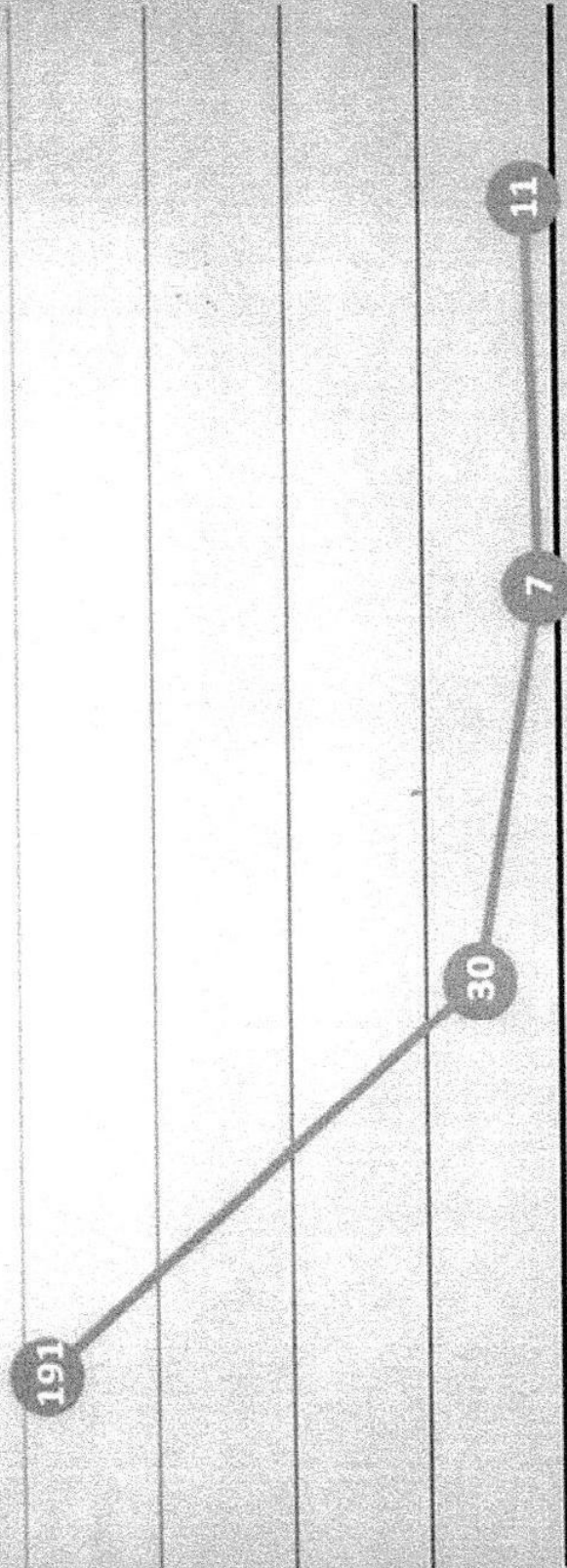


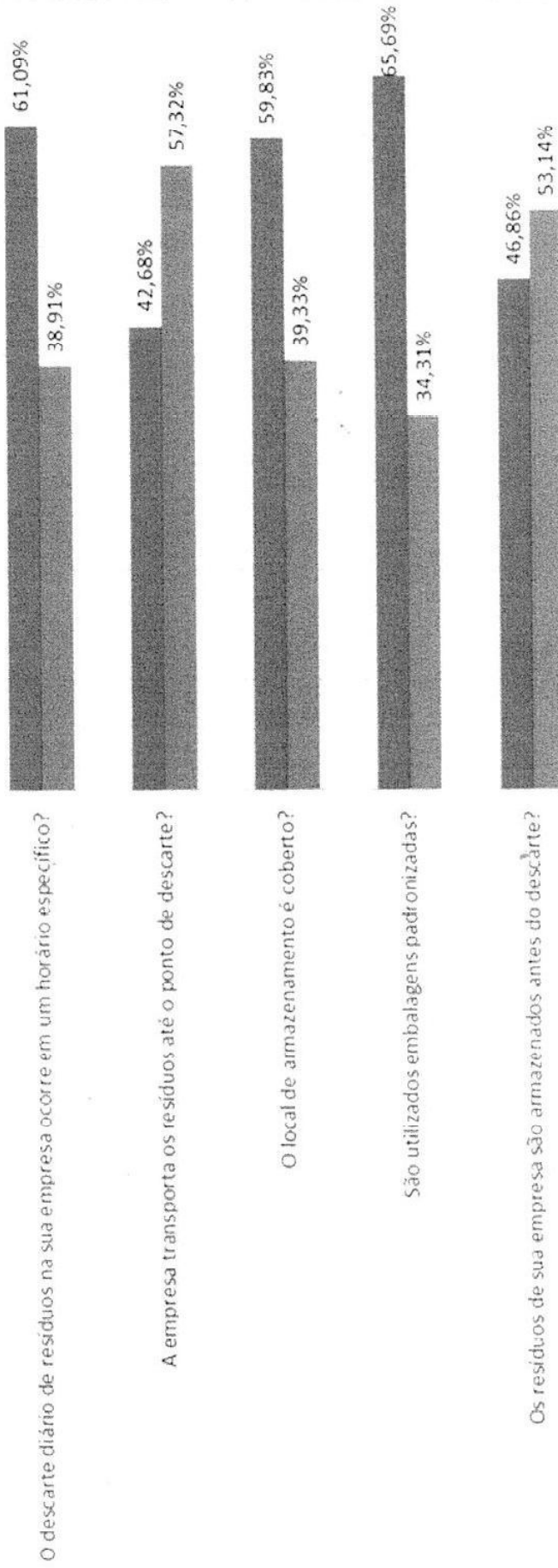
# Volumes



ATÉ 100 KG      DE 101 A 200 KG      DE 201 A 500KG      DE 501 A 1000KG

CEASA-GO  
Nº: 101  
C.F.: 156  
Publica:

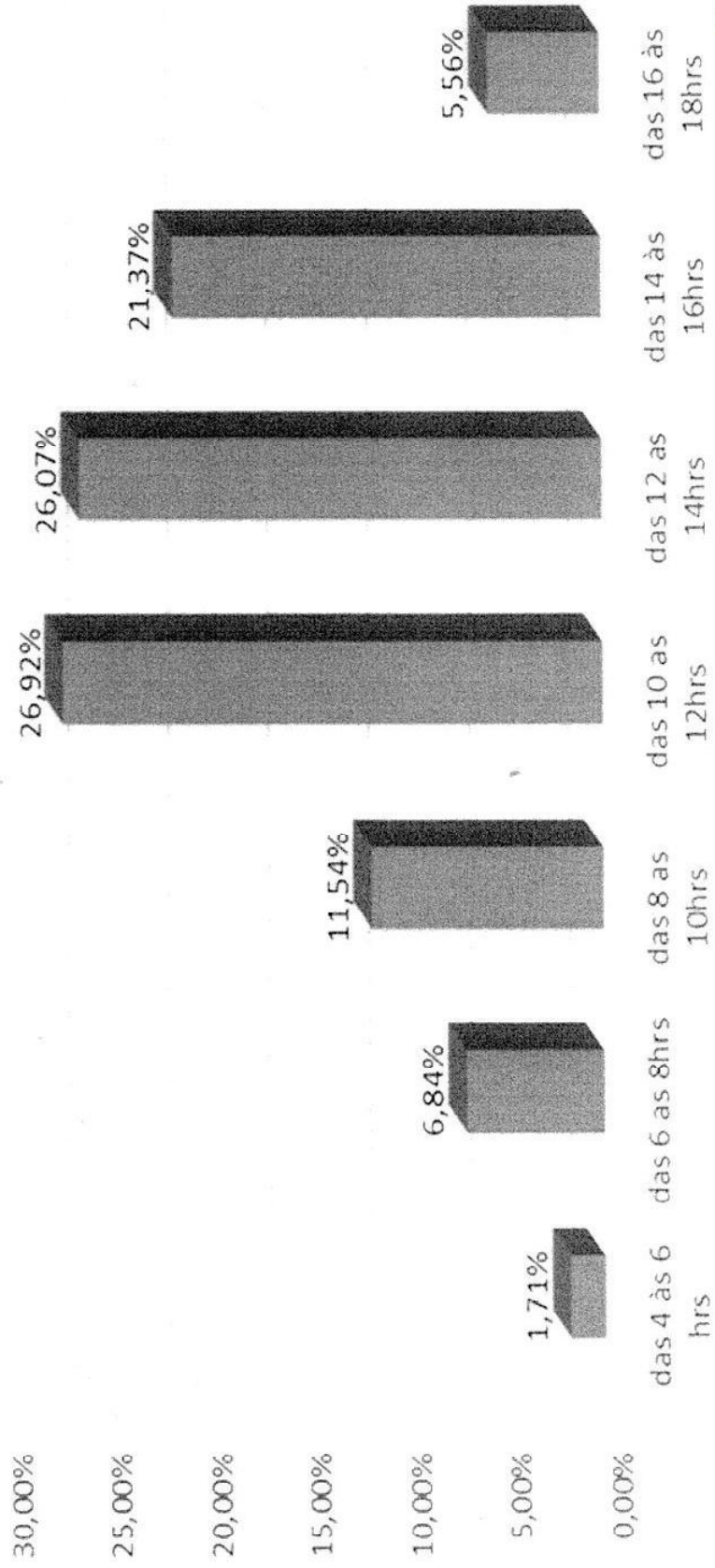
## Logística



■ NÃO ■ SIM



## Horários de Descarte



## CONCLUSÕES

- Os operadores de mercado possuem conhecimento sobre políticas de coleta seletiva, logística e reaproveitamento de resíduos e tem propensão a aderir a iniciativas neste sentido.
- A responsabilidade pela coleta, logística e reaproveitamento de resíduos deve ser compartilhada com os diversos operadores do mercado.
- Há um distanciamento entre o conhecimento e a operação sustentável. O cenário atual não favorece a coleta seletiva por parte das empresas, dada a falta de infraestrutura do mercado.
- O futuro modelo deve considerar a possibilidade de coleta por demanda, de acordo com cada segmento de mercado.
- O modelo deve manter foco em coleta, logística e reaproveitamento de resíduos orgânicos tendo em vista o grande número de fontes geradoras e a composição gravimétrica dos resíduos da CEASA-GO.
- Faz-se necessária a padronização de armazenamento, recipientes, horários e locais de descarte de resíduos sólidos.
- Os segmentos de mercado e os produtos comercializados, devem ser considerados para a implantação dos mecanismos de coleta, logística e reaproveitamento de resíduos sólidos.





**Obrigado !!!**

**Renato de Sousa Faria**

**Contato: 62-3522-9243**

**renatosousafaria@gmail.com**





**Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento  
e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil,  
Europa, Estados Unidos e Japão**



Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. --  
Jaboatão dos Guararapes, PE : Grupo de Resíduos Sólidos - UFPE, 2014.

ISBN 978-85-60917-36-5

1. Desenvolvimento sustentável
2. Gestão ambiental
3. Política ambiental
4. Poluição - Controle
5. Proteção ambiental - Administração
6. Resíduos sólidos - Política ambiental
7. Tecnologia ambiental.

14-04695

CDD-628.44

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Resíduos sólidos urbanos : Engenharia ambiental : Tecnologia 628.44



# Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão

**Pesquisa Científica**

BNDES FEP N° 02/2010

Instituição Financiadora



Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

Instituição Executora



Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da  
Universidade Federal de Pernambuco  
Grupo de Resíduos Sólidos - UFPE



Julho/2014



## EQUIPE TÉCNICA DO PROJETO

### ● NÚCLEO COORDENADOR

José Fernando Thomé Jucá  
José Dantas de Lima  
Maria Odete Holanda Mariano  
Alessandra Lee Barbosa Firmo  
Danuza Gusmão de Andrade Lima  
Luciana de Figueiredo Lopes Lucena  
Armando Borges de Castilhos Júnior  
Roberta Medeiros de Souza Cavalcanti  
Érika Verônica Ferreira Lima Sá  
Renata Melo – FADE  
Maria Zilka Mendonça – FADE  
Dolores Galvão – FADE

### ● NÚCLEO DE GESTÃO DA INFORMAÇÃO, BASE DE DADOS E FERRAMENTA DE APOIO A DECISÃO

Aline Dantas de Oliveira  
Ericka Patrícia de Lima Brito  
Gustavo Henrique Tetzl Rocha  
Hosmanny Mauro Goulart Coelho  
Katia Botelho Torres Galindo  
Lineker Max Goulart Coelho  
Matheus Rennó Sartori  
Natalia Maria Leitão de Melo  
Priscila Cintia Macêdo da Silva  
Raissa Bezerra A. de Menezes  
Talita Vasconcelos de Lucena

### ● NÚCLEO INTERNACIONAL

Aderbal Caetano Correa (USA)  
Antonis Mavropoulos (Grécia)  
Janya Sang-Arun (Japão)  
Julian Uriarte Jaureguizar (Espanha)  
Mario Augusto Tavares Russo (Portugal)  
Mauro Pietro Angelo Gandolla (Suíça)  
William Gregory Vogt (USA)

### ● NÚCLEO REGIONAL NORTE

Fabiana Rocha Campelo  
Glaucia Regina Maders  
Jari Fernandes Assis Neto  
José Olavo Nogueira Braga  
Paulo Mauricio Oliveira Pinho  
Paulo Ricardo Rocha Farias

### ● NÚCLEO REGIONAL NORDESTE

Carlos Henrique da Costa Guilherme  
(*in memoriam*)  
Francisco Humberto de Carvalho Junior  
José Mauricio Souza Fiuza  
Marcos Stenio Teixeira  
Regia Lúcia Lopes  
Silvia Marcia Rabelo Vieira

### ● NÚCLEO REGIONAL CENTRO-OESTE

Diógenes Aires de Melo  
Diogo Appel Colvero  
Eraldo Henriques de Carvalho  
Livia Maria Dias  
Simone Costa Pfeiffer  
Solange Fátima de Oliveira Cruz

### ● NÚCLEO REGIONAL SUDESTE

Alice Libânia Santana Dias  
Bruna Patrícia de Oliveira  
Camille Ferreira Mannarino  
Carlos Roberto Vieira da Silva Filho  
Cynthia Fantoni Alves Ferreira  
Emilio Maciel Eigenheer  
João Alberto Ferreira  
Jose Henrique Penido Monteiro

### ● NÚCLEO REGIONAL SUL

Geraldo Antonio Reichert  
Guilherme Augusto Araújo Duarte  
Heloisa Alves Pereira dos Santos  
Mario Saffer  
Melissa Kaori Izawa  
Nicolau Leopoldo Obladen

---

Este projeto foi executado através da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco (FADE/UFPE) com o apoio financeiro do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), por meio de financiamento não reembolsável com recursos do Fundo de Estruturação de Projetos do BNDES (FEP). O conteúdo dos estudos e pesquisas é de exclusiva responsabilidade dos autores, não refletindo, necessariamente, a opinião do BNDES. Para maiores informações sobre essa modalidade de financiamento, acesse o site <http://www.bndes.gov.br/programas/outros/fep.asp>



# Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
2	CONTEXTO GERAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL	19
3	POLÍTICAS PÚBLICAS E ARRANJOS INSTITUCIONAIS	25
3.1	Políticas Públicas no Exterior	26
3.1.1	União Europeia	27
3.1.2	Estados Unidos	29
3.1.3	Japão	30
3.1.4	Comparação entre os modelos internacionais	32
3.2	Políticas Públicas no Brasil	33
3.3	Arranjo Institucional e Modelos de Gestão	34
3.4	Influência das Políticas Públicas na Gestão de Resíduos e Tecnologias Adotadas no Exterior e no Brasil	38
4	TECNOLOGIAS PARA TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU	47
4.1	Triagem e Reciclagem de RSU	47
4.2	Tratamento Biológico	49
4.2.1	Compostagem	49
4.2.2	Digestão Anaeróbia	53
4.3	Incineração	55
4.4	Combustíveis Derivados de Resíduos (CDR)	59
4.5	Coprocessamento de RSU	62
4.6	Aterros Sanitários	63
5	TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO EXTERIOR E NO BRASIL	69
5.1	Exterior	70
5.1.1	União Europeia	70
5.1.2	Estados Unidos	74
5.1.3	Japão	78
5.2	Brasil	80
5.2.1	Região Norte	84
5.2.2	Região Nordeste	90
5.2.3	Região Centro-Oeste	96
5.2.4	Região Sudeste	102
5.2.5	Região Sul	109



<b>6</b>	<b>ANÁLISE TÉCNICA, SOCIOECONÔMICA, AMBIENTAL E INSTITUCIONAL DAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU</b>	<b>115</b>
6.1	Aspectos Técnicos e Econômicos das Tecnologias	117
6.1.1	Os Custos das Tecnologias	117
6.1.2	O Mercado de Valorização e Aproveitamento dos RSU	128
6.1.3	A Cobrança dos Sistemas de Gestão de RSU	135
6.2	Aspectos Socioambientais das Tecnologias	138
6.2.1	Emissões Atmosféricas	139
6.2.2	Consumo de Recursos Naturais	141
6.2.3	Desamenidades	142
6.2.4	Outras Emissões	143
6.2.5	Geração de Emprego e Renda	145
<b>7</b>	<b>ROTAS TECNOLÓGICAS PARA O BRASIL</b>	<b>147</b>
7.1	Municípios com População Inferior a 30.000 Habitantes	150
7.2	Municípios com População entre 30.000 e 250.000 Habitantes	152
7.3	Municípios com População entre 250.000 e 1.000.000 de Habitantes	153
7.4	Municípios com População superior a 1.000.000 de Habitantes	155
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>159</b>
<b>9</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>163</b>
<b>10</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>171</b>
ANEXO I	– Análise da Legislação Brasileira	172/173
ANEXO II	– Comparativo dos decretos que regulamentam as legislações brasileiras	173/174
ANEXO III	– Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Região Norte	175
ANEXO IV	– Perfil institucional da gestão de RSU - Região Norte	176
ANEXO V	– Aspectos financeiros da gestão de RSU - Região Norte	176
ANEXO VI	– Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Região Nordeste	177
ANEXO VII	– Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Região Centro-Oeste	178
ANEXO VIII	– Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Região Sudeste	178
ANEXO IX	– Perfil institucional da gestão de RSU - Região Sudeste	179
ANEXO X	– Aspectos financeiros da gestão de RSU - Região Sudeste	179
ANEXO XI	– Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Região Sul	180
ANEXO XII	– Perfil institucional da gestão de RSU - Região Sul	180/181
ANEXO XIII	– Aspectos financeiros da gestão de RSU - Região Sul	181



## ■ Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> – Abrangência dos estudos realizados no Projeto.	17
<b>Figura 2</b> – Organograma da rede de pesquisa.	17
<b>Figura 3</b> – Geração de resíduos por t/ano e a correlação com o PIB anual.	20
<b>Figura 4</b> – Percentual da população, PIB e geração de resíduos sólidos por região.	21
<b>Figura 5</b> – Gastos municipais médios com Gerenciamento dos Resíduos Sólidos no Brasil – Período de 2008 a 2011. Fonte: ABRELPE, 2012.	22
<b>Figura 6</b> – Gastos com serviços de gerenciamento de resíduos sólidos por região e no Brasil. Fonte: ABRELPE, 2012.	23
<b>Figura 7</b> – Gastos com o gerenciamento de resíduos sólidos em algumas cidades do Mundo, R\$/hab/ano.	23
<b>Figura 8</b> – Situação da disposição final dos RSU no Brasil, de 1991 a 2011.	24
<b>Figura 9</b> – Sistema Jurídico-Ambiental de RSU no Brasil.	33
<b>Figura 10</b> – Deposição de resíduos biodegradáveis em aterros no ano de 2006, comparada com as metas da Diretiva da UE. Fonte: ETC/SCP baseado em dados da Comissão Europeia (2009).	39
<b>Figura 11</b> – Evolução da geração de resíduos e a deposição em aterros na Europa.	40
<b>Figura 12</b> – Vista superior da Unidade de Compostagem do Condado de Montgomery, Maryland – EUA (GRS/UFPE, 2012).	50
<b>Figura 13</b> – Unidade de Compostagem do Condado de Montgomery, Maryland (a) Leiras de compostagem, (b) reviramento mecanizado e (c) comercialização do composto (GRS/UFPE, 2012)	50
<b>Figura 14</b> – Método natural de aeração que utiliza reviramento mecânico das leiras. (a) Unidade de compostagem de Montgomery e (b) detalhamento do equipamento utilizado (GRS/UFPE, 2012)	51
<b>Figura 15</b> – Esquema de método acelerado de compostagem (GRS/UFPE, 2012).	52
<b>Figura 16</b> – Método acelerado de compostagem em reatores rotatórios. Sistema Dano – Riba d’Ave (GRS/UFPE, 2012)	52
<b>Figura 17</b> – Planta de digestão anaeróbia de resíduos – Unidade Tratolixo – Portugal.	54
<b>Figura 18</b> – Incinerador de resíduos sólidos.	57
<b>Figura 19</b> – Planta de incineração de resíduos (Lipor, Portugal).	57
<b>Figura 20</b> – Esquema ilustrativo de unidade de produção de CDR.	60
<b>Figura 21</b> – Unidade de CDR.	60
<b>Figura 22</b> – Unidade de produção de CDR.	61



<b>Figura 23</b> - Aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos (IPT, 2000).	64
<b>Figura 24</b> - Aterro sanitário em encosta.	65
<b>Figura 25</b> - Aterro sanitário em valas.	66
<b>Figura 26</b> - Resíduos urbanos gerados por Estados-membros em 2010 em Kg/habitante.ano.	70
<b>Figura 27</b> - Origem dos resíduos produzidos na UE-27 no ano de 2008.	71
<b>Figura 28</b> - Classificação dos resíduos totais gerados na União Europeia no ano de 2008.	71
<b>Figura 29</b> - Tipo de Tratamento dos resíduos sólidos gerados por Estados-membros em 2010.	73
<b>Figura 30</b> - Quantidade de resíduos por tipos de tecnologias utilizadas no tratamento de resíduos municipais na Europa, no bloco dos 27 Estados-membros, dentre os anos de 1995 a 2010. (Fonte: Eurostat, 2012).	74
<b>Figura 31</b> - Geração de RSU total (linha sólida) e per capita (linha tracejada), desde 1960 ate 2010.	75
<b>Figura 32</b> - Composição gravimétrica média dos RSU gerados nos EUA no ano de 2010 (Fonte: US-EPA, 2012).	75
<b>Figura 33</b> - Evolução do tratamento dos resíduos sólidos urbanos nos EUA. Fonte: USEA, 2012.	77
<b>Figura 34</b> - Características regionais de tratamento e destinação final de RSU nos Estados Unidos.	77
<b>Figura 35</b> - Variação da geração dos resíduos no Japão no período de 1985 a 2009.	78
<b>Figura 36</b> - Composição dos resíduos no Japão no período de 1980 a 2008. Fonte: MOEJ, 2012.	79
<b>Figura 37</b> - Comparação de tratamento de resíduos sólidos urbanos no Japão durante o ano 2000 a 2008.	80
<b>Figura 38</b> - Geração per capita de RSU em cada região no Brasil com base nos dados RSU coletados pela ABRELPE (2012).	81
<b>Figura 39</b> - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (PNRS, 2011).	82
<b>Figura 40</b> - Percentual de domicílios particulares permanentes com acesso à coleta de RSU, nos anos de 1992 a 2008. Fonte: IBGE, 2008.	83
<b>Figura 41</b> - Comparação dos percentuais de reciclagem de Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão.	84
<b>Figura 42</b> - Unidades de Triagem e Compostagem nos município da Região Norte.	87
<b>Figura 43</b> - Forma de disposição final dos resíduos nos municípios da Região Norte.	88
<b>Figura 44</b> - Rota tecnológica identificada para a Região Norte.	89
<b>Figura 45</b> - Destinação final de RSU na Região Nordeste, entre os anos de 1991 a 2011. Fonte: adaptado de Jucá 2004 e ABRELPE 2011 e 2012.	92
<b>Figura 46</b> - Unidades de Triagem e Compostagem nos municípios da Região Nordeste.	93
<b>Figura 47</b> - Forma de disposição final dos resíduos nos municípios da Região Nordeste.	94
<b>Figura 48</b> - Rota tecnológica identificada para a Região Nordeste.	95
<b>Figura 49</b> - Unidades de Triagem e Compostagem nos municípios da Região Centro-Oeste.	99
<b>Figura 50</b> - Forma de disposição final dos resíduos nos municípios da Região Centro-Oeste.	100
<b>Figura 51</b> - Rota tecnológica identificada para a Região Centro-Oeste.	101



<b>Figura 52</b> – Unidades de Triagem e Compostagem.	104
<b>Figura 53</b> – Forma de disposição final dos resíduos nos municípios da Região Sudeste.	106
<b>Figura 54</b> – Rota tecnológica predominante no Estado de São Paulo.	107
<b>Figura 55</b> – Rota tecnológica predominante no Estado do Rio de Janeiro.	107
<b>Figura 56</b> – Rota tecnológica predominante no Estado do Espírito Santo.	108
<b>Figura 57</b> – Rota tecnológica predominante no Estado de Minas Gerais.	108
<b>Figura 58</b> – Unidades de Triagem e Compostagem nos municípios da Região Sul.	111
<b>Figura 59</b> – Forma de disposição final dos resíduos nos municípios da Região Sul.	112
<b>Figura 60</b> – Rota tecnológica predominante para o Estado do Rio Grande do Sul.	113
<b>Figura 61</b> – Rota tecnológica predominante no Estado do Paraná.	114
<b>Figura 62</b> – Fluxograma geral de rotas tecnológicas do Estado de Santa Catarina.	114
<b>Figura 63</b> – Custos de Implantação de Unidades de Triagem.	119
<b>Figura 64</b> – Custos Unitários de Operação de Unidades de Triagem.	120
<b>Figura 65</b> – Custos de Implantação de Unidades de Compostagem.	121
<b>Figura 66</b> – Custos Unitários de Operação de Unidades de Compostagem.	122
<b>Figura 67</b> – Custos de Implantação de Aterros Sanitários.	127
<b>Figura 68</b> – Custos Unitários de Implantação e Operação de Aterros Sanitários.	127
<b>Figura 69</b> – Evolução da Reciclagem no Brasil.	129
<b>Figura 70</b> – Evolução da Reciclagem por Tipo de Material.	130
<b>Figura 71</b> – Preços de Materiais Recicláveis no Brasil.	131
<b>Figura 72</b> – Evolução do Consumo e Produção de Energia no Brasil (10 <sup>9</sup> tep).	133
<b>Figura 73</b> – Expansão da Oferta de Energia Elétrica no Período 2015-2030.	134
<b>Figura 74</b> – Evolução da Tarifa Média de Energia Elétrica (R\$/MWh).	135
<b>Figura 75</b> – Municípios Brasileiros por Faixa Populacional.	150
<b>Figura 76</b> – Rota Tecnológica para Municípios com população Inferior a 30.000 Habitantes.	151
<b>Figura 77</b> – Rota Tecnológica para Municípios com população entre 30.000 e 250.000 Habitantes.	153
<b>Figura 78</b> – Rota Tecnológica para Municípios com população entre 250.000 e 1.000.000 de Habitantes.	154
<b>Figura 79</b> – Rota Tecnológica para Municípios com população Superior a 1.000.000 de Habitantes.	156

## ■ Lista de Quadros

<b>Quadro 1</b> – Legislação da União Europeia sobre Resíduos Sólidos.	28
<b>Quadro 2</b> – Legislações sobre resíduos sólidos nos EUA.	29
<b>Quadro 3</b> – Arranjos institucionais, modelos de gestão e sistemas de incentivos.	30
<b>Quadro 4</b> – Legislação sobre resíduos sólidos no Japão.	31
<b>Quadro 5</b> – Comparação entre União Europeia, Estados Unidos e Japão.	32

## ■ Lista de Tabelas

<b>Tabela 1</b> - Evolução dos sistemas de tratamento dos resíduos sólidos urbanos.	46
<b>Tabela 2</b> - Principais tecnologias utilizadas nos EUA.	76
<b>Tabela 3</b> - Quantidade de RSU coletados por regiões do Brasil.	83
<b>Tabela 4</b> – População e Geração dos RSU nos Estados da Região Norte.	85
<b>Tabela 5</b> – Geração e composição dos RSU nos Estados da Região Nordeste.	90
<b>Tabela 6</b> – População e geração dos RSU nos Estados da Região Centro-Oeste.	96
<b>Tabela 7</b> – Tecnologias de tratamento e disposição final de RSU na Região Centro-Oeste, por unidade federativa e respectivos municípios ou regiões administrativas.	98
<b>Tabela 8</b> – População e Geração dos RSU nos Estados da Região Sudeste.	102
<b>Tabela 9</b> – População, geração e composição dos RSU nos Estados da Região Sul.	109
<b>Tabela 10</b> – Síntese da Análise de Implantação de Unidades de Digestão Anaeróbia.	123
<b>Tabela 11</b> – Síntese da Análise de Implantação de Unidades de Incineração.	125

## ■ Lista de siglas, abreviaturas e símbolos

- ABES/BA – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Bahia
- ABES/DF – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Distrito Federal
- ABES/PB – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Paraíba
- ABES/PE – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Pernambuco
- ABES/ES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Espírito Santo
- ABES/MG – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Minas Gerais
- ABES/MS – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Mato Grosso do Sul
- ABES/MT – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Mato Grosso
- ABES/PR – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Paraná
- ABES/RJ – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Rio de Janeiro
- ABES/RN – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Rio Grande do Norte
- ABES/RS – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Rio Grande do Sul
- ABES/SC – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Santa Catarina
- ABES/SP – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção São Paulo
- ABLP – Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
- ACFOR – Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental
- ACORDO VERDE – Acordo para Coleta Seletiva de João Pessoa
- ACREVI – Associação Comunitária Reciclando para a VidaAD – Digestão Anaeróbia
- ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal
- AGCONP – Associação Gaúcha de Consórcios Públicos
- AGEDR – Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do RS
- AGEFIS – Agência de Fiscalização do Distrito Federal
- AGERGS – Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do RS
- AGESAN – Agência Reguladora de Serviços de Saneamento do Estado de Santa Catarina
- AGM – Associação Gaúcha de Municípios
- AGR – Agência Goiana de Regulação, Controle e Fiscalização de Serviços Públicos
- AMM – Associação Mato Grossense de Municípios
- AMP – Associação dos Municípios do Paraná
- ANAMA – Associação Nacional de Municípios do Centro Oeste
- ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos
- ARCE – Agência de Regulação do Estado do Ceará
- ARIS – Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento de Santa Catarina
- ARPE – Agência de Regulação de Pernambuco
- ARSBAN – Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Município do Natal
- ASCAJAN – Associação dos Catadores de Jangurussu





- ASCAMAREM – Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Muriaé
- ASMARE – Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Outros
- ASTRAMARE – Associação dos Trabalhadores de Materiais Reciclados
- ATS – Alto Teor de Sólidos
- BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
- BTS – Baixo Teor de Sólidos
- CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
- CATAMAIS – Cooperativa Catamais
- CAVO – Companhia Auxiliar de Viação e Obras
- CDR – Combustível Derivado de Resíduos
- CF – Conselho da União Europeia
- CEE – Comunidade Econômica Europeia
- CEMPRES – Compromisso Empresarial da Reciclagem
- CEMPRES/IPT – Compromisso Empresarial para Reciclagem/Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico
- COCACE – Cooperativa dos Caçambeiros Autônomos do Ceará
- Codevasf – Companhia de Desenvolvimento dos vales do São Francisco e do Parnaíba
- COMPAM – Conselho Municipal de Meio Ambiente
- COMSUL – Consórcio Público dos Municípios da Mata Sul
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CONDER – Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia
- CONESAN – Conselho Estadual de Saneamento de São Paulo
- CONSEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente
- COOCAMAR – Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis e Desenvolvimento Sustentável-RN
- COOPAGRES – Cooperativa de Catadores de Material Reciclável da Cidade de Natal
- COOPBARIRI – Cooperativa do Bari
- COOPCICLA – Cooperativa de Catadores de Material Reciclável da Cidade de Natal
- COOPERBRAV – Cooperativa dos Recicladores da Unidade de Canabrava
- COTRRAMARE – Cooperativa de Trabalhadores de Materiais Recicláveis Campina Grande
- COVISA-NATAL – Coordenadoria da Vigilância Sanitária
- CPRH – Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos
- CREA/GO – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás
- CREA/MT – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Mato Grosso
- CTR Candeias – Centro de Tratamento de Resíduos de Candeias
- CTR PE – Centro de Tratamento de Resíduos de Pernambuco
- DA – Digestão Anaeróbia
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- ECOSAM – Consultoria em Saneamento Ambiental LTDA
- EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
- EMLURB – Empresa Municipal de Limpeza Urbana
- EMLUR – Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana



- EPA – Environmental Protection Agency
- ESTRE – Estre Ambiental Ltda
- ESWET – European Suppliers of Waste to Energy Suppliers
- EUA – Estados Unidos da América
- FAMURS – Federação das Associações de Municípios do Rio Grande do Sul
- FATMA – Fundação do Meio Ambiente
- FBB – Fundação Banco do Brasil
- FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente
- FECAM – Federação Catarinense de Municípios
- FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental
- FUNASA – Fundação Nacional de Saúde
- FURG – Universidade Federal do Rio Grande
- GEE – Gases de Efeito Estufa na Atmosfera
- GRS – Gerenciamento dos Resíduos Sólidos
- GRS/UFPE – Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Pernambuco
- HSWA – Hazard Ousand Solid Waste Amendments
- IAP – Instituto Ambiental do Estado do Paraná
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração
- ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
- IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente
- IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
- IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
- IMASUL – Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul
- IN – Instrução Normativa
- INEA – Instituto Estadual do Ambiente
- INEMA – Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
- IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas
- IPTU – Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- JEA – Agência Ambiental Japonesa
- LIMPURB – Empresa de Limpeza Urbana de Salvador
- LPCP – Lei da Política de Consórcios Públicos
- LPNSB – Lei da Política Nacional de Saneamento Básico
- LPNRS – Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- MBT – Tratamentos Mecânicos-Biológicos
- MCI – Motores de Combustão Interna
- MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
- METROPLAN – Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional





- MIT – Massachusetts Institute of Technology
- MNCR-GO – Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis de Goiás
- MMA – Ministério do Meio Ambiente
- MME – Ministério de Minas e Energia
- MP/BA – Ministério Público do Estado da Bahia
- MP/ES – Ministério Público do Estado do Espírito Santo
- MP/GO – Ministério Público do Estado de Goiás
- MP/MG – Ministério Público do Estado de Minas Gerais
- MP/MS – Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul
- MP/MT – Ministério Público do Estado de Mato Grosso
- MP/PB – Ministério Público do Estado da Paraíba
- MP/PE – Ministério Público do Estado de Pernambuco
- MP/PR – Ministério Público do Estado do Paraná
- MP/RJ – Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro
- MP/RN – Ministério Público do Estado do Rio Grande do Norte
- MP/RS – Ministério Público do Estado Rio Grande do Sul
- MP/SC – Ministério Público do Estado de Santa Catarina
- MP/SP – Ministério Público do Estado de São Paulo
- NBR – Norma Brasileira Registrada
- ONG – Organização Não Governamental
- PCI – Poder Calorífico Inferior
- PIB – Produto Interno Bruto
- PMGRS – Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos
- PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
- PNSB – Plano Nacional de Saneamento Básico
- PNS – Política Nacional de Saneamento
- PPP – Parcerias Público-Privadas
- PROMATA – Programa de Apoio ao Desenvolvimento Sustentável da Zona da Mata de Pernambuco
- PRORECIFE – Cooperativa Pro Recife
- PUCRS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
- PWC – Price Waterhouse Coopers
- RCD – Resíduos da Construção e Demolição
- RCRA – Resource Conservation and Recovery Act
- RDF – Refuse Derived Fuel
- RI – Resíduos Industriais
- RSU – Resíduos Sólidos Urbanos
- RSS – Resíduos de Serviços de Saúde
- SDS – Secretaria de Desenvolvimento Sustentável
- SEA – Secretaria do Estado do Ambiente
- SEAMA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente
- SEBRAE/ES – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado do Espírito Santo





- SEBRAE/MG – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado de Minas Gerais
- SEBRAE/RJ – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado do Rio de Janeiro
- SEBRAE/SP – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado de São Paulo
- SECID – Secretaria das Cidades
- SECIDADES – Secretaria das Cidades
- SEDETEMA – Secretaria Municipal do Desenvolvimento Territorial e Ambiental
- SEDUR – Secretaria de Desenvolvimento Urbano
- SEHADUR – Secretaria da Habitação de Saneamento do Rio Grande do Sul
- SELUR – Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana no Estado de São Paulo
- SEMA – Secretaria Especial de Meio Ambiente
- SEMAC – Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia
- SEMACE – Superintendência Estadual de Meio Ambiente do Estado do Ceará
- SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
- SEMARH – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Paraíba
- SEPLAG – Secretaria do Planejamento e Gestão do Estado do Ceará
- SESUTRA – Secretaria de Serviços Urbanos de Mossoró
- SESWET – European Suppliers of Waste to Energy Suppliers
- SIL – Soluções Ambientais Ltda
- SINISA – Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico
- SLU – Serviços de Limpeza Urbana
- SLU/DF – Superintendência de Limpeza Urbana do Distrito Federal
- SMA – Secretaria de Meio Ambiente
- SMC – Material Ciclo Society
- SNAS – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
- SNIS – Sistema Nacional de Informações de Saneamento
- SUDEMA – Superintendência de Desenvolvimento de Meio Ambiente
- TBM – Tratamento Mecânico Biológico
- TS – Sólidos Totais
- TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – Aneel
- TUST – Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão
- UCS – Universidade de Caxias do Sul
- UE – União Europeia
- UE-27 – União Europeia
- UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- UPF – Universidade de Passo Fundo
- URE – Usinas de Recuperação de Energia
- URBANA – Companhia de Serviços Urbanos de Natal
- US-EPA – Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana
- VEGA – Vega Engenharia Ambiental Ltda
- WTR – Waste to Resources
- WTE – Waste to Energy
- WWF – World Wildlife Fund



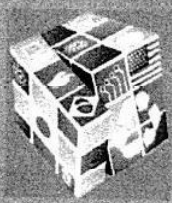




1

114  
196

# Introdução



**E**sta publicação apresenta uma síntese de informações e conhecimentos produzidos no projeto de pesquisa intitulado “Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão”, financiada pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, e executada pelo Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Pernambuco (GRS/UFPE), por meio da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco – FADE.

O projeto tem como objetivo estratégico a avaliação de diferentes tecnologias de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos (RSU), empregadas no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão, visando determinar a viabilidade de aplicação nas regiões brasileiras, considerando suas especificidades socioeconômicas e ambientais. Para tanto, foram analisadas as políticas públicas, os perfis institucionais e os quadros legais adotados nos diferentes países e no Brasil, além da realização de um levantamento sobre as principais tecnologias de tratamento e rotas tecnológicas para destinação dos RSU. Com base nas informações obtidas nessas pesquisas, analisaram-se as dimensões técnica, econômica e ambiental das tecnologias estudadas (triagem, reciclagem, compostagem, digestão anaeróbia, incineração e aterros sanitários) no que se refere à aplicabilidade e sustentabilidade, bem como se verificou a possibilidade de associar tais tecnologias a arranjos institucionais a serem adotados no Brasil.

Para alcançar os objetivos propostos, foi estabelecida uma rede composta por 62 pesquisadores nacionais e internacionais, distribuídos nas cinco regiões do Brasil e em Portugal, Espanha, Suíça, Grécia, Estados Unidos e Japão, países onde foram realizadas visitas técnicas, conforme indicados na Figura 1.

As principais premissas estabelecidas neste projeto de pesquisa foram as seguintes:

- (a) conhecer as experiências internacionais na gestão de RSU, analisando o poder e a influência dos instrumentos legais na adoção de práticas, tecnologias e rotas tecnológicas de tratamento e disposição final de RSU;
- (b) analisar a situação atual da gestão de RSU no Brasil, considerando as diferenças regionais (econômicas, sociais e ambientais) e os marcos regulatórios existentes.
- (c) promover uma ampla discussão sobre o tema por meio da realização de seminários, divulgação em mídia impressa, digital, audiovisual, bem como em eventos nacionais e internacionais.

Com base nessas premissas, os pesquisadores do projeto desenvolveram instrumentos para auxiliar na análise e escolha de tecnologias, rotas tecnológicas e arranjos institucionais (ou conjunto destes) envolvidos na gestão de RSU em cada região do Brasil, considerando quatro critérios: (i) distribuição da população; (ii) custos econômicos e financeiros; (iii) geração de emprego e renda; e (iv) aspectos ambientais.

### MAPA DA ABRANGÊNCIA DOS ESTUDOS REALIZADOS NO PROJETO

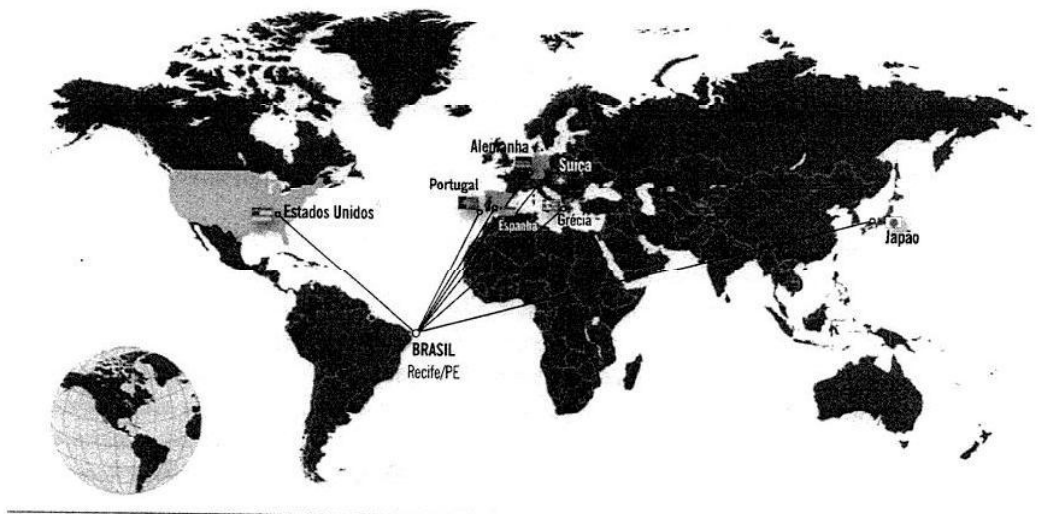


Figura 1 – Abrangência dos estudos realizados no Projeto.

A equipe de pesquisa foi dividida em diferentes núcleos de trabalho de forma a otimizar a gestão e desenvolvimento da pesquisa, conforme apresentado no organograma da rede de pesquisa, definido na Figura 2. A coordenação geral foram interligadas várias coordenações temáticas, núcleos técnicos no Brasil (um por região geográfica) e um núcleo internacional que agregou os pesquisadores da Europa, Estados Unidos e Japão.

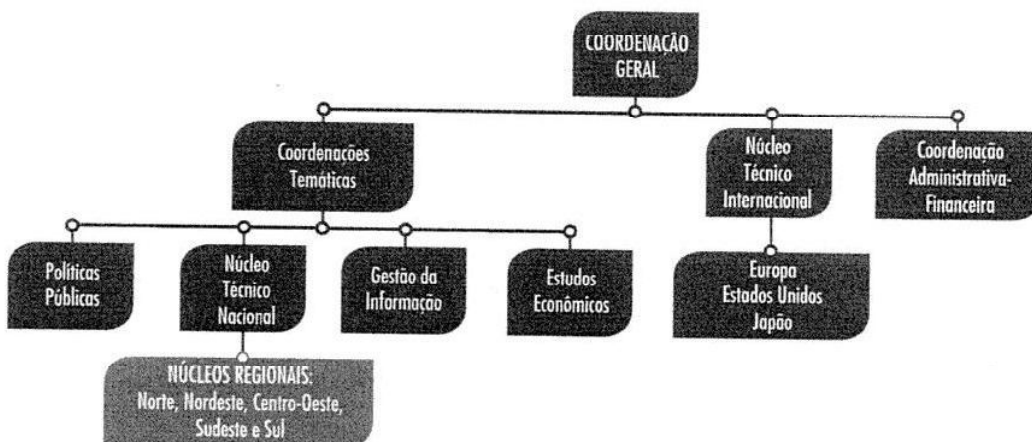


Figura 2 – Organograma da rede de pesquisa.

Os resultados do projeto foram apresentados em forma de produtos estruturados em relatórios, os quais continham as informações e análises detalhadas das pesquisas realizadas pelos núcleos regionais e internacionais, e pelas coordenações temáticas. Em seguida, tais





informações e análises eram conformadas pela coordenação geral do projeto, resultando em relatórios preliminares. Esses relatórios preliminares eram enviados a todos os pesquisadores por meio digital e as discussões ocorriam em formato virtual ou presencial, por intermédio da realização de seminários, com o objetivo de consolidar as informações, subsidiando a conformação dos relatórios finais. Assim, foram realizados cinco seminários nacionais, com a participação dos pesquisadores internacionais em dois eventos, e cinco seminários regionais (um em cada região do Brasil), para discussão e consolidação dos relatórios, da metodologia e dos dados utilizados na pesquisa. Esses seminários também permitiram a participação e contribuição da sociedade, de formadores de opinião, de empresários do setor e de representantes dos governos federal, estadual e municipal, envolvidos com a problemática dos resíduos.

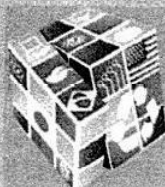
Para facilitar a compreensão e leitura, este documento está estruturado em 9 capítulos: o **Capítulo 1** apresenta uma introdução do projeto e a metodologia adotada na pesquisa; o **Capítulo 2** apresenta os aspectos motivacionais e a justificativa para a realização da pesquisa, destacando a problemática da gestão, tratamento e destinação de RSU no Brasil. O **Capítulo 3** abrange as principais políticas públicas e arranjos institucionais existentes no exterior (Europa, Estados Unidos e Japão) e no Brasil, seguidos de uma análise comparativa entre os modelos internacionais de gestão de RSU adotados, indicando as diferenças e similaridades entre eles e a influência das políticas públicas no tratamento dos RSU no exterior. O **Capítulo 4** apresenta as principais tecnologias utilizadas para o tratamento de RSU, considerando seus aspectos tecnológicos, vantagens e desvantagens. O **Capítulo 5** apresenta uma síntese do tratamento e disposição final dos RSU nos Estados Unidos, Europa, Japão e Brasil, destacando a quantidade e composição dos resíduos e indicando as principais tecnologias de tratamento adotadas. O **Capítulo 6** apresenta uma síntese da análise técnica, socioeconômica e ambiental das alternativas tecnológicas para o tratamento dos RSU no Brasil. O **Capítulo 7** apresenta propostas de arranjos institucionais e de rotas tecnológicas para o Brasil, enfatizando a aplicabilidade e a sustentabilidade das tecnologias estudadas, bem como os arranjos institucionais possíveis (solução isolada e solução consorciada), subsidiando os resultados conclusivos da pesquisa. Por último, o **Capítulo 8** apresenta as considerações finais e o **Capítulo 9** contempla as referências bibliográficas utilizadas nesta pesquisa.



2



## Contexto geral dos resíduos sólidos urbanos no Brasil



A quantidade de resíduos gerados em um país está correlacionada à evolução de sua população, ao nível de urbanização, ao poder de compra dos habitantes, entre muitos outros fatores. O Brasil possui uma área total de 8.514.876,599 km<sup>2</sup> e é o 5º maior país em extensão territorial do mundo, com uma população total de 201.032.714 habitantes no ano de 2013 (IBGE, 2013), dos quais cerca de 85% correspondem à população urbana.

A economia do país tem apresentado uma crescente evolução ao longo dos anos, o que fez o Brasil alcançar o posto de 6ª economia mundial. Neste sentido, observa-se que na última década (2001 a 2010) o PIB teve um crescimento médio anual de 3,6% e o PIB per capita registrou crescimento anual médio de 2,4%, indicando um maior poder de compra da população. No período de 2000 a 2010, a taxa média de crescimento populacional foi de 1,17% ao ano, resultando em um incremento de 12,3% nessa década (IBGE, 2010). Durante esse mesmo período, a produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) evoluiu de 125.258 toneladas/dia para 195.090 toneladas/dia (JUCÁ, 2004 e ABRELPE, 2012), representando um aumento de aproximadamente 35,7%. Essa variação indica que a geração de resíduos não está relacionada apenas ao número de habitantes, mas envolve, também, outros fatores como o desenvolvimento econômico. O aumento na geração de RSU pela população tem sido discutido pela sociedade em diversos aspectos, principalmente naqueles que afetam a sua qualidade de vida. Apesar disso, a gestão dos resíduos sólidos, considerada um dos setores básicos do saneamento, ainda não tem recebido a devida atenção por parte dos gestores públicos, resultando assim nos atuais grandes problemas de cunho social, ambiental, econômico e de saúde.

A aludida relação entre a geração de RSU e as questões econômicas do país está ilustrada na Figura 3. É possível observar que o nível de aumento da geração de resíduos acompanha o ritmo de crescimento do PIB. Um aumento/diminuição no PIB implica uma movimentação semelhante da quantidade de RSU gerados. A relação entre a geração dos resíduos sólidos e a evolução da economia é um fato também constatado em regiões, estados e municípios do Brasil.



**Figura 3** - Geração de resíduos por t/ano e a correlação com o PIB anual.  
 Fonte: Jucá, 2012. Dados obtidos de Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012 – ABRELPE e de PIB – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Na Figura 4 são apresentados os percentuais de geração de resíduos, população e PIB das regiões do País. A Região Sudeste é a mais populosa (contém 42% da população nacional), concentra mais de 50% do PIB e é responsável pela geração de aproximadamente 50% dos resíduos sólidos no país. A Região Nordeste é a segunda maior geradora de resíduos do país, parecendo este volume apresentar uma forte correlação com a quantidade de habitantes da região. A Região Sul, conhecida pelos programas de reciclagem e coleta seletiva mais eficientes do país, apresenta baixo percentual de geração de resíduos em relação tanto à população quanto ao PIB da região.

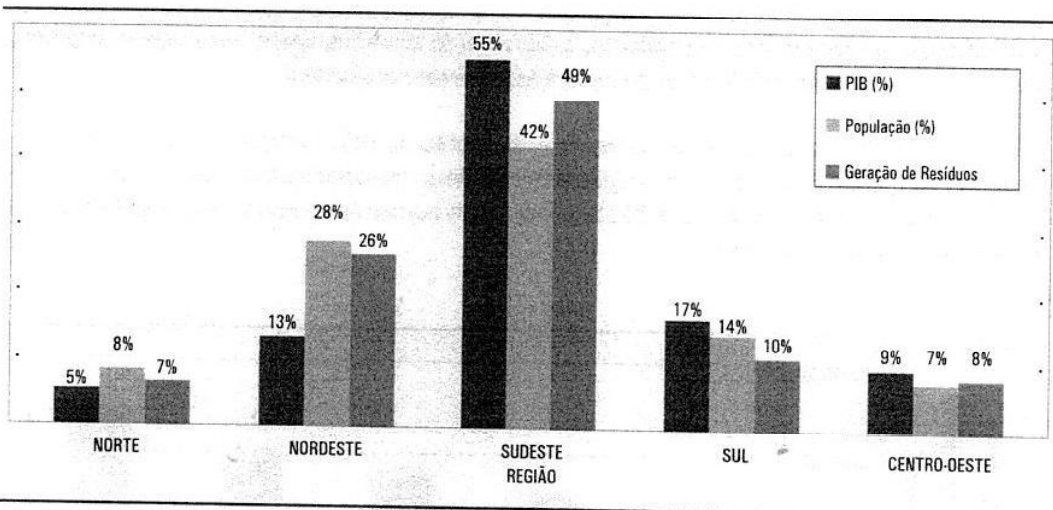


Figura 4 - Percentual da população, PIB e geração de resíduos sólidos por região.  
Fonte: IBGE (2010)

Neste sentido, é importante salientar que a geração dos resíduos e, conseqüentemente, seu tratamento e disposição final estão relacionados não apenas a população ou PIB de uma região, estado ou município, mas também à gestão e ao gerenciamento dos resíduos pelo poder municipal, que é capaz de implementar ações que incentivem a redução de resíduos ou o aproveitamento de resíduos.

O conceito de gestão de RSU é muitas vezes confundido com gerenciamento e é usualmente empregado quando se pretende abranger os aspectos políticos, institucionais, administrativos, operacionais, financeiros, sociais e ambientais, envolvidos direta ou indiretamente com os resíduos. De forma geral, no Brasil, a Gestão dos RSU tem sido proposta em esferas maiores, como pelos estados ou Governo Federal, apesar de existirem algumas propostas municipais. Já o gerenciamento dos RSU tem uma abrangência mais específica (local), ficando a cargo das municipalidades<sup>1</sup>.

O gerenciamento refere-se a um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração desenvolve, apoiada em critérios sanitários, ambientais e econômicos, para coletar, tratar e dispor os RSU de um município (LIMA, 2001).

1. A responsabilidade das instituições públicas no âmbito nacional, estadual e municipal, está definida na Constituição Federal.



Ou seja, gerenciar significa acompanhar de forma criteriosa todo o ciclo dos resíduos, da geração à disposição final, empregando as técnicas e tecnologias mais compatíveis com a realidade local, promovendo condições adequadas para um destino final ambientalmente seguro, tanto no presente como no futuro. Em síntese, é o conjunto de ações técnico-operacionais que visam implementar, orientar, coordenar, controlar e fiscalizar os objetivos estabelecidos na gestão.

O gerenciamento dos RSU constitui responsabilidade da administração municipal e envolve uma sequência de atividades que auxiliam a melhoria do sistema de limpeza urbana, abrangendo a redução, reutilização e reciclagem (3 R); o acondicionamento; a coleta e transporte dos resíduos; a limpeza dos logradouros; o tratamento (compostagem, reciclagem, digestão anaeróbia, incineração, etc.) e a disposição final (aterros sanitários).

Os aspectos econômicos do gerenciamento e da gestão de RSU gerados no país estão apresentados na Figura 5 que incluem despesas com coleta, transporte, tratamento e disposição final dos RSU no Brasil, de 2008 a 2011, e indica um aumento de aproximadamente 5% dos gastos no período considerado.

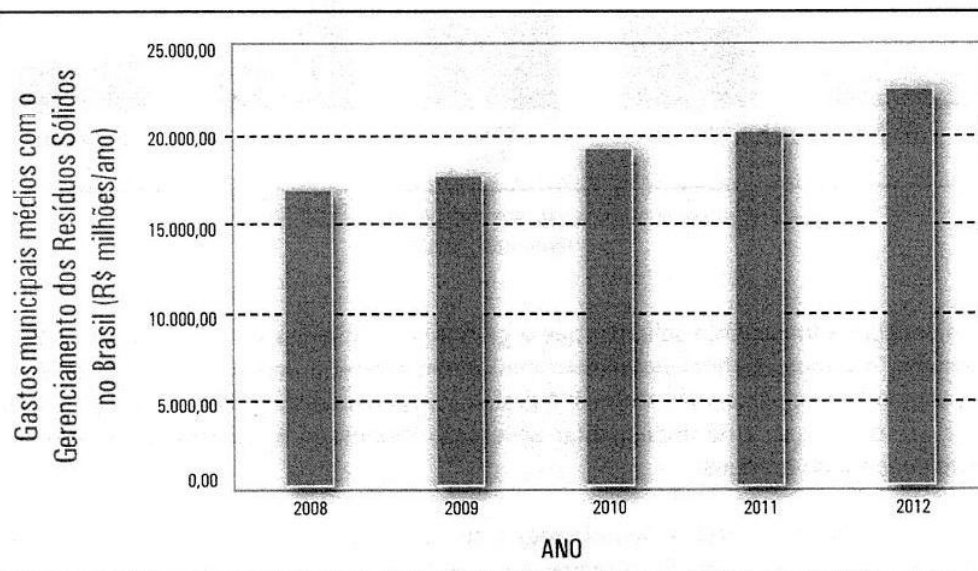


Figura 5 – Gastos municipais médios com Gerenciamento dos Resíduos Sólidos no Brasil – Período de 2008 a 2011. Fonte: ABRELPE, 2012.

O gasto médio por habitante com gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil é de R\$ 10,87/hab./mês; o maior índice é identificado na Região Sudeste (R\$ 11,95/hab./mês) e o menor na Região Centro-Oeste, que apresentou um valor médio de R\$ 7,86/hab./mês (ABRELPE, 2012). A evolução dos gastos médios de gerenciamento de resíduos sólidos por região do País é apresentada na Figura 6 e indica um aumento médio nacional em torno de 14%, ao longo dos quatro anos avaliados. Observa-se também que as Regiões Nordeste e Sudeste foram as que mais aumentaram seus gastos, em 17,3% e 14,3%, respectivamente, enquanto as Regiões Centro-Oeste e Sul exibiram os menores aumentos dos custos, 10,2% e 8,2%, respectivamente.



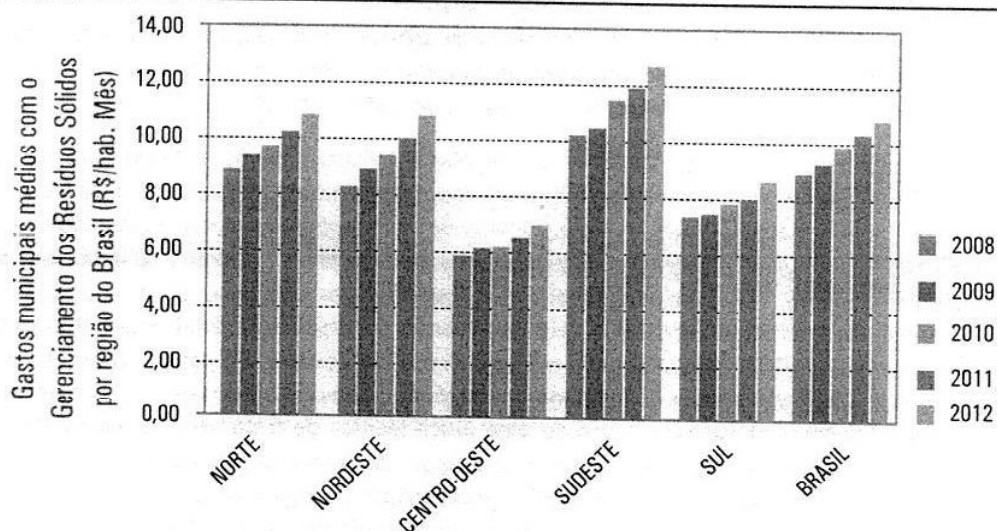


Figura 6 – Gastos com serviços de gerenciamento de resíduos sólidos por região e no Brasil.  
Fonte: ABRELPE, 2012.

Na Figura 7 são apresentados os gastos per capita com o gerenciamento de resíduos sólidos em algumas importantes cidades do mundo, que incluem investimentos realizados para a prestação dos serviços de Gestão de Resíduos Sólidos em todas as suas etapas operacionais, englobando a coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final ambientalmente adequada, e que aponta uma média internacional de R\$ 429,78/hab./ano e uma média brasileira de R\$ 88,01/hab./ano, conforme os estudos realizados pela *Price Waterhouse Coopers – PWC*, pelo SELUR e ABLP. Este baixo valor observado no Brasil se deve aos sistemas adotados para coleta indiferenciada e tratamento de resíduos em aterros, que reduzem os gastos operacionais, mas comprometem a possibilidade de separação e alternativas de tratamento dos resíduos. Este fato prejudica a aplicação da PNRS que prevê a segregação dos resíduos e a máxima recuperação de materiais e energia.

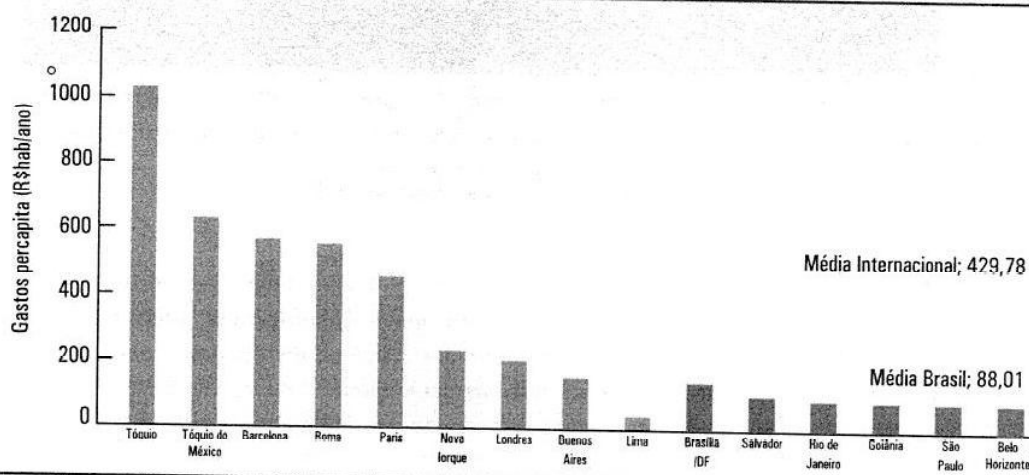


Figura 7 – Gastos com o gerenciamento de resíduos sólidos em algumas cidades do Mundo, R\$/hab/ano.  
Fonte: Gestão da Limpeza Urbana – Um investimento para o futuro das cidades, 2011.

