciativas e caminhos possíveis (para a inovação política, social e institucional) para que diferentes localidades possam se inspirar e avançar na melhoria dos seus sistemas de gestão de RSU.

FIGURA 6: Eixos e caminhos possíveis para a inovação na gestão de RSU.



4.1 Capacidade Local e Colaboração dos Níveis Governamentais

Como primeiro pilar, a **Capacidade Técnica e Política Local**, além da participação e atuação dos Governos Estaduais e União, se apresentam como peças fundamentais para os processos de inovação na gestão pública municipal, onde importantes iniciativas e atividades (a nível local) foram identificadas e podem ser seguidas, como:

- ✓ *Atuação intersetorial* dos departamentos, diretorias e/ou secretarias municipais, através de programas, projetos e ações. Como exemplo de ações em sintonia, pode-se destacar as secretarias e/ou setores como fazenda, administração e/ou governo que devem possuir dados ágeis e confiáveis, além de apoio político às ações de gestão dos RSU. Outros exemplos, são: o setor de meio ambiente atuando no planejamento, gerenciamento e controle das atividades de resíduos; o setor agrícola contribuindo com ações de compostagem e hortas (residenciais e/ou comunitárias); a secretaria de educação através dos projetos de educação ambiental; a secretaria de saúde, por meio de orientação e inspeção de residências e empresas, sobre a correta separação e manuseio dos resíduos e; a secretaria ou setor de obras e/ou serviços públicos na prestação dos serviços de gerenciamento de resíduos.
- ✓ *Institucionalização da equipe, ações e projetos*. Todas as localidades avaliadas por este manual, apontaram a alta rotatividade de funcionários na área de gestão de RSU como dificuldade para a efetivação de ações, o que consequentemente afeta o andamento e a continuidade de ações e projetos. Portanto, é necessária a efetivação de equipe da administração pública local que trabalhe com a gestão de RSU e que esta não seja afetada diretamente pelas trocas de governo, quando ocorrem, principalmente, as eleições municipais. Planos de gerenciamento de resíduos, elaborados em conjunto com a sociedade e aprovados por lei junto às câmaras municipais, também se apresentam como importantes instrumentos para tornar as questões dos resíduos mais efetivas, por meio de políticas públicas de estado e não apenas de governos.
- ✓ *Captação de recursos e iniciativas em colaboração* com outros entes governamentais e instituições podem fazer toda a diferença para o desenvolvimento e efetivação de projetos para captação de recursos e/ou parcerias em ações de colaboração. Todos os municípios analisados apresentaram ações, projetos e programas (na área ambiental) em colaboração com diferentes entes federativos (como Estados e União) e/ou instituições (como universidades, ONG's, institutos, sindicatos, empresas e organizações internacionais).
- ✓ *Apoio das lideranças locais* às ações para RSU. Sem prioridade e apoio político sobre o tema, maior será a dificuldade de mobilização de recursos (financeiros, humanos e tecnológicos) e integração dos setores/departamentos/secretarias da administração municipal. Portanto, o sucesso e o avanço sobre os bons indicadores, dependerão de forte e real prioridade política local.
- ✓ *Disponibilidade e clareza de dados e informações*. Onde houve dificuldade para encontrar, compreender e organizar dados, verificou-se menor desempenho. Portanto, conhecimento e transparência sobre as informações da gestão de RSU, como geração (total e/ou per capita) de resíduos, tipos de coleta e transporte, tratamento e/ou disposição final, além de informações sobre contratos, aspectos econômicos, ações e projetos sobre resíduos, demonstram serem peças fundamentais para o bom desempenho dos SGRSU.
- ✓ *Conhecimento sobre boas práticas* de Gestão de RSU. Não foi necessário encontrar grandes obras, investimentos ou tecnologias para se ver bons resultados. Foi através do conhecimento da realidade local, das

etapas (coleta, transporte, triagem, tratamento e disposição final) do gerenciamento dos RSU e daquilo que era possível executar e administrar, que determinadas localidades conseguiram superar os obstáculos e efetivar boas práticas. Para isso, o envolvimento técnico e político e o desenvolvimento de processos contínuos de capacitação, tornam-se fundamentais para se adquirir os conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias para um gestor da área de RSU, incluindo o conhecimento sobre tecnologias.

- ✓ *Eficiência no Uso dos Recursos Públicos.* Como será demonstrado no capítulo 5 (Análise Integrada das Realidades e Indicadores), foi possível observar que o município que gasta a maior parcela do orçamento municipal e por habitante, não é o mais eficiente em termos ambientais e de reaproveitamento dos RSU. Além disso, entender que investimento público não é gasto, pode ajudar os gestores públicos a concentrar esforços na capacitação dos funcionários, mobi-

lização da população e educação ambiental, já que estes aspectos são fundamentais aos processos de participação e gerenciamento dos RSU.

Junto a Capacidade Técnica e Política Local, outro aspecto fundamental para os processos de Inovação na Gestão dos RSU é a existência de iniciativas de **Colaboração e Participação do Estado e Governo Federal**. Estes importantes entes federativos podem participar de maneira direta e indireta na gestão dos RSU.

A **Participação Direta do Estado** pode ocorrer, por exemplo, como no caso de Minas Gerais (MG), por meio de apoio financeiro e técnico aos municípios, como:

- ✓ Repassasse de recursos através do “ICMS Ecológico” àqueles municípios que têm bons índices de gestão e reaproveitamento de RSU.
- ✓ Remuneração de cooperativas e associações de catadores que apresentam bom desempenho (Exemplo: Projeto “Bolsa Reciclagem”).
- ✓ Apoio técnico e capacitação aos municípios, através de termo de parceria com Organização da Sociedade Civil – Ex.: Instituto de Gestão de Políticas Sociais (GESOIS) – para: construção e operação de centros de triagem, compostagem e aterros sanitários; criação e gestão de cooperativas e associações e; formação de consórcios públicos.
- ✓ Termo de parceria com o Ministério Público (por meio do Governo do Estado), para orientação aos municípios sobre a correta gestão dos RSU.

Outros aspectos importantes que todos os estados dos municípios e casos estudados apresentaram, foram as ações de elaboração dos planos estaduais de resíduos, que contribuíram para reflexões sobre os processos de regionalização da gestão dos RSU, e também a fisca-

lização dos aterros e lixões, através dos órgãos estaduais de licenciamento ambiental.

A **Participação Indireta dos Estados**, pode ocorrer por meio das boas condições de transporte e infraestrutura regional, como boas rodovias e existência de indústrias de reciclagem, que possam contribuir para os processos de logística e remanufatura reversa, além de investimentos em ciência e tecnologia.

O **Governo Federal**, também pode contribuir de maneira **indireta**, através do incentivo às indústrias da reciclagem e projetos de infraestrutura de transportes, ciência e tecnologia. No entanto, nota-se que a efetividade de determinadas políticas locais, a exemplo dos RSU, está fortemente atrelada a sua participação **direta**, através da disponibilidade de recursos financeiros do Governo Federal, como demonstrado na ocasião dos recursos utilizados para a construção da Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos (UTRE) e outros projetos em Rio Branco, do aterro sanitário de Palmeiras de Goiás e de ações de

infraestrutura e capacitação de cooperativas e catadores na cidade de São Paulo.

Apenas para Rio Branco (AC), entre os anos de 2012 e 2018, o Governo Federal destinou aproximadamente R\$ 4,7 milhões, por meio de nove convênios para área ambiental e de resíduos, através da Fundação Banco do Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Turismo e Ministério das Cidades. Destes, três convênios foram destinados via emenda de apenas um deputado federal do Estado, enquanto outros três por apenas um senador da República, também do Estado do Acre. Anteriormente, houve ainda mais um convênio do Ministério das Cidades - no valor de R\$ 13 milhões, para o financiamento e construção da UTRE, composta pelas unidades de triagem, compostagem e aterro, inauguradas em outubro de 2009 - demonstrando assim, a importância da participação direta e de financiamento de ações e projetos do Governo Federal, uma vez que os municípios não possuem condições para a realização de tais projetos de forma independente.

Capacidade Técnica da Gestão Local e Participação do Estado – Ibertioga (MG)

O Sistema de Gerenciamento de RSU de Ibertioga é composto pelas atividades de coleta, transporte e destinação para a Unidade de Triagem e Compostagem (UTC) que conta com as instalações das usinas de triagem, compostagem e aterro, conforme apresentado na Figura C1.

Toda a operação do SGRSU é realizada pela própria Prefeitura Municipal de Ibertioga. A coleta dos resíduos secos e recicláveis ocorre uma vez por semana (sextas-feiras), assim como dos resíduos úmidos (segundas-feiras) e rejeitos (quartas-feiras). A operação da UTC também é realizada por funcionários da própria prefeitura. Em 2019, as unidades de triagem, compostagem e aterro, receberam um volume aproximado de 27,6%, 39,8% e 32,6%, respectivamente, conforme apresentado na Figura C1 e Tabela D1 do Apêndice, atingindo 67,4% de reaproveitamento. Os materiais recicláveis são comercializados pela própria prefeitura. Em sua maioria, são enviados para o município de Juiz de Fora, enquanto o composto é utilizado pela prefeitura para produção de hortas e mudas, dentro da UTC.

No estado de Minas Gerais, é possível diagnosticar e entender a importante atuação do governo do estado, que vem apoiando e trabalhando em colaboração com os municípios, através de apoio técnico e financeiro. Por meio do apoio financeiro, destacam-se os recursos destinados para a construção das Unidades de Triagem e Compostagem UTC, a remuneração (através do ICMS ecológico) dos municípios que apresentem bons indicadores de gestão de RSU, além do projeto conhecido como “bolsa reciclagem”, que remunera diretamente associações e cooperativas de catadores de recicláveis. Por meio do apoio técnico, destaca-se a parceria da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) com o Instituto Gestão de Políticas Sociais (Gesois), que vem capacitando os municípios para instalação e operação das UTC, criação de consórcios públicos e gestão de cooperativas e associação de catadores. Há ainda um termo de parceria entre a SEMAD e o Ministério Público para orientação às prefeituras sobre a correta gestão dos RSU.

Articulação Política Local e Participação do Governo Federal - Rio Branco (AC)

O SGRSU de Rio Branco é diversificado, composto pelas atividades de coleta comum e envio dos resíduos e rejeitos para aterro, além de mais dois sistemas diferenciados de coleta, transporte, triagem e compostagem dos resíduos separados na fonte. Havia ainda mais 11 escolas com Locais de Entrega Voluntária (LEV's) - para o recebimento dos resíduos secos (recicláveis) - e projetos de compostagem para tratamento dos resíduos orgânicos e produção de hortas nos locais.

A coleta comum e a operação do aterro eram realizadas por empresas terceirizadas, contratadas pela prefeitura. A cooperativa era responsável pela coleta, transporte e triagem dos resíduos recicláveis advindos de um Eco ponto e dos LEV's (localizados nas 11 escolas e mais 1 no Horto Florestal). A prefeitura cedia também à cooperativa o caminhão e o galpão de triagem, além do pagamento de despesas como água, energia elétrica e combustível.

A Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos (UTRE), é composta pelas instalações de triagem, compostagem e aterro. A cooperativa também opera a unidade de triagem da UTRE e é responsável pela comercialização dos resíduos e materiais recicláveis, enquanto a própria prefeitura é a responsável pela operação do pátio de compostagem.

Alguns geradores (supermercados) da cidade eram responsáveis por levarem seus resíduos (orgânicos e recicláveis) para as unidades de triagem e compostagem. A unidade de compostagem também recebe resíduos advindos das atividades de poda e capina e o composto produzido é utilizado pela própria prefeitura, para uso em canteiros, praças, parques e escolas, além de doação à produtores rurais.

Por meio da Figura C3, é possível compreender as atividades do SGRSU do município de Rio Branco, com base nos trabalhos de campo de 2019 e dados, relatórios e informações internas da Prefeitura Municipal de Rio Branco para o ano de 2018. Os dados da composição gravimétrica dos RSU, podem ser visualizados através da Tabela D2 do Apêndice.

Em Rio Branco, nota-se importante participação do governo federal, através do financiamento de ações e projetos na área de meio ambiente e resíduos sólidos. Entre os anos de 2012 a 2018, foram destinados aproximadamente R\$4,7 milhões, por meio de 9 convênios. Anteriormente, havia sido destinado também, aproximadamente R\$13 milhões, para o financiamento da construção da UTRE, que iniciou sua operação em 2009.

4.2 Educação Ambiental e Participação Social

A efetivação de ações, projetos e programas de educação ambiental nas escolas municipais são medida urgentes e fundamentais para mudanças nos hábitos da população. Os parâmetros curriculares nacionais (que são diretrizes elaboradas pelo Governo Federal e que orientam a educação no Brasil) já estabelecem como obrigatórios, temas como ética, meio ambiente e saúde, a serem trabalhados de maneira transversal e multidisciplinar nas escolas. Porém, em muitos locais estas ações ainda não foram efetivadas.

Este manual destaca ações que, quando integram os temas resíduos, compostagem e hortas nas escolas

(e também em bairros e comunidades), podem gerar resultados positivos e benefícios econômicos e ambientais às cidades. Um exemplo, são os projetos de hortas e compostagem nas escolas da cidade de Harmonia, que em conjunto com as atividades de educação ambiental, desencadearam a consciência na população de que é melhor reaproveitar os resíduos orgânicos para produção de composto e hortas caseiras, que comprar frutas, legumes ou verduras sem saber da sua origem. Em Harmonia, quase metade dos resíduos orgânicos são desviados dos SGRSU, gerando importantes benefícios econômicos e ambientais, como demonstrado no Capítulo 5.

Em conjunto com os projetos pedagógicos, que atuam de maneira transversal e multidisciplinar, as datas comemorativas (como dia mundial do meio ambiente,

Educação Ambiental e Participação Social – Harmonia (RS)

O SGRSU de Harmonia, é composto pelas atividades de coleta, transporte, triagem e disposição final em aterro sanitário. Quem realiza as operações de coleta, transporte e triagem dos resíduos secos e úmidos é uma empresa privada, terceirizada e contratada pela Prefeitura Municipal de Harmonia (PMH). A coleta dos resíduos secos/recicláveis ocorre uma vez por semana, enquanto os úmidos/orgânicos duas vezes por semana. Os resíduos volumosos têm a coleta uma vez por mês. O centro de triagem fica localizado na cidade vizinha de Tupandi, a apenas 12 km de Harmonia. A empresa contratada também tem como obrigação destinar os rejeitos e resíduos úmidos que não foram reaproveitados, e para isso faz o uso de um Aterro Particular na cidade de São Leopoldo, que está localizada a 40km de Harmonia e 50 km de Tupandi.

A geração per capita de resíduos na cidade é de apenas 0,405 kg/hab/dia (em 2019), bem abaixo da média nacional de 1 kg/hab/dia (SNIS, 2019). Através dos trabalhos de campo e dados fornecidos pela PMH, pode-se obter informações sobre a composição, geração e gerenciamento dos RSU, que podem ser visualizadas na Tabela D3 do Apêndice.

Também em comparação à média nacional, sobre a composição gravimétrica dos resíduos - em que 50% são resíduos orgânicos - nota-se que apenas 22% do total dos RSU gerenciados pelo município de Harmonia são compostos por matéria orgânica.

Através dos trabalhos de campo, foi possível conhecer as (home) compostagens em escolas, restaurantes e residências na área urbana e rural, fato que se deve principalmente as ações de educação ambiental e a consciência e cultura local sobre o reaproveitamento dos resíduos orgânicos para hortas locais para a produção de alimentos. Por meio das entrevistas realizadas com autoridades e munícipes, foi possível notar também certa naturalidade sobre a importância do reaproveitamento dos resíduos, em especial da fração orgânica para produção de composto e alimentos.

As atividades de educação ambiental ocorrem nas escolas municipais de forma transversal e interdisciplinar e também por meio de ações em datas comemorativas, como no dia mundial do meio ambiente, da água, da Terra, entre outros. Em 2019, os projetos foram desenvolvidos com a participação de 375 alunos e 49 professores, das 4 escolas da rede municipal de educação. A participação social nos conselhos municipais e debates públicos (como audiências públicas e seções legislativas) sobre as políticas públicas locais, também são aspectos fundamentais para a coesão e bons resultados na gestão dos RSU de Harmonia.

Por meio das Figuras C5 e C6, pode-se visualizar a compostagem e horta em uma das escolas e compreender também quais são as iniciativas que compõem a Gestão dos RSU do município. A home compostagem (também conhecidas como compostagem de jardim e quintal) não tem suas cargas ambientais e econômicas consideradas dentro do SGRSU por serem suportadas por particulares e não pelo serviço público de gestão de resíduos. Assim, como a home compostagem não está entrando dentro do sistema público de gerenciamento de resíduos, esta atividade vem sendo considerada uma ação de prevenção, redução e não geração de resíduos, como sugeridos e demonstrados também por importantes estudos na área (Cleary, 2010, 2014; Nessi, 2012, 2013; Paes et al, 2020b e; Sora et al, 2011) e, portanto, geram benefícios econômicos e ambientais aos SGRSU, como poderá ser visto no Capítulo 5 – Tabela 3.

da água, da terra, da floresta, entre outros) constituem importantes oportunidades de mobilização e conscientização de estudantes e população em geral.

Junto à Educação Ambiental, os processos de Participação Social se apresentam como excelentes ferramentas para mobilização da população e exercício da participação democrática, dentro dos mecanismos de tomada de decisões e elaboração de políticas públi-

cas. Como regra geral, onde houve mobilização social, aconteceram bons resultados. Alguns dos caminhos possíveis podem ser trilhados a partir da participação da população nos conselhos municipais (e também de outros níveis governamentais, se for o caso) que se dedicam sobre os temas ambientais e de resíduos, além das seções legislativas (da câmara municipal de vereadores), audiências e consultas públicas, que podem ocorrer,

por exemplo, para elaboração dos planos e leis sobre a gestão de resíduos. Estes planos devem ser executados com base nas dimensões da gestão integrada e por meio dos processos de participação social.

Há muitos planos sem obras e obras sem planos nas políticas urbanas. Portanto, os planos de gerenciamento de resíduos constituem grandes oportunidades para mobilização e debates com a sociedade, baseados no envolvimento do maior número de atores sociais possíveis, versando sobre o que se espera e que seja viável para a gestão de resíduos de uma determinada localidade. Tais processos de mobilização social para elaboração dos Planos de Gestão Integrada de Resíduos, são excelentes instrumentos condutores para a realização de diagnósticos da situação de gestão local, com debates junto ao poder público sobre questões financeiras, ambientais, territoriais, sociais e institucionais.

Destaca-se, portanto, que a partir destes diagnósticos e debates, pautados nos conceitos e fatores que podem influenciar a Gestão dos RSU (como apresentado no capítulo 3) faz-se necessário apresentar então um planejamento à sociedade, com destaque ao que se pretende desenvolver para a implementação de melhorias nos SGRSU, por meio de ações, projetos, obras e programas para o tema.

4.3 Identificação e Participação dos Atores e Condutores

Sem conhecer os principais atores e condutores das ações e políticas de gestão de resíduos, dificilmente será possível traçar bons caminhos e obter bons resultados. Apenas com este diagnóstico e com o equilíbrio de interesse das partes interessadas (governos, empresas, sociedade civil, ONG's, sindicatos, usuários de serviços, universidades, entre outros), é possível haver sinergia e integração de forças para se atingir objetivos comuns.

Conflitos de interesses podem ocorrer quando, por exemplo, concessionárias ou empresas prestadoras de serviços, são remuneradas por tonelada de resíduo coletado, transportado ou tratado. Nestes casos, podem ocorrer interesses divergentes e, portanto, haver desestímulo às práticas de consumo consciente, prevenção e não geração de resíduos. Em alguns casos, podem ainda ocorrer divergências em iniciativas de reciclagem ou compostagem, que podem desviar resíduos dos sistemas convencionais de coleta, transporte e disposição final.

Como bons exemplos e caminhos possíveis para estes casos, pode-se destacar contratos (entre os municípios e empresas prestadoras de serviços), em que a remuneração é feita pelo serviço completo de gerenciamento de resíduos (que inclui coleta, transporte, triagem, tratamento e disposição final em aterro), combinado às metas de reaproveitamento dos RSU. Esta abordagem pode incentivar o reaproveitamento dos RSU (através da triagem, reciclagem e/ou compostagem) em locais próximos à geração, já que transportar longas distâncias e pagar para dispor grandes quantidades em aterros, pode se tornar uma opção menos vantajosa. Há também localidades onde empresas atuam em parceria com cooperativas ou associações de catadores e, por meio de obrigação contratual, destinam os resíduos secos para estas organizações (o que também pode reduzir custos com disposição final).

Além da prestação dos serviços pela iniciativa privada e de todos os serviços de gerenciamento de RSU (coleta, transporte, triagem, compostagem e disposição em aterro) executados diretamente pela própria prefeitura, os estudos de caso analisados por este manual identificaram ainda iniciativas de compostagem conduzidas pela própria população e a atuação de catadores que coletam e enviam os resíduos secos (de maneira autônoma e sem vínculo com a administração municipal) para comércios de sucatas e materiais recicláveis.

Um ponto a se destacar sobre iniciativas com materiais recicláveis é a identificação do potencial e possibilidade de remuneração dos catadores e/ou cooperativas/

associações por parte do poder público, além de compreender os anseios e costumes da população, a fim de otimizar os interesses das partes envolvidas.

Quando menos resíduos são enviados aos SGRSU, há economia financeira de gastos públicos com as atividades de transporte e destinação final, além de redu-

Gestão Municipal e Parcerias para Inovação - Palmeiras de Goiás (GO)

O SGRSU de Palmeiras de Goiás passou por mudanças estruturais nos últimos anos e, por isto, para este estudo de caso, serão apresentados dados e informações dos anos de 2016 (referente aos diagnósticos do SNIS) e 2019 (obtidos através dos trabalhos de campo).

Em 2016 o sistema era estruturado pelas etapas de coleta comum (operado por empresa terceirizada) e envio dos resíduos misturados ao aterro sanitário (construído e operado pela própria prefeitura), além de coleta seletiva (também realizada pela prefeitura com um caminhão, motorista e coletor) e envio dos resíduos secos à unidade de triagem (operada pela associação de catadores da cidade, com seção de uso por parte da prefeitura), conforme a Figura C7(A).

Em 2019, conforme pode ser visto na Figura C7(B), a Prefeitura altera seu sistema de coleta seletiva e passa a operar por meio de parceria com a empresa de transmissão de energia do estado de Goiás (Enel), através de instalação de Ponto de Entrega Voluntária (PEV), para que os cidadãos pudessem deixar seus resíduos no local, em troca de desconto na conta de energia elétrica. Neste momento a associação de catadores passa a não receber mais os resíduos da coleta seletiva e passa a atender munícipes e empresas sob demanda, ainda com a seção de uso da unidade de triagem. Em 2019, o sistema de coleta comum e aterro permanecem os mesmos, operados por empresa terceiriza e pelo próprio município, respectivamente.

Segundo informações da Prefeitura, em 2020 o sistema de coleta seletiva porta-a-porta com caminhão baú é retomado, com operação da própria prefeitura e doação dos resíduos/materiais à associação na unidade de triagem, porém até o fechamento deste trabalho ainda não havia dados quantitativos sobre o reaproveitamento dos RSU.

Por meio ainda das Figuras C7 e da Tabela D4 (Apêndice), é possível observar as quantidades geradas e enviadas às unidades de triagem, PEV e aterro, entre os anos de 2016 e 2019. Portanto, observa-se uma queda acentuada (>20%) no reaproveitamento dos RSU, através do sistema de PEV em substituição a coleta seletiva porta-a-porta. Contudo, com as junções dos sistemas de entrega voluntária e coleta porta-a-porta, em parceria com a empresa de energia e associação de catadores, o município espera retomar os elevados índices de reaproveitamento dos resíduos recicláveis.

4.4 Foco na Prevenção e Economia Circular

Estimular a população a reduzir, reutilizar, reparar, consertar e reaproveitar os resíduos e materiais nos locais de geração, vem sendo práticas estimuladas e consagradas, vistas como as melhores opções, tanto por cientistas como pelas sociedades e governantes das cidades e países que apresentam os mais elevados indicadores de gestão de RSU.

ção de impactos ambientais advindos destas etapas de gerenciamento, como pode ser demonstrado pelo município de Harmonia (RS). Adicionalmente, alguns resíduos e materiais, com potencial de serem reutilizados ou reaproveitados em cadeias produtivas, podem gerar empregos e desenvolvimento econômico, contribuindo assim para uma economia mais circular e menos linear.

Portanto, pensar e implementar políticas de gestão de RSU através da hierarquia (não geração, redução, reutilização e reciclagem) e de ações descentralizadas e locais (como pontos de entrega voluntária e compostagem em bairros, escolas e residências), vêm

se demonstrando como iniciativas mais viáveis que grandes obras, projetos e tecnologias para os RSU, que normalmente são utilizadas para o tratamento centralizado de grandes quantidades de materiais que poderiam ser reaproveitados como matéria-prima em determinados setores produtivos.

Em Carauari (AM), foi possível compreender também, que diversas iniciativas (como compostagem e reuso de resíduos das comunidades agroextrativistas) vêm sendo implementadas pela própria comunidade, a fim de reaproveitar os resíduos como matéria prima para a produção agrícola e extrativistas. O setor informal de catadores de materiais recicláveis, também vem atuando de forma a desviar o fluxo destes materiais dos SGRSU do município, os enviando, via barco, para Manaus (AM).

Com vistas a estimular a população a adotar boas práticas de gestão dos RSU, mecanismos de incentivos financeiros (conhecidos como PAYT – *Pay As You Throw*, “pague pelo que jogar fora” ou “taxa do lixo”) poderiam ser adotados e, portanto, cobrar menos ou até mesmo isentar cidadãos que separem materiais recicláveis e/ou realizem a *home* compostagem.

4.5 Tecnologias para as Realidades Locais

Como já destacado, não são necessários grandes investimentos em obras e inovações tecnológicas para se obter bons resultados ambientais, econômicos e operacionais, com elevados índices de reaproveitamento de resíduos.

As inovações tecnológicas estudadas no Brasil se concentram nos campos da compostagem, triagem, reciclagem e aproveitamento energético de metano em aterros sanitários. Porém, para haver bons resultados sobre estas tecnologias, é fundamental a correta separação na fonte (entre a matéria orgânica, resíduos secos e rejeitos). Portanto, a conscientização, capacitação e envolvimento constante dos gestores públicos e população se apresentam como peças-chave para o bom funcionamento dos SGRSU.

A separação dos resíduos na fonte não elimina a necessidade de tecnologias de tratamento de resíduos e geração de energia (que necessitam de maiores inves-

A Economia Circular como Combustível para Integração da Gestão de Resíduos e Cadeias Produtivas – Carauari (AM)

O SGRSU da cidade Carauari é composto pelas atividades de coleta comum e destinação final dos resíduos para aterro controlado (ambas etapas operadas pela própria prefeitura), além da atuação informal de catadores de materiais recicláveis (na área urbana) e reuso dos resíduos orgânicos e recicláveis (nas áreas rurais e florestais) (Figura C9). Segundo dados do SNIS, dos 62 municípios do estado do Amazonas, apenas Carauari, Manaus, Novo Airão, Parintins e Presidente Figueiredo possuem aterros controlados ou sanitários.

Em 2014, houve iniciativas para construção de associação de catadores de materiais recicláveis na cidade, contudo só foram enviadas duas remessas de resíduos para Manaus (aprox. 20t cada). A prefeitura local estima que a cada 03 meses (com 11 t cada viagem), são enviados cerca de 44 t/ano para Manaus, mesmo sem a devida formalização dos catadores. Em 2017, o município coletou e enviou ao aterro 1.700 t de resíduos.

A coleta dos resíduos atende apenas a população urbana (21.707 habitantes), que representa 76.7% da população total do município (28.294). Portanto, 23.3% (6.587 habitantes) que residem em 52 comunidades, não possuem acesso aos serviços públicos de gerenciamento de resíduos e vêm desenvolvendo alternativas autônomas de gestão de resíduos (Figura C9). Maiores informações sobre o caso de Carauari podem ser encontradas nos apêndices.

Resíduos das Comunidades Rurais e Agroextrativistas – Carauarí (AM)

Sobre os resíduos das comunidades localizadas às margens do rio Juruá (no município de Carauarí), a geração nessas comunidades rurais pode chegar a 0,5kg/pessoa/dia. 90% destes resíduos é matéria orgânica, utilizada principalmente para alimentar animais ou gerar composto, junto a resíduos florestais. Os resíduos sólidos inorgânicos/secos (10%), são reutilizados (ex, embalagens de vidros e plásticos), queimados ou despejados inadequadamente em locais abertos (Bernardes e Gunther, 2014)

Considerando a população rural de 6.569 habitantes (em 2019), a produção de resíduos nessas comunidades poderia chegar a 1.200 t/ano. Como os serviços de infraestrutura são praticamente inexistentes nesse contexto rural, essa geração de resíduos pode ter graves impactos ambientais negativos sobre a saúde da população, principalmente com relação ao manejo inadequado de resíduos perigosos, como pilhas, baterias, lâmpadas, óleos, entre outros (Bernardes and Gunther, 2014).

Os trabalhos de campo deste projeto identificaram algumas iniciativas que já vêm sendo desenvolvidas. Exemplo disso é o reaproveitamento dos resíduos da agroindústria que produz óleos de andiroba e murumuru, para uma empresa de cosméticos com grande relevância no cenário econômico nacional. Esta iniciativa envolveu, no ano de 2019, aproximadamente 1.200 famílias na coleta de sementes, dentro de duas unidades de conservação: Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) de Uacari e Reserva Extrativista (Resex) Médio Juruá. Após a coletadas pelas famílias, as sementes seguem para o beneficiamento na agroindústria. Há um potencial de produção de até 36 t/ano de óleos essenciais. Porém para 2019 havia uma previsão contratual de produção de 10 toneladas de óleos, o que geraria 20 t/resíduos. As cascas dos frutos são reaproveitadas como insumos nas florestas das próprias comunidades, enquanto a torta (+/- 70% dos resíduos; 14 t/ano) já é beneficiada em sabão para uso local.

A pesca e o manejo do Pirarucu, também tem se mostrado grande aliada dos projetos de conservação, recuperação de espécies ameaçadas de extinção e desenvolvimento comunitário (Campos-Silva. et al., 2016; 2020). Por ano, as comunidades do Médio Juruá têm beneficiado, em média, 1.500 peixes (que chegam até 100 kg cada) que geram resíduos das vísceras, em média, de 5 kg por peixe. Para este caso, também já existem alternativas para o beneficiamento desses resíduos, que somados a farinha de mandioca e amêndoas do murumuru, podem produzir ração para tartarugas, que também eram espécies ameaçadas de extinção e hoje estão dentro de projetos de manejo comunitário (Campos-Silva. et al., 2018).

Dentro de todo este contexto e complexidades, alternativas que possam integrar a gestão dos resíduos às atividades produtivas e de subsistência das comunidades rurais e agroextrativistas, se apresentam como importantes ferramentas para mitigação dos impactos ambientais e geração de importantes benefícios sociais e econômicos. Aqueles resíduos que não puderem ser reaproveitados pelas comunidades, como o caso de alguns recicláveis e rejeitos, poderiam ser enviados para locais que possuem indústrias de remanufatura, reciclagem e aterro sanitário.

timentos e volumes de resíduos), como incineradores e/ou biodigestores, pois algumas destas alternativas podem ser necessárias e viáveis. Este seria o caso de cidades com restrições territoriais (já que as unidades de compostagem e aterros necessitam de maiores áreas) ou com elevado número de habitantes e disponibili-

dade de recursos, por exemplo. É importante, contudo, que tais iniciativas não coloquem em risco a reciclagem e o reuso de materiais, ou ainda estimulem o consumo da população, com o objetivo de manter ou elevar a geração dos RSU a fim de se manter as plantas de energia em funcionamento.

Inovação Tecnológica e Integração das Cooperativas de Catadores – São Paulo (SP)

O SGRSU do município de São Paulo, é dividido basicamente em dois modelos contratuais e de gestão junto a iniciativa privada.

Primeiro, através de Contrato de Concessão de Serviços Públicos, duas empresas prestam os serviços de coleta comum, transbordo e disposição final em Aterro Sanitário, além da coleta seletiva dos Resíduos Domiciliares (RDO). Aqui, as concessionárias têm por obrigação o envio dos materiais recicláveis às duas Centrais Mecanizadas de Triagem (CMT) e às centrais de triagem manual, ambas operadas pelas cooperativas.

A cidade de São Paulo contava, em 2019, com 24 cooperativas (com aproximadamente 900 catadores) e mais 1.400 catadores autônomos cadastrados na Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (AMLURB). Havia ainda, mais 30 cooperativas não habilitadas junto ao poder público municipal e uma estimativa de 10 a 12 mil catadores na informalidade (Stella et al, 2020).

Através dos Contratos de Prestação de Serviços, mais seis empresas eram responsáveis pelos Resíduos da Limpeza Pública (RLP), constituído pelos serviços de coleta seletiva dos resíduos orgânicos da feira livre e envio para 5 unidades de compostagem; poda e capina, além da coleta e disposição em aterro de entulhos, resíduos da varrição e de bocas de lobo; remoção de resíduos descartados em locais inadequado, animais mortos e alimentos vencidos.

A Figura C11 apresenta as principais atividades do Sistema de Gerenciamento dos RSU – composto pela geração, coleta, transporte, triagem, tratamento, destinação e geração de coprodutos – além das quantidades geradas e gerenciadas pelo município de São Paulo. A composição gravimétrica dos RSU pode ser verificada na Tabela D6 do Apêndice.

Com base nos dados e informações da Figura C11 e Tabela D6 é possível observar ainda a grande quantidade de resíduos secos (recicláveis) e úmidos (orgânicos) que poderiam ser reaproveitados pelo sistema de coleta seletiva, triagem e compostagem. Apenas 0,4% dos resíduos orgânicos foi reaproveitado em 2019, enquanto mais de 40% foi enviado para os aterros. Com relação aos resíduos secos e recicláveis, apenas 1,7% foi reaproveitado pelo sistema formal de coleta seletiva e triagem, enquanto mais de 25% de papéis, plásticos, vidros e metais também foram enterrados.

Contudo, destacam-se as importantes iniciativas sobre inovação na cidade (que podem ser vistas também na Figura C12), como: i) as duas CMT, com capacidade de processamento de até 250 t/dia cada, que estavam operando com apenas um quarto da capacidade; ii) os projetos de compostagem, que através da coleta seletiva dos resíduos orgânicos da feira livre e processamento em cinco pátios de compostagem, produziram 3,7 mil toneladas de composto no ano de 2019 e; iii) a cogeração de energia elétrica a partir do metano gerado pela decomposição da matéria orgânica em dois aterros que a cidade enviava seus resíduos, com capacidades instaladas de 8MW e 29MW. Os projetos de aproveitamento do metano também geram créditos de CO₂ para a cidade. O terceiro aterro, que recebe apenas os RLP, possuía central de queima do metano e estava em processo de licenciamento ambiental da usina de biogás para aproveitamento energético com capacidade instalada prevista de 2,5MW.

5. Indicadores para o monitoramento e avaliação da Gestão dos RSU

A ideia deste manual não é estabelecer comparações entre as distintas realidades dos municípios, mas sim apresentar indicadores que podem ser aplicados em distintas realidades, com o objetivo de monitoramento, acompanhamento e avaliação das ações implementadas.

Alguns indicadores que foram construídos e utilizados nesta iniciativa (para maiores detalhes, ver Apêndice A), quando analisados em conjunto, podem trazer importantes reflexões sobre as diferentes perspectivas para gestão de resíduos em diferentes localidades, com diferentes características.

Primeiro, quando se estabelece a análise de custo ou de emissões por tonelada de resíduos, pode-se induzir elevadas pontuações àqueles municípios que geram menos resíduos per capita. Portanto, tanto para a análise ambiental como econômica, optou-se e sugere-se que as análises sejam realizadas por meio dos custos ou emissões por habitante.

Sobre os aspectos operacionais, foram selecionados dois importantes indicadores de desempenho a serem

correlacionados entre si e principalmente com a incidência de despesa com gestão de RSU (em relação ao total do orçamento anual do município), sendo: 1) Taxa de cobertura da coleta seletiva em relação a população urbana e; 2) Índice de reaproveitamento dos RSU sobre o total gerenciado pelo município.

A seguir, são apresentados os principais resultados e indicadores econômicos, ambientais e operacionais, desenvolvidos e utilizados por este manual, para as seis localidades estudadas (Tabela 3).

Com relação aos aspectos econômicos, observa-se que, dois dos três municípios que menos empenharam recursos do total do orçamento (Harmonia e Ibertioga), foram aqueles que apresentaram os melhores indicadores econômicos, ambientais e de recuperação de resíduos. Já aqueles que tiveram maior incidência de despesas com RSU, do total orçado, foram também os que apresentaram elevados custos e emissões por habitantes, além de baixos indicadores de reaproveitamento dos resíduos, como o caso de São Paulo, Palmeiras de Goiás e Rio Branco.

TABELA 3: Indicadores econômicos, ambientais e operacionais dos seis municípios estudados.

INDICADOR	UNIDADE	HARMONIA	SÃO PAULO	IBERTIOGA	PALMEIRAS DE GOIÁS		RIO BRANCO	CARAUARI
	ANO	2019	2019	2019	2016	2019	2018-19	2017
Econômico	R\$/ano ¹	413.570,93	2.076.467.609,60	476.760,00	4.731.423,61	4.613.306,67	38.101.119,28	710.618,30
	Despesa (%) ²	2,65	4,91	3,15	5,95	*	5,18	1,36
	R\$/tRSU/ano	574,40	441,64	1.499,58	429,5	362,85	494,82	407,46
	R\$/hab/ano	89,99	169,48	94,95	176,18	159,86	93,54	32,74
Ambiental	tCO ₂ eq/ano	171,71	1.769.913,96	220,80	8.777,89	15.875,52	90.957,64	2.328,22
	Kg CO ₂ eq/tRSU/ano	238,49	376,44	694,50	796,83	1.248,66	1.181,27	1.334,99
	Kg CO₂eq/hab/ano	35,29	144,46	43,98	326,86	550,13	223,31	107,26
Operacional	Tx. Cobertura (%) ³	100,00	70,00	100,00	100,00	**	19,94	*
	Aproveitamento (%) ⁴	55,57	2,10	67,41	23,49	1,84	0,90	2,52

¹Os custos administrativos do poder público municipal não estão contabilizados para os municípios de Harmonia, São Paulo e Palmeiras de Goiás

²Incidência de despesa com RSU do total do orçamento anual do município

³Taxa de cobertura da coleta seletiva porta-a-porta em relação a população urbana

⁴Índice de reaproveitamento dos RSU sobre o total gerenciado pelo município

*Até o fechamento deste manual ainda não haviam publicações oficiais sobre este dado

**Em 2019 só havia sistema de entrega voluntária dos RSU

Para os cálculos de Carauari considerar apenas a população urbana (21.707 habitantes) do município.

Sobre as análises ambientais, destaca-se que os municípios com melhores resultados são aqueles que possuem menor geração de emissões – por meio da baixa geração per capita de RSU (como exemplo de Carauari), tratamento da matéria orgânica via (home) compostagem (como é o caso de Harmonia e Ibertioga) e/ou reaproveitamento do metano do aterro para geração de energia (como São Paulo) – aliadas às emissões evitadas, através do reaproveitamento dos resíduos secos pela via da triagem e reciclagem (que também puderam ser observadas em Harmonia e Ibertioga).

Quando analisados os aspectos e indicadores operacionais, a exemplo de São Paulo e Palmeiras de Goiás, observa-se que mesmo com os índices de cobertura da coleta seletiva (da população urbana) de 70% e 100%, os índices de recuperação dos materiais recicláveis ficaram entre 2,1% e 23,5%, respectivamente.

Portanto, pode-se compreender que mesmo com maiores investimentos relativos às despesas com gestão de RSU ou mesmo com a elevada cobertura da coleta seletiva, a efetividade dos bons resultados econômicos (R\$/habitante), ambientais (kg CO₂eq/habitante) e operacionais (% de reaproveitamento dos RSU, sobre o total gerado), dependem também de outros fatores, como aspectos políticos, sociais e institucionais – apresentados no Capítulo 4.

Assim, este manual apresentou, também, alguns indicadores que podem ser utilizados pelas administrações públicas na gestão dos RSU, com destaque para o percentual total das despesas da administração municipal que é aplicado ao gerenciamento dos RSU, os custos e emissões por habitantes e as efetividades da recuperação dos resíduos, por meio do percentual de cobertura dos serviços e das taxas de recuperação dos resíduos comparados ao total gerado.

6. Considerações Finais

O Brasil, desde seu processo de redemocratização, marcado pela Constituição Federal de 1988, vem demonstrando importantes avanços legais e institucionais. Exemplos destes avanços, são as Políticas Nacionais de Meio Ambiente, de Recursos Hídricos, Mudanças Climáticas, Saneamento, Resíduos Sólidos, além da criação do Ministério do Meio Ambiente e do Ministério das Cidades, nos anos de 1992 e 2003, respectivamente.

Porém, mesmo com importantes avanços, muitas ações práticas ainda estão distantes do esperado por boa parte da sociedade. Exemplo disso, como demonstrado na introdução deste manual, é o baixo percentual de reaproveitamento de RSU e reduzida efetividade no encerramento da disposição inadequada de RSU (em lixões) no território nacional.

Contudo, mesmo com barreiras impostas aos recursos tecnológicos, financeiros, humanos e de infraestrutura, alguns municípios demonstraram que é possível encarar os desafios e transformá-los em oportunidades, baseados na conscientização da população, na capacidade técnica da gestão municipal, na capacidade de articulação política local ou mesmo por meio de parcerias com estados e união. Estes municípios demonstraram ainda que, através de investimentos em ações para RSU e o meio ambiente, é possível gerar benefícios sociais, reduzir custos e mitigar impactos ambientais.

Como forma de reflexão, por meio deste manual, foi possível propor diretrizes, ações e caminhos possíveis que poderiam ser adotados e trilhados por municípios

brasileiros, para o fortalecimento das ações de Gestão de RSU. As melhorias destas políticas públicas também apresentam relações diretas com todos os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, que têm implementação prevista até o ano de 2030 (como pode ser observado na Tabela do Apêndice E).

Adicionalmente às lições aprendidas e aos caminhos possíveis apresentados nos capítulos anteriores, é necessário ainda apresentar algumas reflexões que podem ser efetivadas. Primeiro, é importante e necessário, que tanto os estados como o Governo Federal definam seus papéis e participem efetivamente da gestão de RSU. Essas ações poderiam ser realizadas, por exemplo, em projetos de capacitação do corpo técnico e político da administração pública municipal, por meio da destinação de recursos e convênios para projetos e programas de gestão de resíduos, além de incentivos à cadeia produtiva da reciclagem e produção de composto para a agricultura e paisagismo. Uma possibilidade seria a criação de um Sistema Nacional de Gestão de Resíduos com a participação de representantes e definição das responsabilidades das esferas federal, estadual e municipal.

Urgente e necessário também, é a inserção do tema resíduos nas grades curriculares das escolas, como aspecto central para mudanças comportamentais, de hábitos e de consumo. É fundamental ainda que, além de priorização política, os governos locais de fato mobilizem a sociedade para participar destas questões, sejam

nos debates e construção dessas políticas ou em ações práticas para o correto manejo e destinação dos resíduos.

Muito se pensava que a escala poderia ser uma barreira aos processos de inovação na gestão pública municipal. Contudo, algumas pequenas cidades (como é o caso de Harmonia e Ibertioga) demonstraram que pode haver eficiência na gestão dos RSU sem grandes volumes de resíduos e recursos financeiros, por meio da priorização e vontade política, mobilização e participação da população, educação ambiental e capacidade técnica local.

Algumas localidades evidenciaram ainda, que o setor informal também tem efetiva participação na coleta, separação e comercialização dos resíduos e materiais recicláveis. Porém, mesmo sabendo da necessidade de apoio e políticas públicas, devido às condições de trabalho destes trabalhadores, pouco se conhece da sua real efetividade sobre as quantidades de resíduos que desviam dos SGRSU. Portanto, o setor informal deve ser melhor compreendido e integrado, quando possível, às políticas públicas de gestão de RSU em diversas cidades do país.

Atividades de reparo, conserto e reuso de produtos, bens e materiais (como móveis, eletroeletrônicos, vestuários, brinquedos, entre outros) também poderiam ser integradas às políticas públicas de gestão de resíduos, com vista a se obter diagnósticos sobre os fluxos de materiais que estes setores desviam dos SGRSU e que, portanto, poderiam integrar iniciativas de prevenção, não geração e economia circular no país.

Como considerações e reflexões finais, pode-se destacar:

- ✓ Em 10 anos da PNRS ocorreram poucos avanços no Brasil. De 2008 até 2018, o país permaneceu com apenas 2% de reaproveitamento dos RSU e, em 2018, 24% dos RSU gerados ainda eram dispostos no solo de maneira inadequada, como em lixões a céu aberto;
- ✓ Apenas leis não garantem a efetividade das políticas públicas. Há necessidade de priorização política; capacidade técnica das prefeituras; educação ambiental; mobilização e participação da população; colaboração e atuação dos estados e Governo Federal; sintonia entre os interesses da sociedade, poder público e iniciativa privada; foco em ações descentralizadas, prevenção e economia circular; além de tecnologias adaptadas para cada realidade local;
- ✓ Pequenos municípios podem ensinar grandes lições. Cidades mineiras apresentaram bons indicadores, que se devem também a participação efetiva do Governo do Estado de Minas Gerais;
- ✓ Há uma grande disparidade regional no Brasil, como pode ser visto nos diferentes desafios enfrentados em cada região estudada, como a Amazônia brasileira;
- ✓ Há diversas possibilidades e caminhos para serem percorridos sobre a prestação dos serviços. Exemplo disso são as diferentes formas de gestão de cada localidade, onde: Ibertioga (MG) e Carauari (AM) têm todos os serviços públicos no gerenciamento dos resíduos; Harmonia (RS) conta com serviços terceirizados à iniciativa privada e; São Paulo (SP), Palmeiras de Goiás (GO) e Rio Branco (AC), apresentam um sistema misto, com participação pública, privada e de cooperativas/associações de catadores;
- ✓ O melhor desempenho dos indicadores de gestão de RSU não está relacionado a maiores gastos e investimentos em relação ao total das despesas do orçamento municipal, mas sim à boa gestão, existência de parcerias e capacidade para inovação;
- ✓ Onde há efetividade e bons indicadores das políticas de gestão de RSU, pode-se obter ganhos ambientais (através de créditos de CO₂ ou redução da poluição), econômicos (por meio da redução de RSU aos sistemas de coleta e aterros sanitários) e sociais (como a geração de emprego e renda via materiais recicláveis e compostagem).

Referências

- AMB – Área Metropolitana de Barcelona, 2013. Revisió del PMGRM 2009 – 2016. Barcelona, Catalunya, Espanha. Disponível em: <http://www.amb.cat/es/web/medi-ambient/residus/planificacio> (acessado em 02.09.2020).
- Barros, R. T. V., 2012. Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos. Belo Horizonte: Tesitura Editora.
- Bellezoni, R.A., Iwai, C.K., Elis, V.R. et al. Small-scale landfills: impacts on groundwater and soil. *Environ Earth Sci* 71, 2429–2439 (2014). <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2643-1>
- Bernardes, C.; Gunther, W. M. R., 2014. Generation of Domestic Solid Waste in Rural Areas: Case Study of Remote Communities in the Brazilian Amazon. *Hum Ecol* 42, 617–623.
- Blanco, J. M., Colón, J., Gabarrell X., Font, F., Sánchez, A., Artola, Rieradevall, R., 2010. The use of life cycle assessment for the comparison of biowaste composting at home and full scale. *Waste Management* 30 (2010) 983–994.
- BNDES, 2014. Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/Site-BNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/aep_fep/chamada_publica_residuos_solidos_Relat_Final.pdf. (acessado em 02.09.2020).
- Brasil, 2010. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm (acessado em 11.07.2020).
- Brasil, 2011. Estudos para Elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, Brasília, DF. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf (acessado em 11.07.2020).
- Brasil, 2017. Ministério do Meio Ambiente. Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de orientação /Ministério do Meio Ambiente, Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo, Serviço Social do Comércio. Brasília, DF: MMA, 2017. 68 p. ISBN: 978-85-7738-313-9.
- Campos-Silva, J. V., Hawes, J. E., Freitas, C. T., et al., 2020. Community-Based Management of Amazonian Biodiversity Assets. In *Participatory Biodiversity Conservation*, Springer, Cham, 99-111.
- Campos-Silva, J. V., Peres, C. A., 2016. Community-based management induces rapid recovery of a high-value tropical freshwater fishery. *Sci Rep* 6, 34745. <https://doi.org/10.1038/srep34745>
- Campos-Silva, J.V., Hawes, J.E., Andrade, P.C.M. et al., 2018. Unintended multispecies co-benefits of an Amazonian community-based conservation programme. *Nat Sustain* 1, 650–656. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0170-5>
- Doka, G., 2009a. Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services. Part II “Waste Incineration” Ecoinvent Report. Swiss Centre for life Cycle Inventories. St Gallen.
- Doka, G., 2009b. Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services. Part II “Landfills – Underground Deposits – Landfarming” Ecoinvent Report. Swiss Centre for life Cycle Inventories. St Gallen.
- EPA - United States Environmental Protection Agency, 2018. Advancing sustainable materials management. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-07/documents/smm_2015_tables_and_figures_07252018_fnl_508_0.pdf (acessado em 25.03.2020).

REFERÊNCIAS

- European Commission, 2012. Waste Prevention – Handbook: Guidelines on Waste Prevention Programmes, October, 2012.
- Eurostat, 2019. Waste Generated and Treated in Europe. Office for Official Publications of the European Communities - Environment Statistics, Luxembourg. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics (acesso em 20.03.2020).
- Guerrero, L. A., Maas, G., Hogland, W., 2013. Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, 33, 220-232.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2017b. Estatísticas. Brasília. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/sintese.php> (acesso em 28.12.2019).
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2018. Tabelas e gráficos especiais - Estimativas 2018. Brasília. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-detalle-de-midia.html?view=mediaibge&catid=2103&id=2278> (acesso em 18.12.2019).
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2019. Cidades. Brasília. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br> (acesso em 05.03.2020).
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, 2018. Normas climatológicas do Brasil. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas> (acesso em 05.03.2020).
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Waste: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5, 2006, Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html> (acessado em 02.09.2020).
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2010. Pesquisa sobre Pagamento por Serviços Ambientais Urbanos para Gestão de Resíduos Sólidos. Brasília. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_arquivos/estudo_do_ipea_253.pdf (acessado em 23.09.2020)
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018. A nova agenda urbana e o Brasil: insumos para sua construção e desafios a sua implementação. Organizadores: Marco Aurélio Costa, Marcos Thadeu Queiroz Magalhães, Cesar Buno Favarão. – Brasília: Ipea, 2018. 133 p. ISBN: 978-85-7811-325-4.
- Jacobi, Pedro. (Org), 2006. Gestão Compartilhada dos Resíduos Sólidos no Brasil: inovação com inclusão social. São Paulo: Annablume.
- Jungbluth, N., Chudacoff, M., Dauriat, A., et al. 2007: Life Cycle Inventories of Bioenergy. *Ecoinvent report No. 17*, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH.
- Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M., 2017. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling* 127 (2017) 221–232.
- Kuznetsova, E., Cardin, M. A., Diao, M., Zhang, S., 2019. Integrated decision-support methodology for combined centralized-decentralized waste-to-energy management systems design. *Renew Sust Energ Rev*, vol. 103, 477-500, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.020>
- Laurent, A., Bakas, I., Clavreul, J., Bernstad, A., Niero, M., Gentil, E., Hauschild, M.Z., Christensen, T.H., 2014a. Review of LCA applications to solid waste management systems – Part I: lessons learned and perspectives. *Waste Management*, 34, 573-588.
- Laurent, A., Clavreul, J., Bernstad, A., Bakas, I., Niero, M., Gentil, E., Christensen, T.H., Hauschild, M.Z., 2014b. Review of LCA applications to solid waste management systems – Part II: Methodological guidance for a better practice. *Waste Management*, 34, 573–590.
- Lima, N.S.S.; Mancini, S.D, 2017. Integration of informal recycling sector in Brazil and the case of Sorocaba City. *Waste Management & Research*, v. 35, n.7, p. 721-729.

Nações Unidas, 2017. New Urban Agenda. Disponível em: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-English.pdf>. (acesso em 08.07.2020)

Nações Unidas, 2020. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> (acessado em 04.11.2020)

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development, 2000. Strategic Waste Prevention. Reference Manual. Disponível em: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=env/epoc/ppc\(2000\)5/final](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=env/epoc/ppc(2000)5/final) (acessado em 02.09.2020).

Paes, M. X., 2018. Gestão de resíduos sólidos urbanos: integração de indicadores ambientais e econômicos por meio da avaliação do ciclo de vida. 2018. 183 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciência e Tecnologia, UNESP - Univ Estadual Paulista, Sorocaba, 2018.

Paes, M. X., Medeiros, G. A., Mancini, S. D., Ometto, A. R., Gaya, R. F., Gasol, C., Pons, J. R., Durany, X. G., 2017. CO2ZW Brasil: Ferramenta de Pegada de Carbono para a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. In: Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana, I, São Carlos, SP, Brasil. Disponível em: <http://www3.fai.ufscar.br/links/Anais%20Singeurb%202017.pdf>. (Acesso em 03.03.2020).

Paes, M. X. Gestão de resíduos sólidos urbanos: integração de indicadores ambientais e econômicos por meio da avaliação do ciclo de vida. 2018. 183 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciência e Tecnologia, UNESP - Univ Estadual Paulista, Sorocaba, 2018.

Paes, M. X., Medeiros, G. A., Mancini, S. D., Ribeiro, F. M., Puppim De Oliveira, J. A., 2019. Transition to circular economy in Brazil: A look at the municipal solid waste management in the state of São Paulo. Management Decision, <https://doi.org/10.1108/MD-09-2018-1053>

Paes, M. X., Puppim De Oliveira, J. A., 2019. Critérios para Análise da Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. In: XLIII Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (EnANPAD) – 2019 http://www.anpad.org.br/eventos.php?cod_evento=1&cod_evento_edicao=96# (acessado em 31.05.2020)

Paes, M. X., Medeiros, G. A., Mancini, S. D., Gasol, C., Pons, J. R., Durany, X. G., 2020a. Transition towards eco-efficiency in municipal solid waste management to reduce GHG emissions: the case of Brazil. Journal of Cleaner Production. Volume 263, 1 August 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121370>

Paes, M.X., Medeiros, G.A., Mancini, S.D., Bortoleto, A.P., Puppim De Oliveira, J. A., Kulay, L.A., 2020b. Municipal solid waste

management: Integrated analysis of environmental and economic indicators based on life cycle assessment. Journal of Cleaner Production. Volume 254, 1 May 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119848>

Pires, A.; Chang, N-B.; Martinho, G., 2011. Reliability-based life cycle assessment for future solid waste management alternatives in Portugal. International Journal of Life Cycle Assessment, 16, pp. 316-337.

PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo, 2014. Plano de gestão integrada de resíduos sólidos da cidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf> (acessado em 16.05.2019).

Puppim de Oliveira, J. A., 2009. The implementation of climate change related policies at the subnational level: An analysis of three countries. Habitat International 33, 253–259.

Puppim de Oliveira, J. A., 2013. Learning how to align climate, environmental and development objectives in cities: lessons from the implementation of climate co-benefits initiatives in urban Asia. Journal of Cleaner Production 58, 7-14.

Puppim de Oliveira, J. A., 2017. Breaking resilience in the urban system for improving resource efficiency: the case of the waste sector in Penang, Malaysia. Inter-

REFERÊNCIAS

national Journal of Urban Sustainable Development, Vol. 9, No. 2, 170–183.

Roppongi, H., Suwa, A., Puppim de Oliveira, J.A, 2016. Innovating in sub-national climate policy: the mandatory emissions reduction scheme in Tokyo. Climate Policy. DOI: 10.1080/14693062.2015.1124749

Sevigné Itoiz, E., Gasol, C.M., Farreny, R., Rieradevall, J., Gabarrell, X., 2013. CO2ZW: Carbon foot print tool for municipal solid waste management for policy options in Europe. Inventory of Mediterranean countries. Energy Policy, 56, 623 – 632.

Silva, A., Rosano, M., Stocker, L., Gorissen, L., 2017. From waste to sustainable materials management: Three case studies of the transition journey. Waste Management 61 (2017) 547–557

SNIS - Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico, 2019. Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos. Brasília, MDR. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos> (acesso em 23.03.2020).

Soares, F. R., 2016. Impacto Ambiental de Tecnologias de Tratamento e Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos. Jundiaí. SP, Brasil. Paco Editorial. ISBN: 978-85-462-0592-9

Stella, E. A., Aragão, I., Silveira, M. C., Mundano, Rosa, T. B., Candido, V., Souza, V., 2020. Catadores e Varredores: trabalhadores invisíveis e essenciais em meio à pandemia. O Estado de S. Paulo. Disponível em: <https://politica.estadao.com.br/blogs/gestao-politica-e-sociedade/cata-dores-e-varredores-trabalhadores-invisiveis-e-essenciais-em-meio-a-pandemia/> (acessado em 30.07.2020)

Suavé, S., Bernard, S. and Sloan, P., 2016. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: alternative concepts for trans-disciplinary research. Environmental Development, vol. 17, pp. 48-56.

TERSA, 2014. Informe Anual 2014. Barcelona, Catalunha, Espanha. Disponível em: <https://www.teresa.cat/es-es/valoritzacio-residus/valoritzacio-energetica/> (acessado em 02.09.2020).

UNEP, 2010. Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials. A Report of the Working Group on the Environmental Impacts of Products and Materials to the International Panel for Sustainable Resource Management. Disponível em: http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1262xPA-PriorityProductsAndMaterials_Report.pdf (acessado em 19.09.2020).

World Bank, 2013. What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. Disponível em: <http://go.worldbank.org/BCQEP0TMO0> (acesso em 08.07.2020).

Apêndices

Apêndice A

Ferramentas de Análise da Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos

A seguir serão apresentadas algumas ferramentas utilizadas para as análises dos aspectos ambientais, econômicos, sociais, político e institucionais, que compõem as dimensões da Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos (GIRSU).

Para a **dimensão ambiental**, estudos sobre gestão de resíduos, avaliação do ciclo de vida (ACV) e seus impactos ambientais, destacaram que as mudanças climáticas são àqueles que mais recebem contribuição dos SGRSU e que em estudos de gestão de resíduos que considerem a dimensão ambiental, esta categoria de impacto deve ser considerada (Laurent et al., 2014a e 2014b; Kuznetsova et al., 2019; Paes, 2020b).

As emissões advindas dos SGRSU do Brasil em 2012 (81,75 milhões tCO₂eq), quando comparadas às emissões do país para aquele ano (1,20 bilhões tCO₂eq), representaram aproximadamente 7% do total, demonstrando assim, um amplo potencial de redução de gases de efeito estufa (GEE) e de suas respectivas contribuições para o país (Paes et al., 2017; 2020a).

Assim, para a dimensão ambiental e análise dos impactos dos RSU sobre as mudanças climáticas, foi utilizada a ferramenta “CO2ZW(R)” – desenvolvida pelo Instituto de Ciências e Tecnologias Ambientais (ICTA) da Universidade Autônoma de Barcelona (UAB) e pela empresa de pesquisas *Inèdit* (Sevigne Itoiz et al., 2013)

– já adaptada para a realidade brasileira (Paes et al., 2017, 2020a).

Esta ferramenta foi concebida através dos conceitos de ACV e considera, portanto, as emissões diretas (provenientes das instalações de tratamento e disposição de resíduos) e indiretas (advindas dos consumos de energia elétrica e diesel), além das emissões evitadas pela recuperação e reciclagem de resíduos (Paes et al., 2017; 2020a; Sevigne Itoiz et al., 2013).

Na **dimensão econômica**, também com base em estudos complexos e amplos sobre os temas (Massarutto, 2011; Petit-Boix et al., 2017; Paes et al., 2019 e 2020b; Unep, 2011), foram considerados os custos operacionais e de investimentos praticados pelos SGRSU dos locais avaliados e, na ausência destes, os valores atualizados de publicações oficiais do governo brasileiro (i.e. SNIS, 2019).

Para análise das **dimensões políticas, sociais e institucionais**, foi feito o uso dos seguintes aspectos, sugeridos por Guerrero et al. (2013), Puppim de Oliveira (2017) e Paes e Puppim de Oliveira (2019):

- ✓ Existência de leis, planos e programas estratégicos, como Política de Educação Ambiental, Plano de Saneamento Básico, Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, Políticas de Mudanças Climáticas, entre outras;

APÊNDICE A

- ✓ Parcerias e/ou recebimento de recursos para o desenvolvimento de ações ambientais;
- ✓ Coordenação entre agências e instituições (políticas setoriais e de outros níveis governamentais);
- ✓ Atuação e articulação entre os setores públicos, sociais e privados;
- ✓ Lideranças políticas e sociais que se dedicam sobre o tema;
- ✓ Participação social no planejamento e controle das atividades, como audiências e consultas públicas e conselhos municipais;
- ✓ Articulação e participação dos usuários, prestadores de serviços e sociedade;
- ✓ Existência de conselho municipal de meio ambiente e/ou outros que atuam sobre o tema de RSU (consultivos ou deliberativos, representatividade e frequência de reuniões);
- ✓ Existência de fundo municipal ligado aos temas de meio ambiente;
- ✓ Característica do órgão ambiental instituído e do órgão responsável pela gestão dos RSU dentro da prefeitura;
- ✓ Participação em consórcio público e/ou iniciativas para planejamento ou gestão regional/associada/compartilhada dos RSU;
- ✓ Realização de coleta seletiva, tratamento e/ou outras formas de reaproveitamento dos RSU;
- ✓ Disponibilidade e confiabilidade dos dados da gestão dos RSU;
- ✓ Soluções e habilidades técnicas disponíveis e qualificação do pessoal;
- ✓ Conhecimento sobre avanços tecnológicos e boas práticas relacionados a gestão dos resíduos;
- ✓ Mudanças em cargos técnicos e estratégicos e os reflexos nas ações e projetos;
- ✓ Suporte das autoridades municipais e prioridade

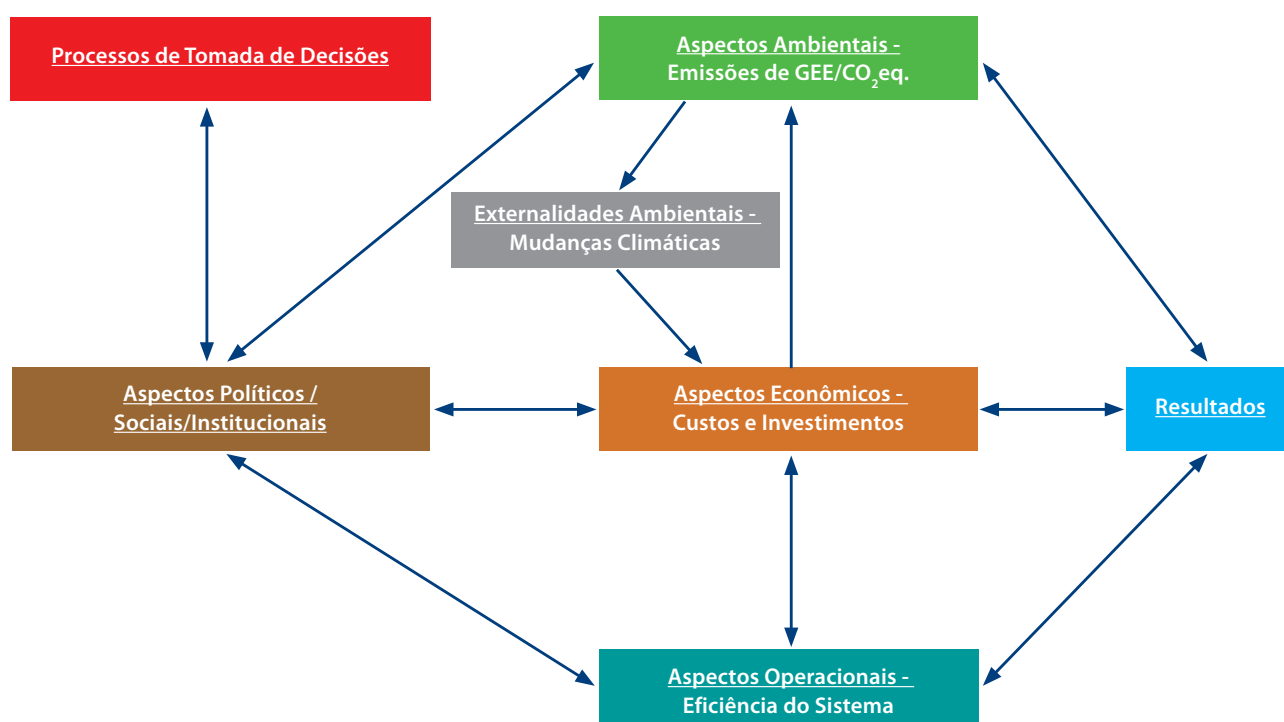
- dos políticos sobre os assuntos de resíduos sólidos;
- ✓ Regulamentações e controles fortes por parte do município, estado e/ou união;
- ✓ Realização de ações, projetos e/ou programas de educação ambiental (formal e informal);
- ✓ Existência de iniciativas voltadas às questões de mudanças climáticas;
- ✓ Infraestrutura (como estradas e veículos) e tecnologias (como instalações e equipamentos) adequadas;
- ✓ Existência e características da cadeia produtiva da reciclagem na região.

A partir do diagnóstico dos principais aspectos políticos, sociais e institucionais que atuam dentro das políticas públicas municipais de gestão de RSU, estes resultados foram então relacionados com as dimensões e critérios econômicos (custos e investimentos) e ambientais (emissões de tCO_2eq), buscando compreender inclusive as influências econômicas ou ambientais que podem estimular também os processos de inovação, conforme pôde-se observar na Figura A1.

Para análise e aferição dos resultados e eficiências dos sistemas, poderão ser utilizados dados ambientais (tCO_2eq/hab), econômicos (R\$/hab.) e/ou ainda os **aspectos operacionais**, como: Incidência de despesas com RSU do total do orçamento da prefeitura (%); Taxa de cobertura da coleta comum e seletiva em relação à população total e urbana (%) e, principalmente a Taxa de Recuperação de Resíduos (secos e úmidos) em relação à quantidade total de RSU (%), que podem ser vistos por meio da Tabela 3 do Capítulo 5 (Análise Integrada das Realidades e Indicadores).

O método utilizado poderá por fim, correlacionar os resultados e análises ambientais, econômicos e operacionais, com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, como apresentado na Tabela do Apêndice E.

FIGURA A1: Interação entre os princípios funcionais e aspectos da gestão integrada dos RSU.



Apêndice B

Indicadores Geográficos, Socioeconômicos e Ambientais dos Municípios

TABELA B1: Indicadores geográficos, socioeconômicos e ambientais dos municípios integrantes deste manual.

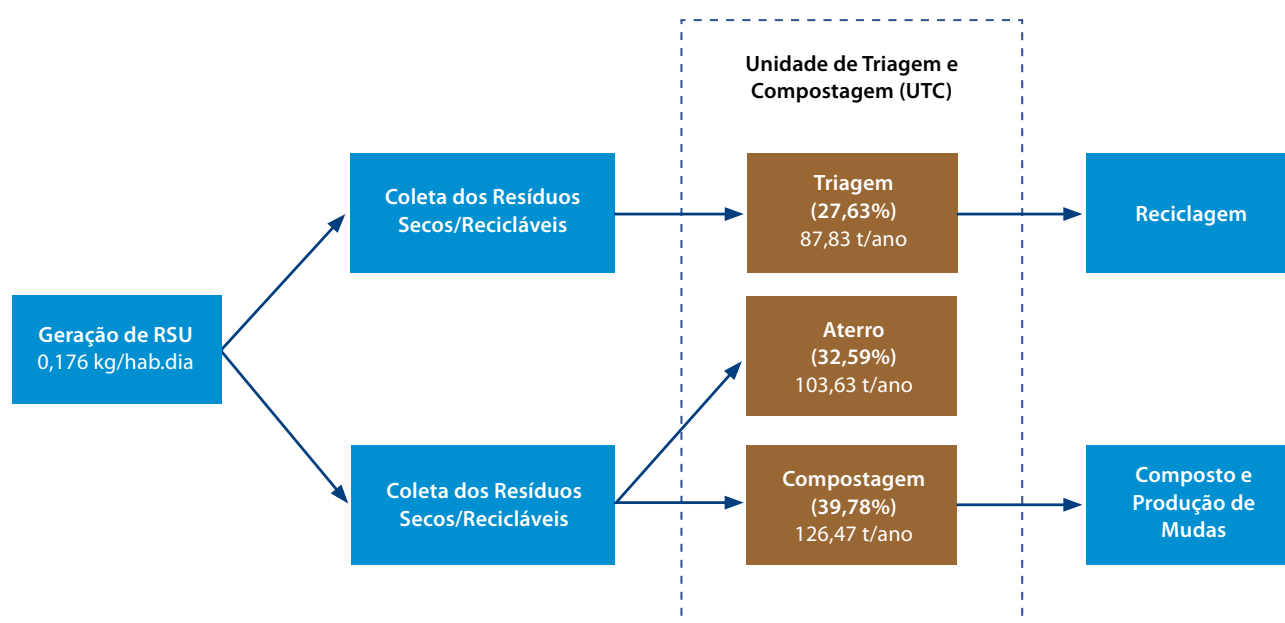
ASPECTOS	INDICADOR	UNIDADE	HARMONIA	SÃO PAULO	IBERTIOGA	PALMEIRAS DE GOIÁS	RIO BRANCO	CARAUARI	BRASIL
Geográficos	Latitude	----	29°32'52"S	23°33'01"S	21°25'48"S	16°48'18"S	9°58'16"S	4°52'58"S	----
	Longitude	----	51°25'33"O	46°38'02"W	43°57'46"O	49°55'33"O	67°48'40"O	66°53'45"O	----
	Altitude	m	126	760	1.045	596	153	87	----
	Região	----	S	SE	SE	CO	N	N	----
População	População ⁽¹⁾	Habitantes	4.866	12.252.023	5.021	28.858	407.319	28.294	190.732.194
	Dens. Pop. ⁽¹⁾	hab/km ²	101,0	8.055,2	14,5	18,7	46,1	1,1	22,4
Ambiente	Temperatura ⁽²⁾	°C	19,4	20,1	19,1	24,0	26,2	26,2	----
	Precipitação ⁽²⁾	Mm/ano	1.454	1.616	1.512	1.457	1.935	2.587	----
	Área (km ²) ⁽¹⁾	km ²	48,2	1.521,00	346,24	1.539,69	8.834,94	25.778,66	8.515.759
	Bioma ⁽¹⁾		MA	MA	MA	CE	AM	AM	----
	Esgoto ⁽¹⁾	%	42,1	92,6	70,7	63,6	56,7	23,9	80,6
	Vias urban. ⁽¹⁾	%	20,0	50,3	7,4	11,7	20,4	11,0	----
	Arb. Urbana ⁽¹⁾	%	63,7	74,8	78,5	90,1	13,8	2,0	----
Econômico	Salário Médio ⁽¹⁾	Salário mínimo	2,4	4,2	1,5	1,9	3,2	1,9	----
	PIB per capita ⁽¹⁾	R\$	34.308,46	57.759,39	12.659,93	35.351,07	21.258,68	10.074,99	31.833,50
	Receita Total ⁽¹⁾	Milhões R\$	72,295	54.010,996	15,681	83,292	884,827	61,010	----
	Despesa com RSU ⁽³⁾	%	2,65	4,91	3,15	5,95	5,18	2,91	----
	Perfil ⁽¹⁾	----	A	I, C, S	A	A, C	S, A, E	A, E	----
Social	IDH-M ⁽¹⁾	----	0,833	0,805	0,657	0,760	0,727	0,549	----

Nota: Região: Região do Brasil (S: Sul; SE: Sudeste, CO: Centro-Oeste; N: Norte); Habitantes: número de habitante segundo estimativas do IBGE para o ano de 2019; Dens. Pop.: densidade populacional; Temp.: temperatura média anual; Área: área do município; Bioma: Biomas brasileiros (AM: Amazônia; CE: Cerrado; MA: Mata Atlântica); Média Salarial: salário médio dos trabalhadores formais, com base em 2017; PIB per capita: produto interno bruto per capita, com base em 2017; Receita total: dinheiro total arrecadado pelo município através de impostos e transferências do governo estadual e federal, com base em 2017; Despesa com RSU: quantidade das despesas com gestão de RSU do total arrecado pelo município; Perfil: perfil das atividades do município (I: industrial, C: Comércio, S: serviços, A: agricultura, E: extrativismo, M: mineração); IDH-M: índice de desenvolvimento humano municipal, baseado em 2017 (Numericamente, o IDH varia de 0 a 1, e quanto maior for o número, maior será o desenvolvimento humano medido em um determinado local); Esgoto: casas conectadas ao sistema de esgoto da cidade, com base em 2010; Vias urban.: vias públicas com urbanização adequada (drenagem, pavimentação), com base em 2010; Arb. Urbana: ruas que contem arborização, com base em 2010. ⁽¹⁾ IBGE (2019); ⁽²⁾ INMET (2018); ⁽³⁾ SNIS (2019).

Apêndice C

Modalidades e Sistemas de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (SGRSU)

FIGURA C1: Sistema de gestão dos RSU do município de Ibertioga (MG) em 2019.

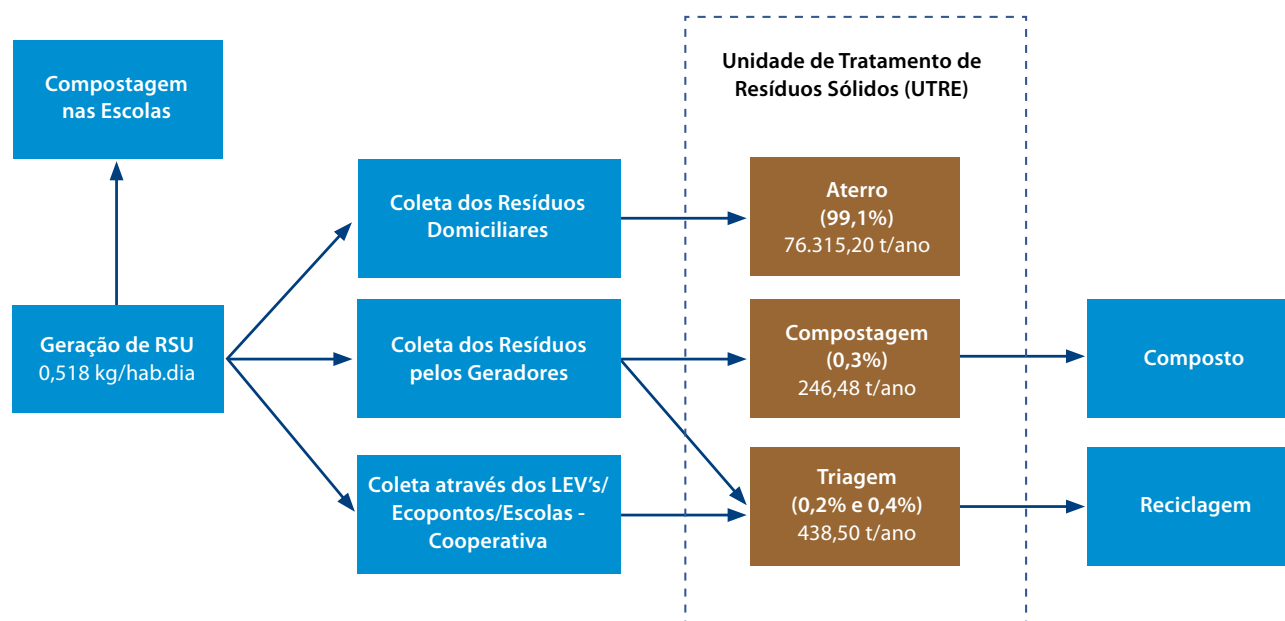


APÊNDICE C

FIGURA C2: Unidade de triagem, compostagem e aterro de pequeno porte (A); pátio de compostagem (B); triagem e armazenamento dos RSU (C); capacitação do Instituto Gesois e municípios de MG (D) no município de Ibertyoga (MG).



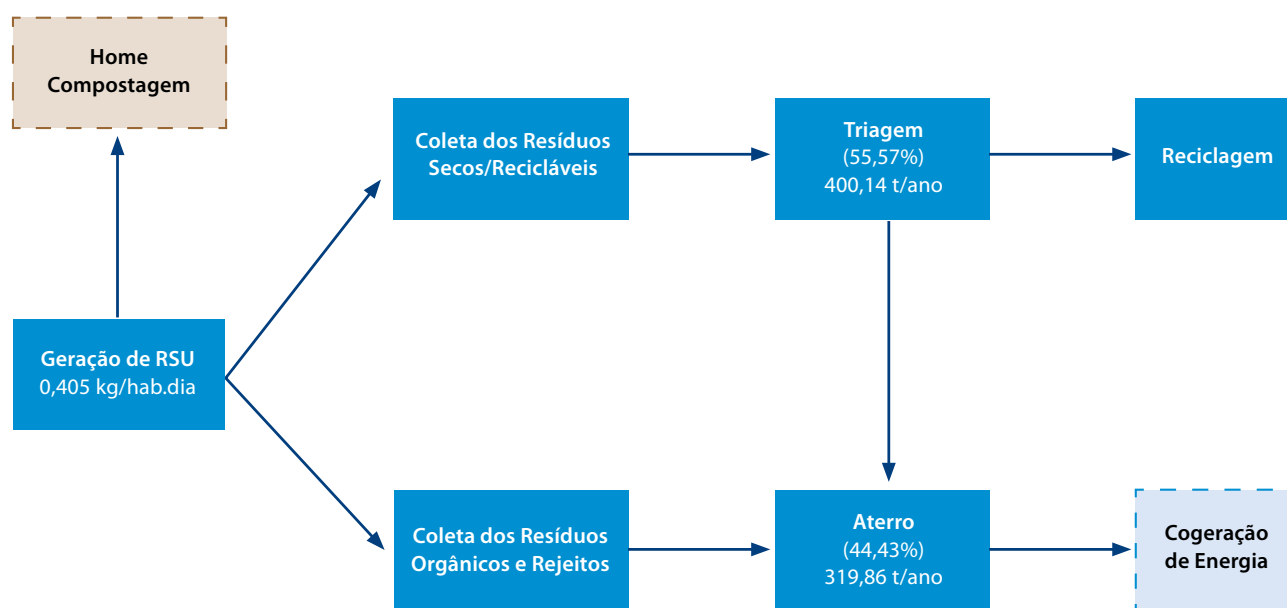
FIGURA C3: Sistema de gestão dos RSU no município de Rio Branco (AC) no ano de 2018.



APÊNDICE C

FIGURA C4: Horta (A), compostagem (B) e locais de entrega voluntária (C) em escolas municipais; ponto de entrega voluntária (D) e unidade de compostagem da UTRE (E) no município de Rio Branco (AC).



FIGURA C5: Sistema de gestão dos RSU no município de Harmonia (RS) em 2019.**Legenda:**

Home Compostagem (prevenção): não entrou nos cálculos econômicos e ambientais

Cogeração de Energia: em projeto/ainda não estava em operação em 2019

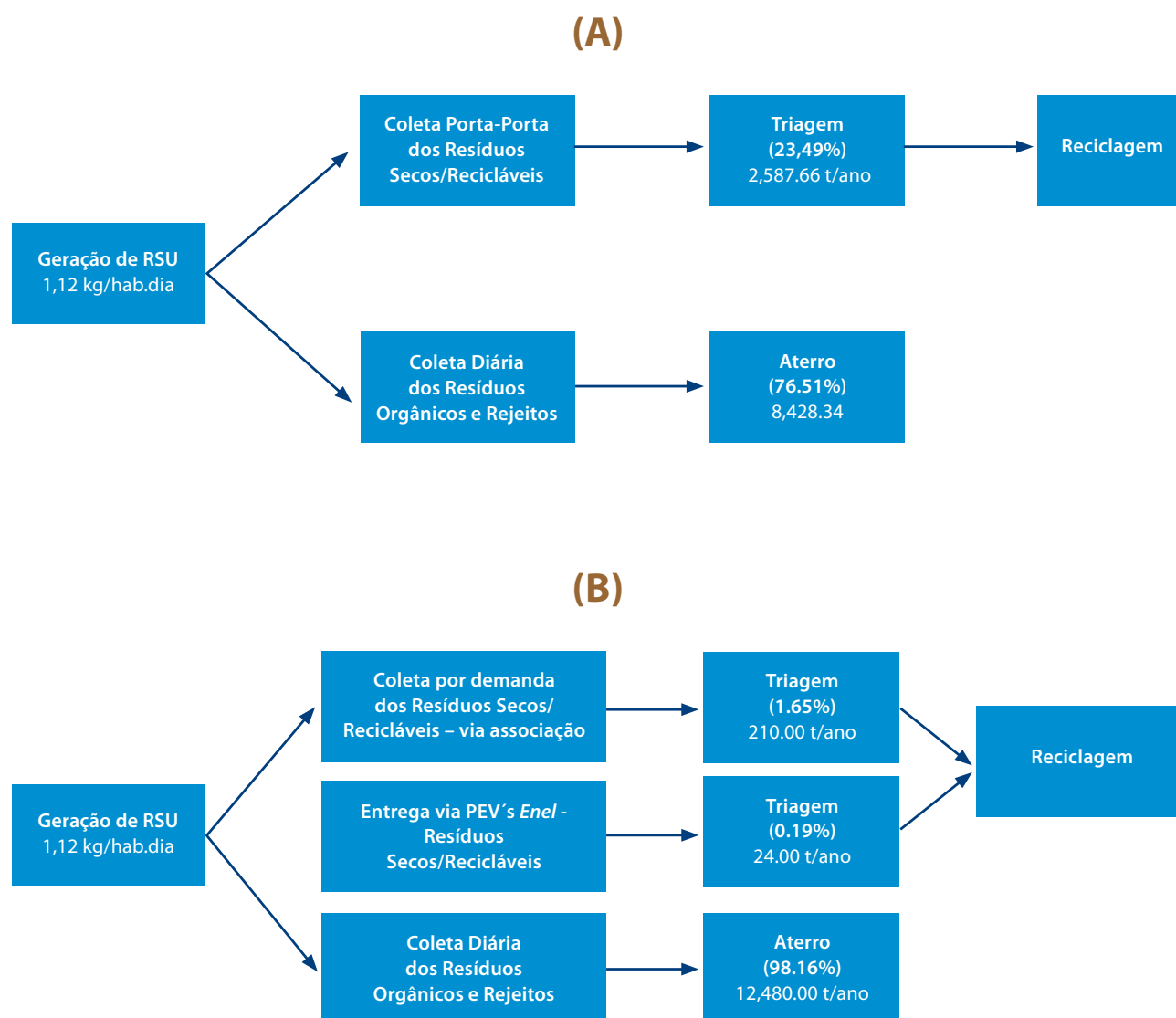
APÊNDICE C

FIGURA C6: Horta (A) e compostagem (B) em escola municipal; compostagem em residência (C) e propriedade rural (D) no município de Harmonia (RS).



Fonte: autor

FIGURA C7: Sistema de gestão dos RSU no município de Palmeiras de Goiás (GO), nos anos de 2016 (A) e 2019 (B).

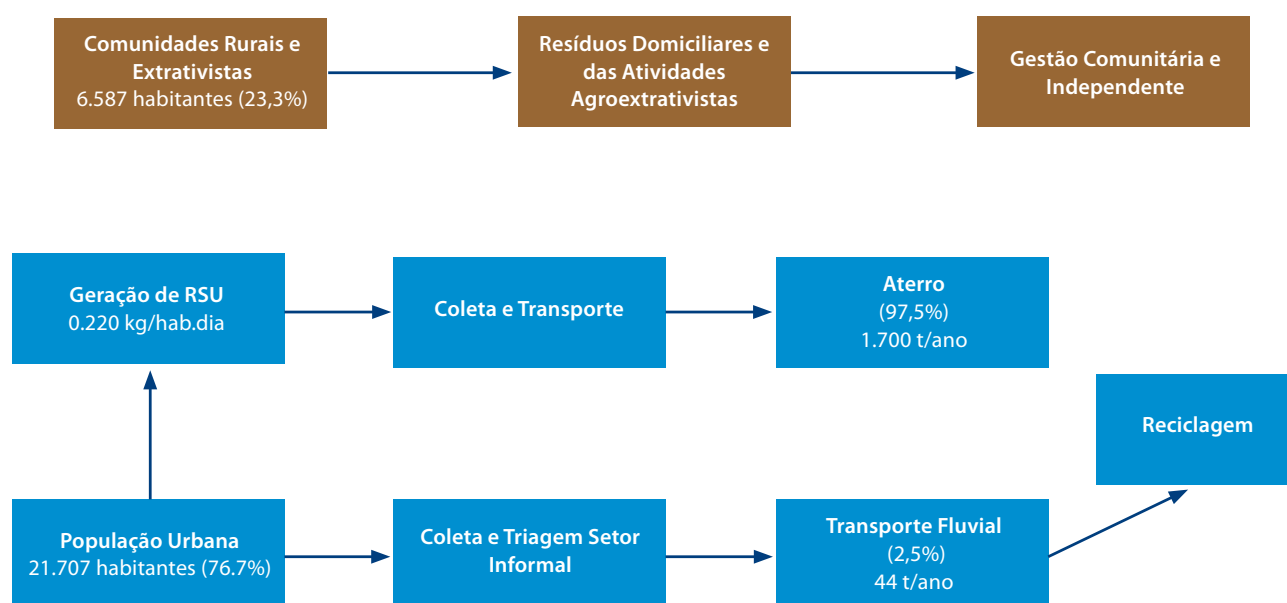


APÊNDICE C

FIGURA C8: Unidade de triagem (A); ponto de entrega voluntária (B) e implementação de geomembrana em nova célula do aterro sanitário de Palmeiras de Goiás (GO) (C).



FIGURA C9: Gestão de resíduos no município de Carauari (AM) e envio dos materiais recicláveis para Manaus (AM), no ano de 2017.

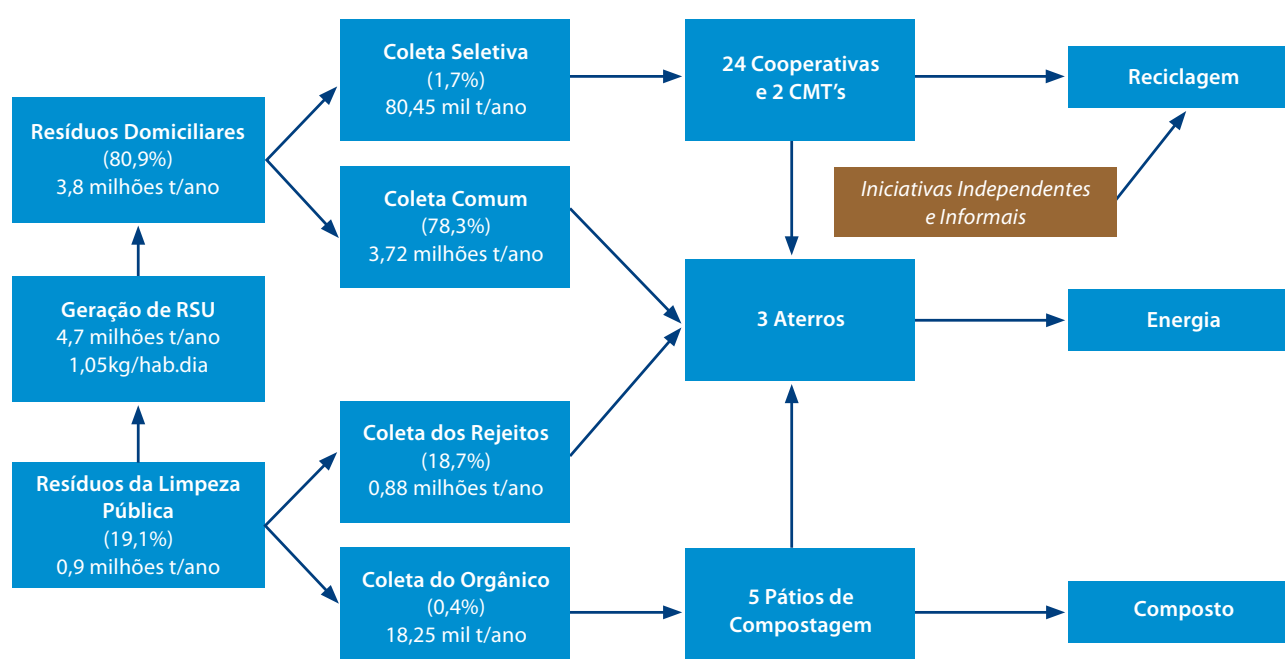


APÊNDICE C

FIGURA C10: Casas flutuantes (A); área urbana de Carauari (B); manejo do pirarucu (C); manejo e conservação das tartarugas (D); resíduos urbanos encontrados na floresta (E); agroindustrial no núcleo de conservação e apoio ao empreendedorismo sustentável na reserva de desenvolvimento sustentável do Uacari (F) no município de Carauari (AM).



FIGURA C11: Sistema de gestão dos RSU no município de São Paulo (SP) para o ano de 2019.



APÊNDICE C

FIGURA C12: Central mecanizada de triagem “Maria Carolina de Jesus” (A); unidade de triagem da cooperativa rainha da reciclagem (B); pátio de compostagem da Lapa (C); aterro sanitário central de tratamento leste (D) no município de São Paulo (SP).



TABELA C1: Modalidades de gestão em cada uma das etapas dos SGRSU e parcerias com diferentes níveis governamentais.

INDICADOR	UNIDADE	HARMONIA	SÃO PAULO	IBERTIOGA	PALMEIRAS DE GOIÁS		RIO BRANCO	CARAUARI
Gestão	ano	2019	2019	2019	2016	2019	2018-19	2017
	Planejamento e Regulação	GM	GM	GM	GM	GM	GM	GM
	Coleta Comum	EP	EP	GM	EP	EP	EP	GM
	Coleta Seletiva	EP	EP e CI	GM	CCMR e LEV's	CCMR e LEV's	CCMR e LEV's	CI
	Triagem	EP	CCMR e CI	GM	CCMR	CCMR	CCMR	CI
	Compostagem	CR	Misto	GM	Sem compostagem		GM	IAC
	Aterro	EP	EP	GM	GV	GV	EP	GM
	Apoio de Níveis Governamentais	Não	GF	GE	GF	GF	GF	Não

Siglas:**GM:** Governo Municipal**EP:** Empresa Privada**CCMR:** Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis**CI:** Catadores Informais**CR:** Compostagem Residencial, em escolas e pequenos estabelecimentos comerciais**Misto:** investimento e operação realizados pelas empresas terceirizas, porém, as áreas são públicas cedidas pela Prefeitura**LEV's:** Locais para Entrega Voluntária dos resíduos**IAC:** Iniciativas Autônomas e Comunitárias sem apoio ou controle governamental

Apêndice D

Composição dos RSU das Localidades

TABELA D1: Quantidade de RSU gerados e gerenciados pelo município de Ibertyoga (MG) no ano de 2019.

TIPO DE RESÍDUO	%	T/ANO
Papel e papelão	12,8%	40,58
Plásticos	8,8%	28,03
Metais	1,7%	5,51
Vidros	4,3%	13,71
Outros	0,0%	-
<i>Total Recicláveis (Triagem)</i>	<i>27,6%</i>	<i>87,83</i>
<i>Total Orgânicos (Compostagem)</i>	<i>39,8%</i>	<i>126,47</i>
<i>Total Rejeitos (Aterro)</i>	<i>32,6%</i>	<i>103,63</i>
<i>Total</i>	<i>100,0%</i>	<i>317,93</i>

TABELA D2: Quantidade de RSU gerados e gerenciados pelo município de Rio Branco (AC) em 2018.

TIPOS DE RESÍDUOS	%	T/ANO
Matéria orgânica	55.2%	42.504,10
Papéis	12.5%	9.655,82
Plásticos	20.1%	15.461,64
Vidros	1.5%	1.162,70
Metais	2.7%	2.040,50
Outros	8.0%	6.175,41
<i>Total</i>	<i>100.0%</i>	<i>77.000,18</i>

TABELA D3: Quantidade de RSU gerados e gerenciados pelo município de Harmonia (RS) em 2019.

TIPO DE RESÍDUO E TRATAMENTO/DESTINO	%	T/ANO
Papel/Papelão	15,4%	110,78
Plásticos	12,8%	92,32
Metais	10,3%	73,85
Vidros	5,1%	36,93
EE/moveis/etc	4,3%	30,87
Outros	7,7%	55,39
Total para Reciclagem	55,6%	400,14
Matéria Orgânica	21,7%	156,07
Rejeitos	22,8%	163,79
Total para Aterro	44,4%	319,86
Total do SGRSU	100,0%	720,00

TABELA D4: Quantidade de RSU gerados e gerenciados pelo município de Palmeiras de Goiás (GO) nos anos de 2016 e 2019.

TIPOS DE RESÍDUOS	%	T/ANO 2016	T/ANO 2019
Matéria orgânica	51,0%	5.640,19	6.509,57
Papéis	13,0%	1.443,10	1.665,53
Plásticos	14,0%	1.487,16	1.716,39
Vidros	2,0%	264,38	305,14
Metais	3,0%	319,46	368,71
Outros	17,0%	1.861,70	2.148,67
Total	100,0%	11.016,00	12.714,00

APÊNDICE D

TABELA D5: Quantidade de RSU gerados e gerenciados pelo município de Carauari (AM) no ano de 2017.

TIPOS DE RESÍDUOS	%	T/ANO
Matéria orgânica	46,8%	816,2
Papéis	17,9%	312,2
Plásticos	16,1%	280,8
Vidros	1,1%	19,2
Metais	2,0%	34,9
Outros	16,1%	280,8
Total	100,0%	1.744,0

Fonte: SNIS, 2019; Brasil, 2011.

TABELA D6: Composição dos Resíduos Domiciliares (RDO) e dos Resíduos da Limpeza Pública (RLP), da cidade de São Paulo (SP), para o ano de 2019.

TIPO DE RESÍDUO	%	T/ANO
Matéria orgânica	41,0%	1.925.393,41
Papéis	10,5%	492.629,95
Plásticos	10,8%	507.672,09
Vidros	1,9%	90.252,82
Metais	2,3%	109.055,49
Outros ¹	14,4%	678.175,53
Sub total RDO	80,9%	3.803.179,29
Outros	18,7%	880.259,75
Organicos ²	0,4%	18.250,00
Sub total RLP³	19,1%	898.509,75
Total de RSU	100,0%	4.701.689,03

¹Inclui também os RSS (42.645 t/ano = 0.9%)

²RLP: Resíduos de Limpeza Pública (inclui: entulho mecanizado; entulho manual; resíduos de ecoponto; varrição manual e mecanizada; feira livre; remoção de resíduos descartados; entulho apreendido; animais; alimentos vencidos)

³Matéria Orgânica advinda das feiras livres realizadas na cidade de São Paulo

Fonte: PMGIRS (PMSP, 2014) e dados de campo Amlurb.

Apêndice E

Dimensões da Gestão dos RSU e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

TABELA E1: Interação entre as dimensões da gestão dos RSU e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

DIMENSÕES	ODS	JUSTIFICATIVA
Dimensão Econômica	Objetivo 1: Acabar com a pobreza em todas as suas formas e em todos os lugares.	Os avanços nas políticas de resíduos podem contribuir para benefícios econômicos, geração de emprego e renda (i.e. Lima e Mancini, 2017; Paes et al., 2019).
	Objetivo 2: Acabar com a fome e promover a agricultura sustentável.	A adequada gestão dos RSU, contribui também para a implementação de medidas de prevenção, que podem ser integradas as ações de reaproveitamento (e não desperdício) de alimentos, assim como para a compostagem e produção agrícola de alimentos em cidades, comunidades, bairros e residências (Paes et al., 2019; 2020a; 2020b).
	Objetivo 8: Promover o crescimento econômico inclusivo e sustentável, emprego e trabalho decente para todos.	A análise de custos e investimentos nas políticas públicas de RSU, contribui para compreensão de alternativas que trazem os melhores retornos para a sociedade, como já demonstrado por Paes (2018) e Paes et al., (2019).
	Objetivo 9: Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.	Para os avanços nas políticas de resíduos, infraestruturas regionais - como da cadeia produtiva da reciclagem - se fazem necessárias (i.e. Paes et al., 2019; 2020a; 2020b).
	Objetivo 10: Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.	Como destacado, as políticas de gestão de RSU, podem gerar benefícios econômicos e sociais, quando integradas as políticas de infraestrutura e desenvolvimento.
	Objetivo 12: Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.	Para a geração de benefícios econômicos e de externalidades, a produção e consumo são fundamentais para a transição para uma economia mais circular, que desvie os fluxos de resíduos dos sistemas públicos de coleta e tratamento de RSU (i.e. Paes et al., 2019; 2020a; 2020b).
Dimensões políticas, sociais e institucionais	Objetivo 4: Assegurar a educação inclusiva, equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.	Para Jacobi (2006) o tema dos resíduos sólidos é provavelmente aquele que melhor exemplifica a possibilidade de formulação de políticas que promovam mudanças nos hábitos e atitudes dos cidadãos com o objetivo de minimizar ou prevenir a degradação ambiental. Portanto os processos de educação formal e informal ligados as questões ambientais e de resíduos poderão contribuir para este objetivo.
	Objetivo 5: Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres.	Ações inclusivas, que considerem a igualdade de gênero e o empoderamento das mulheres dentro dos processos de gestão dos resíduos, podem e devem compor as políticas de RSU (Paes e Puppim de Oliveira, 2019).
	Objetivo 16: Promover sociedades inclusivas para o desenvolvimento sustentável e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.	Autores destacam que os melhores resultados de determinadas políticas podem estar ligados aos avanços tecnológicos como também aos modelos de gestão utilizados, onde os processos de participação social e maturidade institucional são determinantes (Guerrero, 2013; Paes et al., 2020b; Puppim de Oliveira, 2009, 2017; Roppongi, Suwa e Puppim de Oliveira, 2016; Nações Unidas, 2017).
	Objetivo 17: Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.	

APÊNDICE E

DIMENSÕES	ODS	JUSTIFICATIVA
Dimensão Ambiental	Objetivo 3: Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos.	Os impactos ambientais dos SGRSU, podem causar impactos na saúde humana no curto, médio e longo prazo (Paes et al. 2019; 2020a; 2020b).
	Objetivo 6: Assegurar a gestão sustentável do saneamento para todos.	Como a gestão dos resíduos sólidos urbanos compõe os serviços de saneamento (Brasil, 2007), este objetivo poderia ser contemplado por meio de todas as dimensões, o que contribuiria para a sustentabilidades desses sistemas.
	Objetivo 7: Assegurar o acesso confiável, sustentável e moderno à energia para todos.	Exemplo disso, poderia ser o aproveitamento energético do metano dos aterros, para geração de energia e obtenção de créditos de carbono, como desenvolvido pelo município de São Paulo (PMPS, 2014).
	Objetivo 11: Tornar as cidades mais resilientes e sustentáveis.	Os SGRSU apresentam impactos ambientais, principalmente das MC, em todas as suas etapas, como nos transportes, tratamento e disposição final. Portanto a maior eficiência e melhores resultados podem contribuir para cidades mais resilientes e sustentáveis (Paes et al., 2019; 2020a; 2020b ; Puppim de Oliveira, 2017).
	Objetivo 13: Implementar de medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos.	Como exposto acima, melhorias nos SGRSU podem contribuir para esta meta.
	Objetivo 14 e 15: Conservação e uso sustentável dos oceanos/mares e recursos marinhos e; Uso sustentável dos ecossistemas terrestres, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade	A eficiente gestão dos resíduos pode contribuir para a redução de todos estes impactos, como destacado por Paes et al., 2019; 2020a; 2020b

Fonte: Paes e Puppim de Oliveira (2019).

Agradecimentos

Fundação Getúlio Vargas (FGV/EAESP)

Cláudia Orsini
Gesner Oliveira
Julia Pollo
Laura Valente de Macedo
Marc Eric Barda Picavet
Sérgio Goldbaum
Tales Rozenfeld
Vicente Santos

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento deste projeto e bolsa de pós-doutorado (Processo nº 2018/16542-0).

Prefeitura Municipal de São Paulo (SP)

Cristina Helena Fabris Pinheiro
Edson Tomaz de Lima Filho
Monty Dahan
Rafael Golin Galvão
Renato Recife Guimarães Ferreira
Túlio Barrozo Rossetti
Valdecir Cristino Papazissis

Prefeitura Municipal de Rio Branco (AC)

Aberson Carvalho de Sousa
Cassia Souza de Melo
Dalva Araújo Martins
Madeleine Maia da Luz Gomes
Rafaela Rocha de Moraes

Prefeitura Municipal de Harmonia (RS)

Antonio Kunzler
Leozildo Lira
Renê Moscon

Prefeitura Municipal de Palmeiras de Goiás (GO)

Rafael Godoi Porto
Thiago Alcântara de Carvalho

Prefeitura Municipal de Ibertioga (MG)

Moacyr Oliveira de Paula Filho
Uilson Lindsan de Albuquerque

Prefeitura Municipal de Carauari (AM)

Antonio Ademir Silva do Carmo
Kétily Menezes Lobo

