

PLANO METROPOLITANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS [PMetGIRS]

FASE 2

DIAGNÓSTICO GERAL

Instituto Rio Metrópole - IRM

Contrato N  12

Entrega
Setembro de 2023
Rev. 06



ENGECONSULT CONSULTORES TÉCNICOS LTDA	Nº DO CONTRATO		Nº DO DOCUMENTO	
	12		312-02-R6	
OBJETO				
Prestação de Serviços de Consultoria Técnica Especializada para Elaborar o Plano Metropolitano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos				
CONTEÚDO DO DOCUMENTO				
Este documento, denominado Diagnóstico Geral, visa apresentar a análise dos aspectos gerais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e seus municípios, da situação dos resíduos sólidos, das unidades de processamento, áreas degradadas e passivos ambientais, além de alternativas tecnológicas para o aproveitamento energético dos resíduos sólidos.				
Revisão	Data	Elaborado	Verificado	Descrição
0	19/01/2023	IR	GR	Relatório Preliminar
1	27/02/2023	IR	GR	Relatório Final
2	02/05/2023	IR	GR	Ajustes no texto
3	05/06/2023	IR	GR	Ajustes no texto
4	11/08/2023	IR	GR	Ajustes finos
5	28/08/2023	IR	GR	Ajustes finos
6	14/09/2023	IR	GR	Ajustes finos
Assessor do Contrato		Coordenador		Diretor
Igor Rodrigues (IR) CREA: 202010089-4		Márcio Francisco (MF) CREA: 198112159-8		Gerson Rodrigues (GR) CREA: 88106480-8

A **ENGECONSULT Consultores Técnicos Ltda.**, em atendimento ao escopo do Contrato nº 12, firmado junto ao Instituto Rio Metrópole – IRM, vem apresentar o **Diagnóstico Geral – PMetGIRS**.

Este relatório será composto pelos capítulos:

1. Apresenta o;
2. Metodologia;
3. Aspectos Gerais da RMRJ;
4. Marco Legal e Institucional;
5. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos;
6. Destino Final de Resíduos Sólidos;
7. Passivos Ambientais Relativos aos Resíduos Sólidos;
8. Conversão de Resíduos Sólidos em Energia Elétrica;
9. Geoprocessamento das Informa es;
10. Conclusões;
11. Anexos;
12. Referências Bibliográficas.

1. APRESENTAÇÃO	19
2. METODOLOGIA.....	23
2.1. Metodologia de Elaboração do Trabalho.....	23
2.2. Pesquisa e Participação dos Municípios.....	24
2.3. Fontes de Informação e Bibliografia.....	27
2.4. Os Resíduos Sólidos e os ODS	28
3. ASPECTOS GERAIS DA RMRJ.....	33
3.1. Apresentação da Região Metropolitana do Rio de Janeiro	33
3.2. Aspectos Geográficos e Territoriais	33
3.3. Aspectos Demográficos e Urbanos.....	36
3.4. Aspectos Econômicos e Sociais	40
3.5. Aspectos Ambientais e de Saneamento Básico.....	46
3.6. Aspectos Institucionais de Planejamento.....	49
3.7. Perspectiva Geral de Investimentos.....	55
4. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL	59
4.1. A Previsão Constitucional da Gestão dos Resíduos Sólidos	59
4.2. O Tema no Plano Infraconstitucional	60
4.2.1. Normativa Federal	60
4.2.2. Normativa Estadual	65
4.2.3. O Papel dos Municípios na Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.....	68
4.3. Aspectos Legais da Região Metropolitana Aplicáveis ao Gerenciamento de Resíduos Sólidos.....	73
4.4. A Viabilidade Legal da Gestão Integrada dos Resíduos pela RMRJ	75
4.5. Os Consórcios Públicos e as Regiões Metropolitanas.....	77

5.	DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	82
5.1.	Caracterização dos Tipos de Resíduos Sólidos.....	82
5.2.	Resíduos Sólidos Urbanos – RSU	84
5.2.1.	Caracterização dos RSU	84
5.2.2.	Volume de RSU Gerado na RMRJ	89
5.2.3.	Coleta Domiciliar.....	94
5.2.4.	Transporte	96
5.3.	Resíduos da Construção Civil – RCC	99
5.3.1.	Caracterização dos RCC	99
5.3.2.	Tratamento dos RCC.....	101
5.3.3.	Estimativa de Volume de RCC	103
5.3.4.	RCC por Município da RMRJ	106
5.4.	Resíduos de Serviços de Saúde – RSS.....	112
5.4.1.	Caracterização dos RSS	114
5.4.2.	Tratamento dos RSS	114
5.4.3.	Volume de RSS Gerado na RMRJ	118
5.4.4.	Transporte e Disposição Final de RSS.....	120
5.5.	Lodo das Estações de Tratamento de Esgoto	122
5.5.1.	Legislação	122
5.5.2.	Tratamento de Lodo	122
5.5.3.	Destinação de Lodo.....	123
5.6.	Ecobarreiras - Proteção para Lixo Flutuante.....	125
5.7.	Custos Diretos e Indiretos.....	126
5.7.1.	Custos Diretos	126
5.7.2.	Custos Indiretos.....	129
5.7.3.	Tarifas Públicas Praticadas por Município.....	130
5.8.	Estimativa de Custos e Recursos Financeiros e Tarifas Públicas.....	140
6.	DESTINO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS	144
6.1.	Caracterização Geral	144
6.2.	Centrais de Tratamento de Resíduos (CTR).....	145
6.3.	Reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos	167
6.4.	Logística Reversa de Produtos	181
6.5.	Compostagem de Resíduos Orgânicos.....	197

6.6.	Usinas de Reciclagem de RCC.....	202
6.7.	Tratamento e Destinação Final de RSS	205
6.8.	Economia Circular.....	206
7.	PASSIVOS AMBIENTAIS RELATIVOS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	210
7.1.	Caracterização Geral	210
7.2.	Depósitos Irregulares de Resíduos Sólidos	213
7.3.	Remediação de Depósitos Irregulares - RSU	230
7.4.	Recuperação de Gás de Aterros e Créditos de Carbono.....	245
8.	CONVERSÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ENERGIA ELÉTRICA	252
8.1.	Contexto e Caracterização Geral.....	252
8.2.	Tecnologias de Conversão de RSU em Energia Elétrica – Biogás do Aterro Sanitário	254
8.3.	Tecnologias de Conversão de RSU em Energia Elétrica – Incineração	260
8.4.	Tecnologias de Conversão de RSU em Energia Elétrica – Pirólise	265
8.5.	Tecnologias de Conversão de RSU em Energia Elétrica – Tocha de Plasma	268
8.6.	Análise Comparativa de Tecnologias para Tratamento de RSU	274
9.	GEOPROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES	283
9.1.	Inventário Metropolitano de Resíduos Sólidos (IMRS).....	283
9.2.	Caracterização Geral do Sistema	283
9.3.	Banco de Dados em Desenvolvimento	284
9.4.	Acesso por Aplicativo.....	287
9.5.	Exemplos de Cartografias.....	288
10.	CONCLUSÕES	297
11.	ANEXOS.....	309
11.1.	Questionário Engeconsult de RSU.....	309
11.2.	Questionário Engeconsult de Atividades.....	310
11.3.	Questionário Engeconsult de Efeito Estufa	311
11.4.	Compilação de Normas e Resoluções Vigentes, de acordo com cada Tipo de Resíduo.....	312
11.4.1.	Resíduos Sólidos Domiciliares (secos, úmidos e	312

SUMÁRIO

indiferenciados)	
11.4.2. Resíduos de Limpeza Corretiva.....	313
11.4.3. Resíduos Verdes	313
11.4.4. Resíduos Volumosos.....	313
11.4.5. Resíduos da Construção Civil	313
11.4.6. Resíduos de Serviços de Saúde.....	314
11.4.7. Resíduos Eletroeletrônicos.....	315
11.4.8. Resíduos de Pilhas e Baterias.....	315
11.4.9. Resíduos de Lâmpadas Fluorescentes	316
11.4.10. Resíduos de Pneumáticos.....	316
11.4.11. Resíduos Sólidos Cemiteriais.....	317
11.4.12. Resíduos dos Serviços Públicos de Saneamento	317
11.4.13. Resíduos de Drenagem.....	318
11.4.14. Resíduos Industriais	319
11.4.15. Resíduos de Serviços de Transporte.....	320
11.4.16. Resíduos Agrossilvopastoris	320
11.5. Comparativo de conteúdo: Termo de Referência x Índice Geral do Diagnóstico de RSU da RMRJ.....	321
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	325

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Participantes do Workshop do Bloco 1	26
Figura 2: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	28
Figura 3: Índice FIRJAN de Gestão Fiscal de Niterói.....	50
Figura 4: Índice FIRJAN de Gestão Fiscal de Magé	50
Figura 5: Investimentos Previstos pelo PACTO RJ.....	56
Figura 6: Esquema Típico para o Trânsito de RSU	83
Figura 7: Composição Gravimétrica dos RSU – Base Mundo 2018	85
Figura 8: Frações dos RDO Metropolitanos.....	86
Figura 9: Frações Recicláveis dos RDO Metropolitanos.....	86
Figura 10: Outros Tipos de RSU Metropolitanos	87
Figura 11: Geração de RSU por Município Metropolitano.....	93
Figura 12: Ciclo da Coleta de RSU da Região Metropolitana	94
Figura 13: Composição Gravimétrica Média de RCC	101
Figura 14: Distribuição das Áreas de Descarte Irregular de RCC na Baixada Fluminense	109
Figura 15: Mapa das Bacias de Captação e Ecopontos Planejados para o Consórcio da Baixada Fluminense	110
Figura 16: Mapas das Áreas de Planejamento – Municípios da Baixada	111
Figura 17: Composição Gravimétrica de RSS no Estado do Rio de Janeiro	114
Figura 18: Valores das Taxas de Manejo de Resíduos Sólidos do Município de Magé.....	136
Figura 19: Taxa de Manejo de Resíduos Sólidos - Petrópolis	138

Figura 20: Taxa de Coleta e Remoção de Lixo de Seropédica.....	139
Figura 21: Principais Sistemas de Infraestrutura do Aterro Sanitário.....	162
Figura 22: Aterro do RSU em Central de Tratamento de Resíduo (CTR).....	162
Figura 23: Visão de um Aterro Sanitário Licenciado.....	163
Figura 24: Vista de uma Estação de Tratamento de Chorume	164
Figura 25: Tratamento do Chorume – De Chorume à Água Residual Tratada	164
Figura 26: Média de Geração de Resíduos por Habitante.....	167
Figura 27: Cadeia Produtiva da Reciclagem.....	168
Figura 28: Ciclo Perverso da Reciclagem x Ciclo Virtuoso da Reciclagem.....	175
Figura 29: Fluxo dos Resíduos no Sistema de Compostagem	200
Figura 30: Matéria Orgânica na Saída do Processo de Compostagem	201
Figura 31: ATT Gramacho, Associação de Catadores e Ex-Catadores de Jardim Gramacho	204
Figura 32: ATT Gramacho – ACEX.....	204
Figura 33: Diagrama Conceitual de Economia Circular	208
Figura 34: Localização do Vazadouro de Babi – Belford Roxo.....	219
Figura 35: Localização do Vazadouro – Cachoeiras de Macacu	220
Figura 36: Localização do Vazadouro de Jardim Gramacho – Duque de Caxias	220
Figura 37: Localização do Vazadouro – Guapimirim	221
Figura 38: Localização do Vazadouro 1 – Itaboraí.....	221
Figura 39: Localização do Vazadouro 2 – Itaboraí.....	222
Figura 40: Localização do Vazadouro – Japeri.....	222
Figura 41: Localização do Vazadouro de Bongaba – Magé	223
Figura 42: Localização do Vazadouro 1 – Maricá	223
Figura 43: Localização do Vazadouro 2 – Maricá	224
Figura 44: Localização do Vazadouro de Morro do Céu- Niterói	224

Figura 45: Localização do Vazadouro – Nova Iguaçu.....	225
Figura 46: Localização do Vazadouro – Paracambi.....	225
Figura 47: Localização do Vazadouro 1 – Petrópolis.....	226
Figura 48: Localização do Vazadouro 2 – Petrópolis.....	226
Figura 49: Localização do Vazadouro – Queimados	227
Figura 50: Localização do Vazadouro – Rio Bonito	227
Figura 51: Localização do Vazadouro de Gericinó – Rio de Janeiro	228
Figura 52: Localização do Vazadouro de Itaoca – São Gonçalo	228
Figura 53: Localização do Vazadouro – Seropédica.....	229
Figura 54: Localização do Vazadouro – Tanguá.....	229
Figura 55: Fases do Programa Remedia RJ.....	239
Figura 56: Etapas do Programa Remedia RJ	239
Figura 57: Mapa de Localização do Vazadouro de Jardim Gramacho	241
Figura 58: Mapa de localização do Vazadouro de Itaoca	242
Figura 59: Setores Geradores de Gases de Efeito (GEE) – RSU.....	249
Figura 60: Classificação das Tecnologias WtE em Relação aos Caminhos de Conversão	253
Figura 61: Esquema de Produção de Gás do Lixo e Chorume.....	254
Figura 62: Planta de Produção, Tratamento e Conversão de Biogás do RSU.....	257
Figura 63: Fluxograma de Geração de Energia em Aterro Sanitário	259
Figura 64: Fluxograma do Processo de Incineração.....	262
Figura 65: Reator do Processo de Tratamento de RSU por Tocha de Plasma....	272
Figura 66: Esquema de uma Planta de Tocha de Plasma.....	273

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Região Metropolitana do Rio de Janeiro	34
Mapa 2: Hipsometria Região Metropolitana do Rio de Janeiro	35
Mapa 3: Principais Rodovias da RMRJ	37
Mapa 4: População por Município da RMRJ	38
Mapa 5: PIB per Capita por Município	41
Mapa 6: Índice de Gini dos Municípios da RMRJ	42
Mapa 7: IDH dos Municípios da RMRJ	44
Mapa 8: Ano de Publicação da Revisão do Plano Diretor	52
Mapa 9: Localização das ETR's da RMRJ	97
Mapa 10: Centrais de Tratamento de Resíduos (CTR's)	148
Mapa 11: Municípios Metropolitanos com coleta seletiva institucionalizada	171
Mapa 12: Municípios da Região Metropolitana que Possuem Cooperativas ou Associações de Catadores	176
Mapa 13: Localização dos Vazadouros de RSU	216
Mapa 14: Cobertura de Coleta nos Municípios da Região Metropolitana	288
Mapa 15: Total de Resíduos Gerados Diariamente por Habitante	289
Mapa 16: Total de Resíduos Anuais por Município	290
Mapa 17: Despesas com Manejo de Resíduos por Município	291
Mapa 18: Custo Total do Manejo de Resíduos por Habitante	292
Mapa 19: Receita Arrecadada com a Taxa de Coleta Domiciliar de Lixo	293
Mapa 20: Arrecadação e Gastos com a Taxa de Coleta Domiciliar	294
Mapa 21: Total de Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) – RMRJ	295

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Participação dos Municípios nos Eventos e Pesquisas	25
Tabela 2: Participantes dos Workshops e Seminários.....	26
Tabela 3: 17 ODS - RSU Metropolitano.....	30
Tabela 4: Aspectos Demográficos e Urbanos dos Municípios da RMRJ.....	39
Tabela 5: Aspectos Econômicos e Sociais dos Municípios da RMRJ	45
Tabela 6: Órgãos Responsáveis pela Coleta nos Municípios da RMRJ.....	53
Tabela 7: Outros Componentes dos Resíduos Sólidos Metropolitanos.....	87
Tabela 8: Composição do RSU Metropolitano.....	88
Tabela 9: Comparação da Geração de RSU	89
Tabela 10: Composição do RSU – RDO e RPU	91
Tabela 11: Inventário Metropolitano de RSU	92
Tabela 12: Veículos Utilizados e Cobertura da Coleta de RSU por Município	95
Tabela 13: Dados sobre Destinação de RSU Metropolitano	98
Tabela 14: Geração de RCC dos Municípios da Região Metropolitana.....	105
Tabela 15: Geração de RSS dos Municípios da Região Metropolitana	119
Tabela 16: Município de Destino dos RSS dos Municípios Metropolitanos	120
Tabela 17: Tratamento dos Lodos das ETE's.....	123
Tabela 18: Alternativas Existentes para Destinação Final dos Lodos das ETE's .	124
Tabela 19: Despesa Anual com a Coleta de RDO e RPU	127
Tabela 20: Despesas Totais com Manejo de RSU na RMRJ	128
Tabela 21: Custos Indiretos de Limpeza Urbana – COMLURB 2019.....	129
Tabela 22: Resumo de Despesas – COMLURB.....	130
Tabela 23: Cobrança da Taxa de Manejo de RSU na RMRJ	131
Tabela 24: Arrecadação e Despesas Totais com Manejo de RSU na RMRJ	132
Tabela 25: Valor - UFIR por Tipo de Descrição.....	136
Tabela 26: Taxa de Manejo de Resíduos Sólidos - Paracambi	137

Tabela 27: Metas para o Tratamento do RSU	140
Tabela 28: Custos de Instalação e Operação de Galpões de Triagem e Beneficiamento Primário.....	141
Tabela 29: Custos de Instalação e Operação para Unidades de Compostagem .	141
Tabela 30: Custos de Instalação e Operação de Aterros Sanitários	142
Tabela 31: Custos para Instalação de Motores Recíprocos de Combustão Interna para Recuperação de Biogás	142
Tabela 32: Valores Consolidados do IQDR no Rio de Janeiro nos Anos de 2013, 2014 e 2015.....	146
Tabela 33: Municípios Geradores de RSU e Estações de Tratamento	147
Tabela 34: Características CTR Seropédica.....	151
Tabela 35: Características CTR de Nova Iguaçu.....	152
Tabela 36: Dados Financeiros CTR Nova Iguaçu.....	153
Tabela 37: Características CTR São Gonçalo	154
Tabela 38: Dados Financeiros CTR São Gonçalo	155
Tabela 39: Características CTR Paracambi.....	158
Tabela 40: Custos para Implantação e Operação de Aterros Sanitários.....	166
Tabela 41: Dados da Coleta Seletiva nos Municípios da RMRJ.....	173
Tabela 42: Quantidade Estimada de Catadores e de EES.....	174
Tabela 43: Dados de Catadores e Cooperativas	177
Tabela 44: Repasse do ICMS Ecológico 2022 – RMRJ	181
Tabela 45: Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) de Bateria de Chumbo-Ácido na RMRJ.....	187
Tabela 46: Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) de Pneus Inservíveis na RMRJ	188
Tabela 47: Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) de Óleos Lubrificantes e suas Embalagens na RMRJ.....	190
Tabela 48: Custos Aproximados de Implantação e Operação de Unidades de Compostagem.....	198
Tabela 49: Histórico da Disposição de RSU em Vazadouros	206
Tabela 50: Lista de Aterros e Lixões Metropolitanos	217
Tabela 51: Método de Remediação Proposto pelo PERS	233
Tabela 52: Setores Geradores de Gases de Efeito Estufa (GEE)	248

Tabela 53: Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) por Setor	249
Tabela 54: Composição Típica do Biogás de Aterro Sanitário.....	255
Tabela 55: Relação de Potência Elétrica - Biogás do RSU	256
Tabela 56: Custos para Implantação e Operação de Unidades de Tratamento Térmico - Incineração	264
Tabela 57: Custos para Implantação e Operação de Unidades de Tratamento Térmico – Pirólise	267
Tabela 58: Custos para Implantação e Operação de Unidades de Tratamento Térmico – Tocha de Plasma	269
Tabela 59: Méritos e Deméritos das Tecnologias Termoquímicas	277
Tabela 60: Méritos e Deméritos das Tecnologias Bioquímicas	278
Tabela 61: Méritos e Deméritos das Tecnologias Físico-Químicas	278
Tabela 62: Comparações de Várias Tecnologias WtE – Dados Econômicos.....	279

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABREE	Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos
ADE	Ato Declaratório de Embalagens
ANP	Agência Nacional de Petróleo
ATT	Área de Triagem e Transbordo
CEPERJ	Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPL	Controlador Lógico Programável
CTR	Central de Tratamento de Resíduos
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
ETR	Estação de Transferência de Resíduos
GDL	Gás do Lixo
GEE	Gases do Efeito Estufa
GPC	<i>Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions Inventories</i>
GWP	<i>Global Warming Potential</i>
IBER	Instituto Brasileiro de Energia Reciclável
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor - Amplo
IPCC	Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas da ONU

IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
IQA	Índice da Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos
IQDR	Índice de Qualidade de Destinação Final de Resíduos
IRM	Instituto Rio Metrópole
LAR	Licença Ambiental de Recuperação
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MESC	Movimento Eu Sou Catador
NCM	Nomenclatura Comum do Mercosul
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OLUC	Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados
ONU	Organização das Nações Unidas
PDS	Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro
PEDUI	Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado
PERS	Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMetGIRS	Plano Metropolitano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada e Resíduos Sólidos
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PRONAR	Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar
PSAM	Programa de Saneamento Ambiental
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição

RDO	Resíduos Sólidos Domiciliares
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
RSS	Resíduos de Serviços de Saúde
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEAS	Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SMAC	Secretaria de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TCL	Taxa de Coleta Domiciliar do Lixo
TR	Termo de Referência
UFIR	Unidade Fiscal de Referência
UTM	Unidades de Triagem Mecanizadas
VI	Valor de Intervenção
VP	Valor de Prevenção
VRQ	Valor de Referência de Qualidade

1. APRESENTAÇÃO

A gestão adequada de resíduos sólidos é um tema de crescente importância no cenário atual, principalmente em áreas urbanas densamente povoadas, como a Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

A complexidade da malha urbana, a diversidade socioeconômica e institucional de municípios que compõem a Região Metropolitana do Rio de Janeiro e a crescente demanda por serviços de saneamento básico tornam a gestão dos resíduos um desafio significativo.

Neste contexto, a elaboração Plano Metropolitano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMetGIRS), da Região Metropolitana do Rio de Janeiro é fundamental para um desenvolvimento urbano sustentável e para a melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

A elaboração, aprovação e implantação do Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos - PMetGIRS é uma atribuição do Conselho Deliberativo da RMRJ, o que foi estabelecido na Lei Complementar nº 184/2018.

A Lei Complementar nº 184/2018 definiu os 22 municípios que compõem a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, criou os Conselhos Deliberativo e Consultivo, bem como o Instituto Rio Metrópole (IRM), a autoridade executiva da RMRJ, que contratou a elaboração deste PMetGIRS.

O Plano Metropolitano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro (PMetGIRS) é uma ação estruturante que busca aprimorar o planejamento de políticas públicas para a gestão dos resíduos sólidos na Região Metropolitana, alinhando-se ao novo cenário para o saneamento no Brasil.

Esse cenário é moldado por leis federais, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), a Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007), a Lei de Consórcios Públicos (Lei nº 11.107/2005) e o Estatuto das Metrôpoles (Lei nº 13.089/2015), todas com suas respectivas revisões legais e decretos regulamentadores.

Especialmente, o PMetGIRS deverá ser elaborado em conformidade com o novo marco legal do saneamento básico estabelecido pela Lei nº 14.026/2020, que busca soluções eficientes e sustentáveis para o saneamento e a gestão dos resíduos sólidos.

O PMetGIRS deve estar alinhado com o Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da RMRJ (PEDUI-RJ), o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), os Planos Diretores Municipais, os Planos Municipais de Saneamento, a Política Nacional de Saneamento Básico e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, bem como, outros instrumentos relevantes de planejamento urbano e do setor de saneamento e resíduos sólidos.

O PMetGIRS está sendo elaborado em conformidade com o Termo de Referência (TR) para contratação de serviços de consultoria para elaboração do Plano Metropolitano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, apresentado pelo Instituto Rio Metrópole no processo de licitação dos serviços. Foi elaborada uma correlação entre o exigido no TR e o índice deste Diagnóstico, apresentada no Anexo 11.5.

As principais premissas estabelecidas pelo TR para o PMetGIRS são: disposição mínima de resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterros sanitários; simplificação da logística metropolitana de manuseio de RSU; monetização e valorização do RSU visando sua conversão em energia elétrica ou biomassa; e recuperação de passivos ambientais localizados em lixões.

A elaboração do Plano Metropolitano de Resíduos conta com quatro etapas: Plano de Trabalho, Diagnóstico Geral, Prognóstico e Cenários e Planejamento das Ações do PMetGIRS.

Este documento se refere à etapa de Diagnóstico Geral e inclui o conteúdo relativo a cinco pontos: Aspectos Gerais da RMRJ (contexto); Diagnóstico dos Resíduos Sólidos; Situação das Áreas Degradadas e Passivos Ambientais; Análise de Tecnologias de Aproveitamento Energético e Geoprocessamento das Informações.

Os itens exigidos pelo Termo de Referência foram acrescidos de Apresentação, Metodologia, Marco Legal e Institucional e Conclusões.

O conteúdo de cada item do Diagnóstico, bem como maiores informações sobre a elaboração do trabalho são apresentadas no item Metodologia.

Para desenvolvimento do diagnóstico de resíduos sólidos foram utilizadas as principais bases de dados do setor, como o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2021) e o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR (2020) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre outras.

Foi também realizado um processo participativo com a presença dos vinte e dois municípios na RMRJ, contando com representantes do setor público local, estadual, do IRM e da sociedade, envolvendo associações de catadores e de empresas responsáveis pela coleta e destinação final dos resíduos.

Cabe registrar um agradecimento a todos os participantes do processo de elaboração do Diagnóstico ora apresentado. O sucesso do PMetGIRS depende da colaboração entre os diversos atores envolvidos, incluindo governos, empresas, sociedade civil e população em geral, na busca por soluções eficientes e sustentáveis para a gestão dos resíduos sólidos.

Acredita-se que por meio de ampla cooperação e investimentos, a Região Metropolitana do Rio de Janeiro poderá enfrentar os desafios da gestão de resíduos sólidos, proteger o meio ambiente, melhorar a qualidade de vida de seus habitantes e promover a sustentabilidade urbana.

Equipe ENGECONSULT

2. METODOLOGIA

2.1. METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DO TRABALHO

A elaboração deste diagnóstico de resíduos sólidos urbanos para a RMRJ utilizou fontes secundárias e primárias de informação, com objetivo de obter os dados mais atualizados possíveis e checados por fontes distintas, além do atendimento ao Termo de Referência apresentado no processo licitatório de contratação do Plano Metropolitano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro (PMetGIRS).

O índice do trabalho foi estruturado a partir da forma de organização sugerida pelas políticas públicas oficiais do setor, em especial a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Todos os itens previstos no Termo de Referência foram atendidos conforme demonstrado na planilha do Anexo 11.5, que indica os itens correspondentes.

Para desenvolvimento do Diagnóstico de Resíduos Sólidos foram utilizados dados dos 22 municípios da Região Metropolitana, presentes principalmente no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2021), no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR (2020) e no ICMS Ecológico (2021).

Foram realizadas consultas em bibliografia especializada, pesquisas e publicações para embasamento teórico, além de consultas às normas e à legislação vigente para embasamento jurídico.

Além disso, foram realizadas pesquisas primárias por meio de questionários, reuniões, workshops e seminários com os municípios, a fim de coletar e consolidar os dados necessários.

O relatório foi organizado em 12 capítulos, o primeiro sendo uma introdução ao tema; o segundo uma explanação da metodologia utilizada; e o terceiro uma apresentação dos aspectos gerais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

O Capítulo 4 pontua a legislação vigente, enquanto o quinto apresenta os diversos tipos de resíduos, assim como as práticas realizadas em seu manejo.

O Capítulo 6 discorre sobre as unidades de processamento de resíduos. O Capítulo 7 aborda os passivos ambientais relacionados aos resíduos, enquanto o Capítulo 8 discorre sobre geração de energia a partir dos resíduos sólidos.

O Capítulo 9 apresenta o sistema de georreferenciamento e de criação de um banco de dados geral para o inventário de resíduos sólidos dos municípios. O Capítulo 10 apresenta as conclusões obtidas ao final do trabalho. Por fim, os Capítulos 11 e 12 trazem os Anexos e as Referências Bibliográficas, respectivamente.

Foi incluído no Diagnóstico de Resíduos Sólidos Urbanos na RMRJ uma análise relativa aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, ODS, que tem estreita relação com o tema e grande importância para a sociedade. Este tema será tratado com mais detalhes no item 2.4 desta Metodologia.

2.2. PESQUISA E PARTICIPAÇÃO DOS MUNICÍPIOS

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) é uma área formada por 22 municípios que apresentam características geográficas, culturais e sociais, por vezes, muito diferentes entre si.

Assim, é importante conhecer e entender esses aspectos, entender como funcionam os municípios e a dinâmica entre eles.

Para obtenção dos dados de análise, além das bases já mencionadas, a Engeconsult elaborou e enviou questionários aos representantes dos municípios e realizou reuniões para apresentação do PMetGIRS.

As informações que não foram possíveis de se obter através de bases de dados, foram obtidas em workshops realizados com a participação de representantes das prefeituras, de associações de catadores e de empresas responsáveis pela coleta e destinação final dos resíduos.

Por fim, as informações obtidas foram analisadas, compiladas e debatidas em seminários, que contaram com a participação dos mesmos representantes presentes nos workshops.

Tabela 1: Participação dos Municípios nos Eventos e Pesquisas

Município	Reunião	Workshop	Seminário	Questionário
Belford Roxo	x	x	x	Não
Cachoeiras de Macacu	x	x	x	x
Duque de Caxias	x	Não	Não	Não
Guapimirim	x	x	x	x
Itaboraí	x	x	x	Não
Itaguaí	x	x	x	x
Japeri	x	x	x	x
Magé	x	x	x	Não
Maricá	x	x	x	Não
Mesquita	x	x	x	x
Nilópolis	x	x	x	Não
Niterói	x	x	x	Não
Nova Iguaçu	x	x	x	x
Paracambi	x	x	x	x
Petrópolis	x	x	x	x
Queimados	x	x	x	x
Rio Bonito	x	x	x	x
Rio de Janeiro	x	Não	Não	
São Gonçalo	x	x	x	x
São João de Meriti	x	x	x	Não
Seropédica	x	x	x	Não
Tanguá	x	x	x	Não

Fonte: ENGECONSULT

No total, foram realizadas 14 reuniões com os municípios, 5 workshops e 5 seminários. Não foi possível a participação de representantes dos municípios do Rio de Janeiro e Duque de Caxias nos workshops e seminários em questão, de forma que posteriormente foi feita uma reunião contemplando todas as atividades realizadas.

A Figura 1 mostra os participantes do workshop do Bloco 1, que obteve o maior número de participantes, conforme é possível observar na Tabela 2

Tabela 2: Participantes dos Workshops e Seminários

Workshop	Participantes	Seminário	Participantes
Bloco 1	30	Bloco 1	20
Bloco 2	15	Bloco 2	13
Bloco 3	25	Bloco 3	4
Bloco 4	17	Bloco 4	24
Bloco 5*	-	Bloco 5	10
Bloco 6	15	Bloco 6	12

*O Bloco 5 é exclusivo do Rio de Janeiro e foi integrado à reunião.

Fonte: ENGECONSULT

Figura 1: Participantes do Workshop do Bloco 1



Fonte: ENGECONSULT

Além das reuniões de apresentação do Plano para os municípios, foram feitas diversas reuniões de alinhamento com o IRM, a fim de acompanhar o levantamento e progressos realizados e também de definir as próximas etapas e apresentar os resultados.

2.3. FONTES DE INFORMAÇÃO E BIBLIOGRAFIA

Conforme citado ao longo do capítulo, a etapa de coleta de dados contou com consultas aos bancos de dados nacionais e estaduais. Abaixo estão listados os principais sistemas consultados e uma breve apresentação de cada um.

O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR) e o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) são instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Com eles os estados e municípios disponibilizam anualmente as informações dos resíduos sólidos gerados de forma a permitir diagnósticos mais precisos e um aumento de eficiência na gestão de resíduos.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) funciona de forma similar, sendo alimentado anualmente pelos municípios e prestadores de serviços de saneamento básico.

O Programa de Saneamento Ambiental (PSAM), é uma iniciativa que busca promover uma maior interação entre as esferas públicas, instituições privadas e a sociedade.

O programa apoiou o desenvolvimento dos planos municipais de saneamento em alguns dos municípios da RMRJ.

Para os dados socioeconômicos dos municípios, foram utilizados dados coletados da base do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Este foi criado para organizar de forma centralizada os dados estatísticos coletados no país.

2.4. OS RESÍDUOS SÓLIDOS E OS ODS

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) definiu a Agenda 2030 em consenso dos seus Estados Membros durante a Cúpula da Nações Unidas. A Agenda 2030 tem por objetivo um conjunto de medidas que busca a sustentabilidade social.

Assim, foram propostos os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que abrangem diferentes temas, relacionados a aspectos ambientais e sociais (Figura 2).

Figura 2: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: Pacto Global ONU – 2015

Abaixo estão listados os 17 ODS:

- ODS 1 – Erradicação da pobreza;
- ODS 2 – Fome zero e agricultura sustentável;
- ODS 3 – Saúde e bem-estar;
- ODS 4 – Educação de qualidade;
- ODS 5 – Igualdade de gênero;
- ODS 6 – Água potável e saneamento;
- ODS 7 – Energia limpa e acessível;
- ODS 8 – Trabalho decente e crescimento econômico;
- ODS 9 – Indústria, inovação e infraestrutura;
- ODS 10 – Redução das desigualdades;
- ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis;
- ODS 12 – Consumo e produção responsáveis;
- ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima;
- ODS 14 – Vida na água;
- ODS 15 – Vida terrestre;
- ODS 16 – Paz, justiça e instituições eficazes;
- ODS 17 – Parcerias e meios de implementação.

Conforme é possível perceber, o ‘ODS 6 - Água potável e saneamento’ trata de saneamento e recursos hídricos em uma perspectiva integrada. O acesso ao saneamento básico é um direito de todos e está diretamente ligado aos direitos humanos e sustentabilidade.

Assim, é de suma importância que a saúde pública esteja empenhada em garantir serviços de água potável, esgoto e coleta de resíduos nas partes mais vulneráveis, a fim de evitar a proliferação de doenças e reduzir a poluição ambiental.

Dentro deste contexto, o Plano Municipal de Saneamento Básico vai ao encontro da Agenda 2030, colaborando para a melhoria dos índices sociais e econômicos dos municípios.

Um bom Plano de Saneamento reúne uma série de estratégias de implementação e gestão do abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e também a drenagem e manejo de água pluviais de um município.

Assim sendo, é notório o impacto da realidade dos RSU metropolitanos quando inseridos nos 17 ODS, conforme tabela a seguir:

Tabela 3: 17 ODS - RSU Metropolitano

ODS	Gestão dos RSU Metropolitanos na Consecução dos ODS
ODS 1 – Erradicação da pobreza	A segregação dos resíduos na fonte (coleta seletiva) promove a reciclagem, desempenhada principalmente por trabalhadores autônomos. Grande parte desses municípios só possui a remuneração da reciclagem como fonte de renda para subsistência.
ODS 2 – Fome zero e agricultura sustentável	Além da reciclagem como fonte de renda de subsistência, a matéria orgânica contida no RSU é a base da produção da compostagem, usada como condicionador de solo na agricultura.
ODS 3 – Saúde e bem-estar	A adequada coleta e tratamento dos RSU, assim como dos RSS evita a disseminação de doenças e epidemias originadas nos resíduos.
ODS 6 – Água potável e saneamento	Nascentes e rios isentos de RSU e esgotos sanitários são fontes de qualidade para a água potável. A adequada destinação dos RSU evita que o chorume venha a contaminar as águas subterrâneas e superficiais, permitindo que sejam captadas para o consumo doméstico.
ODS 7 – Energia limpa e acessível	A recuperação energética a partir dos RSU é fonte sustentável de desenvolvimento e preservação do meio ambiente.
ODS 8 – Trabalho decente e crescimento econômico	A reciclagem organizada é fonte de trabalho digno, de cidadania e de renda a todos que forem capacitados a executá-la.
ODS 9 – Indústria, inovação e infraestrutura	A logística reversa, a reutilização de sobras de insumos e a reciclagem são atividades típicas da indústria sustentável.
ODS 12 – Consumo e produção responsáveis	A reciclagem estende o ciclo de vida dos produtos e poupa os recursos naturais. Além disso, o incentivo à recusa de materiais ofertados em grande quantidade de embalagens é prova de consumo responsável.
ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima	A queima do biogás dos aterros sanitários, transformando o metano em gás carbônico, reduz o volume de Gases de Efeito Estufa.
ODS 14 – Vida na água	Idem ODS 6.
ODS 15 – Vida terrestre	O efetivo tratamento dos RSU é mantenedor da qualidade ambiental dos ecossistemas para fauna e flora terrestres.
ODS 17 – Parcerias e meios de implementação	O sinergismo metropolitano de integração da sociedade civil com o poder público é agente da promoção e da implementação do PMetGIRS.

Fonte: ENGECONSULT

O planejamento e a subsequente implementação do PMetGIRS estão alinhados aos ODS da ONU, com evidências de conformidade com 12 dos seus 17 objetivos.

Através dessa iniciativa, é possível minimizar o descarte inadequado dos resíduos e a contaminação do solo e água, aumentar as taxas de reuso e reciclagem, fornecer energia sustentável e reduzir a proliferação de doenças, contribuindo assim com a busca global por sustentabilidade.

3. ASPECTOS GERAIS DA RMRJ

3.1. APRESENTAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

A atual Região Metropolitana do Rio de Janeiro – RMRJ, tem sua conformação político-administrativa definida pela Lei Complementar nº 184/2018 e conta com 22 municípios, de um total de 92 do Estado do Rio de Janeiro (Mapa 1).

A RMRJ foi criada originalmente em 1974, por meio da Lei Complementar nº 20 e já teve várias conformações distintas.

Atualmente a RMRJ é uma das seis regiões administrativas do estado do Rio de Janeiro e abrange municípios que já pertenceram a outras regiões, como Petrópolis (Região Serrana) e Cachoeiras de Macacu (Baixada Litorânea).

A RMRJ, localizada na Região Sudeste, é a segunda mais importante do Brasil.

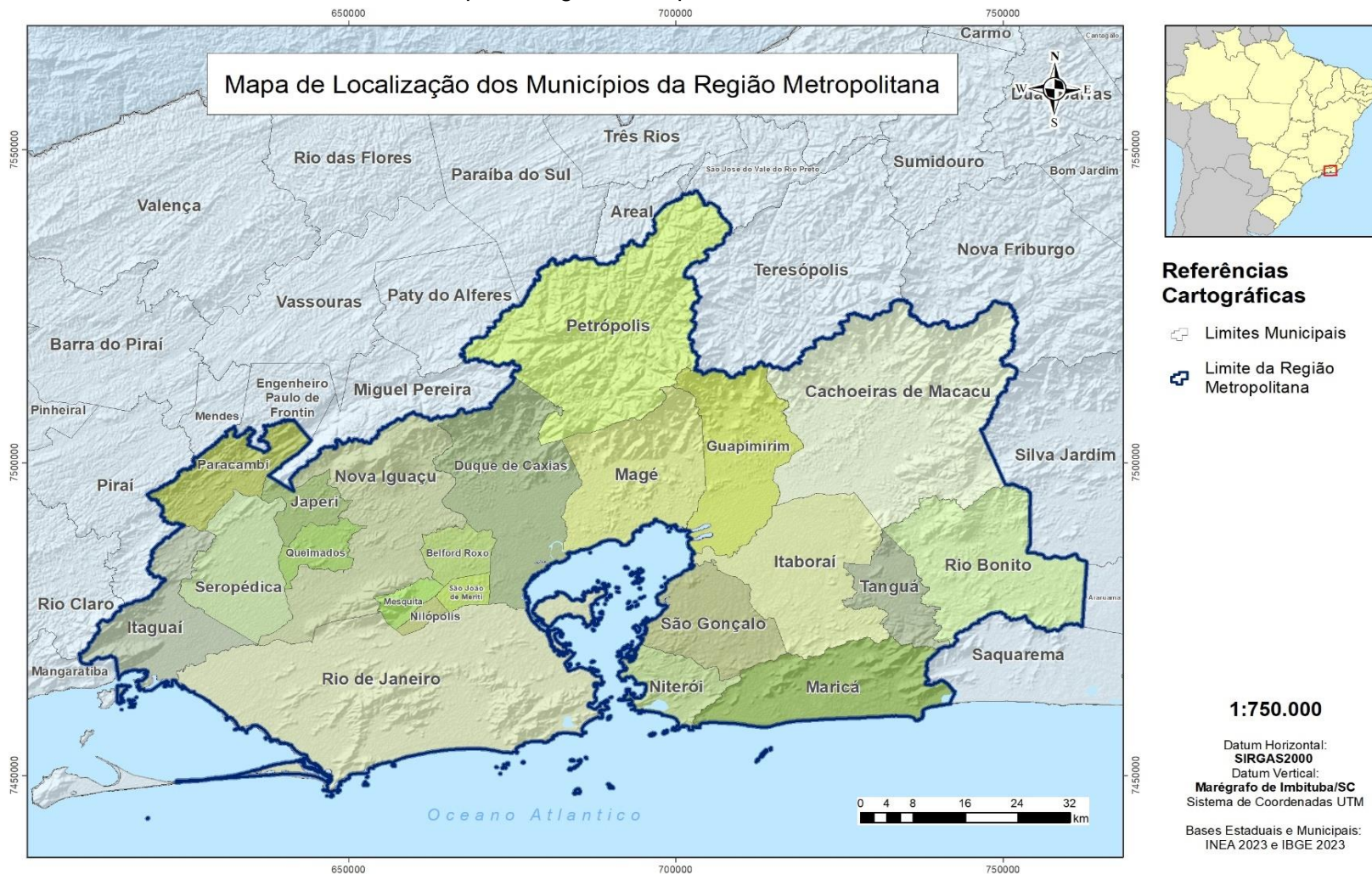
3.2. ASPECTOS GEOGRÁFICOS E TERRITORIAIS

Do ponto de vista da geografia física, a RMRJ soma uma área total aproximada de 7.500 km² (17% da área total do estado do Rio de Janeiro). A ocupação urbana desta área ocorre principalmente em um território de baixadas litorâneas localizadas ao redor da Baía de Guanabara e junto à Baía de Sepetiba.

A região ocupada apresenta um conjunto de maciços no contexto urbano, com destaque para os maciços da Tijuca, Pedra Branca e Mendanha e para a Serra da Tiririca (ver Mapa 2).

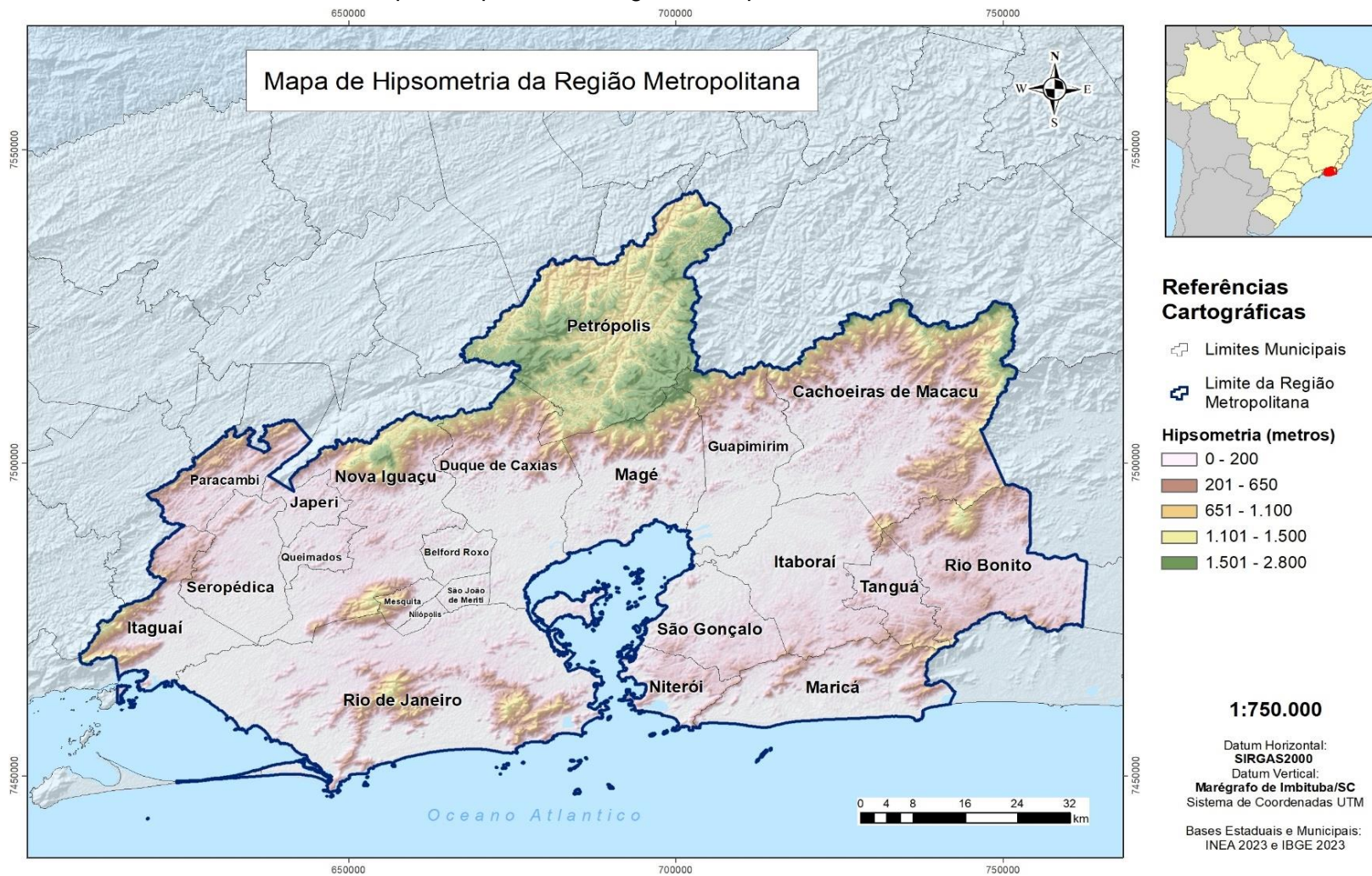
As áreas da Serra do Mar e dos maciços constituem importante reserva ambiental que valorizam e distinguem a RMRJ, embora apresentem um risco continuado de degradação, principalmente devido à ocupação irregular e à expansão descontrolada das áreas urbanizadas.

Mapa 1: Região Metropolitana do Rio de Janeiro



Fonte: ENGECONSULT, 2023

Mapa 2: Hipsometria Região Metropolitana do Rio de Janeiro



Fonte: ENGECONSULT, 2023

Quanto aos sistemas viários, a RMRJ conta com acesso às rodovias federais BR 040, BR 116 e BR 101 e diversas rodovias estaduais, conforme Mapa 3 a seguir.

Além disso, a RMRJ também conta com acesso aos portos do Rio de Janeiro e de Sepetiba e às ferrovias que se dirigem ao núcleo urbano original do município, localizado junto à entrada da Baía de Guanabara.

3.3. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS E URBANOS

Os 22 municípios da atual Região Metropolitana do Rio de Janeiro – RMRJ, concentram 13,2 milhões de habitantes (80% do total dos habitantes do estado do Rio de Janeiro, segundo estimativa IBGE, 2021).

Os municípios que compõem a RMRJ apresentam grande diversidade territorial e populacional.

O município do Rio de Janeiro conta com uma área de 1.198 km² e reúne 6,7 milhões de moradores, enquanto Nilópolis está limitado a 22 km² de área e Tanguá conta com apenas 34,8 mil habitantes.

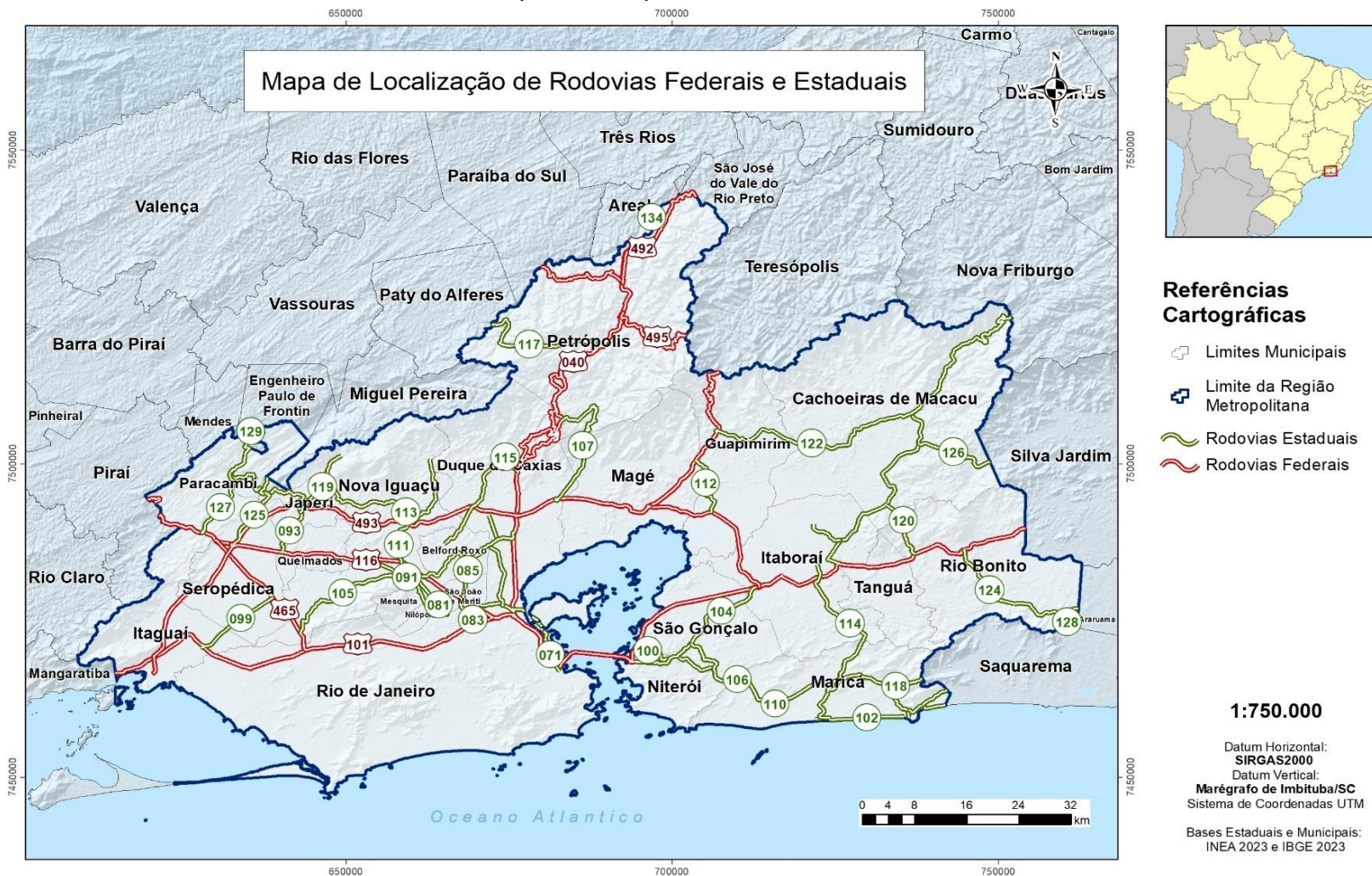
Em termos de ocupação territorial, alguns municípios se caracterizam por apresentar uma extensa área rural e uma baixa densidade habitacional, como Cachoeiras de Macacu, por exemplo, com 56,9 habitantes por km² (IBGE, 2010).

Por outro lado, tem-se o município de São João de Meriti em outro extremo, conformado por uma área totalmente urbanizada, contando com uma densidade de 13 mil habitantes/km² (IBGE, 2010).

Segundo o PEDUI/RMRJ (2018), a RMRJ convive com um processo continuado de expansão da mancha urbana, o que dificulta a implantação de infraestrutura urbana.

Os dados relativos aos aspectos demográficos e urbanos acham-se consolidados no Mapa 4 e na Tabela 4, apresentados a seguir.

Mapa 3: Principais Rodovias da RMRJ



Fonte: ENGECONSULT, 2023

Tabela 4: Aspectos Demográficos e Urbanos dos Municípios da Região Metropolitana

Municípios da Região Metropolitana	Área Territorial (km ²)	Área Urbanizada (km ²)	População (IBGE, 2021)	Densidade Demográfica (hab/km ²) (2010)
Belford Roxo	79,20	62,89	515.239,00	6.031,38
Cachoeiras de Macacu	953,41	24,55	59.652,00	56,90
Duque de Caxias	490,85	138,68	929.449,00	1.828,51
Guapimirim	360,78	27,15	62.225,00	142,70
Itaboraí	421,93	92,81	244.416,00	506,55
Itaguaí	277,98	35,36	136.547,00	395,45
Japeri	77,22	21,49	106.296,00	1.166,37
Magé	394,65	64,72	247.741,00	585,13
Maricá	364,07	85,88	167.668,00	351,55
Mesquita	41,41	13,83	177.016,00	4.310,48
Nilópolis	20,68	9,58	162.893,00	8.117,62
Niterói	134,80	70,52	516.981,00	3.640,80
Nova Iguaçu	525,11	122,99	825.388,00	1.527,60
Paracambi	191,39	6,88	53.093,00	262,27
Petrópolis	759,90	81,78	307.144,00	371,85
Queimados	77,47	27,69	152.311,00	1.822,60
Rio Bonito	440,92	16,04	60.930,00	121,70
Rio de Janeiro	1.198,02	640,34	6.775.561,00	5.265,82
São Gonçalo	249,52	129,83	1.098.357,00	4.035,90
São João de Meriti	35,35	35,21	473.385,00	13.024,56
Seropédica	289,78	30,28	83.841,00	275,53
Tanguá	149,64	10,72	34.898,00	211,21

Fonte: IBGE, 2021, 2020 e 2010 (apontada no indicador). Elaborado por ENGECONSULT

3.4. ASPECTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS

A RMRJ concentra as atividades econômicas do estado do Rio de Janeiro, tendo apresentado um PIB de 564,3 milhões em 2020 (79% do produto interno bruto – PIB do estado, IBGE). Os municípios de Maricá, Itaguaí e Niterói são os que possuem os maiores PIB per capita da Região Metropolitana (IBGE, 2020). O PIB per capita anual varia de R\$ 13,8 mil no município de Japeri, até o valor de R\$ 216,6 mil em Maricá, sendo que o município do Rio de Janeiro apresenta um PIB aproximado de R\$ 49 mil por habitante/ano.

No cômputo geral, a RMRJ apresenta um quadro heterogêneo quanto ao PIB per capita e outros indicadores econômicos, conforme é possível perceber no mapa a seguir, embora prevaleçam valores mais baixos na periferia.

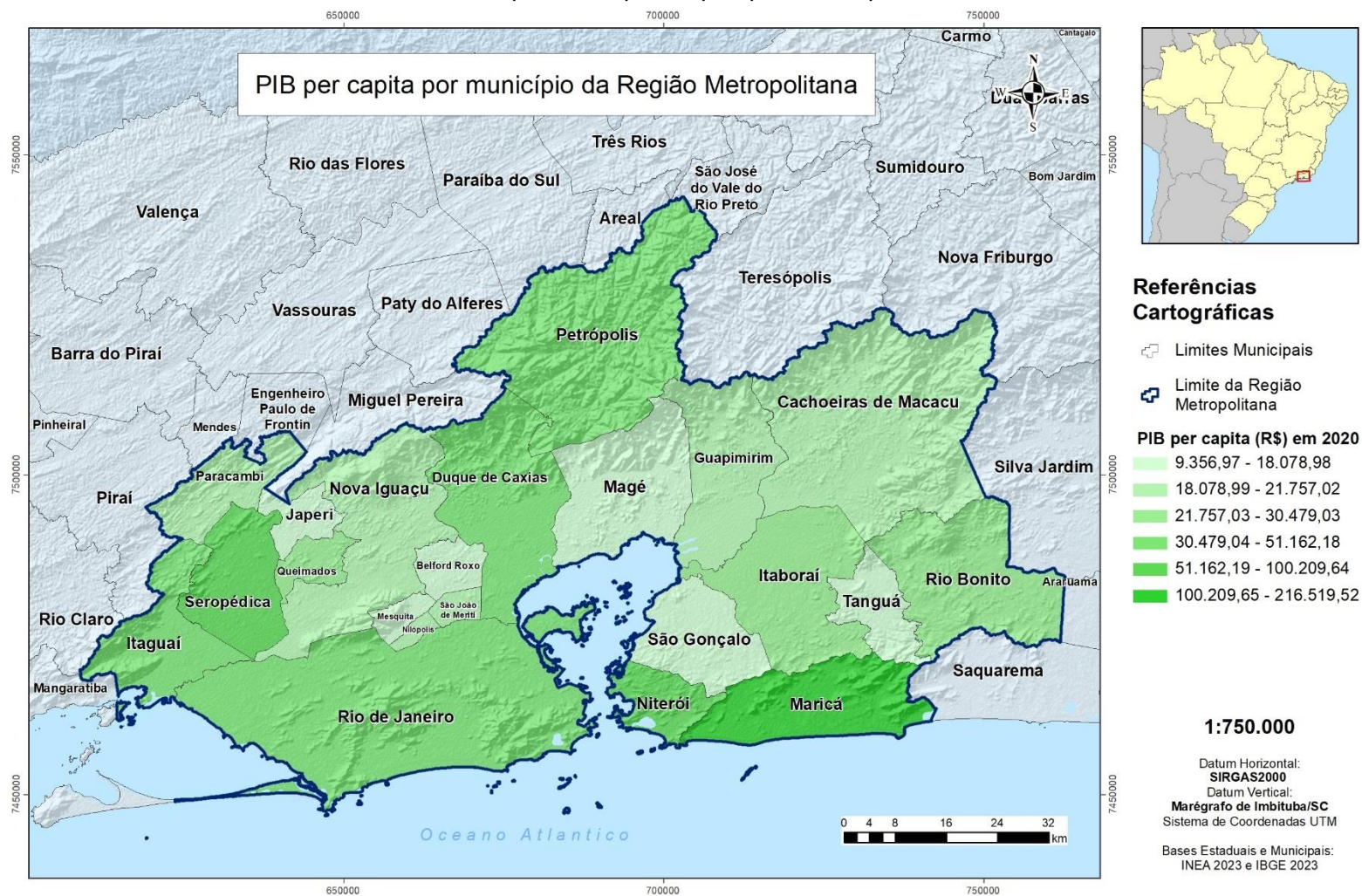
No âmbito do estado do Rio de Janeiro, nas últimas décadas, a RMRJ vem perdendo participação econômica para o Norte Fluminense, em função da economia do petróleo, e para a região do Centro Sul, onde se instalaram indústrias siderúrgicas e automobilísticas. No plano nacional, a RMRJ vem progressivamente perdendo relevância, embora permaneça como segunda maior economia do país, atrás somente da Região Metropolitana de São Paulo.

Do ponto de vista social, a diversidade da situação dos municípios pode ser notada no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e na taxa de desemprego. Os municípios com maior IDH-M são: Niterói, Rio de Janeiro e Maricá. Os municípios de Tanguá e Japeri apresentam os menores IDH-M da RMRJ (IBGE, 2010).

Outro indicador importante para a questão social mede a desigualdade de renda entre os habitantes de uma determinada região, e é denominado Índice de Gini e varia de 0 (representando a igualdade absoluta) a 1 (representando a desigualdade máxima).

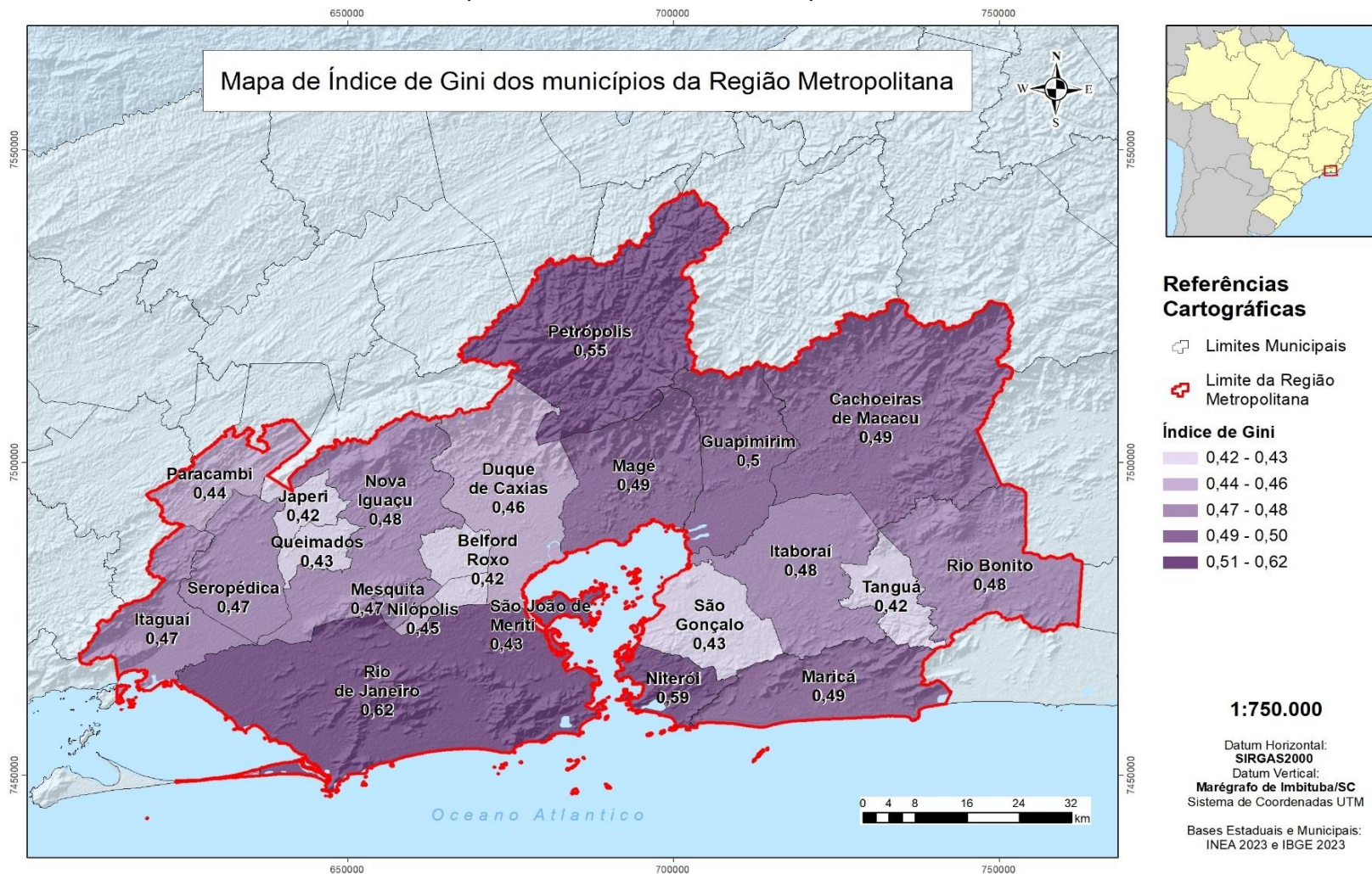
Como apresentado no Mapa 6, na RMRJ, o Índice de Gini dos municípios apresenta um nível preocupante de desigualdade, o que tem consequências diretas e indiretas no planejamento e na implementação do Plano Metropolitano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMetGIRS).

Mapa 5: PIB per Capita por Município



Fonte: ENGECONSULT, 2023

Mapa 6: Índice de Gini dos Municípios da RMRJ



Fonte: ENGECONSULT, 2023

Nesse contexto, o PMetGIRS deve levar em consideração as disparidades socioeconômicas na RMRJ e buscar soluções inclusivas e equitativas para a gestão dos resíduos sólidos.

Isso pode incluir ações específicas voltadas para as áreas mais vulneráveis, como investimentos em infraestrutura, educação ambiental e incentivos à inclusão de catadores de materiais recicláveis no processo de coleta seletiva.

Dessa forma, o PMetGIRS pode contribuir para a redução das desigualdades na RMRJ, melhorando a qualidade de vida e a saúde ambiental de toda a população, independentemente de sua condição socioeconômica.

O Mapa 7, a seguir apresenta o IDH dos municípios da RMRJ.

Outro indicador importante para compreender a RMRJ é a taxa de população ocupada, uma vez que afeta diretamente a qualidade de vida e a estabilidade socioeconômica dos habitantes.

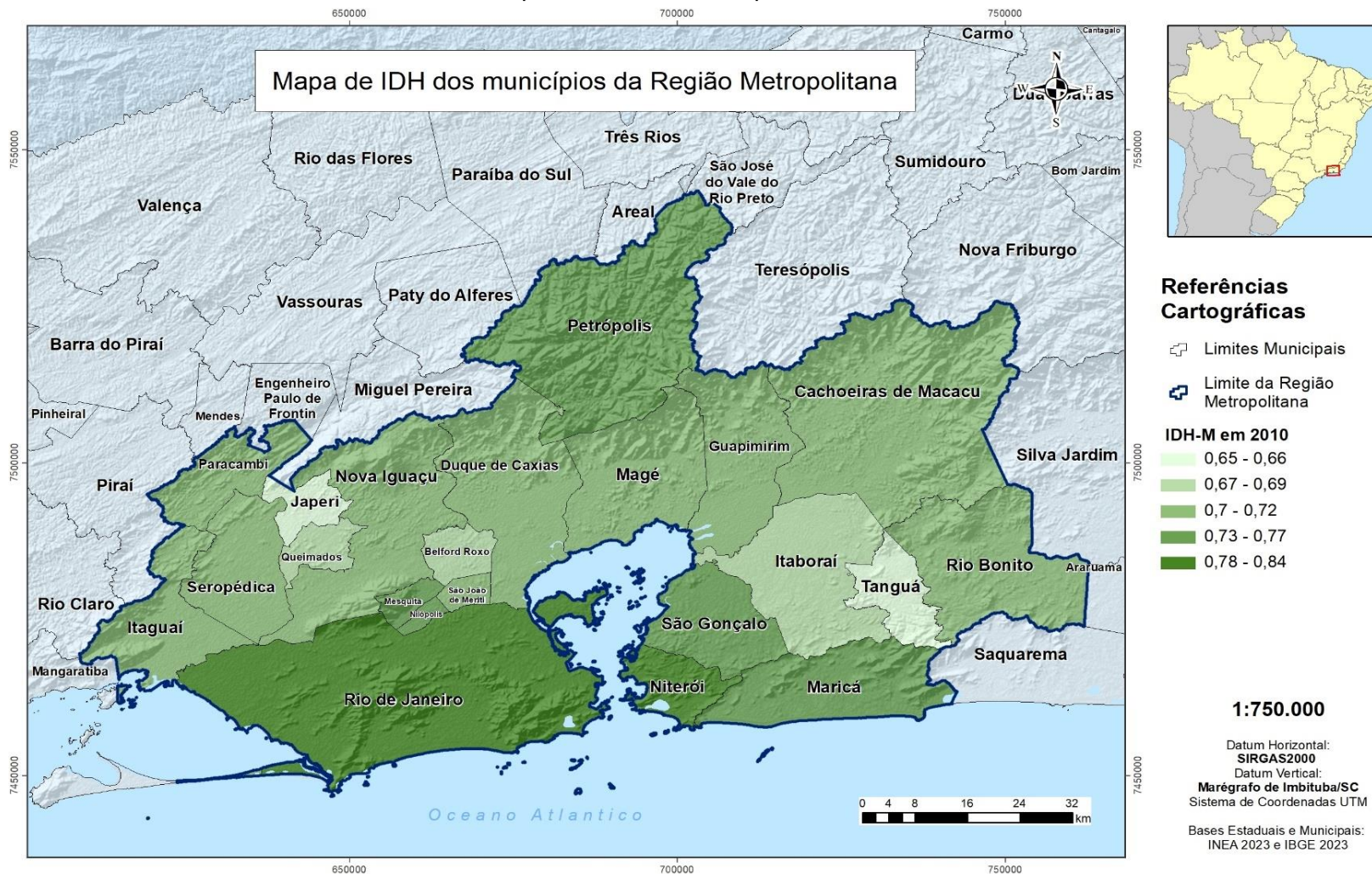
A gestão de resíduos sólidos está relacionada ao poder aquisitivo, à estabilidade socioeconômica e ao engajamento da população em práticas ambientalmente responsáveis.

Outro fator determinante para a qualidade de vida da população da RMRJ é o acesso aos serviços públicos, como educação e saúde.

Para avaliar esse cenário tem-se o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB).

Na Tabela 5, a seguir, é possível identificar diferenças marcantes em termos de IDH-M, Índice de Gini, PIB per capita, população ocupada e IDEB.

Mapa 7: IDH dos Municípios da RMRJ



Fonte: ENGECONSULT, 2023

Tabela 5: Aspectos Econômicos e Sociais dos Municípios da Região Metropolitana

Municípios da Região Metropolitana	IDH-M em 2010 (IBGE)	Índice de Gini	PIB per capita (R\$) em 2020 (IBGE)	População Ocupada (IBGE)	IDEB (IBGE)
Belford Roxo	0,68	0,42	17.079,09	6,18%	4,10
Cachoeiras de Macacu	0,70	0,49	20.494,38	12,39%	4,80
Duque de Caxias	0,71	0,46	50.997,67	17,11%	4,10
Guapimirim	0,70	0,50	19.142,34	12,07%	4,80
Itaboraí	0,69	0,48	22.338,03	13,88%	4,50
Itaguaí	0,72	0,47	35.935,74	20,17%	4,60
Japeri	0,66	0,42	13.826,86	8,10%	4,10
Magé	0,71	0,49	18.027,90	10,36%	4,40
Maricá	0,77	0,49	216.519,52	5,88%	5,40
Mesquita	0,74	0,47	9.356,97	9,59%	4,20
Nilópolis	0,75	0,45	18.346,58	11,84%	4,40
Niterói	0,84	0,59	79.464,67	37,58%	4,70
Nova Iguaçu	0,71	0,48	20.895,09	12,10%	4,40
Paracambi	0,72	0,44	19.013,70	12,22%	4,90
Petrópolis	0,75	0,55	50.185,98	25,87%	4,60
Queimados	0,68	0,43	25.446,02	10,90%	4,40
Rio Bonito	0,71	0,48	28.558,78	29,80%	4,70
Rio de Janeiro	0,80	0,62	49.094,40	34,56%	5,10
São Gonçalo	0,74	0,43	17.406,10	10,36%	4,40
São João de Meriti	0,72	0,43	19.243,71	12,12%	4,30
Seropédica	0,71	0,47	55.744,92	18,57%	5,20
Tanguá	0,65	0,42	17.939,87	5,74%	4,70

Fonte: IBGE

3.5. ASPECTOS AMBIENTAIS E DE SANEAMENTO BÁSICO

Em relação ao abastecimento de água, dados do Instituto Trata Brasil (2021) mostram que, apesar de avanços recentes, ainda há áreas na RMRJ que enfrentam problemas de acesso à água tratada e de qualidade. Essa questão impacta diretamente a saúde pública e está relacionada a desigualdades sociais, uma vez que a população mais carente é a mais afetada pela falta de infraestrutura (TRATA BRASIL, 2021).

No que tange à coleta e tratamento de esgoto, a RMRJ ainda apresenta baixos índices de atendimento. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2019, apenas 68,2% da população total da região tinha acesso à coleta de esgoto e apenas 37,6% do esgoto gerado era tratado (BRASIL, 2021).

Essa situação compromete a qualidade dos corpos hídricos, o meio ambiente e a saúde dos habitantes. A gestão de resíduos sólidos é outro desafio a ser enfrentado na RMRJ. Muitos municípios ainda apresentam dificuldades para implantar a coleta seletiva, e a destinação inadequada de resíduos em lixões a céu aberto ainda é uma realidade (TRATA BRASIL, 2021).

Por fim, a drenagem urbana é um aspecto crítico na RMRJ, visto que a região sofre frequentemente com enchentes e alagamentos decorrentes das chuvas, o que é característico de uma região de baixadas litorâneas e vem se agravando devido aos efeitos das mudanças climáticas. A falta de planejamento e investimentos em infraestrutura de drenagem compromete a qualidade de vida da população e causa prejuízos econômicos e sociais.

Os principais dados apresentados para a RMRJ no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico, SNIS, são:

- Acesso à água tratada: em 2019, o índice de atendimento urbano de água na RMRJ foi de 97,2%, o que indica que a maior parte da população tinha acesso à água tratada (SNIS, 2019);

- Coleta e tratamento de esgoto: o relatório mostra que, no mesmo ano, considerando apenas a população urbana, 85,6% era atendida por coleta de esgoto, enquanto somente 53,4% do esgoto coletado era tratado (SNIS, 2019);
- Resíduos sólidos: conforme o SNIS (2019), 98,4% dos resíduos sólidos urbanos eram coletados na região, mas a destinação final adequada ainda representava um desafio. A análise revela que 73,2% dos resíduos eram destinados a aterros sanitários, enquanto 26,8% eram encaminhados a lixões e aterros controlados, o que provoca impactos ambientais negativos e riscos à saúde pública.

Os dados apresentados no relatório SNIS 2019 evidenciam a necessidade de melhorias no sistema de saneamento básico na RMRJ, principalmente no que se refere à gestão de resíduos sólidos.

A destinação inadequada dos resíduos em lixões e aterros controlados gera uma série de problemas ambientais, como a contaminação do solo, dos recursos hídricos e a emissão de Gases de Efeito Estufa.

Além disso, os riscos à saúde pública são agravados pela proliferação de vetores de doenças e pela exposição das comunidades próximas aos lixões e aterros controlados a condições insalubres.

Para enfrentar esses desafios, é fundamental a implementação de políticas públicas eficientes e investimentos em infraestrutura, como a implementação da destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos e a ampliação do tratamento de esgoto.

A promoção da coleta seletiva, o incentivo à reciclagem e a conscientização da população sobre a importância do descarte adequado dos resíduos são ações igualmente importantes para melhorar a gestão dos resíduos sólidos na RMRJ.

As questões ambientais são desafios importantes para o território da RMRJ, sendo oportuno destacar alguns dados mais relevantes:

- Desmatamento: Entre 2000 e 2018, a Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro perdeu 24.600 hectares de cobertura florestal (SOS Mata Atlântica, 2019). Isso evidencia a necessidade de políticas públicas para a preservação das áreas verdes na região;
- Poluição atmosférica: De acordo com a qualidade do ar medida pela Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar no Estado do Rio de Janeiro (REMADA), em 2019, a concentração média anual de material particulado fino (PM_{2,5}) na RMRJ foi de 22,2 µg/m³, ultrapassando o limite estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) de 10 µg/m³ (INEA, 2019). Essa poluição atmosférica é resultado das emissões veiculares e industriais, e tem impactos significativos na saúde da população e na qualidade do ar.

A análise da situação atual da preservação ambiental na RMRJ demonstra a necessidade de implementação de políticas públicas eficientes e integradas, que contemplem a conservação das áreas verdes, a gestão dos recursos naturais e a expansão urbana planejada.

Tais políticas devem envolver a participação de diferentes setores da sociedade, como governos, organizações não governamentais, setor privado e população em geral, a fim de garantir a sustentabilidade ambiental, social e econômica da região.

Em resumo, a Região Metropolitana do Rio de Janeiro enfrenta uma série de desafios ambientais que comprometem a qualidade do meio ambiente e a sustentabilidade da região. A ocupação urbana desordenada, a industrialização e a falta de políticas públicas efetivas resultam em problemas que afetam diretamente a preservação dos recursos naturais e a qualidade de vida da população.

Neste contexto, é essencial analisar os principais desafios e os dados mais relevantes relacionados à preservação ambiental na RMRJ, a fim de promover uma compreensão aprofundada da situação e subsidiar ações e políticas de mitigação e conservação.

3.6. ASPECTOS INSTITUCIONAIS DE PLANEJAMENTO

A estrutura institucional, os instrumentos de planejamento, os recursos orçamentários, os investimentos previstos pelos municípios da RMRJ e a governança da Região Metropolitana e do estado do Rio de Janeiro são fundamentais para viabilizar a implementação de políticas públicas na região.

Segundo o Mapa da Desigualdade, da Casa Fluminense, é importante notar a diferença na estrutura institucional dos municípios, a começar pela receita corrente líquida por habitante, que foi de R\$ 1 mil em São Gonçalo, R\$ 3,1 mil no Rio de Janeiro, R\$ 6,1 mil em Niterói e R\$ 12,3 mil em Maricá (Tribunal de Contas do Estado TCE, 2020).

Quando considerado o Índice FIRJAN de Gestão Fiscal, que se baseia em quatro indicadores, quais sejam, a autonomia, os gastos com pessoal, a liquidez e os investimentos, nota-se uma acentuada distinção entre municípios da RMRJ. Niterói é considerado o primeiro lugar do IFGF, alcançando 0,9393 (Figura 3).

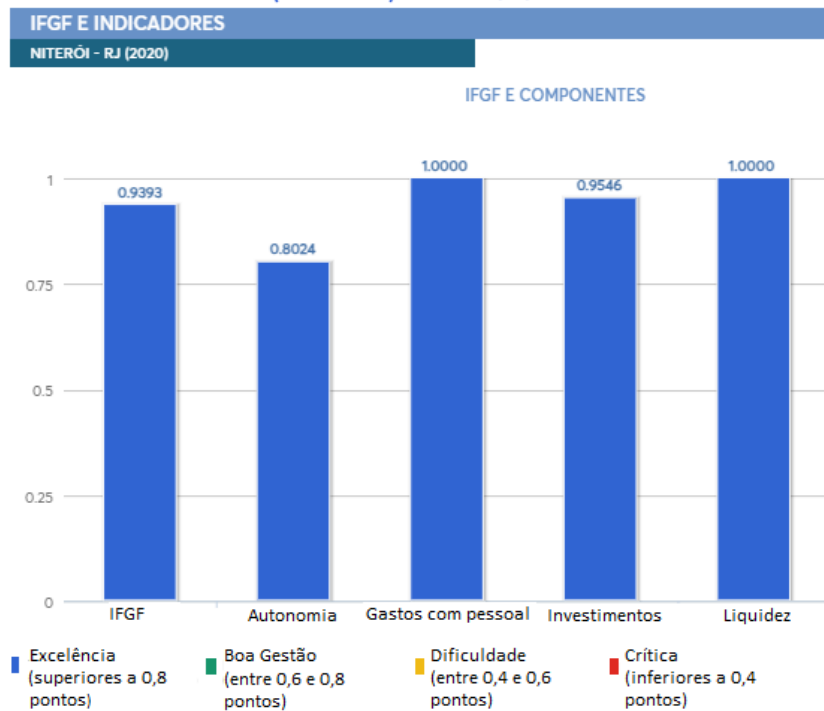
Em outro extremo encontra-se o município de Magé, com IFGF de 0,1611 (Figura 4). Na média, no ano de 2020, os municípios do Rio de Janeiro apresentaram IFGF de 0,5249 pontos, abaixo do valor médio do país, que foi de 0,5456.

Segundo o Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da RMRJ, a arrecadação municipal é muito dependente de repasses dos governos federal e estadual e faltam estímulos para que os municípios alcancem maior autonomia.

Nesse contexto, de acordo com o PEDUI/RMRJ (2018), apesar dos municípios contarem com os mesmos instrumentos de gestão, apresentam grande heterogeneidade na qualidade e nos resultados do executivo municipal.

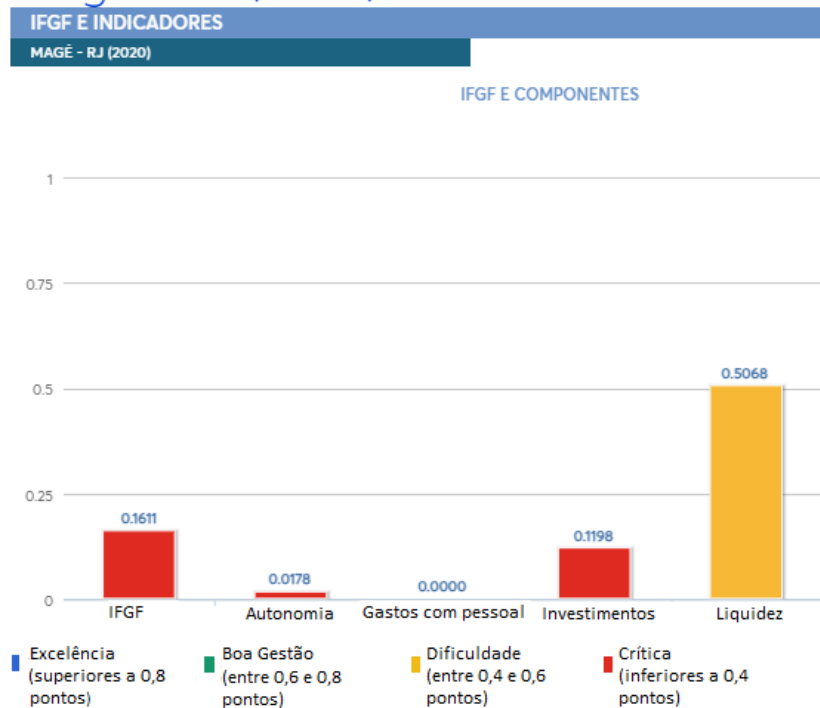
A estrutura de planejamento municipal abrange Planos Diretores Municipais (PDM), Planos Plurianuais (PPA) e uma série de planos setoriais, com destaque para os Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) e Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS).

Figura 3: Índice FIRJAN de Gestão Fiscal de Niterói
Niterói - RJ (Ano 2020): IFGF 0.9393



Fonte: FIRJAN, 2020

Figura 4: Índice FIRJAN de Gestão Fiscal de Magé
Magé - RJ (Ano 2020): IFGF 0.1611



Fonte: FIRJAN, 2020

Ressalte-se que a implementação do PMGIRS é primordial para a promoção do desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida nos municípios.

Os PDM, conforme estabelecido pelo Estatuto da Cidade - Lei nº 10.257/2001, são instrumentos obrigatórios de planejamento para os municípios metropolitanos e devem ser revisados a cada dez anos.

Em 2020, conforme evidenciado pelo Mapa 8, mais da metade dos municípios da RMRJ estavam com a revisão do plano diretor atrasada alguns anos, a exemplo de Belford Roxo, Duque de Caxias e Seropédica (Casa Fluminense, 2020).

Já os Planos Municipais de Saneamento Básico e de Gestão dos Resíduos Sólidos, PMSB e PMGIRS, conforme preconizado pela Lei nº 11.445/2007 e pela Lei nº 12.305/2010, respectivamente, são planos específicos voltados para a promoção do saneamento básico e a gestão adequada dos resíduos sólidos (BRASIL, 2007; BRASIL, 2010).

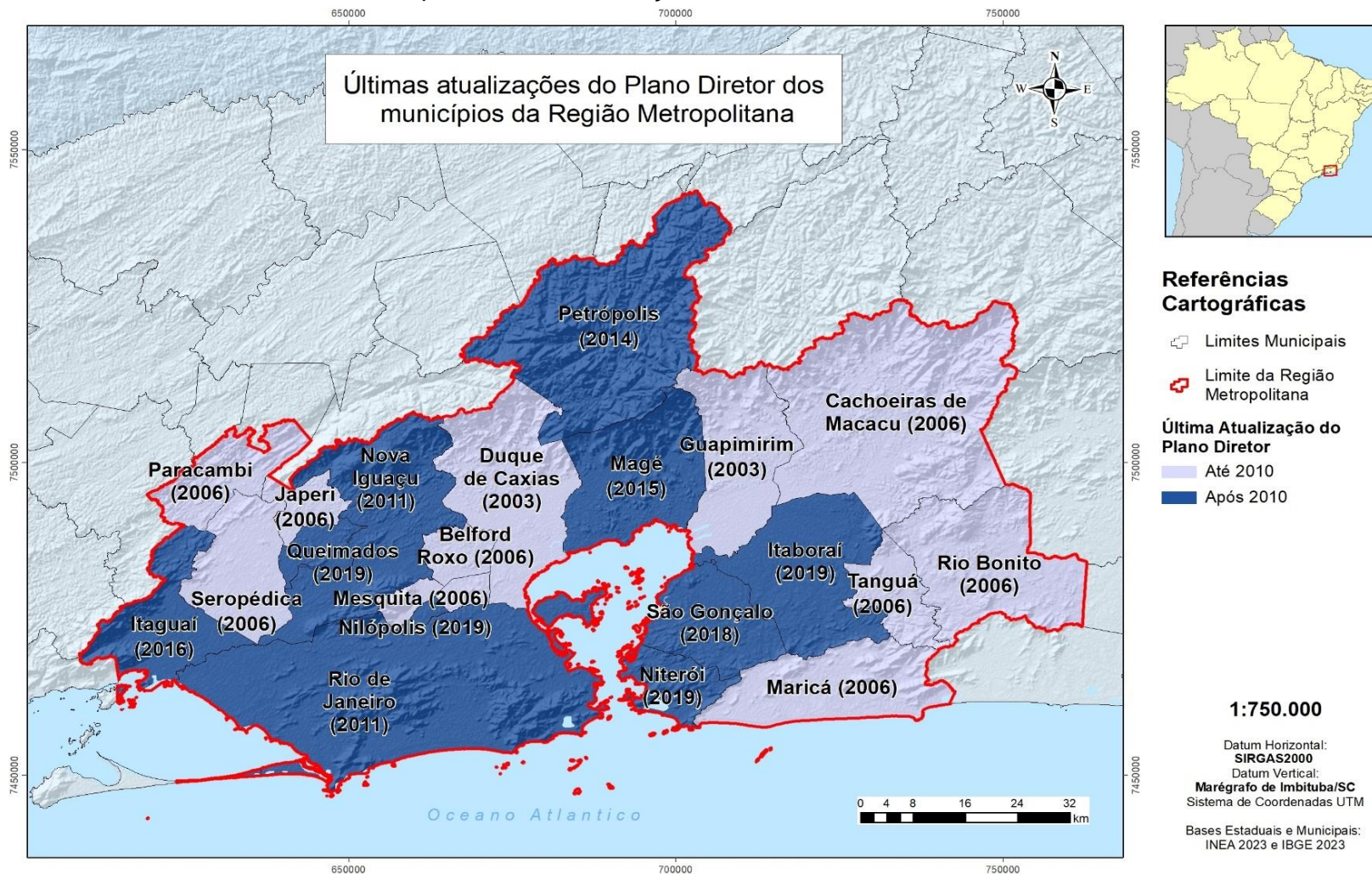
Entretanto, é importante ressaltar que a efetividade desses instrumentos de planejamento varia significativamente entre os municípios, devido a fatores como capacidade técnica e financeira, prioridades políticas e engajamento da sociedade civil na formulação e implementação das políticas públicas (MOREIRA; FERREIRA, 2018).

A elaboração e implementação desses planos de saneamento e resíduos ainda enfrentam desafios significativos.

Segundo uma pesquisa realizada por Santos e Silva (2019), apenas 52,4% dos municípios da RMRJ possuem PMGIRS em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - Lei nº 12.305/2010.

Entre os municípios que apresentam planejamento efetivo para resíduos sólidos, destacam-se Rio de Janeiro, Niterói, Duque de Caxias e Nova Iguaçu, que juntos são responsáveis por aproximadamente 75% da geração de resíduos sólidos urbanos na região (COSTA; FERREIRA, 2020).

Mapa 8: Ano de Publicação da Revisão do Plano Diretor



Fonte: CASA FLUMINENSE, 2020

No que diz respeito à gestão dos resíduos sólidos urbanos, observa-se, também, uma relação de proximidade entre as realidades dos municípios, onde as ações operacionais de limpeza urbana e gerenciamento de RSU são realizadas pelas Secretarias Municipais de Limpeza Urbana ou de Serviços Públicos (Tabela 6).

Já o desenvolvimento de políticas públicas para planejamento de melhorias, implementação de outros fluxos de resíduos e atividades de educação ambiental e de comunicação são promovidas pelas Secretarias Municipais de Meio Ambiente.

Tabela 6: Órgãos Responsáveis pela Coleta de Lixo nos Municípios da RMRJ

Municípios da Região Metropolitana	Órgão Responsável pela Coleta
Belford Roxo	PMBR - Prefeitura Municipal de Belford Roxo
Cachoeiras de Macacu	AMAE - Autarquia Municipal de Água e Esgoto de Cachoeiras de Macacu
Duque de Caxias	SMO - Secretária Municipal de Obras
Guapimirim	SMO - Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos
Itaboraí	SEMSP - Secretaria Municipal de Serviços Públicos
Itaguaí	SMOPLU - Secretaria Municipal de Ordem Pública e Limpeza
Japeri	SEMOSP - Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos
Magé	SMI - Secretaria Municipal de Infraestrutura
Maricá	SOMAR - Secretaria de infraestrutura e obras de Maricá
Mesquita	SEMIMSP - Secretaria Municipal de Infraestrutura, Mobilidade e Serviços Públicos
Nilópolis	SEMSERP - Secretaria Municipal de Serviços Públicos
Niterói	CLIN - Companhia de Limpeza de Niterói
Nova Iguaçu	EMLURB - Empresa Municipal de Limpeza Urbana
Paracambi	COMDEP - Companhia Municipal de Desenvolvimento de Paracambi
Petrópolis	COMDEP - Companhia Municipal de Desenvolvimento de Petrópolis
Queimados	SEMCONSESP - Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Públicos
Rio Bonito	SEMOSP - Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos
Rio de Janeiro	COMLURB - Companhia Municipal de Limpeza Urbana
São Gonçalo	PMSG - Prefeitura Municipal de São Gonçalo
São João de Meriti	SEMSEP - Secretaria Municipal de Serviços Públicos
Seropédica	SMSPT - Secretaria Municipal de Serviços Públicos e Transporte
Tanguá	PMT - Prefeitura Municipal de Tanguá

Fonte: SNIS (2021) e ENGECONSULT

Além das políticas públicas municipais, cabe apontar que as iniciativas estaduais para a RMRJ são desempenhadas pelas secretarias setoriais de transporte, ambiente, cidades, habitação, saúde, educação e outras. No nível estadual, a Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) atua como órgão regulador, fiscalizador e fomentador de políticas públicas voltadas ao gerenciamento adequado dos resíduos sólidos (RIO DE JANEIRO, 2021).

O Plano Plurianual de investimentos públicos do estado do Rio de Janeiro, de 2020-2023 foi o primeiro a ser territorializado, o que permitirá análises sobre seus resultados para a Região Metropolitana. Além disso, o Governo do Estado do Rio de Janeiro tem assento e foi o ente federado que instituiu, por força da LC 184/18, a estrutura da Governança Metropolitana, e seu recém-criado órgão executor de políticas públicas metropolitanas, o Instituto Rio Metrópole, o IRM.

A Governança Metropolitana   constituída por um Conselho Deliberativo, formado pelos municípios e pelo estado do RJ e um Conselho Consultivo que inclui representantes da sociedade. Segundo a LC 184/2018, o Conselho Consultivo da Região Metropolitana possui o objetivo de assegurar a participa o da popula o no processo de planejamento e tomada de decisões, sendo constituído por 47 membros, nomeados pelo Presidente do Conselho Deliberativo, com mandato de quatro anos.

O Instituto Rio Metrópole, criado em 2019, pelo Decreto n  46.893, de 23 de dezembro de 2019,   o  rgo Executivo da Região Metropolitana, que possui a fun o de executar as decisões tomadas pelo Conselho Deliberativo da Região Metropolitana. O Instituto Rio Metrópole se coloca como “uma entidade integrante, para fins organizacionais, da Administra o Pública Estadual indireta, submetida a regime autárquico especial e vinculada, para fins organizacionais, ao Governo do Estado”.

A Governança Metropolitana conta com um Fundo de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, um fundo orçamentário vinculado ao Conselho Deliberativo da RMRJ. Os recursos do Fundo Metropolitano têm como finalidade o custeio e o investimento da Região Metropolitana, incluídas as despesas do  rgo Executivo da Região Metropolitana.

3.7. PERSPECTIVA GERAL DE INVESTIMENTOS

Em relação aos investimentos previstos para o saneamento básico na RMRJ, as informações disponíveis são limitadas e desatualizadas. No entanto, é importante destacar que o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) estimou que, até 2033, seriam necessários investimentos de R\$ 142 bilhões em água e R\$ 215 bilhões em esgoto em todo o país. O Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) esteve envolvido em várias iniciativas para melhorar o saneamento básico no Brasil, incluindo a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). Algumas dessas iniciativas foram:

- Programa de Aceleração do Crescimento (PAC): O PAC é um programa do governo federal que visa acelerar o investimento em infraestrutura, incluindo saneamento básico. O PAC financia projetos de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e manejo de resíduos sólidos. Não há informações disponíveis sobre os investimentos previstos para a RMRJ a partir de 2021.
- Programa Avançar Cidades - Saneamento: Este programa, lançado em 2017, tem como objetivo apoiar projetos de saneamento básico em municípios brasileiros, incluindo a RMRJ. O programa financia projetos de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e manejo de resíduos sólidos, além de melhorias no sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário.
- Fundo Nacional de Saneamento Básico (FNSB): O FNSB é um instrumento financeiro destinado a apoiar projetos de saneamento básico em todo o Brasil. O fundo financia projetos de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e manejo de resíduos sólidos.
- Programa de Desenvolvimento Urbano (Pró-Cidades): Lançado em 2018, o Pró-Cidades é um programa que visa apoiar projetos de desenvolvimento urbano, incluindo melhorias em saneamento básico, mobilidade urbana e habitação. O programa financia projetos de infraestrutura e serviços públicos em municípios brasileiros. De acordo com dados do Ministério do Desenvolvimento Regional, o programa prevê investimentos de R\$ 4,7 bilhões até 2021 para a execução de projetos nas áreas de mobilidade urbana, saneamento básico, habitação e gestão ambiental, em todo país.

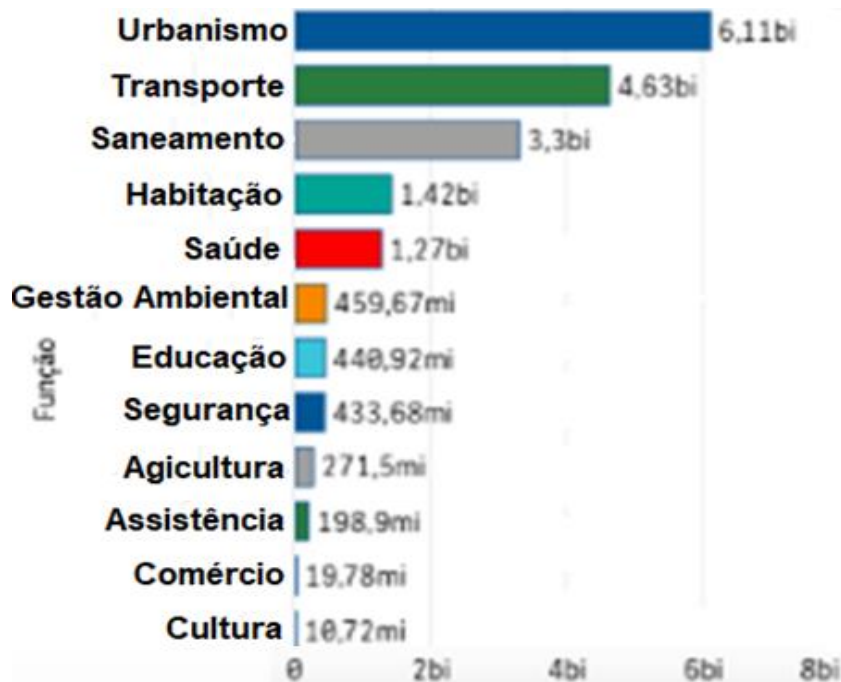
Segundo o BNDES, a concessão do saneamento (água e esgoto) no estado do Rio de Janeiro deve gerar investimentos diretos de mais de R\$ 31 bilhões, além de uma outorga com mais de R\$ 10,6 bilhões, distribuídos entre o estado, municípios e Região Metropolitana.

Na perspectiva da concessão, a universalização do saneamento básico para uma população de mais de 13 milhões de pessoas deverá ocorrer em 12 anos, viabilizando a recuperação ambiental da Baía de Guanabara, bacia do rio Guandu e sistema lagunar da Barra da Tijuca. Segundo o Governo do Estado, desde 2021, até 2023, as três concessionárias de água e esgoto já investiram R\$ 963 milhões. Só o projeto para o complexo lagunar de Jacarepaguá, soma R\$ 250 milhões.

Os investimentos estaduais, divulgados pela plataforma PACTO RJ, somam o montante de R\$ 18,47 bilhões, em 832 ações, envolvendo 16 secretarias e alcançando os 92 municípios.

Os investimentos para a RMRJ não foram informados separadamente. Os investimentos em urbanismo e transporte representam os maiores valores; para o saneamento, está previsto recurso de R\$ 3,3 bilhões e para a gestão ambiental a previsão é de R\$ 459 milhões.

Figura 5: Investimentos Previstos pelo PACTO RJ



Fonte: PACTO RJ

Os investimentos previstos pelos municípios da RMRJ dependem da sua realidade econômica, que apresenta uma diversidade considerável.

De acordo com o estudo de Macedo e Lemos (2018), o Produto Interno Bruto (PIB) per capita médio dos municípios da RMRJ varia significativamente. Além disso, os recursos financeiros dos municípios são provenientes, em grande parte, de transferências intergovernamentais federais e estaduais, com destaque para o Fundo de Participação dos Municípios (FPM) e o Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) (RODRIGUES; SILVA, 2020).

Cabe ressaltar que a dependência dessas transferências pode comprometer a autonomia financeira e a capacidade de investimento em áreas essenciais como saneamento, saúde e educação, visto que as receitas próprias dos municípios são, em geral, insuficientes para atender às demandas crescentes de infraestrutura e serviços públicos.

4. ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS

4.1. A PREVISÃO CONSTITUCIONAL DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Em 1988, com a promulgação da Constituição Federal, o município passou a ser um ente federativo autônomo, dotado de competências próprias, independência administrativa, legislativa e financeira e, em particular, com a faculdade de legislar sobre assuntos de interesse local, complementar a legislação federal e a estadual e, ainda, organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local de caráter essencial (Artigo 30 incisos I, II e V).

JOSÉ AFONSO DA SILVA¹, em comentários à Constituição de 1988, verificou que o legislador constituinte utilizou como princípio geral para distribuir competências federativas a predominância do interesse. Assim, caberá à União o trato de matérias nas quais predomine o interesse geral, aos Estados aquelas relativas ao interesse regional e aos Municípios o cuidado com assuntos de interesse local.

A Constituição Federal no art. 23, VI, afirma ser competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios a tarefa de proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas.

Ao regular a ordem econômica, a Constituição Federal, no art. 170, demonstra o objetivo de normatizar e regular as atividades econômicas. O legislador listou alguns princípios, que sugerem uma direção a ser seguida, sendo a defesa do meio ambiente listada como um deles, o que representa a importância dada pelo legislador ao tema.

Assim, o Estado assume a responsabilidade pelo desenvolvimento de políticas públicas visando ao uso consciente dos recursos naturais e à preservação ambiental, harmonizando os interesses dos atores econômicos com a utilização do meio ambiente.

¹ SILVA, José Afonso da. *O constitucionalismo brasileiro (evolução institucional)*, p. 476. Citado em <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/61/edicao-1/consorcios-publicos-e-regiao-metropolitana>, acesso 01/06/2023.

Tal previsão constitucional não se restringe a um capítulo, visto que o tema perpassa todo o texto da Carta Magna. Isso permite inferir que as decisões da Administração, a criação de políticas públicas e a forma de atuação dos órgãos públicos estão intimamente ligados à mesma base constitucional e ao mesmo objetivo: a proteção ao meio ambiente.

É sob esse prisma que a questão da gestão dos resíduos sólidos guarda proteção constitucional.

4.2. O TEMA NO PLANO INFRACONSTITUCIONAL

4.2.1. NORMATIVA FEDERAL

No plano federal para o tema de saneamento básico e gestão de resíduos, merecem destaque:

- a Lei Federal nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS;
- o Decreto Federal nº 10.936/2022, que veio a regulamentar a referida Política;
- a Lei Federal nº 14.026/2020, que atualizou o marco legal do saneamento básico; e
- a Resolução CONAMA nº 401/2008, que determina que os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e o poder público de forma compartilhada implementem programas de coleta seletiva para as pilhas e baterias.

Além destes documentos legais, também são importantes:

- a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (Lei de Crimes Ambientais) com suas alterações e complementações;
- a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que dispõe sobre a educação ambiental e instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental; e

- a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015, que instituiu o Estatuto da Metrópole.

A Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) foi instituída originalmente pela Lei nº 11.445/2007, regulamentada pelo Decreto nº 7.217/2010 e posteriormente atualizada pela Lei nº 14.026/2020.

A PNSB trouxe à luz da gestão pública as diretrizes para adoção de estratégias e de políticas públicas para o saneamento, obedecendo a uma série de princípios elencados no artigo 2.º da referida Lei, como o da universalização do acesso, disponibilidade e eficiência e sustentabilidade econômicas.

Cabe ao poder estatal, portanto, a elaboração de políticas públicas com vistas à universalização do acesso aos serviços públicos de saneamento básico, adotando indicadores e parâmetros ambientais, sanitários, epidemiológicos e socioeconômicos para o planejamento, execução e avaliação dos serviços oferecidos à população.

Além da PNSB, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada pela Lei nº 12.305/10 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010 (que foi substituído pelo Decreto nº 10.936/2022), já estabelece como deve ser feita a gestão integrada dos resíduos sólidos, atribuindo, inclusive, responsabilidades para o Poder Público, o setor empresarial e a sociedade.

A PNRS é considerada um importante marco legal, por trazer uma ampla gama de conceitos e instrumentos, que visam a grandes mudanças e melhorias na gestão de resíduos do país.

A PNRS traz o conceito da responsabilidade compartilhada para todos aqueles que participaram do “ciclo de vida do produto”.

A referida política pública representou, e ainda representa, enorme avanço legislativo, com o estabelecimento de necessárias governanças setoriais, porque, além de a responsabilização ser compartilhada e encadeada, outorgou, para cada setor (agrotóxicos, pilhas, baterias e eletroeletrônicos, dentre outros), a possibilidade de customizarem os seus sistemas de logística de acordo com as suas necessidades e realidades.

De acordo com essa política pública, a gestão integrada de resíduos sólidos é definida em seu art. 3º, XI como o “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, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável”.

Quando se fala de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, o princípio da responsabilidade compartilhada não pode deixar de ser citado.

A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é o “conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos”.

O fortalecimento do senso de responsabilidade sobre os resíduos gerados, trazido por este princípio, é fundamental para que o sistema de gestão de resíduos funcione, uma vez que a geração de resíduos sólidos faz parte de qualquer processo produtivo.

Os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes têm como responsabilidades:

- investir no desenvolvimento, na fabricação e na colocação no mercado de produtos: que sejam aptos, após o uso pelo consumidor, à reutilização, à reciclagem ou a outra forma de destinação ambientalmente adequada; cuja fabricação e uso gerem a menor quantidade de resíduos sólidos possível;
- estruturar e implementar sistemas de logística reversa “de forma independente do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos”, que proporcionem o recolhimento dos produtos e dos resíduos remanescentes após o uso, assim como sua subsequente destinação final ambientalmente adequada, no caso de produtos objeto de sistema de logística reversa na forma do art. 33 da PNRS;

- divulgar informações relativas às formas de evitar, reciclar e eliminar os resíduos sólidos associados a seus respectivos produtos;
- assumir compromisso de, quando firmados acordos ou termos de compromisso com o Município, participar das ações previstas no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, no caso de produtos ainda não inclusos no sistema de logística reversa.

Importante ressaltar que o parágrafo 7º do artigo 33 prevê a possibilidade de acordo setorial ou termo de compromisso a ser firmado entre o setor empresarial e o titular do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos para que este se encarregue de atividades e responsabilidades atribuídas aos “fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes nos sistemas de logística reversa”, mediante a devida remuneração previamente acordada entre as partes.

Ainda no âmbito da responsabilidade compartilhada, o artigo 36 da PNRS é claro ao determinar a responsabilidade do titular do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos em estabelecer sistema de coleta seletiva a ser realizado prioritariamente através da contratação de organizações de catadores de materiais recicláveis formadas por pessoas de baixa renda.

Além dos pontos citados, outro destaque importante para a gestão integrada de resíduos sólidos é o planejamento da gestão por fluxos de resíduos, já que cada tipologia de resíduo deve receber um tratamento e destinação específicos. Um exemplo claro é o de resíduos de construção civil (ou de demolição e construção), que não podem fazer parte do mesmo sistema dos resíduos domiciliares, por possuírem diferentes características.

Política pública como tal, a PNRS tem a sua eficiência garantida pelos instrumentos por ela criados e que a aplicam. Entre os instrumentos criados pela PNRS, merecem destaque os Planos de Resíduos Sólidos, a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas e outras formas de associação de catadores de materiais recicláveis, o monitoramento e a fiscalização ambiental, a educação ambiental, os incentivos fiscais, financeiros e creditícios.

Rendem-se destaques aqui ao importante avanço trazido pela PNRS, com a obrigatoriedade da elaboração de Planos de Resíduos Sólidos, como instrumento da própria PNRS, colocando-os como condição para acesso, de Estados e Municípios, aos recursos da União destinados a empreendimentos e serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos.

A Política Nacional preconiza a elaboração dos planos relacionados a seguir, atentando-se à hierarquia das esferas político-sociais:

- (i) O Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares;
- (ii) Os planos estaduais de resíduos sólidos;
- (iii) Os planos microrregionais de resíduos sólidos e os planos de resíduos sólidos de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas;
- (iv) Os planos intermunicipais de resíduos sólidos;
- (v) Os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos;
- (vi) Os planos de gerenciamento de resíduos sólidos

Os Planos de todas as esferas da administração, devem trazer, entre outros elementos estruturais:

- o diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos;
- a proposição de cenários, considerando tendências;
- metas de redução, reutilização, reciclagem;
- metas para eliminação e recuperação de lixões;
- programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente², os planos de gestão de resíduos sólidos podem ser elaborados a nível nacional, estadual, microrregional, de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas, intermunicipal, municipal, bem como a nível dos geradores.

² Ministério do Meio Ambiente. <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/instrumentos-da-politica-de-residuos/planos-municipais-de-gest%C3%A3o-integrada-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos.html>, acessado em 22/05/2023.

4.2.2. NORMATIVA ESTADUAL

No plano estadual, o estudo do tema no estado do Rio de Janeiro inicia-se com a Constituição Estadual, que dedica o seu capítulo VIII para definir regras relacionadas ao meio ambiente, definindo como direito de todos o meio ambiente saudável e equilibrado, e atribuindo o dever de proteção a todos e em especial ao Poder Público.

No inciso XXI do §1º do art. 261 é destacada a necessidade de implementação da coleta seletiva e reciclagem.

Tal importância é reafirmada no art. 263 da Carta Estadual, que autorizou a criação do Fundo Estadual de Conservação Ambiental e Desenvolvimento Urbano, quando se definiu que os recursos do Fundo podem ser aplicados em programas de coleta seletiva e reciclagem.

A Política Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro foi instituída em 30 de setembro de 2003, por meio da Lei Estadual nº 4.191, que foi regulamentada em 20 de dezembro de 2007, por meio do Decreto nº 41.084.

Pode-se afirmar que a Política Estadual de Resíduos Sólidos foi uma lei precursora, pois já apresentava em seu texto diversos dos conceitos, princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos que seriam estabelecidos sete anos mais tarde pela PNRS.

Em seu artigo 12, que estabelece os princípios da lei estadual, os seus incisos I, VII e VIII tratam, respectivamente, sobre a redução na geração de resíduos sólidos; o incentivo a cooperação intermunicipal, estimulando a busca de soluções consorciadas e a responsabilidade pós-consumo dos produtores no apoio a programas de coleta seletiva e educação ambiental.

Em seu artigo 13, ao elencar seus objetivos, a Política Estadual de Resíduos Sólidos trata sobre a erradicação dos lixões, no inciso II; de políticas de gestão integrada de resíduos sólidos, no inciso III; e do estímulo e valorização da separação na fonte de resíduos reutilizáveis e recicláveis para a coleta seletiva, no inciso VI.

Já no artigo 14 a lei apresenta como algumas de suas diretrizes:

- o incentivo à indústria da reciclagem;
- a promoção da redução ou não geração de resíduos na fonte geradora;
- o incentivo à criação e ao desenvolvimento de associações ou cooperativas de catadores;
- o fomento ao consumo de produtos reciclados;
- o “estímulo à implantação de consórcios intermunicipais com vistas à viabilização de soluções conjuntas na área de resíduos sólidos”;
- o fomento à criação de fóruns e conselhos municipais com vistas à participação e controle social da população;
- o incentivo à inserção social dos catadores e suas famílias; e
- o incentivo a programas municipais de coleta seletiva que priorizem a participação do catador, respectivamente nos incisos IV, V, VI, VII, VIII, XI, XIII e XIV.

A Política Estadual de Resíduos Sólidos ainda reforça a importância do “*planejamento regional integrado do gerenciamento dos resíduos sólidos*” e da educação ambiental para a reciclagem e reutilização de resíduos, como dois de seus instrumentos, listados no artigo 15, incisos I e VI, respectivamente.

Em decorrência da Política Estadual de Resíduos Sólidos foi exarado o Decreto Estadual nº 40.645 de 2007, que “*institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública estadual direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis*”.

Por sua vez, o Decreto Estadual nº 41.084/2007, responsável pela regulamentação da Política Estadual de Resíduos Sólidos, criou o “Programa Rio Sem Lixão”, com o objetivo de erradicar os lixões e vazadouros clandestinos em todo o território do estado do Rio de Janeiro.

Este programa foi gerado a partir do subprograma Lixão Zero, instituído pelo Programa Pacto pelo Saneamento, através do Decreto nº 42.930 de 2001, e determinou metas de erradicação do uso dos lixões no território estadual até 2014 e a remediação destes até o ano de 2016.

O Programa Pacto pelo Saneamento tem ainda como objetivo a universalização do acesso a sistemas de saneamento básico no estado do Rio de Janeiro, buscando minimizar os impactos negativos decorrentes da inexistência de tais sistemas sobre a saúde da população, o meio ambiente e as atividades econômicas.

O Programa aborda ainda a coleta seletiva de materiais recicláveis e a integração dos catadores no processo produtivo da reciclagem.

No estado do Rio de Janeiro, desde 2005 (Lei Estadual nº 4.556/05), a Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico – AGENERSA é a entidade responsável por exercer o papel de regular, controlar e fiscalizar concessões e permissões de serviço público nas áreas de energia, serviços de esgoto sanitário e industrial, abastecimento de água, coleta e de disposição de resíduos sólidos prestados pelas empresas outorgadas, concessionárias e permissionárias, nas quais o Estado figure como poder concedente ou permitente.

Além dos dispositivos legais citados anteriormente ainda merecem menção as seguintes leis:

- Lei Estadual nº 4.829, de 30 de agosto de 2006, que institui a Política de Reciclagem de Entulhos de Construção Civil;
- Lei Estadual nº 4.943, de 20 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a implantação de aterros sanitários na Região Metropolitana do Rio de Janeiro;
- Lei Estadual nº 5.100, de 04 de outubro de 2007, que *altera a Lei nº 2.664, de 27 de dezembro de 1996, que trata da repartição aos municípios da parcela de 25% (vinte e cinco por cento) do produto da arrecadação do ICMS, incluindo o critério de conservação ambiental (Lei do ICMS Ecológico)*;
- Lei Estadual nº 5.101, de 04 de outubro de 2007, que dispõe sobre a criação do Instituto Estadual do Ambiente – INEA, órgão responsável pelo controle, fiscalização e monitoramento de todas as atividades com potencial de poluir o meio ambiente;

- Lei Estadual nº 6.333, de 15 de outubro de 2012, que autoriza o poder público executivo a participar do consórcio público de gestão de resíduos sólidos da baixada fluminense, integrado pelos municípios de Belford Roxo, Duque de Caxias, Mesquita, Nilópolis, Nova Iguaçu e São João de Meriti para, em regime de gestão associada executar os serviços públicos de manejo de resíduos sólidos;
- Lei Estadual nº 7.159, de 17 de dezembro de 2015, que dispõe sobre a criação do Programa "Incentivo à Coleta Seletiva" no âmbito do estado do Rio de Janeiro;
- Lei Estadual nº 7.742, de 11 de outubro de 2017, que cria a Política Estadual de Educação de Consumo Sustentável no estado do Rio de Janeiro.

4.2.3. O PAPEL DOS MUNICÍPIOS NA GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Conforme prevê a Lei nº 12.305/10, instituidora da PNRS, os municípios deverão elaborar os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, sendo esta uma condição para ter acesso aos recursos da União destinados à gestão de resíduos e à limpeza urbana.

O documento deverá considerar especificidades locais e basear-se em diagnóstico capaz de retratar a situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, com todas as informações úteis, como origem, volume e caracterização, bem como as formas de destinação e disposição final deles.

Ainda deverá definir suas próprias metas e elaborar programas para fomentar a gestão de resíduos de forma mais sustentável.

Com efeito, a implantação dos Planos Municipais de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos deve obedecer a três princípios básicos:

- Deve ser apresentada a realidade local e das potencialidades do município por meio de um diagnóstico socioambiental;
- O plano deve ser construído de forma participativa, com indicadores e metas para a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final adequada dos rejeitos; e
- Os indicadores e metas precisam ser acompanhados e monitorados, de modo a permitir uma mudança na estratégia adotada.

Assim sendo, a gestão dos resíduos sólidos compreende o planejamento de todo o processo. Partindo do diagnóstico da situação do município e o levantamento das potencialidades dele, envolvendo vários setores da sociedade, cientes dos benefícios e dos desafios das operações de gerenciamento de resíduos, o Plano deverá ser concluído com o acompanhamento das metas estabelecidas.

O plano municipal deve prever metas de não geração, redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outras, visando reduzir a quantidade de rejeitos a serem encaminhados para disposição final. O plano deve ser elaborado de forma a ser participativo e transparente e seu conteúdo deve estar articulado com outras leis que se relacionam com os resíduos.

Outra exigência da PNRS é a instituição de indicadores de desempenho operacional e socioambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, da implementação dos sistemas de logística reversa, da coleta seletiva, e dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos industriais, minerários, da construção civil e de saúde.

De acordo com a PNRS, os planos de resíduos sólidos devem abranger o ciclo que se inicia desde a geração do resíduo, com a identificação do ente gerador, até a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, passando pela responsabilização do setor público, titular ou concessionário, do consumidor, do cidadão e do setor privado na adoção de soluções que minimizem ou ponham fim aos efeitos negativos para a saúde pública e para o meio ambiente em cada fase do “ciclo de vida” dos produtos.

O conteúdo mínimo dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos está previsto no art. 19, incisos I a XIX, da PNRS.

Cabe salientar, ainda, que os Planos Municipais de Saneamento Básico, disciplinados pela Lei nº 11.445/2007, podem contemplar o conteúdo mínimo estabelecido na Lei Federal nº 12.305/2010 para o eixo de resíduos sólidos.

Desta forma, haverá a integração entre a Lei de Saneamento Básico e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, bem como se aumentará a escala de municípios que tenham um planejamento mais abrangente.

Além disso, a PNRS estabelece a possibilidade que o PMGIRS tenha conteúdo simplificado para municípios de pequeno porte, com menos de 20.000 habitantes (apurado com base no censo mais recente do IBGE).

Tal condição não se aplica aos municípios: integrantes de áreas de especial interesse turístico; inseridos na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional; e cujo território abranja, total ou parcialmente, Unidades de Conservação.

O conteúdo mínimo a ser contemplado no PMGIRS, de acordo com o art. 19 da PNRS é o seguinte:

- (i) diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, contendo a origem, o volume, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final adotadas;
- (ii) identificação de áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, observado o plano diretor e o zoneamento ambiental, se houver;
- (iii) identificação das possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros municípios, considerando, nos critérios de economia de escala, a proximidade dos locais estabelecidos e as formas de prevenção dos riscos ambientais;

- (iv) identificação dos resíduos sólidos e dos geradores sujeitos a plano de gerenciamento específico ou a sistema de logística reversa, observadas as disposições legais;
- (v) procedimentos operacionais e especificações mínimas a serem adotados nos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, incluída a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- (vi) indicadores de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;
- (vii) regras para o transporte e outras etapas do gerenciamento de resíduos sólidos, observadas as normas pertinentes;
- (viii) definição das responsabilidades quanto à sua implementação e operacionalização, incluídas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos sólidos a cargo do poder público;
- (ix) programas e ações de capacitação técnica voltados para sua implementação e operacionalização;
- (x) programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos;
- (xi) programas e ações para a participação dos grupos interessados, em especial das cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, se houver;
- (xii) mecanismos para a criação de fontes de negócios, emprego e renda, mediante a valorização dos resíduos sólidos;
- (xiii) sistema de cálculo dos custos da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, bem como a forma de cobrança desses serviços;
- (xiv) metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhada para disposição final ambientalmente adequada;

- (xv) descrição das formas e dos limites da participação do poder público local na coleta seletiva e na logística reversa, e de outras ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- (xvi) meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito local, da implementação e operacionalização dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos e dos sistemas de logística reversa;
- (xvii) ações preventivas e corretivas a serem praticadas, incluindo programa de monitoramento;
- (xviii) identificação dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos, incluindo áreas contaminadas e respectivas medidas saneadoras;
- (xix) periodicidade de sua revisão, observado prioritariamente o período de vigência do plano plurianual municipal; e
- (xx) periodicidade de sua revisão, observado o período máximo de 10 (dez) anos.

Importante mencionar ainda que a PNRS, por meio de seu art. 18, combinado com o art. 55, estabeleceu que a elaboração do PMGIRS é condição para o Distrito Federal e os Municípios terem acesso aos recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

Anteriormente a promulgação da PNRS, a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/07) cumpria o papel de regular a coleta e a destinação de resíduos, mas não trazia instrumentos destinados à redução do impacto ambiental por esses causados.

Além da questão ambiental, a PNRS também inovou em relação ao social envolvendo a cadeia de resíduos e incluindo os trabalhadores que têm na coleta de resíduos sua fonte de renda, conforme será abordado mais adiante.

4.3. ASPECTOS LEGAIS DA REGIÃO METROPOLITANA APLICÁVEIS AO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O Estatuto da MetrÓpole (Lei Federal nº 13.089/2015) concedeu aos Estados a possibilidade legal de instituir regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, constituídas por agrupamento de Municípios limítrofes, para integrar a organizaçãO, o planejamento e a execuçãO de funções pÙblicas de interesse comum.

Este importante marco legislativo é o reflexo de uma realidade nacional existente desde a dÉcada de 70, em que um municÍpio central exerce influênci sociopolítica-econômica nos municÍpios de entorno, como foi o caso do municÍpio do Rio de Janeiro e os municÍpios de entorno³.

Em 2018, foi editada a Lei Complementar nº 184 para dispor sobre a RegiãO Metropolitana do Rio de Janeiro, para organizar, planejar e executar funções e serviçOs pÙblicos de interesse metropolitano ou comum aos 22 municÍpios que atualmente fazem parte da RegiãO Metropolitana. Este mesmo marco legal criou o Instituto Rio MetrÓpole – IRM.

O IRM é pessoa jurÍdica de direito pÙblico interno, submetida a regime autárquico especial, criado pela referida Lei Complementar. Para efeitos organizacionais, o IRM integra a AdministraçãO PÙblica Estadual indireta e tem por objeto tutelar as funções pÙblicas e os serviçOs que atendam a mais de um municÍpio, como o ordenamento territorial metropolitano e questões de saneamento bÁsico.

A governançA da RegiãO Metropolitana do Rio de Janeiro fica a cargo dos Conselhos Consultivo e Deliberativo, cabendo ao IRM executar as decisões tomadas por este Último. O Conselho Deliberativo da RegiãO Metropolitana do Rio de Janeiro é composto pelo Governador do Estado, pelos Prefeitos dos municÍpios que integram a RegiãO Metropolitana e por trÊs segmentos da sociedade civil, indicados pelo Conselho Consultivo, todos com direito a voto.

³ A construçãO da RegiãO Metropolitana. <http://www.irm.rj.gov.br/formacao.html>, acessado em 22/05/2023.

Para o propósito do presente Plano, aqui destacam-se duas atribuições do Conselho Deliberativo:

- (i) **decidir** sobre serviços, atividades, infraestruturas e instalações operacionais de transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada de resíduos, incluindo a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação, o aproveitamento energético e outras destinações admitidas, que recebam resíduos de mais de um município, observando Planos Diretores e legislação urbanística e ambiental e a situação operacional específica dos municípios envolvidos, assim como o Plano Estadual de Resíduos Sólidos e demais programas, planos e projetos estaduais; e
- (ii) **elaborar, aprovar e fiscalizar** a implantação do Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos - PMetGIRS.

Nos termos do art. 3º, II, alínea “a” da mesma lei, o gerenciamento de resíduos sólidos integra a atividade de saneamento básico e refere-se às atividades de manejo, de infraestrutura e de viabilização de instalações operacionais de transbordo, centro de triagem, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, respeitadas as previsões municipais sobre o assunto.

Nos termos do art. 33, I do Decreto Federal nº 10.936/2022, compete aos Estados promover a integração da organização, do planejamento e da execução das funções públicas de interesse comum relacionadas à gestão dos resíduos sólidos nas regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões. Além disso, nos termos do art. 50, aos Estados também é permitido elaborar planos metropolitanos de gestão integrada de resíduos sólidos.

Adicionalmente, o Supremo Tribunal Federal, por ocasião do julgamento da Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) nº 1842-RJ⁴ envolvendo questão de competência para saneamento básico da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e a Microrregião dos Lagos, já reconheceu a Região Metropolitana como uma autarquia territorial, intergovernamental e plurifuncional, sem personalidade política.

⁴ STF. <https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=630026>, acessado em 22/05/2023.

O ponto central discutia legitimidade das disposições normativas ao instituir a Região Metropolitana do Rio de Janeiro e a Microrregião dos Lagos (Lei Complementar nº 8.719/89), supostamente transferindo do âmbito municipal para o âmbito estadual competências administrativas e normativas próprias dos municípios, que dizem respeito aos serviços de saneamento básico (Lei Estadual nº 2.869/1997).

Restou pacificado que a criação de um ente regional não significa a transferência de competências municipais para o Estado.

De acordo com José Luiz Pedretti e Ana Lúcia Rodrigues de Carvalho⁵ a decisão adotada na ADI 1842 deve ser aplicada a todas as funções públicas de interesse comum, definidas em lei complementar editada pelos estados.

O IRM é, portanto, o ente legalmente imbuído com competência para executar as decisões tomadas pelo Conselho Deliberativo da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, sendo certo que a ele compete a elaboração, aprovação e fiscalização do PMetGIRS.

4.4. A VIABILIDADE LEGAL DA GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS PELA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO - RMRJ

Como comentado em tópico anterior, a LC 184/2018 legalmente institucionalizou a Região Metropolitana e os seus 22 municípios integrantes, criando o IRM como autarquia vinculada ao Estado para organizar, planejar e executar funções e serviços públicos de interesse metropolitano ou comum.

Nos termos do art. 5º, I do Decreto-Lei nº 200/1967, a autarquia é uma categoria de entidade que pertence à administração pública, criada por lei, com personalidade jurídica, patrimônio e receita próprios, para executar atividades típicas da administração pública, que requeiram, para seu melhor funcionamento, gestão administrativa e financeira descentralizada.

⁵ PEDRETTI, Luiz José; CARVALHO, Ana Lúcia Rodrigues de. A nova governança interfederativa: o Supremo Tribunal Federal e o Estatuto da Metrópole – Lei nº 13.089-2015. *Sugestões para o Desenvolvimento urbano*. Brasília: Câmara dos Deputados, 2015, citados em <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/61/edicao-1/consorcios-publicos-e-regiao-metropolitana>, acesso em 01/06/2023.

O IRM é uma autarquia, criada por lei, possui personalidade jurídica, patrimônio e receita próprios, inclusive com capacidade postulatória para ingressar e ou se defender em juízo por meio de sua procuradoria (art. 13, § da LC nº 184/18).

É também oportuno pontuar que a regionalização e o compartilhamento devem ser levados em conta no presente Plano para atendimento de função pública de interesse comum, respeitando eventuais especificidades operacionais para que a sua implementação se dê de maneira eficiente e eficaz.

De acordo com o art. 3º, inciso VI, alínea 'a' da Lei Federal nº 11.445/07, a prestação regionalizada é uma modalidade de prestação integrada de um ou mais componentes dos serviços públicos de saneamento básico, como o gerenciamento de resíduos sólidos, podendo ser estruturada em regiões metropolitanas como o ora apresentado.

A PNRS busca viabilizar e incentivar a gestão regionalizada dos resíduos sólidos. Com isso, partindo de uma interpretação lógica e sistemática, a dispensa individual a municípios, prevista em seu decreto regulamentador - art. 53 do Decreto Federal nº 10.936/2022 - parece também aplicável à situação dos municípios que integram a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, que passará a ter o Plano Metropolitano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMetGIRS. Não seria a eles – os municípios - exigível a elaboração individual do plano de gestão integrada de resíduos sólidos, mormente porque já integrantes do plano metropolitano integrado.

Dessa forma e em observância a tais iniciativas municipais, não é apressado concluir que o Plano Metropolitano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos é apresentado num importante momento, em cenário de confluência com os interesses e necessidades comuns dos municípios que atualmente integram a Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

4.5. OS CONSÓRCIOS PÚBLICOS E AS REGIÕES METROPOLITANAS

Como já visto, a Constituição Federal Brasileira de 1988 reconhece o Município como ente federado e também divide e determina as competências de seus entes políticos (União, Estados, Distrito Federal e Municípios). A CF também atribui ao Município a competência administrativa e legislativa sobre os serviços públicos de interesse local, reconhecidos nestes os serviços de saneamento básico, incluindo os de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana (art. 30, incisos I e V da CF).

No entanto, as dificuldades dos municípios em gerirem adequadamente e de forma isolada os serviços de manejo de resíduos sólidos ao longo do tempo, vêm evidenciando a necessidade de ganho de escala e de redução de custos para uma apropriada e eficiente gestão dessa função pública de interesse comum.

Surge então a possibilidade do Consórcio Público, por meio da gestão associada entre vários municípios, como forma para se alcançar a resolução conjunta de problemas afins aos municípios consorciados, buscando o desenvolvimento administrativo, econômico e social.

Os consórcios públicos são regidos pela Lei nº 11.107/2005, que dispõe sobre as normas gerais de contratação de consórcios públicos, regulamentada pelo Decreto nº 6.017/2007, proporcionando segurança jurídica para os entes federados que pretendem se associar na gestão de seus serviços públicos.

Cabe ressaltar que a legislação citada não se aplica aos convênios de cooperação ou instrumentos congêneres celebrados antes de sua vigência.

A gestão associada surge como aspecto central para a gestão de resíduos sólidos, por permitir ganhos de escala e redução de custos ao possibilitar o compartilhamento de atividades e serviços de interesse comum, com a qualidade necessária, por meio da otimização no uso dos recursos financeiros, humanos e infraestruturas existentes em cada um dos entes associados ao consórcio.

Este é o caminho priorizado pela PNRS que, visando fortalecer a gestão de resíduos sólidos nos municípios, define como prioritários na obtenção dos incentivos instituídos pelo Governo Federal os consórcios públicos constituídos com o “objetivo de viabilizar a descentralização e a prestação de serviços públicos que envolvam resíduos sólidos” (art. 45 da PNRS).

O art. 45 da PNRS define o objetivo dos consórcios públicos constituídos como o de “[...] viabilizar a descentralização e a prestação de serviços públicos que envolvam resíduos sólidos.” Parece-nos aqui possível postular a mesma prioridade ao PMetGIRS, já que atende ao mesmo objetivo da previsão legal – o de viabilizar a descentralização e a prestação de serviços públicos que envolvam resíduos sólidos.

Para além da teoria e interpretação legal, convém mencionar aqui que alguns municípios, não integrantes da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, já se consorciaram para a gestão integrada de resíduos sólidos. Os municípios de Paracambi, Queimados, Japeri, Mendes e Engenheiro Paulo de Frontin, pertencentes à Região Centro-Sul do Estado do Rio de Janeiro, constituíram no início de 2017 o “Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos do Centro Sul I”, com sede localizada no Município de Engenheiro Paulo de Frontin.

Destaca-se também a existência de Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos do Vale do Café – CONVALE, envolvendo os municípios de Vassouras, Valença, Rio das Flores e Barra do Piraí.

Veja-se que o consórcio público é a personificação da manifestação voluntária de vínculo entre os entes federados, no intuito de promover uma gestão associada de serviços públicos. Por outro lado, as regiões metropolitanas são formadas por vínculos compulsórios existentes entre os estados e os municípios limítrofes para promover a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum.

Para os municípios integrantes da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, a criação de um consórcio intermunicipal entre si mostra-se - *a priori* - desnecessária, justamente pelo fato de integrarem a Região Metropolitana, tendo o IRM como ente dotado de capacidade jurídica, somado ao fato de a Política Nacional de Resíduos Sólidos permitir a criação de um plano metropolitano para gestão integrada de resíduos sólidos.

É sabido que os consórcios públicos e regiões metropolitanas não são unidades federadas, uma vez que são organizados por uma estrutura administrativa, desprovida de capacidade política.

Todavia, embora haja distinções entre os dois institutos, parece-nos possível que os consórcios públicos possam integrar a governança interfederativa das regiões metropolitanas, uma vez que são considerados pelo Estatuto da Metrópole como instrumentos de desenvolvimento urbano integrado das regiões metropolitanas.

Em outras palavras, como colocado por Mariana Mencio⁶, a legisla o brasileira permite a participa o dos consórcios públicos de municípios nas instâncias de delibera o, planejamento e execu o das regiões metropolitanas.

Isto significa dizer que, no caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro,   legalmente possível a soluço de questões interlocais em paralelo com as estruturas de governa o metropolitana, no que toca às fun es de interesse comum.

Desse modo, a associa o de municípios para a gestão integrada de resíduos sólidos apresenta-se como uma medida não somente útil, mas também necessária.

É importante que as possibilidades de soma de capacidades e de diminui o de custos com ganhos de escala na gestão e manejo de resíduos sólidos, instituídas pela Lei de Consórcios Públicos, Estatuto da Metrópole e induzidas e incentivadas pela PNRS, sejam amplamente aproveitadas e utilizadas pelos municípios, para que, por meio de uma condu o associada, como na Região Metropolitana, possam otimizar sua capacidade de gestão.

Para o tema central envolvendo a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, e em vista da existência de op es jurídicas para viabiliza o da gestão integrada dos resíduos sólidos, os municípios exercerão sua plena competência constitucional para o tema, assim o fazendo no contexto de sua participa o no Conselho Deliberativo e emissão de autoriza o – por intermédio de voto – para a realiza o de objetivos de interesse em comum.

⁶ Consórcios públicos e a região metropolitana.
<https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/61/edicao-1/consorcios-publicos-e-regiao-metropolitana>, acessado em 01/06/2023.

Esse exercício, a nosso ver, se dará prioritariamente:

- (i)** no plano da governança metropolitana no Conselho Deliberativo da Região Metropolitana; ou
- (ii)** por intermédio de consórcio público com outro(s) município(s) integrante(s) da área metropolitana, para tratar de especificidades interlocais.

5. DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

5.1. CARACTERIZAÇÃO DOS TIPOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei nº 12.305/2010) classifica os resíduos quanto à origem e quanto à periculosidade. Quanto à origem são definidos em: resíduos domiciliares; resíduos de limpeza urbana; resíduos sólidos urbanos (domiciliares + limpeza urbana); resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços; resíduos dos serviços públicos de saneamento básico; resíduos industriais; resíduos de serviços de saúde; resíduos da construção civil; resíduos agrossilvopastoris; resíduos de serviços de transportes; e resíduos de mineração. Quanto à periculosidade, são classificados como resíduos perigosos e não perigosos.

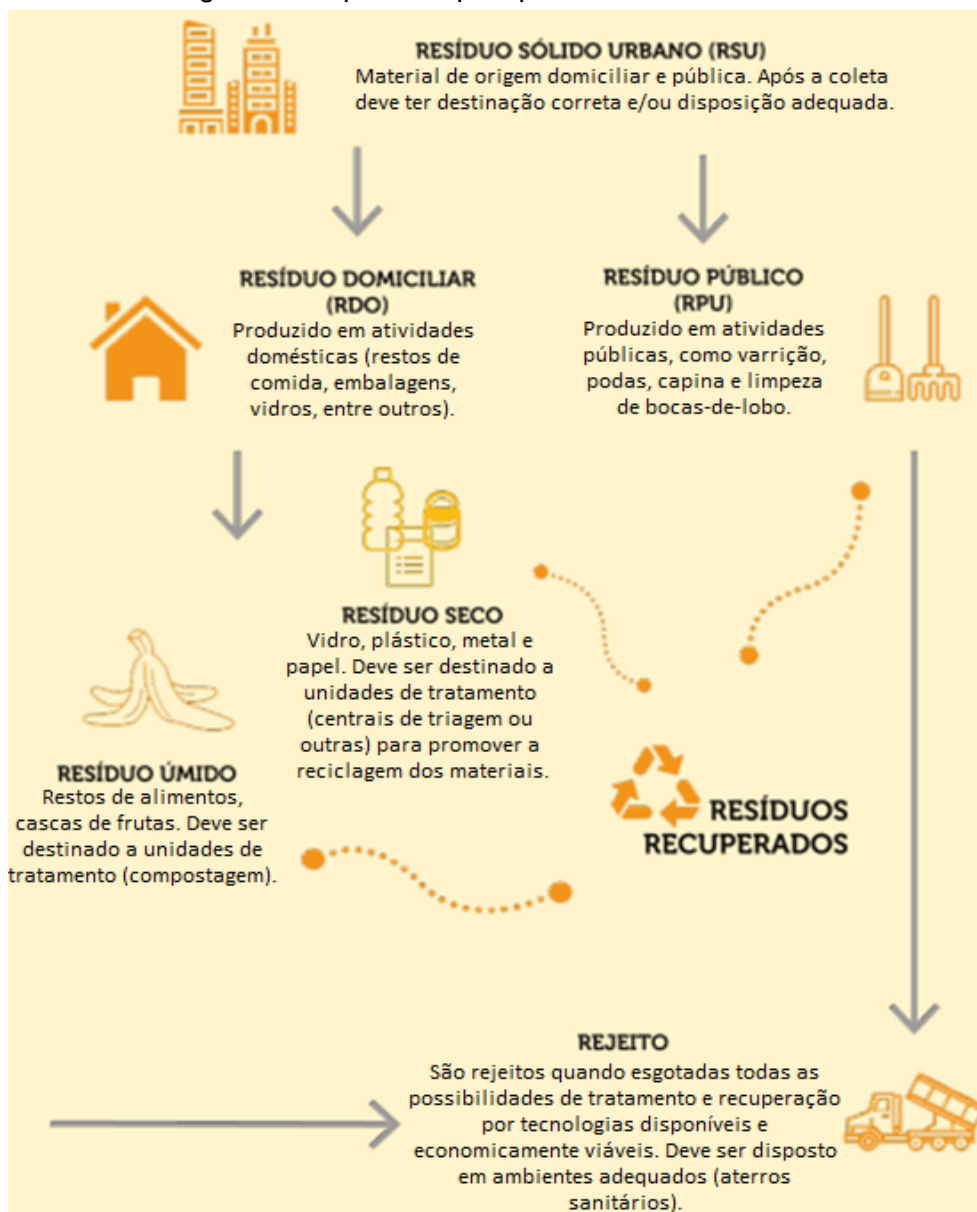
Nesse relatório serão analisados os tipos de diagnóstico apontados no Termo de Referência do trabalho e que são justamente aqueles itens mais comuns e importantes para a RMRJ, geralmente abrangidos pelos contratos de gestão pública municipal, quais sejam: resíduos sólidos urbanos (constituídos pelos resíduos domiciliares e de limpeza urbana); resíduos da construção civil; resíduos de serviços de saúde; e resíduos dos serviços públicos de saneamento básico (lodo das estações de tratamento de esgoto sanitário).

A pesquisa abrange o levantamento das características, volume e manejo de resíduos incluindo a situação atual da origem, geração, coleta, custos diretos e indiretos e as tarifas aplicadas sobre a coleta pelos municípios. O presente capítulo apresenta a referida pesquisa, além dos custos diretos e indiretos e tarifas aplicadas sobre a coleta pelos municípios.

Já as unidades de processamento de resíduos são analisadas destacadamente no Capítulo 6 deste Diagnóstico, que também aborda a disposição final dos resíduos. Por fim, o relatório de Diagnóstico de RSU também abrange os vazadouros irregulares de resíduos (lixões), bem como o processo de remediação e erradicação destes depósitos, tema reunido no Capítulo 7 deste trabalho.

Os tipos de resíduos sólidos gerados foram analisados pela COMLURB, órgão do município do Rio de Janeiro responsável pelo manejo de resíduos sólidos. A COMLURB conta com o apoio de um centro de pesquisas, o que não foi identificado em outros municípios da RMRJ. O lixo domiciliar, o lixo público e os resíduos de grandes geradores representam os maiores quantitativos. A proporção dos tipos de resíduos estudados pela COMLURB foi utilizada para apurar os quantitativos de outros municípios da RMRJ. O fluxo de resíduos sólidos urbanos nos municípios pode ser compreendido como na Figura 6.

Figura 6: Esquema Típico para o Trânsito de RSU



Fonte: Adaptado do Diagnóstico Temático Manejo RSU 2022 – SNIS

5.2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – RSU

5.2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS RSU

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas (resíduos domiciliares) e os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas (resíduos de limpeza urbana).

Historicamente o ser humano busca afastar os resíduos, evitando as más experiências de convívio com o mau cheiro ocasionado pela decomposição de matéria orgânica e pela presença de vetores transmissores ou causadores de doenças, entre outros.

O que no passado tinha uma solução simples, que era o afastamento dos resíduos para locais distantes, no presente é uma tarefa complexa.

Os municípios cresceram, assim como a demanda por espaços urbanos, aumentando as áreas urbanizadas dos municípios e dificultando cada vez mais a seleção de áreas adequadas à correta disposição final dos resíduos sólidos.

No caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, onde 22 municípios são vizinhos e se interrelacionam, mais de 13 milhões de habitantes produzem resíduos sólidos urbanos (RSU) diariamente.

As características dos resíduos sólidos urbanos variam de acordo com o município e a renda da população e podem ser melhor compreendidas ao se analisar as categorias de materiais identificados em amostras dos resíduos coletados nos municípios.

A partir de um estudo de composição gravimétrica pode-se estimar cada tipo de resíduo que é gerado em uma região.

Na Figura 7 é possível observar a média global da composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares.

Figura 7: Composição Gravimétrica dos RSU – Base Mundo 2018



Fonte: Adaptado de Kaza, S. Et al., 2018

A partir da identificação dos tipos de materiais que compõem um dado resíduo é possível escolher as formas mais adequadas para sua coleta, transporte, tratamento, disposição e recuperação energética.

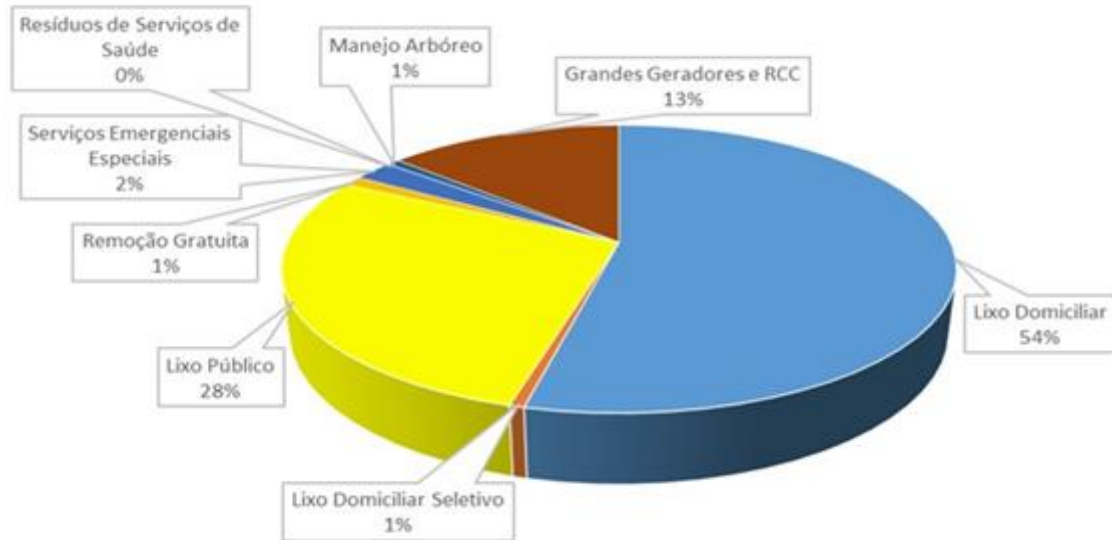
Para isso, é realizada uma análise gravimétrica, que se refere à determinação da porcentagem em massa, em base seca, de cada tipo de material (papel, papelão, vidro, matéria orgânica, etc.) em relação à massa total dos resíduos sólidos amostrados.

O Centro de Pesquisas da COMLURB realiza desde 1995 a caracterização gravimétrica dos RDO coletados no município do Rio de Janeiro, sendo que esta caracterização é feita para cada um dos bairros da cidade.

Portanto, considerando que o município do Rio de Janeiro contribui com mais da metade do total de resíduos gerados em toda Região Metropolitana e que apenas a COMLURB possui estudos gravimétricos dos resíduos gerados no Rio de Janeiro, o estudo gravimétrico da COMLURB foi utilizado como base de referência para a elaboração deste Diagnóstico, tendo sido extrapolado para os demais municípios.

Para auxiliar a construção do atual plano, será apresentada a composição percentual média dos RDO coletados no município do Rio de Janeiro.

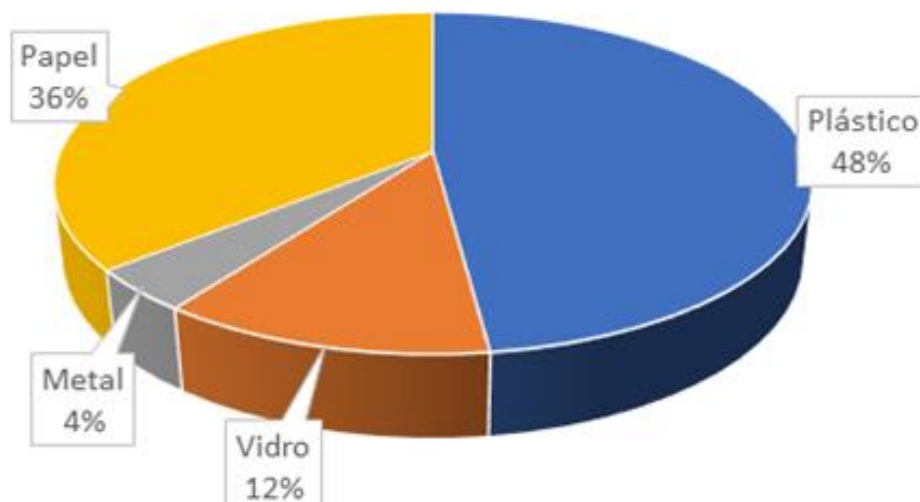
Figura 8: Frações dos RDO Metropolitanos



Fonte: Estratificação por Tipo de RSU Metropolitano COMLURB 2020

A partir da análise apresentada na Figura 8 é possível observar que o maior volume de resíduo gerado é proveniente do Lixo Domiciliar, do Lixo Público e dos Grandes Geradores. Resíduos provenientes de coleta seletiva representam apenas 1% dos RSU, assim como outros componentes especiais, a exemplo dos resíduos de saúde, manejo arbóreo e remoção emergencial.

Figura 9: Frações Recicláveis dos RDO Metropolitanos



Fonte: Estratificação por Tipo de RSU Metropolitano COMLURB 2020

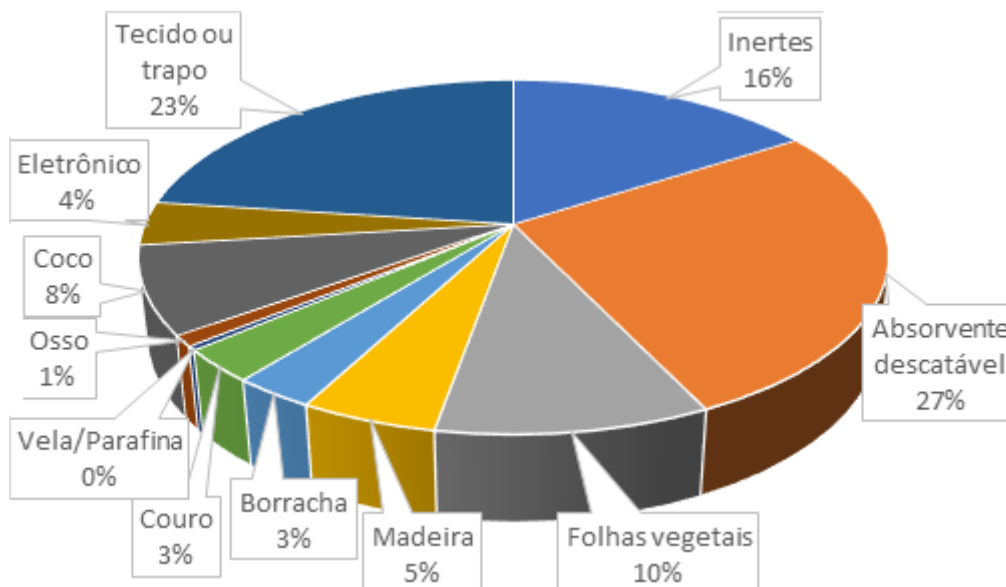
A partir da estratificação do resíduo domiciliar acima estima-se que aproximadamente 39% seja potencialmente reciclável com valores significativos de plástico e papel. Em seguida, é apresentada a estimativa dos demais componentes dos resíduos sólidos metropolitanos, com a Tabela 7 e a Figura 10.

Tabela 7: Outros componentes dos Resíduos Sólidos Metropolitanos

Outros Componentes dos Resíduos Sólidos Domésticos	%
Inertes	15,70
Folhas de Vegetais	9,76
Madeira	4,69
Borracha	2,70
Tecido e/ou Trapo	22,68
Couro	3,23
Osso	1,12
Vela / Parafina	0,37
Coco	8,19
Eletrônico	4,01
Absorvente Descartável	27,55
Total	100,00

Fonte: Estratificação por Tipo de RSU Metropolitano COMLURB 2020

Figura 10: Outros Tipos de RSU Metropolitanos



Fonte: Estratificação por Tipo de RSU Metropolitano COMLURB 2020

Na Tabela 8 é apresentada uma estimativa da quantidade de resíduo domiciliar urbano para os municípios da RMRJ, a partir do estudo da COMLURB, apontando os resíduos que são passíveis de reciclagem.

Os dados foram extrapolados a partir da proporcionalidade dos dados obtidos do município do Rio de Janeiro, tendo em vista que este município é responsável por mais de 50% do resíduo gerado na RMRJ.

A extrapolação do estudo gravimétrico da COMLURB para o restante dos municípios foi feita a partir da proporção de RSU gerado com base nas porcentagens de cada tipo de resíduo encontrado. Por mais que existam variações, trata-se de uma estimativa para efeito de análise.

Tabela 8: Composição do RSU Metropolitano

Municípios Metropolitanos do Rio de Janeiro	RSU Total (ton/d)	Composição do Lixo Domiciliar (ton/d)			Lixo Reciclável (ton/d)			
		Matéria Orgânica	Recicláveis	Outros	Plástico	Papel	Metal	Vidro
		50,78%	38,71%	10,51%	18,76%	14,72%	1,68%	3,55%
Belford Roxo	454	230	176	48	33	26	3	6
Cachoeiras de Macacu	37	19	14	4	3	2	0	1
Duque de Caxias	1.826	927	707	192	133	104	12	25
Guapimirim	39	20	15	4	3	2	0	1
Itaboraí	162	82	63	17	12	9	1	2
Itaguaí	154	78	60	16	11	9	1	2
Japeri	41	21	16	4	3	2	0	1
Magé	244	124	94	26	18	14	2	3
Maricá	292	148	113	31	21	17	2	4
Mesquita	253	128	98	27	18	14	2	3
Nilópolis	182	92	70	19	13	10	1	2
Niterói	565	287	219	59	41	32	4	8
Nova Iguaçu	1.105	561	428	116	80	63	7	15
Paracambi	50	26	20	5	4	3	0	1
Petrópolis	389	197	150	41	28	22	3	5
Queimados	233	118	90	24	17	13	2	3
Rio Bonito	32	16	12	3	2	2	0	0
Rio de Janeiro	8.180	4.154	3.166	860	594	466	53	112
São Gonçalo	1.974	1.002	764	207	143	112	13	27
São João de Meriti	627	318	243	66	46	36	4	9
Seropédica	74	37	28	8	5	4	0	1
Tanguá	15	8	6	2	1	1	0	0
Total ==>	16.926	8.595	6.552	1.779	1.229	964	110	233

Fonte: COMLURB, 2020

5.2.2. VOLUME DE RSU GERADO NA RMRJ

Os dados para o diagnóstico dos RSU metropolitanos, foram obtidos por três fontes distintas e independentes, a saber: o SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Painel Resíduos Sólidos Urbanos - Indicadores Municipais – 2021; a Pesquisa sobre o Mapeamento da Gestão de Resíduos Sólidos dos Municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro – ENGECONSULT 2022; e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – 2021. Os dados apurados são apresentados a seguir.

Tabela 9: Comparação da Geração de RSU

Município	N° Habitantes IBGE (2021)	A		B		Erro Relativo (A-B)/A
		RSU SNIS (2021) (t/dia)	RSU Questionário (2022) (t/dia)	RSU SNIS (2021) (t/ano)	RSU Questionário (2022) (t/ano)	
Belford Roxo	515.239	453,52	424,08	165.533,30	154.788,00	6,49%
Cachoeiras de Macacu	59.652	36,78	36,16	13.425,00	13.200,00	1,67%
Duque de Caxias	929.449	1.826,22	N/D	666.571,70	N/D	---
Guapimirim	62.225	38,56	38,79	14.074,10	14.160,00	-0,61%
Itaboraí	244.416	161,70	311,55	59.022,20	113.715,36	-92,67%
Itaguaí	136.547	154,04	151,30	56.223,00	55.222,68	1,78%
Japeri	106.296	41,08	42,74	14.996,00	15.600,00	-4,04%
Magé	247.741	243,87	243,87	89.012,00	89.012,00	0,00%
Maricá	167.668	292,05	295,89	106.598,40	108.000,00	-1,31%
Mesquita	177.016	252,98	109,47	92.339,20	39.955,20	56,73%
Nilópolis	162.893	181,88	98,63	66.386,00	36.000,00	45,77%
Niterói	516.981	565,47	624,99	206.395,30	228.120,00	-10,53%
Nova Iguaçu	825.388	1.105,21	1.117,81	403.402,20	408.000,00	-1,14%
Paracambi	53.093	50,50	50,50	18.432,40	18.432,43	0,00%
Petrópolis	307.144	388,66	287,91	141.862,30	105.088,80	25,92%
Queimados	152.311	232,88	111,78	85.000,00	40.800,00	52,00%
Rio Bonito	60.930	31,53	34,26	11.508,10	12.504,00	-8,65%
Rio de Janeiro	6.775.561	8.179,90	8.179,90	2.985.663,80	2.985.663,60	0,00%
São Gonçalo	1.098.357	1.973,84	1.117,81	720.451,90	408.000,00	43,37%
São João de Meriti	473.385	626,58	307,38	228.700,20	112.193,04	50,94%
Seropédica	83.841	73,54	72,33	26.841,00	26.400,00	1,65%
Tanguá	34.898	15,30	15,90	5.585,70	5.803,20	-3,92%
TOTAL	13.191.031	16.926,09	13.673,04	6.178.023,80	4.990.658,31	19,22%

N/D – Não Declarado

Fonte: IBGE (2021), SNIS (2021) e ENGECONSULT (2022)

É possível observar nos dados da tabela anterior erros relativos altos, alguns próximos de 100%. Portanto, os dados conflitantes, com variação superior a 10%, foram apresentados em seminários para validação do diagnóstico, membros das secretarias e empresas de coleta de cada município confirmaram a veracidade das informações enviadas.

Foi explicado que a diferença nos dados se justifica por 2021 ainda ter sido um ano com reflexo da pandemia de covid-19, com grande mudança nos hábitos da população e que as informações enviadas no questionário remetem aos últimos meses de 2022.

Portanto, serão utilizados os dados obtidos em questionário enviado aos municípios, com complemento dos dados faltantes, por falta de controle ou não declarados, com os dados do SNIS 2021.

Vale salientar que o SNIS 2021 foi publicado durante o período de levantamento do diagnóstico, portanto, por ser a fonte de dados mais recente, foi utilizado como base principal do estudo junto ao Questionário Engeconsult. O SINIR e o PERS, por serem mais antigos, serviram como complemento para os dados necessários.

Na Tabela 10 são apresentados os dados obtidos de Resíduos Sólidos Domiciliares (RDO) e Resíduos Sólidos Públicos (RPU) que compõem o total do RSU municipal.

Do total de 22, foram 12 os municípios da Região Metropolitana que não declararam esses dados tanto no questionário enviado como no SNIS (2021). Por este motivo, não foram inseridos os totais de RDO e RPU na tabela abaixo.

Como se pode observar da Tabela 10, muitos municípios apresentam valores similares para os RDO e os RPU. Isto se deve, basicamente, a dois fatores: ineficiência no serviço de coleta domiciliar permitindo que os moradores joguem seu lixo nas vias públicas e contabilização dos resíduos de construção civil (RCC) junto com o lixo público.

Tabela 10: Composição do RSU – RDO e RPU

Município	RSU Total (t/ano)	RDO (t/ano)	RPU (t/ano)
Belford Roxo	154.788,00	N/D	N/D
Cachoeiras de Macacu	13.200,00	N/D	N/D
Duque de Caxias	666.571,70*	270.163,50	396.408,20
Guapimirim	14.160,00	N/D	N/D
Itaboraí	113.715,36	N/D	N/D
Itaguaí	55.222,68	28.010,61	27.212,07
Japeri	15.600,00	N/D	N/D
Magé	89.012,00	N/D	N/D
Maricá	108.000,00	N/D	N/D
Mesquita	39.955,20	N/D	N/D
Nilópolis	36.000,00	22.631,64	13.368,36
Niterói	228.120,00	193.903,54	34.216,46
Nova Iguaçu	408.000,00	206.448,49	201.551,51
Paracambi	18.432,43	17.059,43	1.373,00
Petrópolis	105.088,80	69.348,37	35.740,43
Queimados	40.800,00	14.400,00	26.400,00
Rio Bonito	12.504,00	N/D	N/D
Rio de Janeiro	2.985.663,60	2.003.442,17	982.221,43
São Gonçalo	408.000,00	N/D	N/D
São João de Meriti	112.193,04	56.892,76	55.300,28
Seropédica	26.400,00	N/D	N/D
Tanguá	5.803,20	N/D	N/D
Total	5.657.230,01		

*Dado do SNIS; N/D – Não Declarado

Fonte: ENGECONSULT (2022)

Na Tabela 11 são apresentados os dados para o inventário de RSU Metropolitano, considerando o ranking de geração de RSU na RMRJ, com representação gráfica na Figura 11.

Tabela 11: Inventário Metropolitano de RSU

Item	Municípios Rio Metrópole	N� Habitantes IBGE (2021)	RSU Total (t/d)	Ranking %	kg RSU/hab/d
1	Rio de Janeiro	6.775.561	8.179,90	52,78%	1,21
2	Duque de Caxias	1.098.357	1.826,22*	11,78%	1,96
3	Nova Iguaçu	825.388	1.117,81	7,21%	1,35
4	São Gonçalo	1.098.357	1.117,81	7,21%	1,02
5	Niterói	516.981	624,99	4,03%	1,21
6	Belford Roxo	515.239	424,08	2,74%	0,82
7	Itaboraí	244.416	311,55	2,01%	1,27
8	São João de Meriti	473.385	307,38	1,98%	0,65
9	Maricá	167.668	295,89	1,91%	1,76
10	Petrópolis	307.144	287,91	1,86%	0,94
11	Magé	247.741	243,87	1,57%	0,98
12	Itaguaí	136.547	151,30	0,98%	1,11
13	Queimados	152.311	111,78	0,72%	0,73
14	Mesquita	177.016	109,47	0,71%	0,62
15	Nilópolis	162.893	98,63	0,64%	0,61
16	Seropédica	83.841	72,33	0,47%	0,86
17	Paracambi	53.093	50,50	0,33%	0,95
18	Japeri	106.296	42,74	0,28%	0,40
19	Guapimirim	62.225	38,79	0,25%	0,62
20	Cachoeiras de Macacu	59.652	36,16	0,23%	0,61
21	Rio Bonito	60.930	34,26	0,22%	0,56
22	Tanguá	34.898	15,90	0,10%	0,46
Total		13.191.031	15.499,26	100%	

*Dado do SNIS (2021)

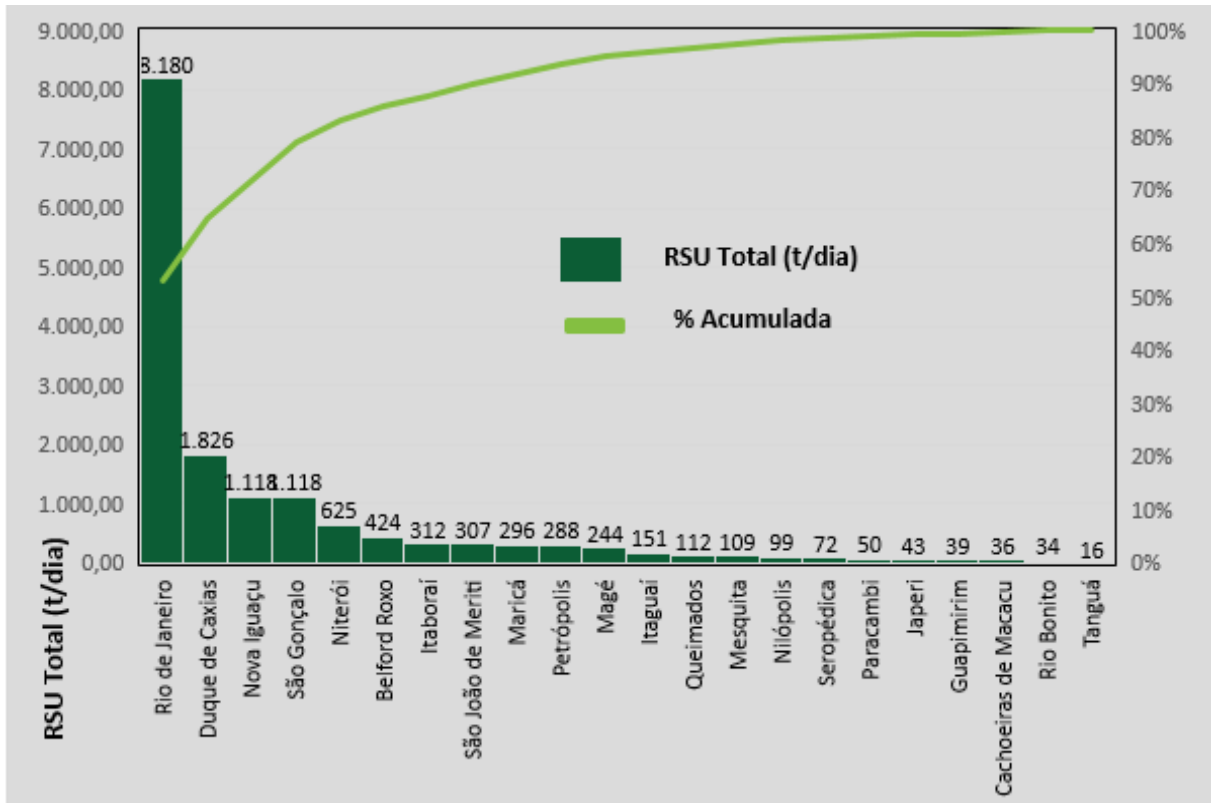
Fonte: IBGE (2021), ENGECONSULT (2022)

Segundo os dados levantados utilizando o questionário (com exceção de Duque de Caxias, onde foram utilizados dados do SNIS), o Rio de Janeiro representa mais de 50% do total do resíduo sólido urbano gerado na Região Metropolitana, seguido por Duque de Caxias, Nova Iguaçu e São Gonçalo.

  possível associar o resultado desses quatro municípios com o princípio de Pareto, sendo assim, 20% dos municípios representam aproximadamente 80% de todo resíduo gerado na Região Metropolitana.

Alguns desses valores vão de encontro ao esperado para os municípios, porém, foram questionados e confirmados ao longo dos seminários e durante o levantamento de dados com as CTR's. Para os municípios que não responderam ao questionário enviado, foram utilizados os dados do SNIS (2021), já que eram os dados disponíveis mais atuais.

Figura 11: Geração de RSU por Município Metropolitano



Fonte: ENGECONSULT (2022)

Os dados dos municípios metropolitanos apresentam uma média de geração de RSU da ordem de 1,17 kg/dia por habitante, contudo há variações significativas na geração de resíduos por habitante entre os municípios. Por exemplo, Duque de Caxias apresenta a maior geração de resíduos por habitante (1,96 kg/dia), enquanto Japeri apresenta a menor geração (0,40 kg/dia).

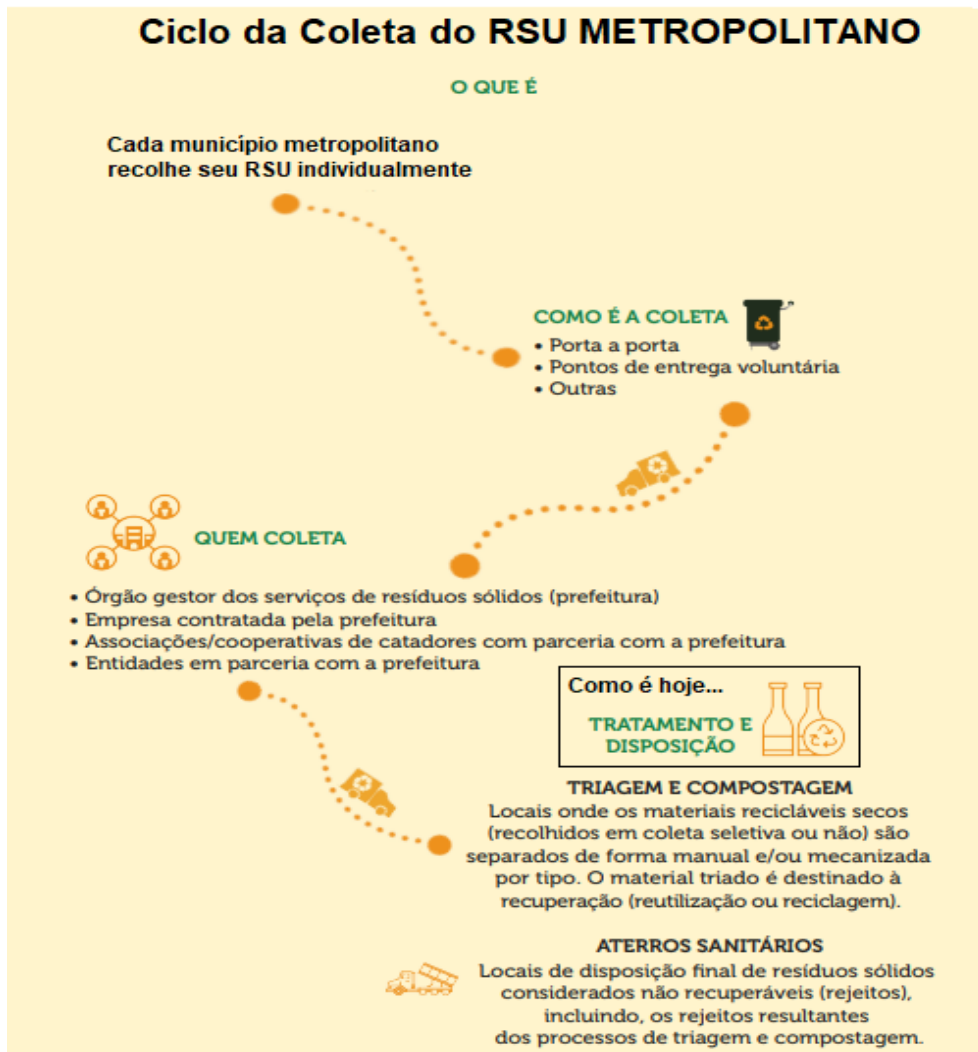
Não obstante, observa-se que, entre municípios com populações similares, há diferença na geração de resíduos por habitante, como entre os municípios de São Gonçalo (1,02 kg/dia) e Cachoeiras de Macacu (0,61 kg/dia).

É importante mencionar que essas variações podem ser causadas por diferentes fatores, como, por exemplo, contabilização dos resíduos de construção civil (RCC) junto com o lixo público e o nível socioeconômico da população.

5.2.3. COLETA DOMICILIAR

O serviço de coleta é responsabilidade da prefeitura e pode ser realizado de diversas formas. Pode ser feito um recolhimento com caminhões de porta em porta ou de forma localizada em pontos de entrega voluntária. Os pontos de entrega são normalmente utilizados para produtos recicláveis, por exemplo, óleo vegetal, pilhas, pneus, eletrônicos, plástico, papel e metais. O ciclo da coleta do RSU pode ser observado na Figura 12.

Figura 12: Ciclo da Coleta de RSU da Região Metropolitana



Fonte: Adaptado do Diagnóstico Temático Manejo RSU 2022 – SNIS

Os municípios realizam os serviços de coleta de RSU através de suas secretarias de obras, de desenvolvimento ou empresas próprias (exemplo: EMLURB – Nova Iguaçu; e SEMSEP - São João do Meriti), ou através de empresas de capital misto, ou seja, sociedades anônimas, tendo a prefeitura do município como o maior acionista (exemplo: Rio de Janeiro – COMLURB; e Niterói – CLIN).

A Tabela 12 a seguir apresenta o levantamento realizado sobre a coleta de RSU em cada município da Região Metropolitana. No total são aproximadamente 1.100 caminhões de coleta, circulando diariamente pelos 22 municípios, percorrendo mais de 54.000 km/dia (SNIS, 2021).

Tabela 12: Veículos Utilizados e Cobertura da Coleta de RSU por Município

Município	Caminhões Compactadores	Caminhões Basculantes ou Carroceria ou Baús	Caminhões tipo Poliguindaste	Cobertura de Coleta (% da área urbana)
Belford Roxo	21	13	0	95,49%
Cachoeiras de Macacu	6	6	1	86,50%
Duque de Caxias	54	46	0	99,66%
Guapimirim	N/D	N/D	N/D	100,00%
Itaboraí	12	3	0	99,23%
Itaguaí	9	7	0	100,00%
Japeri	6	1	1	95,00%
Magé	12	0	0	80,73%
Maricá	16	2	1	100,00%
Mesquita	20	0	1	100,00%
Nilópolis	7	4	0	96,38%
Niterói	36	53	4	99,68%
Nova Iguaçu	50	19	1	98,91%
Paracambi	8	0	0	98,12%
Petrópolis	30	36	3	100,00%
Queimados	11	5	0	100,00%
Rio Bonito	5	8	0	65,65%
Rio de Janeiro	238	188	39	100,00%
São Gonçalo	13	10	4	100,00%
São João de Meriti	19	29	2	99,90%
Seropédica	10	20	5	96,42%
Tanguá	3	2	0	85,96%
TOTAL	586	452	62	

N/D – Não Declarado

Fonte: SNIS (2021) e Engeconsult (2022)

As distâncias médias percorridas e a distância da coleta à disposição final por município, declaradas no Questionário Engeconsult (2022) com complemento do SNIS 2021, são apresentadas no próximo item.

5.2.4. TRANSPORTE

A distância média entre os pontos de coleta e a disposição final é de 40 km, destaque para o município do Rio de Janeiro que construiu 5 (cinco) Estações de Transferência de Resíduo – ETR's que concentram os resíduos dos bairros e, através de veículos maiores, realiza o transporte das ETR's para a Central de Tratamento de Resíduos de Seropédica.

Ressalte-se a operação entre a ETR-Caju e a CTR Seropédica, já que a distância percorrida pelas carretas de transporte excede os 50 quilômetros. No sentido de minimizar os custos de transporte desta ETR para a CTR-Rio, a empresa operadora já obteve a licença prévia para implantação de uma Usina de Recuperação de Energia no Caju, com vistas a processar até 1.300 t/dia, reduzindo em cerca de 1.800 t/dia a quantidade de resíduos encaminhada para o aterro sanitário.

Neste quesito, o diagnóstico apontou falta de ETR para os municípios que fazem a disposição final nas Centrais de Tratamento de Resíduos de São Gonçalo e Paracambi, pois, as distâncias entre os municípios e as centrais excedem a 25 km, distância que justifica a construção de ETR, possibilitando a redução de consumo de combustíveis e a geração de Gases de Efeito Estufa – GEE, além da redução de investimento na frota e melhoria no tempo de coleta.

Os dados obtidos sobre o transporte dos resíduos, incluindo distâncias percorridas e municípios de destino, são apresentados na Tabela 13. Quanto à distância média percorrida diariamente para transporte dos resíduos, foi feita uma estimativa com base na distância entre coleta e destinação final e o total de RSU gerado em cada município.

Mapa 9: Localização das ETR's da RMRJ



Referências Cartográficas

-  Limites Municipais
-  Limite da Região Metropolitana
-  Estações de Transferência de Resíduos (ETR)

1:750.000

Datum Horizontal:
SIRGAS2000
 Datum Vertical:
Marégrafo de Imbituba/SC
 Sistema de Coordenadas UTM

Bases Estaduais e Municipais:
 INEA 2023 e IBGE 2023

Fonte: ENGECONSULT, 2023

Tabela 13: Dados sobre Destinação de RSU Metropolitano

Município	RSU enviados para outro município	Município de destino	Distância Média entre Coleta e Disposição final (km)	Estimativa de distância média percorrida (km/dia)
Belford Roxo	Sim	Nova Iguaçu/RJ	16,50	1.749,32
Cachoeiras de Macacu	Sim	São Gonçalo/RJ	70,00	632,88
Duque de Caxias	Sim	Nova Iguaçu/RJ	30,00	13.696,68
Guapimirim	Sim	São Gonçalo/RJ	140,00	1.357,81
Itaboraí	Sim	São Gonçalo/RJ	30,00	2.336,62
Itaguaí	Sim	Seropédica/RJ	53,00	2.004,66
Japeri	Sim	Paracambi/RJ	13,00	138,90
Magé	Não	Magé/RJ	10,00	609,67
Maricá	Sim	São Gonçalo/RJ	50,00	3.698,63
Mesquita	Sim	Nova Iguaçu/RJ	25,00	684,16
Nilópolis	Sim	Paracambi/RJ	50,00	1.232,88
Niterói	Sim	São Gonçalo/RJ	22,00	3.437,42
Nova Iguaçu	Não	Nova Iguaçu/RJ	13,00	3.632,88
Paracambi	Não	Paracambi	8,00	101,00
Petrópolis	Sim	Três Rios/RJ	50,00	3.598,93
Queimados	Sim	Paracambi/RJ	32,00	894,25
Rio Bonito	Sim	São Gonçalo/RJ	61,10	523,28
Rio de Janeiro	Sim	Seropédica/RJ	53,00	108.383,68
São Gonçalo	Não	São Gonçalo/RJ	34,20	9.557,26
São João de Meriti	Sim	Nova Iguaçu/RJ	24,10	1.851,95
Seropédica	Não	Seropédica/RJ	14,00	253,15
Tanguá	Sim	São Gonçalo/RJ	49,00	194,76

Fonte: Engeconsult (2022)

5.3. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL – RCC

A indústria da construção civil possui grande importância na economia brasileira e cresce a cada ano nos centros urbanos. Esse crescimento traz benefícios diversos para a sociedade, mas também fomenta as discussões a respeito do aumento da geração de resíduos e do descarte apropriado.

A construção civil é uma atividade que gera resíduos durante todas as etapas da sua atuação (construção, manutenção e/ou demolição) e estes compõem boa parte da massa total de resíduos gerados no Brasil. Uma vez que a geração dos Resíduos da Construção Civil (RCC), comumente chamados de entulho, se dá em larga escala, é muito importante que esses resíduos recebam o tratamento ou a destinação adequada, de forma a gerar o menor impacto possível ao meio ambiente.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos obriga as empresas de construção civil e grandes geradores da área a elaborar Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, contendo a classificação e quantificação dos resíduos, além da definição das etapas de triagem e acondicionamento.

Esse plano pode ser exigido como requisito para obtenção de uma licença ambiental, para aprovação de projetos e emissão do Alvará de Construção. Além disso estabelece que os estados e os municípios devem incorporar a gestão dos resíduos de construção civil em seus respectivos planos de resíduos sólidos, que podem definir diretrizes e metas adicionais para o manejo desses resíduos.

5.3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS RCC

Resíduos da Construção Civil são resíduos gerados a partir de construções, reformas, reparos e/ou demolições de obras civis. Devido ao padrão construtivo brasileiro, os materiais predominantes no RCC são materiais cimentícios utilizados na composição das estruturas.

Os RCC são compostos majoritariamente por resíduos de difícil degradação e resíduos não degradáveis. Este fato torna a disposição no solo uma alternativa pouco proveitosa, uma vez que não sofrem redução de volume com o tempo, resultando na ocupação mais rápida e definitiva do espaço disponível.

A obtenção de dados específicos sobre os resíduos sólidos da construção civil ainda é bastante difícil, em termos quantitativos e qualitativos, em especial nos municípios de pequeno e médio porte cujo sistema de coleta normalmente recolhe conjuntamente diversas tipologias de resíduos.

A primeira grande dificuldade na gestão dos resíduos da construção civil está na determinação das quantidades efetivamente geradas, pois, em realidade, apenas o material que chega às áreas legalizadas é contabilizado. Isso se dá, principalmente, pela dificuldade de rastreamento dos RCC, associada à falta de fiscalização e aos custos significativos de destinação adequada.

Portanto, as quantidades lançadas em vazadouros clandestinos, em terrenos baldios, margens de corpos hídricos, encostas, ou mesmo usadas para aterramentos de áreas baixas, só podem ser estimadas com elevada margem de erro.

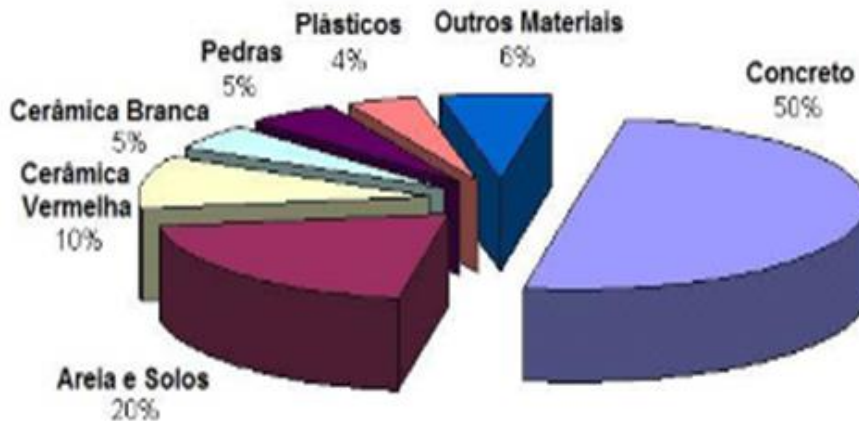
Segundo dados da UERJ (2010), a falta de dados específicos sobre a geração de RCC é o que acontece na quase totalidade dos municípios do estado, conforme Diagnóstico da Situação dos Resíduos Sólidos no Estado do Rio de Janeiro. Isso acontece principalmente na Região Metropolitana, devido à maior densidade demográfica e, conseqüentemente, maior geração de resíduos.

Os resíduos sólidos da construção civil são bastante heterogêneos, pois podem ser constituídos por diversos tipos de materiais como: argamassa, areia, solo, diferentes cerâmicas, concretos, madeira, metais, papel, pedras, asfalto, tintas, solventes, gesso, plástico, borracha, matéria orgânica, embalagens diversas, entre outros.

No PERS (2013), o estudo de caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos de construção civil foi realizado pela Empresa de Limpeza Urbana de Salvador - LIMPURB (2010).

O resultado da caracterização está apresentado na Figura 13, a seguir.

Figura 13: Composição Gravimétrica Média de RCC



Fonte: PERS (2013)

A partir da análise da composição gravimétrica é possível verificar que a maior quantidade de resíduos é composta por concreto (50%), sendo também significativa a quantidade de materiais cerâmicos (15%). Estes dois grupos, adicionados às pedras (5%), representam 70% das amostras estudadas. Estes materiais, quando processados (britados e peneirados), resultam em agregados de alto potencial para utilização como base de rodovias e concretos não estruturais (PERS, 2013).

5.3.2. TRATAMENTO DOS RCC

A Resolução CONAMA 307/2002, ao definir a gestão de RCC no Brasil, separou esses resíduos em quatro classes:

- Classe A: resíduos que podem ser tratados e reutilizados como agregados;
- Classe B: resíduos recicláveis para outras destinações, como plásticos, papelão, vidro e madeira, por exemplo;
- Classe C: resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações financeiramente viáveis de reciclagem ou recuperação, como a manta asfáltica e lã de vidro.

- Classe D: resíduos perigosos, como óleos, solventes e materiais com amianto, ou contaminados, como resíduos de demolição ou reparos de clínicas radiológicas ou instalações industriais.

A correta classificação dos resíduos pela fonte geradora é crucial para a valorização deles e sua possível reinserção na cadeia produtiva, além de garantir a devida disposição final.

Resíduos das Classes A e B devem ser enviados para áreas de transbordo ou usinas reciclagem, a fim de receberem o tratamento adequado para sua reutilização. No caso de resíduos com madeira, por exemplo, também é possível o reaproveitamento nas próprias obras, ou o descarte para cogeração de energia ou matéria prima.

Já os resíduos da Classe C devem ser encaminhados para aterros de inertes ou aterros industriais, por não serem aproveitáveis para a reciclagem.

Por último, os resíduos da Classe D devem ser encaminhados para aterros industriais que contenham a tecnologia necessária para minimizar os danos dos passivos ambientais.

A britagem e o peneiramento permitem transformar parte dos resíduos de RCC, em especial o concreto, em agregados como a bica ou brita corrida reciclada, para reutilização na construção civil. Dados do PERS indicam que a taxa de reaproveitamento de materiais pode chegar à 75%.

Segundo o SNIS (2012), as principais unidades para manejo de RCC são:

- Áreas de Reciclagem de RCC, onde os RCC são transformados em outros materiais, que serão inseridos novamente na área da construção;
- Áreas de Transbordo e Triagem de RCC e volumosos, onde o RCC passa por uma separação e armazenagem, para ser transferido para uma unidade de processamento ou destinação final;
- Aterro de Inertes, que são unidades destinadas para disposição final de RCC.

Os materiais reciclados a partir dos RCC precisam atender aos pré-requisitos técnicos de qualidade e segurança estipulados nas normas específicas ao seu uso final.

Essa exigência faz com que os produtores de material reciclado precisem realizar ensaios e buscar certificações que comprovem e garantam o atendimento à legislação em vigor.

A reciclagem dos RCC traz como benefício não apenas a diminuição do volume dos resíduos destinados aos aterros de inertes, mas também a diminuição do consumo de recursos naturais e da extração de materiais provenientes de jazidas.

5.3.3. ESTIMATIVA DE VOLUME DE RCC

A Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade elaborou, no ano de 2012, o Plano Regional de Gestão de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos da Baixada Fluminense no âmbito do Projeto Entulho Limpo da Baixada, implementado nos municípios de Belford Roxo, Duque de Caxias, Mesquita, Nilópolis, Nova Iguaçu e São João de Meriti, cujo estudo, com base nos dados obtidos pelo referido projeto, definiu um índice de geração per capita médio para a região de 456 kg/hab x ano (PERS, 2013).

De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, realizado pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, em 2022, cujos dados levantados, em todo o território nacional, definiu para a Região Sudeste um índice de geração per capita igual a 0,765 kg/hab x dia, ou 279,4 kg/hab x ano.

Os dados para o diagnóstico dos RCC metropolitanos foram obtidos por quatro fontes distintas e independentes, a saber:

- Plano Regional de Gestão de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos da Baixada Fluminense, 2012, da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS.

- SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Painel Resíduos Sólidos Urbanos - Indicadores Municipais 2021;
- SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – Relatório Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos 2020;
- Pesquisa sobre o Mapeamento da Gestão de Resíduos Sólidos dos Municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro – ENGECONSULT 2022.

A Tabela 14 apresenta a estimativa de geração dos Resíduos da Construção Civil dos municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Como apresentado no item de geração dos resíduos da construção civil, a grande dificuldade na gestão está na determinação das quantidades efetivamente geradas.

Esta dificuldade está bem retratada na Tabela 14, com a grande ausência de informações prestadas pelos municípios à Engeconsult e aos Sistemas Nacionais de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos e de Informações sobre Saneamento.

Em função dos dados insuficientes para a estimativa de geração dos resíduos sólidos da construção civil dos municípios da região metropolitana, definiu-se pela utilização do índice de geração do estudo técnico do Plano Regional de Gestão de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos da Baixada Fluminense, da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade.

De forma similar aos dados de geração de RSU, poucos são os municípios com informações específicas sobre a coleta, transporte e destinação final dos resíduos da construção civil, embora muitos municípios disponham de serviços específicos para a remoção de entulho de obras.

Tabela14: Geração de RCC dos Municípios da Região Metropolitana

Municípios Rio Metrópole	Nº de habitantes estimado IBGE 2021	RCC - Quantitativo - t/ano			
		Estudo Baixada 0,456 t/hab x ano SEAS	SNIS 2021	Engeconsult 2022	SINIR 2020
Belford Roxo	515.239	234.949	80.000	N/D	144.000
Cachoeiras de Macacu	59.652	27.201	127	N/D	N/D
Duque de Caxias	929.449	423.829	N/D	N/D	N/D
Guapimirim	62.225	28.375	N/D	N/D	N/D
Itaboraí	244.416	111.454	N/D	N/D	12.439
Itaguaí	136.547	62.265	N/D	N/D	N/D
Japeri	106.296	48.471	N/D	N/D	N/D
Magé	247.741	112.970	N/D	N/D	N/D
Maricá	167.668	76.457	N/D	N/D	N/D
Mesquita	177.016	80.719	47.927	N/D	N/D
Nilópolis	162.893	74.279	25	N/D	N/D
Niterói	516.981	235.743	N/D	N/D	N/D
Nova Iguaçu	825.388	376.377	13.552	25.200	N/D
Paracambi	53.093	24.210	25	77	N/D
Petrópolis	307.144	140.058	170.053	N/D	175.584
Queimados	152.311	69.454	23.000	N/D	N/D
Rio Bonito	60.930	27.784	N/D	N/D	N/D
Rio de Janeiro	6.775.561	3.089.656	27.489	N/D	N/D
São Gonçalo	1.098.357	500.851	105	360	N/D
São João de Meriti	473.385	215.864	112.727	N/D	N/D
Seropédica	83.841	38.231	N/D	N/D	N/D
Tanguá	34.898	15.913	N/D	N/D	N/D
TOTAL	13.191.031	6.015.110	475.030	25.637	332.022

N/D – Não Declarado

Fonte: SEAS, SNIS, Engeconsult e SINIR

5.3.4. RCC POR MUNICÍPIO DA RMRJ

Nos próximos tópicos serão apresentados dados referentes à geração de RCC dos municípios onde foi possível apurar dados a este respeito, quais sejam, os municípios de Rio de Janeiro, Niterói, Belford Roxo, Duque de Caxias, Mesquita, Nilópolis, Nova Iguaçu e São João de Meriti.

MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

De acordo com as informações constantes no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município do Rio de Janeiro (PMGIRS, 2021), até o encerramento do Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho, os RCC eram reaproveitados na pavimentação das pistas e praças de acesso da operação do aterro controlado, no recobrimento dos resíduos dispostos, no nivelamento e na conservação de suas vias de acesso.

Para quantidades maiores de resíduos de construção civil de responsabilidade do gerador, enquadrado como gerador de lixo extraordinário (grande gerador de RCC é aquele que gera volume superior a 2 m³/semana de acordo com o inciso VII, artigo 3º do Decreto Municipal nº 27.078/2006), a Secretaria de Meio Ambiente disponibiliza, em seu site, listagem de empresas licenciadas para o beneficiamento ou destinação final ambientalmente adequada (PMGIRS, 2021).

Para a remoção de resíduos de construção civil de pequenas obras residenciais, desde que os resíduos estejam acondicionados em sacos plásticos de 20 litros, pode ser solicitado o apoio do município no seu recolhimento, através da COMLURB.

A partir da publicação do Decreto Municipal nº 33.971 de 13/06/2011, foi estabelecida a obrigatoriedade de utilização de agregados reciclados de resíduos da construção civil nas obras da administração pública municipal, objetivando fortalecer a cadeia produtiva da reciclagem. E para estímulo à reciclagem, a Resolução SMAC nº 479/2011, estabeleceu o licenciamento ambiental simplificado e prioritário para as atividades de beneficiamento de RCC.

MUNICÍPIO DE NITERÓI

Considerando o disposto na Lei nº 2.730/2010 que “Institui o Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil” devem ser implantados no município:

- I - Pontos de Entrega Voluntária de Resíduos da Construção Civil, implantada em alguns logradouros públicos, Distritos de Limpeza Urbana e ECOCLINS, destinados à captação de resíduos Classe B;
- II - Serviço Disque Coleta para Pequenos Volumes: disponibilizado pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana de Niterói - CLIN, com acesso telefônico a pequenos transportadores privados de resíduos da construção civil;
- III - Áreas para Recepção de Grandes Volumes: Área de Transbordo e Triagem (ATTR), Área de Reserva, Área de Reciclagem e/ou Beneficiamento e Aterros de Resíduos da Construção Civil e Aterro Sanitário, apenas os resíduos da construção civil classe A, beneficiados e solos não contaminados;
- IV - Ações para informação e educação ambiental dos munícipes, dos geradores, dos transportadores e dos receptores de resíduos, definidas em programas específicos;
- V - Ações para controle, licenciamento e fiscalização do conjunto de agentes envolvidos, definidas em Leis e Resoluções;
- VI - Usinas, públicas ou privadas, de reciclagem e de fabricação de agregados feitos a partir de resíduos da construção civil.

De acordo com o disposto no plano, a operação das instalações relacionadas nos incisos I, II e III pode ser executada por empreendedores privados, sob regime de concessão ou licitação.

A CLIN mantém em seu site a relação das empresas credenciadas para realizar a remoção de entulho.

De acordo com as informações do Plano Municipal de Saneamento Básico de Niterói (PMSB, 2020) os resíduos da construção civil coletados pela CLIN em geral estão associados a locais com disposição irregular destes resíduos pela população.

MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de São Gonçalo (2015), o município não possui Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, e grande parte do entulho gerado é disposto de forma inadequada.

Os resíduos gerados são coletados e transportados por empresa privada especializada, além disso a CTR – Alcântara recebe esse tipo de resíduo, mas não realiza beneficiamento do mesmo.

MUNICÍPIOS DE BELFORD ROXO, DUQUE DE CAXIAS, MESQUITA, NILÓPOLIS, NOVA IGUAÇU E SÃO JOAO DE MERITI

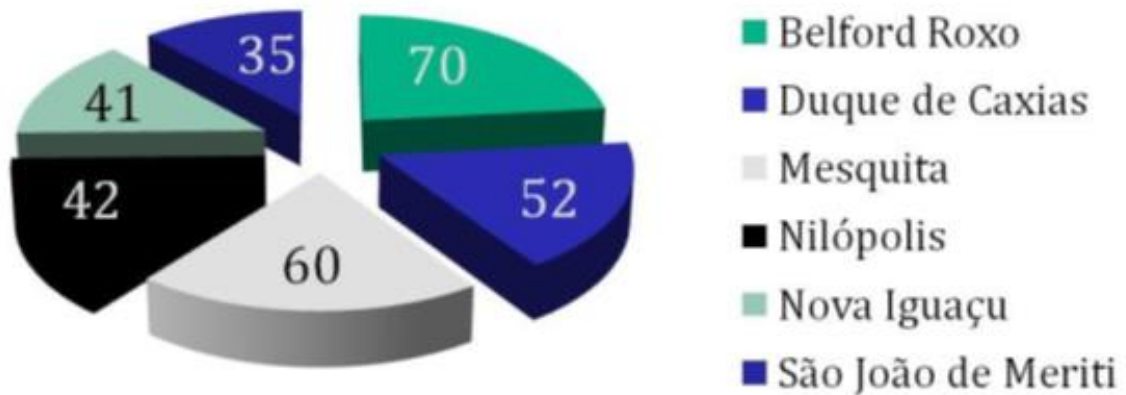
A expressiva geração de resíduos da construção civil nos municípios da Baixada Fluminense, associada ao volume de RCC proveniente de outras regiões, levou a SEAS a apoiar os municípios, de forma articulada, em busca de soluções para a gestão desses resíduos de maneira eficaz e uniforme.

A maneira encontrada para implementar estas soluções foi a de reunir os municípios envolvidos em um consórcio – Consórcio Público de Gestão de Resíduos Sólidos da Baixada Fluminense, sendo o Estado ente participante deste consórcio, conforme Lei Estadual nº 6.333/2012.

Assim, com o objetivo de estabelecer um controle mínimo sobre a gestão dos RCC, o Projeto Entulho Limpo da Baixada, juntamente com os municípios envolvidos, elaborou o Plano Regional de Gestão e Manejo dos Resíduos da Construção Civil, em conformidade com a legislação aplicável.

O Projeto Entulho Limpo da Baixada identificou 300 (trezentas) áreas de descarte irregular sistemático, cuja distribuição pelos municípios consorciados encontra-se apresentada na Figura 14, a seguir.

Figura 14: Distribuição das Áreas de Descarte Irregular de RCC na Baixada Fluminense



Fonte: SEAS

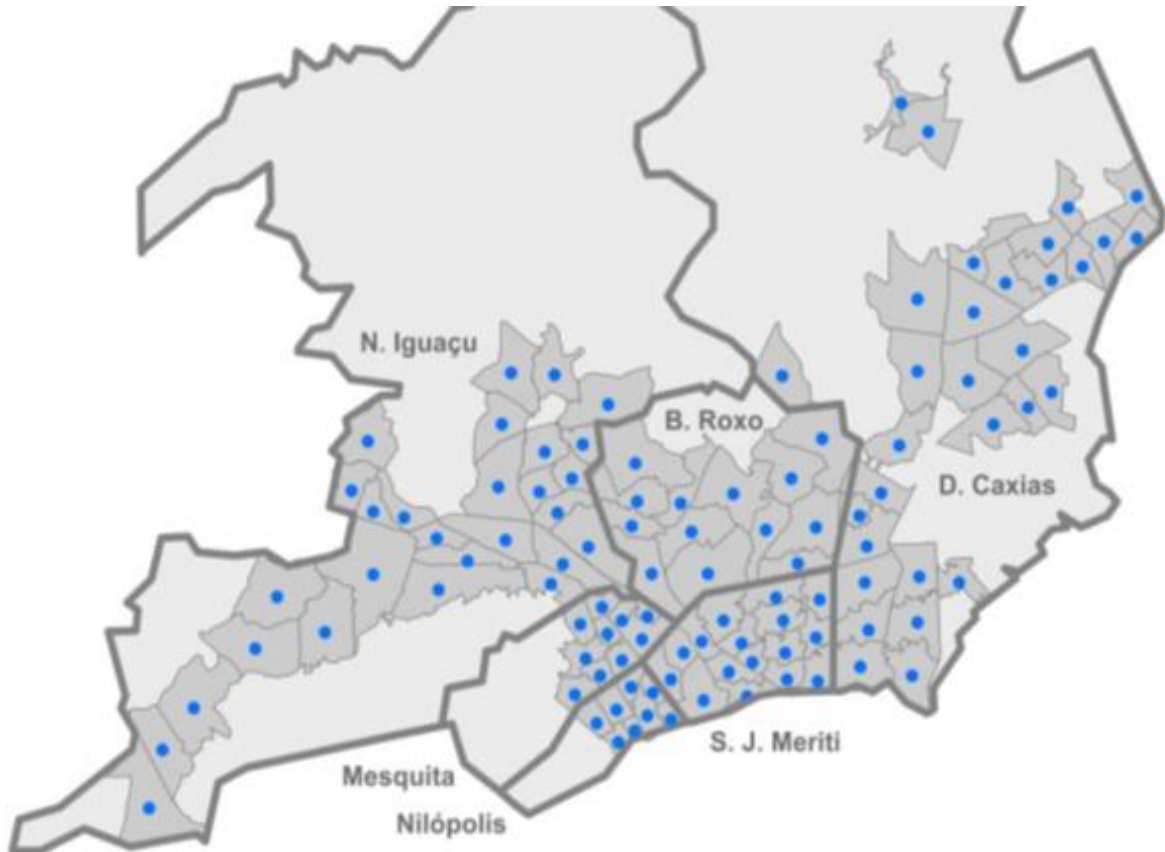
A identificação de tantas áreas de descarte irregular contrasta com a ausência de áreas licenciadas, públicas ou privadas, para disposição final adequada.

A infraestrutura existente nos municípios da Baixada para a gestão adequada dos RCC é precária. Dos seis municípios que compõem esta região, apenas Belford Roxo, Nilópolis e Nova Iguaçu dispõem de sistema de atendimento para remoção de entulho, mas são sistemas que não conseguem manejar adequadamente o volume de RCC gerado diariamente. O resultado desta situação é a proliferação das áreas de descarte irregular.

Em termos de destinação final, há no Município de Duque de Caxias uma Área de Triagem e Transbordo licenciada pelo INEA operada pela Associação de Catadores e Ex-Catadores de Jardim Gramacho (ACEX), que realiza a segregação dos materiais, a venda dos recicláveis e, através de uma peneira vibratória, realiza a separação do agregado fino para a comercialização.

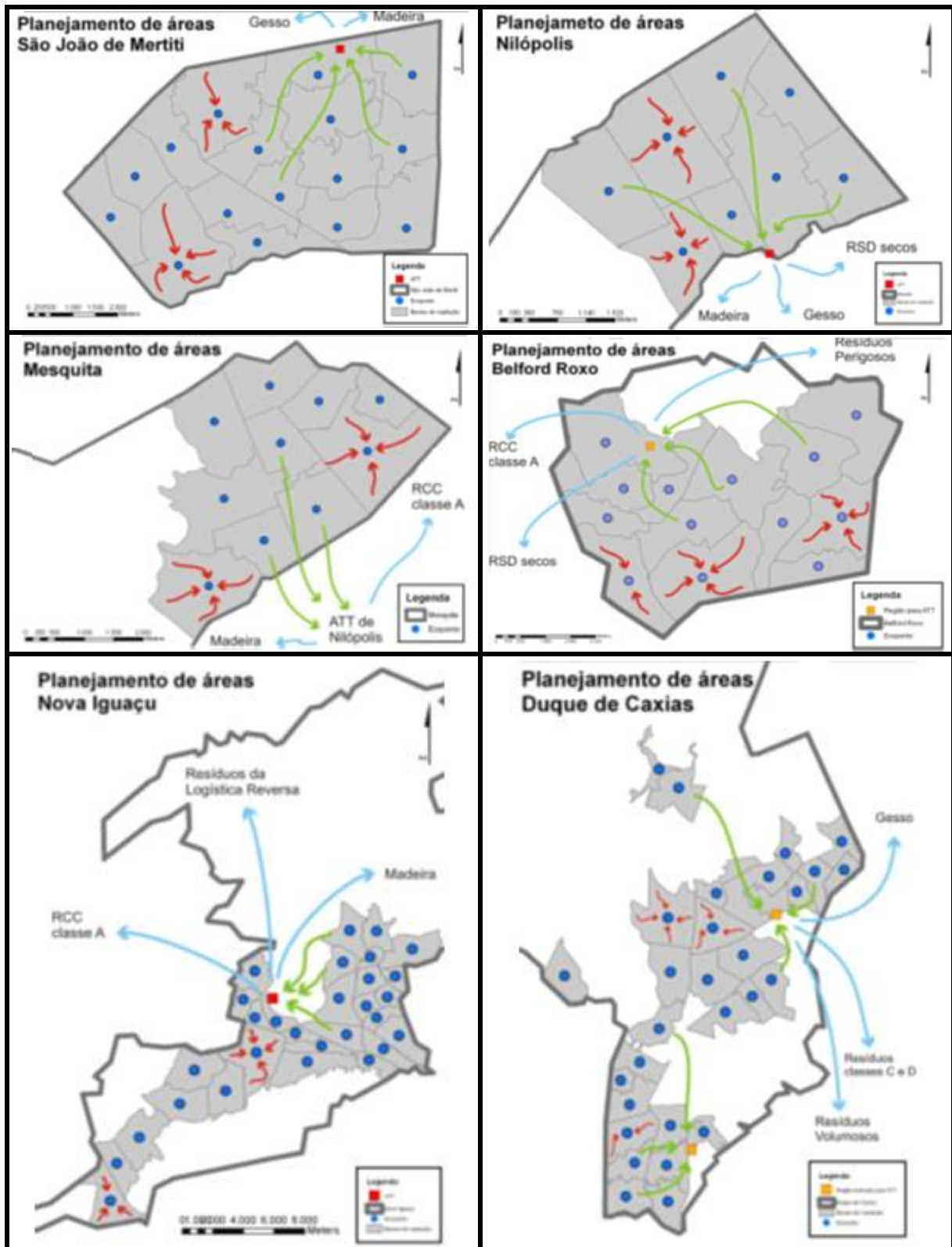
O Plano Regional de Gestão e Manejo dos Resíduos da Construção Civil da Baixada Fluminense (2012) identificou a necessidade da instalação de 107 Ecopontos para entrega voluntária de RCC pelos pequenos geradores e transportadores e 6 Áreas de Triagem e Transbordo para suporte às ações corretivas e obras públicas, conforme apresentado na Figura 15 e na Figura 16.

Figura 15: Mapa das Bacias de Captação e Ecopontos Planejados para o Consórcio da Baixada Fluminense



Fonte: SEAS

Figura 16: Mapas das Áreas de Planejamento – Municípios da Baixada



Fonte: SEAS

5.4. RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE – RSS

O Resíduo de Serviço de Saúde (RSS) é um componente crítico no sistema de gestão de resíduos de sólidos urbanos de qualquer região.

Trata-se de um conjunto de materiais descartados por estabelecimentos de assistência à saúde, como hospitais, clínicas médicas, drogarias, laboratórios e quaisquer estabelecimentos que descartem resíduos com potencial de risco à saúde pública e ao meio ambiente devido à presença de agentes biológicos, químicos e radioativos.

A adequada gestão do RSS é de extrema importância para prevenir a disseminação de doenças, proteger a população em geral e reduzir o impacto ambiental, atendendo sempre às regulamentações sanitárias e ambientais vigentes.

Dada a natureza variada dos materiais presentes no RSS, que incluem desde agulhas contaminadas até produtos químicos tóxicos, o processo de tratamento exige o emprego de técnicas rigorosas e específicas para garantir a descontaminação completa.

É importante notar que uma parte dos resíduos gerados em ambientes de saúde possui um perfil de risco semelhante ao dos resíduos domiciliares, permitindo a destinação comum, como em aterros sanitários.

Devido a isso, é fundamental compreender a natureza delicada desse tipo de resíduo e a importância de um diagnóstico técnico preciso para garantir sua coleta, tratamento e disposição final de maneira segura, eficaz e ambientalmente responsável.

Isso inclui a separação de resíduos potencialmente infectantes dos resíduos comuns e o acondicionamento em recipientes resistentes e devidamente identificados. É importante ressaltar, que durante o transporte, manipulação e tratamento, são necessárias medidas de segurança adicionais para proteger os profissionais e evitar qualquer exposição acidental.

Mais especificamente relacionados aos resíduos de serviços de saúde, foi promulgada pela Anvisa a RDC nº 222 em 2018, que dispõe sobre os requisitos de Boas Práticas de Gerenciamento desta modalidade de resíduos.

Também tendo como objetivo principal, orientar as autoridades de vigilância sanitária em níveis locais e os estabelecimentos geradores de resíduos de serviços de saúde a aderirem adequadamente às disposições normativas estabelecidas. Foi também a partir desta normativa que foi esclarecido que cabe aos geradores a responsabilidade pela gestão adequada dos RSS e não às entidades de estado.

A Resolução ANVISA RDC nº 222/2018 deixa claro que o gerador deve dispor de um Plano de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS), que é um documento que lista as etapas para gerenciar estes resíduos, como separá-los, armazená-los, transportá-los e eliminá-los corretamente.

A gestão dos resíduos de serviços de saúde (RSS) envolve um conjunto de passos planejados e baseados em conhecimentos técnicos e regras legais, seguindo sempre os princípios de biossegurança.

O objetivo é reduzir a quantidade de resíduos e cuidar para que sejam tratados com segurança, protegendo as pessoas que trabalham com eles.

No PGRSS, é importante considerar os tipos de resíduos e seguir regras rígidas de segurança, como por exemplo garantir que todos os envolvidos saibam seus procedimentos.

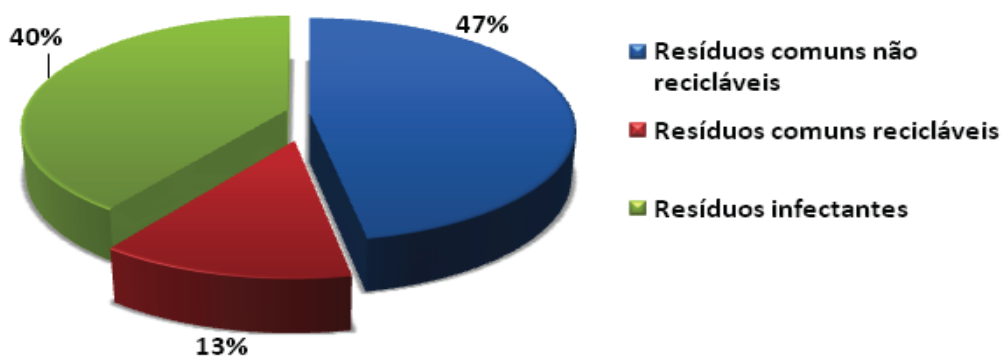
O plano deve incluir ações para situações de emergência e acidentes, além de medidas para prevenir pragas e como manusear produtos químicos perigosos. Cada serviço gerador de RSS deve adaptar o PGRSS às suas necessidades, demandas e peculiaridade.

Visto que não existe um modelo único para todos os geradores, não é necessário enviar esse plano para a ANVISA, e sim para as entidades competentes em âmbito regional.

5.4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS RSS

Segundo dados do PERS (2013), estima-se que no estado do Rio de Janeiro sejam geradas aproximadamente 275 toneladas diárias de resíduos de serviços de saúde, cuja composição gravimétrica, demonstrada na Figura 17, foi baseada em estudo desenvolvido no Hospital Municipal Lourenço Jorge - RJ.

Figura 17: Composição Gravimétrica de RSS no Estado do Rio de Janeiro



Fonte: PERS, 2013

A composição gravimétrica, apresentada na Figura 17, mostra que o menor percentual dos resíduos de serviços de saúde é de resíduos infectantes com o total de 40%, enquanto os resíduos comuns somam 60%.

Por este motivo é de suma importância a segregação dos resíduos na fonte, como disposto no art. 14 da Resolução CONAMA nº 358/2005, que estabelece a obrigatoriedade da segregação dos resíduos no momento da geração, de acordo com suas características, para fins de redução do volume dos resíduos a serem tratados e dispostos, garantindo a proteção da saúde e do meio ambiente, além da redução dos custos operacionais.

5.4.2. TRATAMENTO DOS RSS

Para garantir o descarte adequado para cada tipo de RSS, a Resolução da Diretoria Colegiada da ANVISA nº 222/2018, define em seu Anexo I a Classificação dos Resíduos de Serviços de Saúde, em:

GRUPO A - Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características, podem apresentar risco de infecção. Divide-se em cinco subgrupos (A1, A2, A3, A4 e A5), de acordo com a possibilidade e o tipo de agente infeccioso.

GRUPO B - Resíduos contendo produtos químicos que apresentam periculosidade à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade, mutagenicidade e quantidade.

GRUPO C - Qualquer material que contenha radionuclídeo em quantidade superior aos níveis de dispensa especificados em norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.

GRUPO D - Resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.

GRUPO E - Materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas, tubos capilares, ponteiras de micropipetas, lâminas e lamínulas, espátulas, e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

O tratamento dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) desempenha um papel crítico na gestão eficaz desses materiais complexos e potencialmente perigosos. Começando desde o processo de separação no próprio local de geração, até a sua destinação final. Assim, é importante entender as principais etapas e procedimentos envolvidos no tratamento de RSS, com destaque para a importância da esterilização, descontaminação e disposição ambientalmente adequada desses resíduos.

No contexto do gerenciamento de RSS, a segregação na fonte é um princípio essencial. Isso implica em separar os resíduos por tipo desde o momento em que são gerados, resultando na redução do volume de resíduos potencialmente perigosos e na prevenção de acidentes ocupacionais.

Na Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 222 de 2018, estipula-se como deve ser o acondicionamento dos resíduos de serviços de saúde: em que tipo de compartimentos (sacos e recipientes), como devem ser dispostos, suas identificações por cores, assim como o volume ideal para cada tipo de recipiente e sua capacidade. Esta resolução também delibera como cada tipo de RSS deve ser armazenado, por quanto tempo e como deve ser identificado e manejado de forma segura.

O tipo de tratamento e a forma de destinação final dos RSS dependem exclusivamente das características do grupo onde o resíduo se enquadra. Assim, resíduos do Grupo A, de uma forma geral, devem passar por processos de desinfecção ou inertização antes de serem dispostos em um aterro sanitário, por exemplo (exceção aos resíduos do subgrupo A5 que tem que ser necessariamente incinerados).

Os rejeitos provenientes dos serviços de saúde onde há a presença de risco biológico associado, ou contendo agente biológico classe de risco 4, deverá ser encaminhado para tratamento seguindo o guia "Diretrizes Gerais para o Trabalho em Contenção com Agentes Biológicos" do Ministério da Saúde.

Os do Grupo B, quando não reaproveitáveis, devem ser dispostos em aterros industriais Classe I, enquanto os do Grupo C devem ser enviados a unidades licenciadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Sempre que houver risco radiológico, isto é, a presença de material radioativo com atividade superior aos limites especificados pela CNEN, é crucial aguardar inicialmente o processo de decaimento radioativo. Esse período é necessário para que a atividade do elemento radioativo diminua até atingir níveis seguros e dispensáveis.

Portanto, é primordial adiar o tratamento de resíduos de outros grupos até que o nível de dispensa do material radioativo seja alcançado. Esse cuidado minucioso é essencial para assegurar a segurança e a conformidade diante de riscos radiológicos.

Já os do Grupo D, cujas características se assemelham aos resíduos domiciliares, podem sofrer qualquer tipo de beneficiamento usado em resíduos sólidos urbanos, como reciclagem ou reaproveitamento, antes de serem dispostos em um aterro sanitário.

Os materiais perfurocortantes (Grupo E) devem ser descartados em recipientes identificados, rígidos, providos com tampa, resistentes à punctura, ruptura e vazamento. Quando contaminados por agentes biológicos, químicos e substâncias radioativas, devem ter seu manejo de acordo com cada classe de risco associada.

Em situações que envolvem riscos químicos e biológicos simultaneamente, o tratamento deve ser cuidadosamente planejado de forma a abordar ambos os tipos de riscos de maneira compatível e eficaz.

Nesse contexto, o responsável pelo gerenciamento de resíduos no serviço desempenha um papel crucial, devendo realizar uma avaliação minuciosa, com ênfase no risco químico associado, para determinar o tipo de tratamento adequado.

Em alguns casos, pode ocorrer que o resíduo químico apresente características especiais, como sensibilidade térmica ou particularidades que possam complicar o processo de tratamento e isso também deve ser levado em consideração ao tratar resíduos biológicos simultaneamente.

O cuidado e a atenção dedicados a esses procedimentos são vitais para garantir a segurança e a conformidade em ambientes de risco químico e biológico.

O gerenciamento adequado de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) envolve a aplicação de procedimentos rigorosos a fim de garantir a segurança e a descontaminação desses resíduos.

Entre os principais métodos utilizados, destacam-se a esterilização por incineração ou autoclavagem. Cada um desses procedimentos desempenha um papel fundamental no tratamento dos RSS, adaptando-se às necessidades e características dos resíduos em questão.

Para a esterilização são utilizados métodos que visam eliminar todos os microrganismos presentes nos resíduos. Isso é alcançado por meio do uso de calor, vapor saturado, produtos químicos ou radiação.

No contexto de RSS, a esterilização é frequentemente aplicada a materiais médicos descartáveis, como instrumentos cirúrgicos e equipamentos, para garantir que estejam livres de qualquer contaminação antes de serem descartados.

A incineração é um processo que envolve a queima controlada dos resíduos a altas temperaturas. Essa técnica é eficaz na redução significativa do volume de resíduos e na eliminação de qualquer material orgânico, incluindo microrganismos patogênicos.

Os resíduos resultantes da incineração são geralmente cinzas e outros materiais inorgânicos. A incineração é comumente usada para RSS que não podem ser tratados por métodos menos rigorosos devido ao seu potencial de risco biológico.

A autoclavagem é um processo que utiliza vapor sob pressão para esterilizar ou descontaminar os resíduos. É amplamente empregada em ambientes de saúde para tratar resíduos sólidos que contenham material biológico potencialmente infeccioso. A exposição a altas temperaturas e pressão mata os microrganismos patogênicos, tornando os resíduos seguros para descarte.

Cada um desses processos tem suas vantagens e limitações e deve ser escolhido com base nas características dos resíduos, nos regulamentos locais e nas capacidades disponíveis no local de tratamento de RSS.

5.4.3. VOLUME DE RSS GERADO NA RMRJ

O Diagnóstico da Situação dos Resíduos de Serviços de Saúde para a Região Metropolitana, obtido através do SNIS (2021) e da pesquisa realizada pela ENGECONSULT (2022) indicou a existência de poucos dados específicos sobre a geração de RSS.

Para estimar a geração de RSS da Região Metropolitana será utilizada como base a metodologia da relação RSS/RSU (PERS, 2013). Isso envolve o uso de um fator de 1% em municípios com população igual ou inferior a setecentos mil habitantes e um fator de 2% para os municípios maiores, conforme apresentado na Tabela 15.

Também estão apresentadas as informações levantadas junto aos municípios através do Questionário da ENGECONSULT (2022) e os dados obtidos através do SNIS (2021).

A quantidade dos Resíduos de Serviços de Saúde estimada para a Região Metropolitana, segundo a metodologia PERS (2013), é de 101.254,63 t/ano, sendo o município do Rio de Janeiro responsável por 59.713,27 t/ano, o que representa aproximadamente 59% do gerado na Região Metropolitana.

Tabela 15: Geração de RSS dos Municípios da Região Metropolitana

Municípios Rio Metrópole	Nº de habitantes estimado IBGE 2021	RSU Questionário Engeconsult (t/d)	Quantidade RSS Estimada (Metodologia PERS,2013)		RSS - Quantitativo - t/ano	
			(t/dia)	(t/ano)	SNIS - 2021	Questionário Engeconsult
Belford Roxo	515.239	424,08	4,24	1.547,88	295,20	N/D
Cachoeiras de Macacu	59.652	36,16	0,36	132,00	48,00	N/D
Duque de Caxias	929.449	1826,22	36,52	13.331,41	13,60	N/D
Guapimirim	62.225	38,79	0,39	141,60	2,50	N/D
Itaboraí	244.416	311,55	3,12	1.137,15	0,00	N/D
Itaguaí	136.547	151,30	1,51	552,23	90,00	N/D
Japeri	106.296	42,74	0,43	156,00	30,20	N/D
Magé	247.741	243,87	2,44	890,12	396,00	408,00
Maricá	167.668	295,89	2,96	1.080,00	151,20	N/D
Mesquita	177.016	109,47	1,09	399,55	19,10	N/D
Nilópolis	162.893	98,63	0,99	360,00	22,00	N/D
Niterói	516.981	624,99	6,25	2.281,20	264,30	N/D
Nova Iguaçu	825.388	1117,81	22,36	8.160,00	325,00	276,00
Paracambi	53.093	50,50	0,50	184,32	64,00	58,44
Petrópolis	307.144	287,91	2,88	1.050,89	362,70	N/D
Queimados	152.311	111,78	1,12	408,00	33,00	N/D
Rio Bonito	60.930	34,26	0,34	125,04	72,50	N/D
Rio de Janeiro	6.775.561	8179,90	163,60	59.713,27	648,40	N/D
São Gonçalo	1.098.357	1117,81	22,36	8.160,00	308,40	---*
São João de Meriti	473.385	307,38	3,07	1.121,93	69,20	N/D
Seropédica	83.841	72,33	0,72	264,00	0,00	47,28
Tanguá	34.898	15,90	0,16	58,03	17,70	6,00
TOTAL	13.191.031	15.499,26	277,41	101.254,63	3.233,00	795,72

N/D – Não declarado.

* O valor declarado pelo município de São Gonçalo no questionário foi desconsiderado por estar significativamente distante dos parâmetros encontrados durante o levantamento de dados.

Fonte: Engeconsult (2022), IBGE (2021) e Metodologia do PERS (2013)

5.4.4. TRANSPORTE E DISPOSIÇÃO FINAL DE RSS

O transporte dos RSS deve seguir as normativas da RDC nº 222/2018 e constitui duas modalidades essenciais: o transporte interno, que ocorre dentro das instalações do serviço de saúde, e o transporte externo, que envolve a movimentação dos resíduos para seu tratamento ou destinação final fora das instalações. Cada uma dessas modalidades requer cuidados específicos para garantir a segurança, a integridade e o cumprimento das normas durante todo o trajeto dos RSS.

Na Tabela 16 constam as informações obtidas através do SNIS (2021) da destinação dos RSS dos municípios da Região Metropolitana, sejam para aterros sanitários comuns ou aterros industriais (Aterros de Resíduos Perigosos - Classe I).

Tabela 16: Município de Destino dos RSS dos Municípios Metropolitanos

Município	RSS enviados para outro município	Município de destino do RSS	Distância média estimada entre Coleta e Disposição final (km)
Belford Roxo	Sim	Queimados/RJ	20
Cachoeiras de Macacu	Sim	Itaboraí/RJ	47
Duque de Caxias	Não	Duque de Caxias/RJ	12
Guapimirim	N/D	N/D	N/D
Itaboraí	Não	Itaboraí/RJ	7
Itaguaí	Sim	Queimados/RJ	49
Japeri	Sim	Queimados/RJ	19
Magé	Sim	Itaboraí/RJ	30
Maricá	Sim	Queimados/RJ	100
Mesquita	Sim	Belford Roxo/RJ	7
Nilópolis	Sim	Queimados/RJ	25
Niterói	Sim	Magé/RJ	48
Nova Iguaçu	Não	Nova Iguaçu/RJ	13
Paracambi	Sim	Paracambi/RJ	37
Petrópolis	Sim	Rio de Janeiro/RJ	70
Queimados	Não	Queimados/RJ	8
Rio Bonito	Sim	Itaboraí/RJ	28
Rio de Janeiro	Não	Rio de Janeiro/RJ	25
São Gonçalo	Não	São Gonçalo/RJ	34,2
São João de Meriti	Sim	Queimados/RJ	27
Seropédica	Não	Seropédica/RJ	14
Tanguá	Sim	Itaboraí/RJ	17

Não/D – Não declarado

Fonte: Engeconsult (2022)

Conforme já mencionado anteriormente, a destinação apropriada dos resíduos de serviços de saúde é um pilar fundamental na busca por um sistema de saúde mais seguro e um planeta mais saudável. Para assegurar que esse processo ocorra de maneira adequada, todos os agentes envolvidos devem estar devidamente licenciados e em conformidade com regulamentações rigorosas. Isso não apenas protege a saúde da população, prevenindo a disseminação de doenças, mas também reduz os impactos negativos no meio ambiente, promovendo uma convivência mais sustentável com os recursos naturais.

Também no que diz respeito ao tratamento e destinação final dos RSS, as normativas dispostas na Resolução ANVISA RDC nº 222 de 2018 são as referências legais para os procedimentos de disposição final destes rejeitos.

Os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) que não carregam consigo riscos biológicos, químicos ou radiológicos possuem um leque de possibilidades quando se trata de destinação final. Eles podem ser direcionados para processos como reciclagem, recuperação, reutilização, compostagem, aproveitamento energético ou integrar sistemas de logística reversa. Portanto, podem seguir uma variedade de trajetórias de destino, alinhadas com os princípios estabelecidos na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). E existem diversas formas adequadas de disposição final destes RSS que não possuem riscos contaminantes, cada uma com seus procedimentos específicos e licenciamento correspondente:

Além do já conhecido aterro sanitário, existem os Aterros de Resíduos Perigosos - Classe I (Aterro Industrial), onde se aplicam técnicas para a disposição final segura de resíduos químicos no solo, minimizando impactos ambientais e riscos à saúde pública. Envolve procedimentos de engenharia específicos para o confinamento seguro desses resíduos.

Células Especiais para RSS são utilizadas em pequenos municípios, essa técnica consiste na criação de valas impermeabilizadas de acordo com a quantidade de resíduos a serem depositados. Os veículos de coleta despejam os resíduos nas valas, que são posteriormente cobertas com terra no final de cada dia de trabalho.

5.5. LODO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

5.5.1. LEGISLAÇÃO

A Resolução CONAMA nº 313/2002 define os Lodos das Estações de Tratamento de Esgoto, como Resíduo Sólido Industrial, conforme disposto no Art.2º:

“I - Resíduo sólido industrial: é todo o resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semissólido, gasoso - quando contido, e líquido - cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d`água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição”.

A Resolução CONAMA nº 498/2020 define critérios e procedimentos para produção e aplicação de bioossólido em solos, e dá outras providências.

Inclui condições para uso de lodos gerados em sistemas de tratamento de esgoto na agricultura, o que inclui processos de redução de patógenos e atratividade de vetores.

5.5.2. TRATAMENTO DE LODO

De acordo com as características dos lodos das Estações de Tratamento de Esgoto é possível determinar o tipo de processamento e tratamento. Os lodos podem exibir características indesejáveis, como instabilidade biológica, possibilidade de transmissão de patógenos e grandes volumes.

O principal objetivo do tratamento de lodo é gerar um produto mais estável e com menor volume para facilitar seu manuseio e, conseqüentemente, reduzir os custos nos processos subsequentes.

Na Tabela 17 estão apresentados os principais tipos de tratamento e os processos físicos, químicos e biológicos para os Lodos das ETE's.

Tabela 17: Tratamento dos Lodos das ETE's

Tratamento	Processo	Objetivo
ADENSAMENTO	Por Gravidade	Redução de volume.
	Flotação	
	Centrifugação	
ESTABILIZAÇÃO	Digestão Anaeróbica	Estabilização, redução de sólidos
	Digestão Aeróbica	
	Compostagem	Reciclagem, redução de volume
	Estabilização Química	Estabilização.
	Tratamento Térmico	
DESAGUAMENTO	Filtro Prensa	Redução de volume
	Prensa Centrifugadora	
	Centrifuga	
	Leito De Secagem	
	Lagoas De Lodo	Armazenamento, redução de volume

Fonte: PERS (2013)

5.5.3. DESTINAÇÃO DE LODO

Na tabela a seguir são apresentadas as alternativas existentes de destinação final dos lodos das ETE's.

Tabela 18: Alternativas Existentes para Destinação Final dos Lodos das ETE's

Alternativas	Processo	Destino
RECICLAGEM NA AGRICULTURA	Qualquer uma das estabelecidas no Anexo 1 da RESOLUÇÃO CONAMA n° 375/06, retificada pela Resolução CONAMA n° 380/06, que define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.	Como fertilizante orgânico
		Recuperação de solos em áreas degradadas
REAPROVEITAMENTO INDUSTRIAL	Os processos de tratamento podem variar conforme a tipologia do lodo e o reaproveitamento industrial selecionado, mas normalmente será um ou vários dos processos expostos na Tabela 6.1-1: Tratamento de Lodos.	Produção de agregados leves
		Fabricação de tijolos e cerâmica
	Blendagem	Produção de cimento (Coprocessamento)
INCINERAÇÃO	Blendagem	Coincinerção
DISPOSIÇÃO FINAL EM ATERROS	Estabilização Cálca	Codisposição em Aterros sanitários (lodos não perigosos)
	Redução química de geração de lodo	
	Secagem Térmica	
	Sem processo	Codisposição em Aterros classe I (lodos perigosos)

Fonte: PERS (2013)

Cabe expor que a procura de uma solução alternativa de destinação final do lodo das ETE's deve levar em consideração as características físico-químicas e a capacidade de reuso deste em diversas áreas.

Além disso, como o lodo da ETE sai com teores de umidade acima de 80%, é imprescindível que se reduza este valor para abaixo de 40% com vistas a evitar transtornos nas operações de espalhamento e compactação realizadas nos aterros sanitários.

Segundo informações fornecidas pelos municípios, o lodo das estações de tratamento de esgoto (ETE's) possuem a mesma destinação dos RSU metropolitanos, sendo encaminhados para os aterros sanitários das Centrais de Tratamento de Resíduos, após processo de secagem.

De acordo com os dados gerados através do Sistema de Manifesto de Resíduos do INEA, no período de 01/01/2022 a 31/12/2022, foram dispostos em unidades licenciadas 114.161 toneladas de lodo das Estações de Tratamento de Esgoto provenientes da Região Metropolitana.

5.6. ECOBARREIRAS - PROTEÇÃO PARA LIXO FLUTUANTE

Devido ao crescimento urbano desordenado, vários rios na RMRJ entre outros, foram transformados em valões de esgoto e lixo.

Milhares de toneladas de lixo descem dos rios em direção à baía de Guanabara, lagoas e praias, principalmente em períodos de chuva.

O Governo do Estado do Rio de Janeiro, através da SEAS - Secretaria do Ambiente e Sustentabilidade e do INEA - Instituto Estadual do Ambiente, adota a instalações das denominadas “ecobarreiras” em mananciais estratégicos que desaguam na Baía da Guanabara, em praias ou lagoas do Estado.

Esta medida já é adotada há vários anos e tem por objetivo reduzir a chegada de resíduos flutuantes aos diferentes corpos hídricos da Região Metropolitana, como o complexo lagunar da Barra da Tijuca, no Rio de Janeiro.

As “ecobarreiras”, assim denominadas, são estruturas flutuantes, de aço galvanizado e fixadas em estrutura de concreto e instaladas transversalmente em mananciais, e objetivam o bloqueio do escoamento de parte dos resíduos sólidos flutuantes que são compostos, principalmente, por materiais plásticos e descartáveis.

Estes materiais, ao serem descartados nos caminhos das águas, causam consequências ambientais desagradáveis e perigosas, como o aumento da velocidade de assoreamento, contaminação microbiana, desequilíbrio da flora e fauna, odores e alteração do sistema de circulação das águas, além de afetar visualmente o ambiente.

Em março deste corrente ano foi iniciada pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro a instalação de dezessete “ecobarreiras” em rios que desaguam na Baía de Guanabara. Dentre os pontos, há três de maior relevância, que são os principais responsáveis pelo deságue de resíduos na Baía de Guanabara, são eles: Rio Pavuna-Meriti, o Canal do Cunha e o Rio Sarapuí.

Com este bloqueio, por meio de máquinas e barcos, os resíduos ali acumulados, cerca de 1.200 toneladas por mês que teriam seu despejo na Baía de Guanabara, são recolhidos e encaminhados para Centros de Tratamento de Resíduos – CTR’s da RMRJ para destinação final adequada.

FONTES: 2023 - INEA, Agência Brasil EBC, YouTube, Globo.com Jornal TV RJ1 (pesquisa ENGECONSULT - PMetGIRS)

5.7. CUSTOS DIRETOS E INDIRETOS

5.7.1. CUSTOS DIRETOS

Para análise dos custos diretos e indiretos foi feito um levantamento pelo SNIS (2021), com confirmação de alguns dados pelo questionário Engeconsult (2022), das despesas com os serviços de coleta, gestão e manejo de Resíduos Sólidos Domiciliares (RDO) e Resíduos Sólidos Públicos (RPU). As informações referentes aos RCC constam no item 0 e aos RSS constam no item 5.4.

A Tabela 19 demonstra o levantamento realizado sobre a coleta de RSU em cada município, apresentando as despesas com o serviço de coleta por agentes públicos e privados.

A análise dos dados dos Municípios Metropolitanos, com base nas informações do SNIS (2021) e do IBGE (2021), demonstra que há variações significativas no custo de coleta de resíduos por habitante entre os municípios.

Por exemplo, o município de Duque de Caxias apresenta o maior custo de coleta de resíduos por habitante (R\$ 128,70 /hab.), enquanto Magé apresenta o menor custo (R\$ 6,68 /hab.).

É importante mencionar que as variações no custo da coleta podem ser causadas por diferentes fatores, como a densidade populacional, a estrutura dos sistemas de coleta de lixo dos municípios, as características físicas do local e o contrato de fornecimento do serviço por parte dos municípios.

Por exemplo, o número de caminhões compactadores usados na coleta, a presença de estações de transferência de resíduos e se o município possui rodovias cortando seu território com presença de praças de pedágio, são fatores diretamente relacionados à logística e ao custo da operação.

Tabela 19: Despesa Anual com a Coleta de RDO e RPU

Despesas com o serviço de coleta de RDO e RPU dos municípios da RMRJ				
Município	Despesas dos agentes públicos (R\$/ano)	Despesa com agentes privados (R\$/ano)	Despesa Total (R\$/ano)	Custo por habitante (R\$/hab.)
Belford Roxo	0,00	29.000.000,00	29.000.000,00	56,28
Cachoeiras de Macacu	220.000,00	3.246.980,00	3.466.980,00	58,12
Duque de Caxias	0,00	119.617.786,34	119.617.786,34	128,70
Guapimirim	N/D	N/D	N/D	N/D
Itaboraí	87.264,00	8.206.323,70	8.293.587,70	33,93
Itaguaí	0,00	14.648.083,00	14.648.083,00	107,28
Japeri	20.600,00	4.720.636,80	4.741.236,80	44,60
Magé	133.804,80	1.520.334,98	1.654.139,78	6,68
Maricá	0,00	12.122.348,71	12.122.348,71	72,30
Mesquita	0,00	6.370.935,30	6.370.935,30	35,99
Nilópolis	0,00	7.425.168,90	7.425.168,90	45,58
Niterói	5.950.607,37	24.234.741,05	30.185.348,42	58,39
Nova Iguaçu	0,00	49.117.919,00	49.117.919,00	59,51
Paracambi	421.982,00	0,00	421.982,00	7,95
Petrópolis	4.835.422,48	13.029.713,29	17.865.135,77	58,17
Queimados	0,00	7.798.173,83	7.798.173,83	51,20
Rio Bonito	0,00	3.471.998,93	3.471.998,93	56,98
Rio de Janeiro	317.266.867,56	249.205.761,41	566.472.628,97	83,61
São Gonçalo	0,00	46.727.079,38	46.727.079,38	42,54
São João de Meriti	19.697.491,74	759.255,88	20.456.747,62	43,21
Seropédica	N/D	N/D	N/D	N/D
Tanguá	0,00	2.316.561,24	2.316.561,24	66,38

N/D – Não declarado

Fonte: SNIS (2021)

Quanto ao manejo do RSU, na Tabela 20 são apresentadas as despesas totais com a coleta, a gestão e o transporte dos resíduos até as Centrais de Tratamento de Resíduos.

Por similaridade, dentro das operações de limpeza urbana e do tratamento do RSU entre os entes metropolitanos, é possível extrapolar os percentuais do município do Rio de Janeiro para a Região Metropolitana como um todo. Logo, os valores de cada município podem ser obtidos a partir dos percentuais apresentados e dos valores da despesa total com serviços de manejo de RSU.

Tabela 20: Despesas Totais com Manejo de RSU na RMRJ

Município	Despesa total com serviços de manejo de RSU (R\$)
Belford Roxo	32.010.397,76
Cachoeiras de Macacu	5.662.922,00
Duque de Caxias	195.340.919,54
Guapimirim	N/D
Itaboraí	13.764.470,10
Itaguaí	20.815.473,29
Japeri	10.019.238,10
Magé	7.956.514,65
Maricá	59.402.324,13
Mesquita	11.186.426,30
Nilópolis	17.133.044,82
Niterói	273.275.031,32
Nova Iguaçu	107.990.475,00
Paracambi	984.909,80
Petrópolis	36.141.428,09
Queimados	17.362.713,84
Rio Bonito	5.977.598,67
Rio de Janeiro	2.026.525.433,20
São Gonçalo	58.935.754,20
São João de Meriti	28.061.115,42
Seropédica	1.511.000,00
Tanguá	5.708.969,44

N/D – Não declarado

Fonte: SNIS (2021)

A estrutura de gestão, a distância até a destinação final, a presença de estações de transbordo e a quantidade de resíduos gerados influenciam diretamente no valor das despesas apresentadas por cada município. Como o manejo engloba a coleta dos resíduos, as despesas também variam pelos motivos já descritos.

5.7.2. CUSTOS INDIRETOS

Por falta de informações disponibilizadas sobre os custos indiretos dos municípios, foram utilizadas as informações do Relatório de Detalhamento de Despesas da Secretaria Municipal da Casa Civil do Rio de Janeiro – Unidade: COMLURB, publicada no Portal da Transparência do município para o ano exercício de 2019. E a partir desses dados foi extrapolada uma estimativa para os vinte e dois municípios focando nas principais fontes de custo.

Na Tabela 21 são apresentados os custos indiretos de limpeza urbana, com seus percentuais dentro do valor total.

Tabela 21: Custos Indiretos de Limpeza Urbana – COMLURB 2019

DETALHAMENTO DAS DESPESAS		R\$/ANO	%
1	Provisão de gastos com pessoal – Adm. Indireta	1.128.175.000,00	58,05
2	Despesas obrigatórias e outros custeios – Adm. Indireta	337.896.000,00	17,39
3	Remoção e transporte de resíduos sólidos urbanos	212.318.775,18	10,92
	Remoção e transporte de resíduos sólidos urbanos seletivos	6.014.351,06	0,31
4	Tratamento e destinação final sustentável	146.576.637,00	7,54
5	Apoio administrativo – Adm. Indireta	58.986.198,84	3,04
6	Sentenças Judiciais e Precatórias	17.586.304,00	0,90
7	Manejo da arborização urbana em áreas públicas	8.731.238,00	0,45
8	Concessionárias de serviços públicos – Adm. Indireta	7.626.738,00	0,39
9	Limpeza e coleta de resíduos em comunidades carentes	7.012.489,45	0,36
10	Manutenção e desenvolvimento da informática – Adm. Indireta	5.751.032,30	0,30
11	Concessionária de energia elétrica – Adm. Indireta	4.049.678,00	0,21
12	Fiscalização intensificada – Lei de limpeza urbana	1.772.336,82	0,09
13	Recuperação e readequação das instalações prediais	1.003.488,00	0,05
14	Obras e instalações	3.000,00	0,00
TOTAL		1.943.503.266,65	100,00

Fonte: Portal da Transparência – COMLURB (2019)

Os dois itens de “Remoção e Transporte de Resíduos Sólidos Urbanos” serão considerados como um único item chamado “Logística do RSU”. Como os quatro primeiros itens representam 94,21% do todo, os demais, com valores menos representativos, serão agrupados como “Outras despesas”.

Portanto, pode-se resumir as despesas como na tabela abaixo.

Tabela 22: Resumo de Despesas – COMLURB

RESUMO DE DESPESAS		%
1	Gastos com pessoal	58,05
2	Despesas obrigatórias e outros custeios	17,39
3	Logística de RSU	11,23
4	Tratamento e destinação final	7,54
5	Outras despesas	5,79
TOTAL		100%

Fonte: Portal da Transparência – COMLURB (2019)

Onde:

- **Gasto com Pessoal:** custos com a folha salarial e encargos para a operação integral da limpeza urbana e tratamento do RSU, da coleta até destinação final;
- **Despesas Obrigatórias e Custeios:** energia elétrica, manutenção de equipamentos, insumos diversos, etc.;
- **Logística do RSU:** transporte do RSU;
- **Tratamento e Destinação Final:** aterros sanitários;
- **Outras Despesas:** custos diversos.

5.7.3. TARIFAS PÚBLICAS PRATICADAS POR MUNICÍPIO

O §2º do Art. 35 da Lei nº 14.026/2020 impõe a obrigatoriedade de cobrança de taxas ou tarifas referentes ao serviço de limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, caso não ocorra, configura renúncia fiscal.

A Taxa de Coleta Domiciliar de Lixo – TCL é cobrada em vinte dos vinte e dois municípios através do Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU, apenas Queimados e Nilópolis não realizam a cobrança.

Para evitar a inadimplência associada ao IPTU, muitos municípios estão estudando a possibilidade de cobrar a TCL junto com a conta de luz ou de água, mas tal possibilidade ainda está sendo questionada por razões jurídicas.

Apesar de no SNIS 2021 constar que Mesquita também não possui TCL, foi comprovado durante a realização dos seminários que a taxa é cobrada através do IPTU e que houve um erro no lançamento dos dados. A Tabela 23 apresenta a modalidade de cobrança da taxa dos serviços de gestão e manejo do RSU.

Tabela 23: Cobrança da Taxa de Manejo de RSU na RMRJ

Município	Cobrança da Taxa de Coleta Domiciliar de Lixo	Principal forma adotada
Belford Roxo	Sim	IPTU
Cachoeiras de Macacu	Sim	IPTU
Duque de Caxias	Sim	IPTU
Guapimirim	Sim	IPTU
Itaboraí	Sim	IPTU
Itaguaí	Sim	IPTU
Japeri	Sim	IPTU
Magé	Sim	IPTU
Maricá	Sim	IPTU
Mesquita	Sim	IPTU
Nilópolis	Não	-
Niterói	Sim	IPTU
Nova Iguaçu	Sim	IPTU
Paracambi	Sim	IPTU
Petrópolis	Sim	IPTU
Queimados	Não	-
Rio Bonito	Sim	IPTU
Rio de Janeiro	Sim	IPTU
São Gonçalo	Sim	IPTU
São João de Meriti	Sim	IPTU
Seropédica	Sim	IPTU
Tanguá	Sim	IPTU

Fonte: Adaptado do SNIS (2021)

Quanto ao manejo do RSU, na Tabela 24 é apresentada uma análise do total arrecadado com as taxas e tarifas cobradas em relação às despesas totais com a coleta, a gestão e o transporte dos resíduos até as CTR's.

Tabela 24: Arrecadação e Despesas Totais com Manejo de RSU na RMRJ

Município	Despesa Total com Serviços de Manejo de RSU (R\$)	Receita Arrecadada com a Taxa de Coleta Domiciliar de Lixo (R\$)	Arrecadação / Gasto (%)
Belford Roxo	32.010.397,76	4.000.000,00	12%
Cachoeiras de Macacu	5.662.922,00	2.005.649,66	35%
Duque de Caxias	195.340.919,54	18.261.776,90	9%
Guapimirim	N/D	N/D	N/D
Itaboraí	13.764.470,10	5.211.746,67	38%
Itaguaí	20.815.473,29	3.273.908,00	16%
Japeri	10.019.238,10	617.500,76	6%
Magé	7.956.514,65	4.166.183,77	52%
Maricá	59.402.324,13	6.189.826,92	10%
Mesquita	11.186.426,30	N/D	N/D
Nilópolis	17.133.044,82	N/D	N/D
Niterói	273.275.031,32	273.275.031,32	100%
Nova Iguaçu	107.990.475,00	16.592.723,00	15%
Paracambi	984.909,80	225.173,56	23%
Petrópolis	36.141.428,09	24.702.521,08	68%
Queimados	17.362.713,84	N/D	N/D
Rio Bonito	5.977.598,67	644.265,00	11%
Rio de Janeiro	2.026.525.433,20	2.041.133.872,17	101%
São Gonçalo	58.935.754,20	18.687.288,00	32%
São João de Meriti	28.061.115,42	8.528.097,21	30%
Seropédica	1.511.000,00	393.533,80	26%
Tanguá	5.708.969,44	519.636,25	9%

N/D – Não declarado

Fonte: SNIS (2021)

Apenas Rio de Janeiro e Niterói arrecadam o suficiente para cobrir as despesas com o manejo do RSU. Nilópolis e Queimados não possuem cobrança pelo serviço e, conseqüentemente, não possuem arrecadação. Guapimirim e Mesquita não declararam valores no SNIS (2021), nem no questionário enviado.

Durante os eventos realizados com representantes das secretarias, foi informada a existência de uma alta taxa de inadimplência do IPTU em diversos municípios da RMRJ. Porém, não foi possível obter valores específicos dessa inadimplência para análise e comparação com a baixa arrecadação da TCL.

Para cálculo da TCL cada município utiliza sua própria fórmula com coeficientes específicos, podendo aplicar diferentes modificadores: por bairro, por área ocupada (m²) e por tipo de imóvel (residencial, comercial, industrial ou terreno). O resultado dessa conta é aplicado sobre uma Unidade Fiscal de Referência – UFIR que varia ao longo do tempo.

Não foi possível gerar uma tabela comparativa com o valor cobrado por cada município, pois não existe uma fórmula padrão de cobrança e por alguns municípios possuem suas próprias unidades fiscais de referência, dificultando ainda mais a comparação dos valores.

A seguir serão apresentados os valores e/ou as bases de cálculo das Taxas e Tarifas de Manejo de Resíduos Sólidos dos municípios de Duque de Caxias, Itaguaí, Japeri, Magé, Paracambi, Tanguá, Petrópolis, Guapimirim e Seropédica.

Os dados apresentados foram enviados por representantes das secretarias ou empresas de coleta dos municípios, após contato da Engeconsult. Os demais municípios não enviaram resposta até a data de conclusão deste documento.

- **MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS**

No município de Duque de Caxias, são utilizados os coeficientes a seguir para cálculo da TCL, expressos em Valor de Referência – VR, cujo valor, no ano de 2018, era de R\$ 2,39, corrigido anualmente pela variação do IPCA:

I – Por unidade residencial, localizada nas Zonas 1 e 2 do 1º Distrito:	
a) até 30 m ²	24
b) acima de 30 m ² até 70 m ²	40
c) acima de 70 m ² até 100 m ²	66
d) acima de 100 m ² até 150 m ²	96
e) acima de 150 m ²	120

II – Por unidade residencial, localizada nas demais Zonas do 1º Distrito:	
a) até 30 m².....	12
b) acima de 30 m² até 70 m².....	16
c) acima de 70 m² até 100 m².....	24
d) acima de 100 m² até 150 m².....	40
e) acima de 150 m².....	48
III – Por unidade residencial localizada nos demais Distritos:	
a) até 30 m².....	8
b) acima de 30 m² até 70 m².....	12
c) acima de 70 m² até 100 m².....	20
d) acima de 100 m² até 150 m².....	32
e) acima de 150 m².....	40
IV – Por unidade comercial ou prestadora de serviços localizada nas Zonas 1 e 2 do 1º Distrito:	
a) até 50 m².....	60
b) acima de 50 m² até 100 m².....	120
c) acima de 100 m² até 200 m².....	240
d) acima de 200 m² até 400 m².....	480
e) acima de 400 m² até 800 m².....	960
f) acima de 800 m².....	1200
V – Por unidade comercial ou prestadora de serviços localizada nas demais Zonas do 1º Distrito:	
a) até 50 m².....	40
b) acima de 50 m² até 100 m².....	80
c) acima de 100 m² até 200 m².....	160
d) acima de 200 m² até 400 m².....	320
e) acima de 400 m² até 800 m².....	640
f) acima de 800 m².....	780
VI – Por unidade comercial ou prestadora de serviços localizada nos demais Distritos:	
a) até 50 m².....	32
b) acima de 50 m² até 100 m².....	64
c) acima de 100 m² até 200 m².....	128
d) acima de 200 m² até 400 m².....	256
e) acima de 400 m² até 800 m².....	512
f) acima de 800 m².....	600

VII – Por unidade industrial:

a)	até 250 m ²	500
b)	acima de 250 m ² até 500 m ²	1000
c)	acima de 500 m ² até 750 m ²	1500
d)	acima de 750 m ² até 1000 m ²	2000
e)	acima de 1000 m ²	2500

Aplicando-se à relação acima o valor do VR, observa-se que a Taxa de Coleta de Lixo, varia, para imóveis residenciais, entre R\$ 19,12 até o máximo de R\$ 286,80 a depender da área e da localização.

Para imóveis de uso comercial, entre R\$ 76,48 e R\$ 2.868,00, também dependendo da área e da localização; e para imóveis de uso industrial, os valores variam entre R\$ 1.195,00 e R\$ 5.975,00, a depender apenas da área total.

• **MUNICÍPIO DE ITAGUAÍ**

No município de Itaguaí a base de cálculo da taxa de manejo de resíduos sólidos é determinada da seguinte forma:

I – Residencial:

- a) Até 40m² - isento;
- b) Área edificada x 0,60 x 0,47 UFIR;

II – Não Residencial:

- a) Área edificada x 0,60 x 1,41 UFIR;

III – Unidades Agropecuárias:

- a) Área edificada x 0,60 x 0,35 UFIR;

IV – Unidades Industriais:

- a) Área edificada x 0,60 x 0,45 UFIR.

• **MUNICÍPIO DE JAPERI**

No município de Japeri os valores em UFIR determinados para os tipos de atividades constam na Tabela 25, assim como os valores em reais, considerando o valor da UFIR para 2023, de R\$ 4,33.

Tabela 25: Valor - UFIR por Tipo de Descrição

Descrição	Valor em UFIR	Valor em R\$
Residencial	19,28	R\$ 83,54
Comércio/Indústria B1	173,52	R\$ 751,84
Comércio/Indústria B2	108,00	R\$ 467,95
Escritório C1	19,28	R\$ 83,54
Consultórios C2	38,56	R\$ 167,08
Outros C3	23,00	R\$ 99,66

Fonte: Prefeitura Municipal de Japeri (2022)

• MUNICÍPIO DE MAGÉ

As informações sobre a taxa de manejo de resíduos sólidos do município foram obtidas através de dados da Secretaria Municipal de Fazenda de Magé (2020), conforme apresentado na Figura 18.

Figura 18: Valores das Taxas de Manejo de Resíduos Sólidos do Município de Magé

Tabela 12 – Imóveis Residenciais	
Área	Exercício de 2020
Até 75 m ²	R\$ 47,27
De 75,01 m ² a 150 m ²	R\$ 65,43
De 150,01 m ² a 250 m ²	R\$ 130,89
De 250,01 m ² a 350 m ²	R\$ 196,34
De 350,01 m ² em diante	R\$ 263,51

Fonte: Secretaria Municipal de Fazenda (2020)

Tabela 13 – Imóveis Comerciais	
Área	Exercício de 2020
Até 75 m ²	R\$ 80,89
De 75,01 m ² a 150 m ²	R\$ 181,75
De 150,01 m ² a 250 m ²	R\$ 284,00
De 250,01 m ² a 350 m ²	R\$ 327,15
De 350,01 m ² a 500 m ²	R\$ 508,93
De 500,01 m ² em diante	R\$ 654,34

Fonte: Secretaria Municipal de Fazenda (2020)

Tabela 14 – Imóveis Industriais	
Área	Exercício de 2020
Até 75 m ²	R\$ 87,73
De 75,01 m ² a 150 m ²	R\$ 165,45
De 150,01 m ² a 250 m ²	R\$ 248,19
De 250,01 m ² a 350 m ²	R\$ 330,91
De 350,01 m ² a 500 m ²	R\$ 514,77
De 500,01 m ² a 1000 m ²	R\$ 661,84

De 1000,01 m ² a 1500 m ²	R\$ 845,68
De 1500,01 em diante	R\$ 996,43

Fonte: Secretaria Municipal de Fazenda (2020)

Tabela 15 – Imóveis hospitalares ou congêneres	
Área	Exercício de 2020
Até 75 m ²	R\$ 165,45
De 75,01 m ² a 150 m ²	R\$ 303,91
De 150,01 m ² a 250 m ²	R\$ 496,39
De 250,01 m ² a 350 m ²	R\$ 681,84
De 350,01 m ² a 500 m ²	R\$ 996,43
De 500,01 m ² a 1000 m ²	R\$ 1.323,69
De 1000,01 m ² a 1500 m ²	R\$ 1.661,96
De 1500,01 em diante	R\$ 1.992,86

Fonte: Secretaria Municipal de Fazenda (2020)

Tabela 16 – Imóveis Territoriais	
Área	Exercício de 2020
Até 75 m ²	R\$ 27,58
De 75,01 m ² a 150 m ²	R\$ 33,09
De 150,01 m ² a 250 m ²	R\$ 65,43
De 250,01 m ² a 350 m ²	R\$ 107,24
De 350,01 m ² em diante	R\$ 132,70

Fonte: Secretaria Municipal de Fazenda (2020)

Fonte: Secretaria Municipal de Fazenda de Magé (2020)

- **MUNICÍPIO DE PARACAMBI**

A Lei Municipal nº 773, de 05 de abril de 2005, dispõe sobre alteração da tabela referente à Taxa de Manejo de Resíduos Sólidos, conforme descrito abaixo.

Tabela 26: Taxa de Manejo de Resíduos Sólidos - Paracambi

Taxa de Coleta de Lixo		
Imóveis edificados Faixa de Área	UFIR Residencial	N/Residencial
Até 70 m ² e fração	5,46	24,59
De 71 a 200 m ² e fração	16,39	81,99
De 201 a 400 m ² e fração	68,32	218,64
De 502 e, diante	136,65	409,95

Fonte: Lei Municipal nº 773, de 05 de abril de 2005

- **MUNICÍPIO DE TANGUÁ**

As informações sobre a taxa de manejo de resíduos sólidos do município de Tanguá estão descritas a seguir.

A Unidade Fiscal do Município de Tanguá é denominada de UFITAN e tem seu valor fixado em R\$ 25,04.

CÓDIGO TRIBUTÁRIO MUNICIPAL

- a) Residencial popular:3 (três) UFITAN;
- b) Residencial / Religioso:..... 6 (seis) UFITAN;
- c) Comercial Pequeno Porte: 5 (cinco) UFITAN;
- d) Comercial:..... 10 (dez) UFITAN;
- e) Prestador de serviços pequeno porte:8 (oito) UFITAN;
- f) Prestador de serviços:14 (quatorze) UFITAN;
- g) Hospitais, laboratórios e assemelhados: 20 (vinte) UFITAN;
- h) Industrial:20 (vinte) UFITAN.

- **MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS**

Na Figura 19, constam as informações para cálculo da taxa de manejo de resíduo sólidos dos imóveis residenciais, comerciais, industriais e hospitalares do município de Petrópolis.

Figura 19: Taxa de Manejo de Resíduos Sólidos - Petrópolis

I	IMÓVEL RESIDENCIAL	
	Até 75m ²	0,07
	De 76m ² a 150m ²	0,20
	De 151m ² a 250m ²	0,40
	De 251m ² a 350m ²	0,60
	De 351m ² em diante	0,80
II	IMÓVEL COMERCIAL	
	Até 75m ²	0,25
	De 76m ² a 150m ²	0,50
	De 151m ² a 250m ²	0,75
	De 251m ² a 350m ²	1,00
	De 351m ² a 500	1,50
	De 501m ² em diante	2,00
III	IMÓVEL INDUSTRIAL	
	Até 75m ²	0,25
	De 76m ² a 150m ²	0,50
	De 151m ² a 250m ²	0,75
	De 251m ² a 350m ²	1,0
	De 351m ² a 500	1,5
	De 501m ² a 1000m ²	2,0
	De 1001m ² a 1500m ²	2,5
	De 1501m ² em diante	3,0
IV	IMÓVEL HOSPITALAR E CONGÊNERES	
	Até 75m ²	0,5
	De 76m ² a 150m ²	1,0
	De 151m ² a 250m ²	1,5
	De 251m ² a 350m ²	2,0
	De 351m ² a 500m ²	3,0
	De 501m ² a 1000m ²	4,0
	De 1001m ² a 1500m ²	5,0
	De 1501m ² em diante	6,0
V	FEIRANTES, PARQUES, CIRCOS E EXPOSIÇÕES, P/ M² E P/MÊS	0,03

Fonte: Lei Municipal nº 3.970, de 17 de dezembro de 1978

- **MUNICÍPIO DE GUAPIMIRIM**

Para o município de Guapimirim a única informação obtida para a Taxa de Manejo de Resíduos Sólidos foi o valor R\$ 85,00, declarado por membros da Secretaria Municipal do Ambiente e Sustentabilidade.

- **MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA**

Na Figura 20 são apresentadas as taxas de manejo de resíduos do município de Seropédica.

Figura 20: Taxa de Coleta e Remoção de Lixo de Seropédica

TABELA XIV - TAXA DE COLETA E REMOÇÃO DE LIXO
--

UFIMIS 2023 - R\$ 151,63

	UFIMS	REAL
Coleta de lixo ou remoção de entulho requerida – Por carga de veículos da Prefeitura	0,25	R\$ 37,91
Coleta de Lixo em imóvel residencial – Por unidade e por ano	0,30	R\$ 45,49
Coleta de Lixo em imóvel não residencial – Por unidade e por ano		
Em sala utilizada para escritório, consultório e similares.	0,40	R\$ 60,65
Em sala utilizada para comércio e prestação de serviço.	0,50	R\$ 75,82
Em imóvel destinado à indústria.	2,00	R\$ 303,26
Em imóvel utilizado para atividade de hospital, casa de saúde, sanatório e similares.	10,00	R\$ 1.516,30
Em imóvel (loja, prédio, galpão e similares) destinado ao comércio ou prestação de serviços.	1,50	R\$ 227,45
Em imóvel para demais atividades na área médica(clínicas em geral, laboratórios em geral e similares).	4,00	R\$ 606,52

Fonte: Prefeitura Municipal de Seropédica (2023)

5.8. ESTIMATIVA DE CUSTOS E RECURSOS FINANCEIROS E TARIFAS PÚBLICAS

O capítulo V do Plano Nacional de Resíduos Sólidos estipula seis metas para o tratamento de resíduos a serem atingidas até 2031.

Para atingi-las é necessário o engajamento das três esferas do governo, além de parcerias entre organizações públicas e privadas. Para os RSU, tem-se as metas definidas na Tabela 27.

Tabela 27: Metas para o Tratamento do RSU

Meta nº	Descrição da meta	Ano de atingimento da meta
1	Eliminação dos lixões	2014
2	Reabilitação de lixões	Após 2031
3	Redução dos resíduos recicláveis secos dispostos em aterros sanitários	Após 2031
4	Redução do percentual de resíduos úmidos dispostos em aterros	Após 2031
5	Recuperação de gases de aterros sanitários	300 MW/h em 2031
6	Inclusão e organização de 600.000 catadores	2031

Fonte: ABRELPE (2015)

Segundo estudos realizados pela ABRELPE, ao considerar a realidade brasileira as alternativas mais adequadas e com maiores chances de sucesso para atingir as metas propostas são: sistemas de triagem, aterros sanitários, compostagem, reciclagem, recuperação energética por tratamento térmico e biogás.

Para definição dessas alternativas, é necessário que o primeiro passo a ser realizado seja uma coleta seletiva eficaz. Sem ela, as opções de reciclagem e compostagem deixam de ser opções viáveis. Assim, o primeiro custo a ser considerado é o custo com o sistema de triagem para resíduos sólidos secos, conforme tabela a seguir.

Tabela 28: Custos de Instalação e Operação de Galpões de Triagem e Beneficiamento Primário

Custos de Triagem (R\$/t)		
Faixa de População	CAPEX	OPEX
De 30 mil a 100 mil	R\$ 71,50	R\$ 794,70
De 100 mil a 2,5 milhões	R\$ 36,00	R\$ 596,80
Acima de 2,5 milhões	R\$ 25,60	R\$ 419,00

Fonte: ABRELPE (2015)

Embora os resíduos urbanos no Brasil possuam uma grande parcela de matéria orgânica, as técnicas de compostagem ainda são pouco utilizadas no país, pelo processo necessitar de uma gestão técnica e monitoramento constante.

A partir do tratamento da matéria orgânica, são gerados compostos que podem ser comercializados para uso em jardinagem e silvicultura, por exemplo. Os custos estimados para compostagem estão na Tabela 29.

Tabela 29: Custos de Instalação e Operação para Unidades de Compostagem

Custos de Compostagem (R\$/t)		
Faixa de População	CAPEX	OPEX
De 30 mil a 250 mil	R\$ 3,00	R\$ 90,00
De 250 mil a 1,0 milhão	R\$ 5,50	R\$ 70,00
Acima de 1,0 milhão	R\$ 3,08	R\$ 45,00

Fonte: BNDES (2014)

Após a separação da matéria orgânica que deve ser destinada à compostagem, o material inorgânico é levado majoritariamente para os aterros sanitários. Os custos de implantação e operação vão depender de diversos fatores como o tamanho e a localização do terreno, por exemplo, que pode chegar a representar 40% do investimento inicial (ABETRE & FGV, 2009).

A Tabela 30 apresenta os custos para implantação e operação de aterros de pequeno, médio e grande portes, modelados como empreendimento típicos.

Tabela 30: Custos de Instalação e Operação de Aterros Sanitários

Porte	T/dia	CAPEX	OPEX	Total (milhões)
Pequeno	R\$ 100,00	R\$ 6.976.285,00	R\$ 45.468.163,00	R\$ 52,40
Médio	R\$ 800,00	R\$ 30.049.713,00	R\$ 206.485.324,00	R\$ 236,50
Grande	R\$ 2.000,00	R\$ 64.300.115,00	R\$ 461.494.052,00	R\$ 525,80

Fonte: ABETRE & FGV, 2009

Uma etapa adicional para aterros sanitários, é o aproveitamento dos gases gerados no aterro para geração de eletricidade. Essa técnica será abordada de forma mais abrangente nos próximos capítulos e segundo dados do ABRELPE, possui os seguintes custos para instalação:

Tabela 31: Custos para Instalação de Motores Recíprocos de Combustão Interna para Recuperação de Biogás

Tecnologia	CAPEX (R\$/MW)	OPEX (R\$/MWh)
Recuperação do Biogás	3.300.000,00	70,00

Fonte: ABRELPE (2013)

Ainda associado à recuperação energética, é possível ter o tratamento térmico por incineração.

O levantamento desses custos será apresentado no item 8.3.

6. DESTINO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

6.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL

O processamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) está relacionado à sua composição e às atividades para promover uma destinação final ambientalmente adequada dos resíduos domiciliares e urbanos, valorizando iniciativas de reciclagem, de aproveitamento de gás para a geração de energia e de aproveitamento de matéria orgânica. Segundo o Programa Lixão Zero, do Ministério do Meio Ambiente (2021), os resíduos sólidos urbanos no Brasil são constituídos, em média, por 50% de matéria orgânica, 28% de recicláveis secos e 22% de outros rejeitos.

O processamento de RSU na RMRJ se dá em algumas unidades centralizadas de tratamento de resíduos, que concentram uma infraestrutura destinada a promover a disposição final de RSU em aterros sanitários, promovendo o aproveitamento do gás metano (biogás) para a geração de energia, assim como, a reciclagem de resíduos secos e o aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de composto.

Nestes complexos de processamento de resíduos, também se encontram grandes estações de tratamento de chorume, líquido escuro e poluente gerado a partir da decomposição de matéria orgânica, que é transformado em água de reuso.

A reciclagem de resíduos sólidos urbanos vai muito além das centrais de tratamento de resíduos e envolve uma ampla cadeia produtiva que abrange processos de coleta seletiva, transporte e triagem, beneficiamento primário e pré-industrial, transformação e reutilização como matéria prima da indústria.

Neste conjunto de atividades, encontram-se uma série de agentes, onde se destaca a importância social, por meio da participação de catadores de recicláveis, cooperativas e comerciantes de pequeno porte que são a base da pirâmide da reciclagem de resíduos sólidos.

A reciclagem de RSU ainda não processa toda a parcela de resíduos secos, o que indica uma necessidade de aperfeiçoamento das iniciativas do setor, considerando a importância ambiental e social desta atividade.

O processamento de resíduos envolve ainda unidades e iniciativas dirigidas para categorias específicas de rejeitos que, embora representem um volume menor que o de RSU, são importantes para a sustentabilidade ambiental e para a saúde da população.

Este grupo abrange os resíduos de construção civil (RCC), os resíduos de serviços de saúde (RSS) e o lodo proveniente de estações de tratamento de esgoto sanitário (ETE's). Além destes, verifica-se a existência de outros grupos de resíduos, oriundos da indústria e atividades como mineração, que não são abordados neste diagnóstico por não terem preponderância para a gestão de RSU.

O diagnóstico das atividades de processamento de resíduos sólidos urbanos é fundamental para a formulação de prognósticos, bem como para a formulação de políticas públicas metropolitanas para este setor.

6.2. CENTRAIS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS (CTR)

As Centrais de Tratamento de Resíduos (CTR) desempenham um papel fundamental no diagnóstico de resíduos sólidos urbanos da RMRJ. A caracterização das CTR's visa identificar a organização institucional, a infraestrutura, as especificidades operacionais, as tecnologias, bem como identificar a capacidade de processamento dessas unidades e sua perspectiva futura.

No que concerne à utilização de índices/indicadores na avaliação da qualidade ambiental de aterros sanitários, foi possível identificar alguns estudos nessa área, sendo estes desenvolvidos em diversos municípios que fizeram uso do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – IQR (CETE'SB, 1997; 2015) - e por conseguinte o Índice de Qualidade de Destinação Final de Resíduos - IQDR-RJ - e o Índice da Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos – IQA (FARIA, 2002).

Em 2013, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) estabeleceu como meta institucional o desenvolvimento do Índice de Qualidade de Destinação Final de Resíduos - IQDR-RJ, muito inspirado no modelo paulista IQR. Esse índice foi concebido com o propósito de compilar indicadores de qualidade altamente rigorosos, com o intuito de aprimorar a supervisão e o acompanhamento das atividades de empresas públicas e privadas responsáveis por aterros sanitários.

O Índice da Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos (IQA), conforme proposto por Faria em 2002 trouxe uma nova abordagem e atualização do IQR paulista. Essa mudança envolveu a incorporação de itens não previamente contemplados, a eliminação de outros e a reorganização da estrutura. A tabela original foi reestruturada englobando um total de 48 indicadores.

Para avaliarmos e quantificarmos cada aterro sanitário da RMRJ pelo IQDR seriam necessários estudos mais elaborados e específicos, de forma a se obter informações mais atuais. Porém, a Tabela 32 apresenta os valores obtidos nos anos de 2013, 2014 e 2015, onde é possível observar que, na escala de 0 a 10 estabelecida, a CTR Seropédica foi a que obteve melhor classificação.

Tabela 32: Valores Consolidados do IQDR no Rio de Janeiro nos Anos de 2013, 2014 e 2015

Aterro	IQDR	IQDR	IQDR	Média IQDR
	2013	2014	2015	
CTR Seropédica	8,4	8,9	9,1	8,8
CTR São Gonçalo	8,4	8,3	8,4	8,4
CTR Itaboraí	9,1	7	8,1	8,1
CTR Nova Iguaçu	8,2	8	7,7	7,9
CTR Belford Roxo	7,9	6,4	6,3	6,9
Aterro de Macaé	8	6,2	5,2	6,5
Aterro de Petrópolis	5,9	6,7	6,7	6,4
Aterro de Niterói	5,8	—*	—*	5,8
Aterro de Gericinó	5,4	—*	—*	5,4
Aterro de Paracambi	4,4	4,2	4,2	4,2

*áreas não avaliadas no período.

Fonte: CUNHA, C (2020)

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro conta com quatro grandes Centrais de Tratamento de Resíduos (CTR) em operação, localizadas nos municípios de Seropédica, Paracambi, Nova Iguaçu e São Gonçalo. Esses quatro municípios recebem o RSU dos demais, sendo o maior volume gerado pelo município do Rio de Janeiro, com o tratamento de 8.179,90 t/dia (SNIS, 2021).

O município de Petrópolis é o único que destina seu RSU para uma Central de Tratamento de Resíduos fora da Região Metropolitana, para a central localizada no município de Três Rios. O município de Magé destina os resíduos para uma célula localizada no próprio município, um vazadouro em remediação.

A Tabela 33 e o Mapa 10 apresentam as Centrais de Tratamento de Resíduos e os municípios que contribuem para cada uma destas unidades.

Tabela 33: Municípios Geradores de RSU e Estações de Tratamento

Municípios	Local de Destino
Belford Roxo, Duque de Caxias, Mesquita, São João de Meriti e Nova Iguaçu	CTR Nova Iguaçu
Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Itaboraí, Maricá, Niterói, São Gonçalo, Rio Bonito e Tanguá	CTR Alcântara - São Gonçalo
Paracambi, Queimados, Nilópolis, Japeri,	CTR Paracambi
Itaguaí, Rio de Janeiro e Seropédica	CTR Seropédica
Petrópolis	CTR Três Rios
Magé	Célula Sanitária de Bongaba Vazadouro em remediação Magé

Fonte: Levantamento Engeconsult (2022)

Durante workshop, realizado pela Engeconsult com representantes dos municípios, foi identificado que a Central de Tratamento de Resíduos de Itaboraí parou de operar em setembro de 2022. Portanto, os municípios que destinavam seus resíduos para Itaboraí passaram a depositá-los na Central de Tratamento de Resíduos de São Gonçalo – CTR Alcântara, aumentando a distância percorrida em aproximadamente 25 km.

Mapa 10: Centrais de Tratamento de Resíduos (CTR's)



Fontes: Mapa Metropolitano do CEPERJ (2019), e Levantamento Engeconsult (2022)

CTR SEROPÉDICA

A Ciclus Ambiental do Brasil S.A., localizada em Seropédica, na Rodovia Raphael de Almeida Magalhães, km 107, é uma das principais operadoras de resíduos sólidos urbanos (RSU) da Região Metropolitana.

Iniciando suas operações em 20 de abril de 2011, a Ciclus estabeleceu-se em uma área de 2.226.000 m², equipada para atender às necessidades de destinação de resíduos de vários municípios. Com uma vida útil estimada em 26 anos, a Central de Tratamento de Resíduos de Seropédica (CTR-Rio) tem a capacidade de processar impressionantes 86 milhões de toneladas de RSU.

Os municípios que atualmente contribuem para esta operação são: Rio de Janeiro, Mangaratiba, Seropédica e Itaguaí. A quantidade de resíduos sólidos urbanos recebidos diariamente na CTR-Rio é de cerca de 9.842 toneladas, demonstrando a escala e a eficiência das operações nesta localidade.

A Ciclus Ambiental foi fundada em 2010 para atender uma concessão da COMLURB – Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro e atua na gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares e de grandes geradores dos municípios do Rio de Janeiro, de Seropédica e de outros municípios do Estado, além de clientes comerciais.

A Central de Tratamento de Resíduos de Seropédica opera a partir de cinco Estações de Transferência de Resíduos (ETR's), localizadas em pontos estratégicos do município do Rio de Janeiro e que contam com uma frota de 113 carretas para o transporte dos resíduos. Os detalhes destas ETR's são fornecidos a seguir.

ETR Caju: Atende a Zona Sul, Centro do Rio, Bonsucesso, Penha, São Cristóvão, Ilha do Governador e Olaria, com capacidade de recebimento de 4.000 toneladas/dia.

ETR Marechal Hermes: Atende Guadalupe, Costa Barro, Acari, Madureira, Cascadura, Coelho Neto, Ricardo de Albuquerque, Vicente de Carvalho, Realengo, Sulacap, Ilha do Governador, Campinho, Vila Valqueire, Penha, Braz de Pina e Vila da Penha, com capacidade de recebimento de 1.000 toneladas/dia.

ETR Bangu: Atende Realengo, Bangu, Vila Aliança, Vila Kennedy, Campo Grande, Santíssimo e Padre Miguel, com capacidade de recebimento de 3.000 t/dia.

ETR Jacarepaguá: Atende Cidade de Deus, Taquara, Barra, Recreio, Rocinha, Jacarepaguá e Anil, com capacidade de recebimento de 1.800 t/dia.

ETR Santa Cruz: Atende Campo Grande, Santa Cruz e Pedra de Guaratiba, com capacidade de recebimento de 2.900 t/dia.

No que diz respeito à produção de energia, a Ciclus tem um projeto para implementar a Unidade de Recuperação Energética (URE) do Caju, que seria a primeira usina com tecnologia Waste-to-Energy (de resíduos para energia) do Brasil. Os resíduos seriam usados como insumo para a geração térmica de energia. A Ciclus Ambiental faz uso de tecnologias de ponta, destacando-se a criação de insumos como água desmineralizada e biogás.

Em relação ao aproveitamento do biogás, a Ciclus coleta o metano produzido pela decomposição dos resíduos para transformá-lo em biogás. Esse biogás é, posteriormente, enviado para uma empresa terceirizada, que produz biocombustíveis para veículos e indústrias. Esse processo ajuda a evitar o lançamento de grandes quantidades de metano na atmosfera, contribuindo para a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa.

Com uma média diária de recebimento de 10.000 toneladas de resíduos, a instalação atende a uma demanda significativa. Com uma vida útil de 26 anos, é projetada para dar suporte sustentado a longo prazo à região. Importante destacar que gera em média 1.000 m³/dia de lixiviado, subproduto líquido altamente poluente de aterros, que é então tratado através de um processo de osmose reversa, uma solução tecnológica eficaz para a descontaminação de águas residuais.

Outro aspecto digno de nota é a produção anual de biogás da instalação, contabilizando 164.250.000 Nm³, um indicativo de sua contribuição para a geração de energia renovável. A CTR-Rio também se destaca em termos de créditos de carbono, tendo gerado 408.619 t de CO₂ no último ano, reforçando seu compromisso com a mitigação das mudanças climáticas, conforme Tabela 34.

Tabela 34: Características CTR Seropédica

INFORMAÇÃO	CTR SEROPÉDICA
Capacidade diária de recebimento de resíduos	10.000 t/dia
Vida Útil	26 anos
Volume geração de lixiviado diário (média)	1000 m ³ /dia
Tecnologia tratamento Chorume	Osmose reversa
Volume gerado de Biogás	164.250.000 Nm ³ /ano
Crédito de Carbono gerado no último ano	408.619 tCO ₂ e

Fonte: Ciclus Ambiental

Durante a etapa de levantamento de dados, foi enviado um ofício solicitando dados financeiros. Entretanto, até o momento de encerramento dessa etapa não foi obtido retorno da empresa, de forma que não foi possível realizar a tempo a análise financeira completa da CTR de Seropédica.

CTR NOVA IGUAÇU

Em Nova Iguaçu, a CTR atualmente pertence à Orizon Valorização de Resíduos SA, embora esteja em operação desde 13 de fevereiro de 2003, numa área de 415.823 m², indicada pelas coordenadas 656046,24 E e 7491663,37 S.

A central foi projetada para tratar cerca de 20 milhões de toneladas de RSU, provenientes dos municípios de Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Mesquita, Belford Roxo e Nilópolis.

De acordo com a Tabela 35, a capacidade diária de recebimento de resíduos da CTR de Nova Iguaçu é de 4.500 toneladas, totalizando uma capacidade anual de 1.620.000 toneladas. Essa quantidade indica que a CTR tem uma ampla capacidade para processar e gerenciar os resíduos gerados na região.

No entanto, a vida útil, atual da CTR é estimada em apenas 11,9 anos. Isso sugere que, apesar de sua alta capacidade de processamento, haverá a necessidade de reestruturação ou expansão do local dentro de um período relativamente curto.

O volume diário médio de lixiviado (ou chorume) gerado é de 749 metros cúbicos. Esse subproduto líquido dos resíduos é tratado por meio de tecnologias de nanofiltração e ultrafiltração, métodos altamente eficazes que separam partículas e contaminantes minúsculos do chorume para um descarte seguro e eficaz.

O volume de biogás produzido no local é de 9.168,40 metros cúbicos por hora, segundo informações da Orizon Valorização de Resíduos. Este é um recurso precioso que pode ser aproveitado para a geração de energia, o que é realizado nesta CTR.

A instalação gera 10,72 megawatts por hora, uma contribuição significativa para a produção de energia sustentável.

Em suma, a CTR de Nova Iguaçu demonstra uma capacidade robusta de processamento de resíduos, além de uma implementação eficaz de tecnologias de tratamento de chorume e de aproveitamento do biogás.

Tabela 35: Características CTR de Nova Iguaçu

INFORMAÇÃO	CTR NOVA IGUAÇU
Capacidade de Recebimento de Resíduos	4.500 t/dia
Capacidade Anual	1.620.000 t/ano
Vida Útil Estimada	11,9 anos
Volume de Lixiviado Gerado por Dia (média)	749 m ³ /dia
Tecnologia Tratamento Chorume	Nanofiltração e ultrafiltração
Volume Gerado de Biogás	9.168,40 Nm ³ /h
Geração de Energia KW/h	10,72 Mw/h

Fonte: Orizon (2023)

Através do ofício enviado à Orizon a mesma forneceu uma visão financeira da Central de Tratamento de Resíduos CTR de Nova Iguaçu como pode-se observar na Tabela 36.

Inicialmente, o custo de implantação de uma nova célula é de R\$ 36,75 por metro quadrado. Isso reflete o investimento necessário para expandir a capacidade do centro, o que pode ser relevante dado o período de vida útil estimado de cerca de 11,9 anos.

O OPEX, ou despesas operacionais por tonelada de resíduo, é de R\$ 38,00. Esse valor indica os custos recorrentes associados ao processamento de cada tonelada de resíduo na CTR.

Uma avaliação mais aprofundada desses custos seria útil para entender melhor a eficiência operacional do centro.

A Tabela 36 também revela que a CTR de Nova Iguaçu gerou 35.712 toneladas de créditos de carbono no último ano. Isso ilustra a contribuição do centro para a mitigação das mudanças climáticas, uma vez que os créditos de carbono representam a redução de emissões de Gases de Efeito Estufa.

Por último, o custo do tratamento do chorume é de R\$ 45,00 por metro cúbico. Este valor reflete o investimento necessário para tratar este subproduto dos resíduos de forma segura e eficaz.

Tabela 36: Dados Financeiros CTR Nova Iguaçu

INFORMAÇÃO	CTR NOVA IGUAÇU
Custo de Implantação de Nova Célula	R\$ 36,75/m ²
OPEX	R\$ 38,00/t
Crédito de Carbono Gerado no Último Ano	35.712 tCO ₂ e
Custo Tratamento de Chorume	R\$ 45,00/m ³

Fonte: Orizon (2023)

CTR SÃO GONÇALO

Outra CTR pertencente também à Orizon Valorização de Resíduos SA, iniciada em 23 de janeiro de 2012, opera numa área de 106.500 m² e é marcada pelas coordenadas 706793,36 E e 7470740,76 S.

Esta CTR foi projetada para tratar aproximadamente 13 milhões de toneladas de RSU. Atendendo aos municípios de Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Itaboraí, Maricá, Niterói, Rio Bonito, São Gonçalo e Tanguá, a central processa uma média diária de 1.407 toneladas de RSU. (INEA, 2012).

A Tabela 37 fornece uma visão abrangente das características da Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de São Gonçalo. Com uma capacidade diária de recebimento de resíduos de 2.500 toneladas e uma capacidade anual de 860.000 toneladas, o centro tem capacidade para tratar uma quantidade substancial de resíduos. No entanto, com uma vida útil estimada de 13 anos e 6 meses, pode haver necessidade de expansão ou renovação no futuro para continuar a atender às demandas de gestão de resíduos.

A produção diária média de lixiviado, um subproduto líquido dos resíduos, é de 516 metros cúbicos. Este lixiviado é tratado através de osmose reversa, uma tecnologia eficaz que utiliza pressão para forçar o lixiviado através de uma membrana semipermeável, resultando em água limpa e um concentrado que retorna à área operacional do aterro sanitário.

Além disso, o centro gera mais de 60 milhões de metros cúbicos de biogás por ano. O biogás é um subproduto gasoso dos resíduos que pode ser utilizado para a produção de energia. No entanto, a tabela não fornece dados sobre a geração de energia em kilowatts por hora na CTR de São Gonçalo.

Tabela 37: Características CTR São Gonçalo

INFORMAÇÃO	CTR SÃO GONÇALO
Capacidade de Recebimento de Resíduos	2.500 t/dia
Capacidade Anual	860.000 t/ano
Vida Útil	13 anos e 6 meses
Volume Geração de Lixiviado Diário (média)	516 m ³ /dia
Tecnologia Tratamento Chorume	Osmose reversa
Volume Gerado de Biogás	60.064.298,04 Nm ³ /ano
Geração de Energia (KW/h)	N/A

Fonte: Orizon (2023)

A Tabela 38 fornece uma perspectiva financeira da Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de São Gonçalo. O custo de implantação de uma nova célula na CTR é de R\$ 35,22/m². Isso sugere um investimento substancial na infraestrutura física do centro.

As operações no local têm um custo operacional, ou OPEX, de R\$ 41,00/t de RSU. Esse custo inclui despesas como manutenção, serviços públicos e salários dos funcionários.

Outro aspecto financeiro importante é o custo do tratamento do chorume, um subproduto líquido do processamento de resíduos. Na CTR de São Gonçalo, o custo de tratamento do chorume é de R\$ 41,00 por metro cúbico, refletindo o investimento necessário para tratar eficazmente este subproduto.

A tabela também mostra que a central gerou 506.948 toneladas de créditos de carbono no último ano. Os créditos de carbono são uma medida de redução de emissões de Gases de Efeito Estufa e podem ser comercializados em mercados de carbono, fornecendo uma possível fonte de receita para o centro.

Tabela 38: Dados Financeiros CTR São Gonçalo

INFORMAÇÃO	CTR SÃO GONÇALO
Custo de Implantação de Nova Célula	R\$ 35,22/m ²
OPEX	R\$ 41,00/t
Crédito de Carbono Gerado no Último Ano	506.948 tCO ₂ e
Custo Tratamento de Chorume	R\$ 41,00/m ³

Fonte: Orizon (2023)

De acordo com as informações fornecidas pela Orizon, é imperativo estabelecer que as capacidades diárias e anuais se referem ao previsto na licença de operação e não necessariamente à capacidade operacional real da unidade, considerando as estruturas e equipamentos disponíveis ou passíveis de utilização.

A vida útil do empreendimento, por sua vez, se refere ao volume em toneladas correspondente ao projeto licenciado, desconsiderando a disponibilidade de área utilizável ou de área adjacente que poderia ser integrada para uma eventual expansão.

Outro aspecto relevante é o volume de geração de lixiviados, que está intimamente relacionado à atual gravimetria e às intempéries ocorridas no período adotado para a medição. Variações decorrentes desses fatores influenciam o volume de geração do lixiviado.

É importante ressaltar que a qualidade da operação pode influenciar diretamente no volume gerado, devido à adequação da cobertura e/ou sistemas de drenagem de águas pluviais.

Os custos de tratamento do lixiviado correspondem às diferentes tecnologias e processos empregados, envolvendo um consumo significativo de energia e insumos, incluindo diversos importados.

O volume gerado de biogás, por sua vez, corresponde ao biogás capturado, independente da pressão, variando de acordo com os diferentes cenários e condições operacionais.

A geração de energia, embora em fase de instalação em São Gonçalo, já é uma realidade em Nova Iguaçu. Nos dois cenários, os investimentos nas estruturas de geração são provenientes de contratos com terceiros que realizam o investimento nos equipamentos e adquirem o biogás após prévio tratamento.

Os custos de implantação e operação são diretamente influenciados por várias características, como a disponibilidade de jazida de argila, custo e disponibilidade de material pétreo, topografia local, consequências do Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental, tipo de solo local, interferências locais, e tipologia dos materiais recebidos.

Os créditos de carbono gerados, reconhecidos por entidades internacionais conforme seus protocolos próprios, são o resultado de um trabalho de longo prazo, baseado nos cenários de implantação das unidades e nas características específicas de cada projeto.

CTR PARACAMBI

A Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de Paracambi é administrada pelo Consórcio Centro Sul I, uma instituição pública criada para oferecer suporte colegiado aos municípios interessados na gestão eficaz dos resíduos sólidos urbanos.

O consórcio iniciou suas atividades no final de 2016 através da assinatura de um contrato de concessão com a CTR Paracambi e visa solucionar coletivamente problemas comuns como a destinação final de resíduos, a implantação do Sistema Público de Coleta Seletiva e a promoção da educação ambiental.

Além disso, apoia os municípios consorciados na obtenção de capacitação técnica e recursos financeiros para a gestão eficiente de resíduos em aterros sanitários e na administração de programas públicos.

No município de Paracambi, a CTR da Concessionária Centro Sul SPE Ltda. desempenha um papel relevante. Com coordenadas 569.457,686 E; e 7.467.163,943 S, a instalação opera numa área de 203.066,51m², com uma vida útil de 15 anos para tratar cerca de 5.666.440 toneladas de RSU.

Atendendo aos municípios de Paracambi, Japeri, Queimados, Mendes e Engenheiro Paulo de Frontin, a Central processa uma média diária de 304 toneladas de RSU.

Além disso, em novembro de 2018 foi licenciada para operar a Unidade de Recepção e Tratamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde, de grupos A, D e E, por sistema de autoclavagem com capacidade de 600 kg/dia. (INEA, 2018).

Atualmente, a Concessionária recebe RSS do Município de Queimados, Japeri e Eng^o Paulo de Frontin. Sendo assim, segundo informações da Concessionária o CTDR recebeu 3.270 kg de RSS no período entre 01/09/22 à 30/09/22 e de 3.340 kg no período entre 01/10/22 a 31/10/22.

Os demais municípios consorciados não levam seus RSS para a CTR de Paracambi, tendo contratado outras empresas para este fim. Segundo a concessionária, este fato desequilibra o Contrato de Concessão, inviabilizando o funcionamento e a manutenção da autoclavagem para uma quantidade tão baixa de RSS, quando a previsão contratual seria de 17 t/mês (AGENERSA, 2022).

A instalação, cujo processamento diário é estimado em torno de 500 toneladas de resíduos, exibe uma vida útil projetada de 16,7 anos, correspondendo a um total de 3.717.861 m³.

Este local se distingue pelo aproveitamento integral do biogás gerado, produzindo uma média anual de 363.458,74 Nm³, que posteriormente é convertido em energia elétrica, resultando em uma média anual de 561,68 MWh.

Curiosamente, a ausência de geração de créditos de carbono se dá pela total conversão do biogás para uso energético, sem sobra para a queima em flare.

O procedimento do lixiviado segue uma rigorosa tríade de processos, abrangendo lagoas anaeróbicas e de aeração, sistemas físico-químicos e uma série de filtros, cujo monitoramento é realizado cotidianamente.

Esta instalação opera sob o modelo de concessão pública de serviços e a informação sobre os custos associados à manutenção, operação e instalação não está disponível.

Tabela 39: Características CTR Paracambi

INFORMAÇÃO	CTR PARACAMBI
Capacidade diária de recebimento de resíduos	500 t/dia
Capacidade anual	182.500 t/ano
Vida Útil	16,7 anos
Volume geração de lixiviado diário (média)	104,37 m ³ /dia
Tecnologia tratamento Chorume	Sistema físico-químico
Volume gerado de Biogás	4.361.504,91 Nm ³ /ano
Geração de Energia	6740,17 MWh/ano

Fonte: Consórcio Centro Sul (2023)

CTR DE TRÊS RIOS

Finalmente, a União Norte Fluminense em Três Rios, estabelecida em 12 de maio de 2017, opera sobre uma área de 185.704,66 m², localizada nas coordenadas 688576.96 E; e 7556214.52 S. Com uma vida útil de 10 anos, a instalação foi projetada para tratar aproximadamente 888.590 toneladas de RSU.

A Central, que atende aos municípios de Três Rios, Paraíba do Sul, Areal, Comandante Levy Gasparian e Petrópolis, processa atualmente uma média diária de 1.000 toneladas de RSU (RIMA CTR Três Rios, 2015).

Possui licença ambiental concedida pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), que permite o seu funcionamento até maio de 2022. Desde a sua instalação, Três Rios deu início ao processo para encerrar as atividades em seu antigo lixão, com a Secretaria de Meio Ambiente buscando, em 2021, a Licença Ambiental de Recuperação (LAR) junto ao INEA.

No mesmo ano, o aterro sanitário em Três Rios processou aproximadamente 19.719 toneladas de resíduos sólidos. A Prefeitura de Três Rios foi uma das maiores geradoras, destinando cerca de 16.066 toneladas de resíduos para o aterro. Vale ressaltar que este aterro também recebe resíduos de outros municípios, incluindo Petrópolis, o único entre eles que faz parte da Região Metropolitana.

O tratamento do lixiviado se dá por lagoas de estabilização e ou estação físico-química convencional, (coagulação, floculação, decantação e filtração), seguida de um tratamento secundário por lodos ativados de acordo com seu EIA/RIMA. (INEA, 2023).

Durante a etapa de levantamento de dados, foi enviado um ofício solicitando mais informações. Entretanto, até o momento de encerramento dessa etapa não foi obtido retorno da empresa, de forma que não foi possível realizar a tempo uma melhor caracterização da CTR de Três Rios.

ATERRO SANITÁRIO

Como foi apresentado anteriormente, o aterro sanitário é o principal método utilizado pelas CTR's para destinação ambiental adequada de resíduos sólidos. A técnica consiste no depósito controlado de RSU sobre o solo, em camadas sucessivas, compactadas e cobertas com material inerte, como argila ou solo compactado, minimizando os impactos ambientais e garantindo a proteção do solo e das águas subterrâneas (FERNANDEZ, 2018; ASSIS, 2020).

Diferentemente do aterro controlado e do lixão, o aterro sanitário possui um projeto e uma operação adequada, que incluem sistemas de impermeabilização de fundo, drenagem e tratamento de chorume, além de sistema de coleta e queima de biogás.

A indicação do aterro sanitário como método de tratamento de RSU deve ser feita com base na análise das características dos resíduos gerados, bem como na capacidade de investimento e na disponibilidade de áreas adequadas para sua implantação. Em geral, o aterro sanitário é indicado quando o volume de resíduos gerados é significativo e a segregação e reciclagem dos materiais não são suficientes para reduzir a quantidade de RSU a serem destinados ao tratamento final (FERNANDEZ, 2018; ASSIS, 2020).

Da hierarquia de opções para o gerenciamento de resíduos, sabe-se que, após analisadas e cessadas todas as possibilidades de minimização, reutilização e reciclagem, o gerenciador deve focar a escolha da tecnologia de tratamento ou de disposição final que melhor se aplique à especificidade do material em questão.

De fato, diante da atual realidade brasileira, para os resíduos sólidos urbanos (RSU), a disposição em aterros sanitários configura-se como uma das técnicas mais viáveis para a destinação final destes materiais.

A utilização de aterros sanitários deve ser precedida de programas de redução na geração de RSU, bem como de coleta seletiva e reciclagem, que visem a minimização dos resíduos a serem dispostos no aterro.

Além disso, é fundamental garantir a manutenção e a monitoração do aterro sanitário após seu encerramento, evitando a contaminação do solo e das águas subterrâneas e garantindo a recuperação da área para uso futuro (FERNANDEZ, 2018; ASSIS, 2020).

Os autores Fernandez (2018) e Assis (2020) também destacam a importância da participação da sociedade e da articulação entre os diferentes atores envolvidos na gestão de resíduos sólidos, incluindo governos, empresas e comunidades locais.

A adoção de políticas públicas e estratégias de gestão integrada, que considerem a hierarquia dos resíduos (prevenção, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final), contribui para uma maior eficiência na utilização dos aterros sanitários e na promoção de práticas sustentáveis de gestão de resíduos sólidos.

O aterro sanitário representa uma alternativa técnica e ambientalmente adequada para o tratamento de resíduos sólidos urbanos, desde que seja acompanhado de medidas de redução na geração de resíduos, coleta seletiva, reciclagem e monitoramento adequado. A indicação do aterro sanitário deve considerar a análise das características dos resíduos gerados, a capacidade de investimento e a disponibilidade de áreas adequadas para sua implantação.

A promoção de políticas públicas e estratégias de gestão integrada, que envolvam a participação dos diversos atores sociais, é fundamental para garantir a sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, através da norma NBR 8419/1992, apresenta a seguinte definição de aterro sanitário:

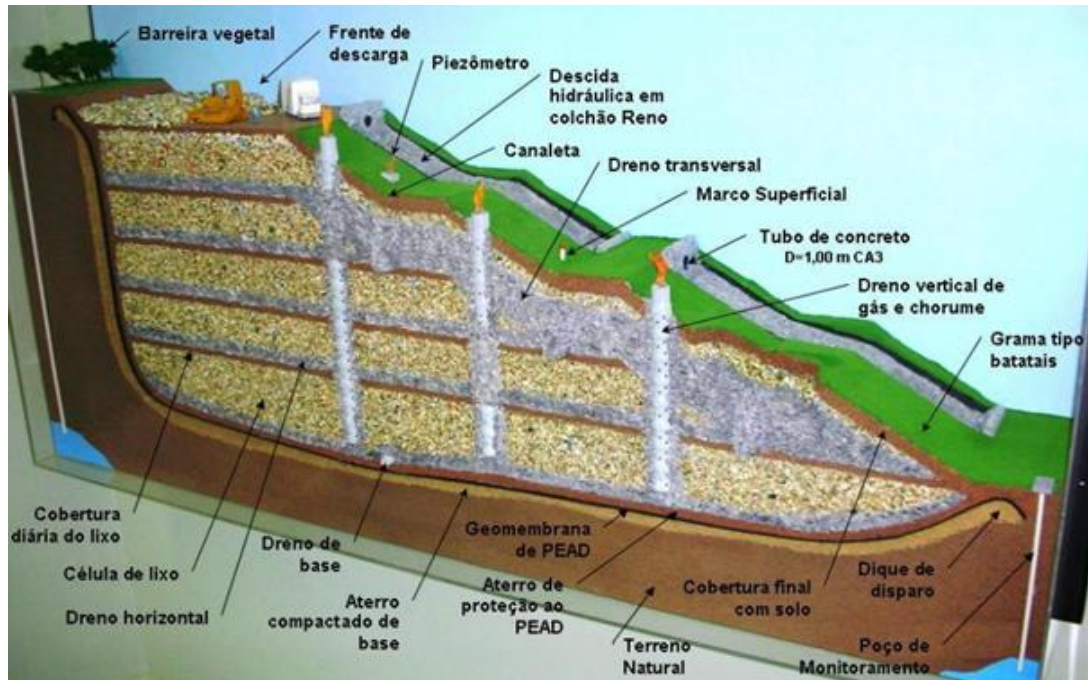
Aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores, se for necessário (ABNT, 1992, p. 1).

O processo de tratamento dos resíduos se inicia com a pesagem do RSU em balanças rodoviárias. Daí os resíduos seguem para ser depositados em célula, sendo espalhados, compactados e cobertos com material inerte, geralmente terra.

A matéria orgânica disposta no interior das células, é decomposta por fases aeróbias e anaeróbias.

A Figura 21 mostra o corte do aterro, onde é possível visualizar as células onde os resíduos são depositados e os sistemas de infraestrutura. Já a Figura 22 e a Figura 23 trazem exemplos de aterros sanitários.

Figura 21: Principais Sistemas de Infraestrutura do Aterro Sanitário



Fonte: Ecoubris Ambiental (2010)

Figura 22: Aterro do RSU em Central de Tratamento de Resíduo (CTR)



Fonte: AMARAL, 2013

Figura 23: Visão de um Aterro Sanitário Licenciado



Fonte: Orizon – CTR Nova Iguaçu – RJ

Nas Centrais de Tratamento de Resíduos – CTR, o RSU é recoberto com terra compactada (preferencialmente do próprio terreno da CTR) e argila. Continuamente, a decomposição anaeróbica do RSU na massa enterrada produz duas correntes de efluentes, uma gasosa – gás do lixo (GDL) e outra líquida, na forma de lixívia, denominada chorume.

Ambas as correntes devem ser recolhidas e tratadas. O GDL deve ser no mínimo queimado (convertido em dióxido de carbono - CO_2) ou preferencialmente, convertido em energia elétrica através de uma usina de biogás.

À medida que o RSU é enterrado, a matéria orgânica é decomposta por bactérias anaeróbicas, originando gases como metano (CH_4), compostos de enxofre e dióxido de carbono (CO_2). Todos esses gases contribuem ativamente para o aumento do Efeito de Estufa e devem ser tratados na origem para sua mitigação.

Já o chorume, que é um lixiviado de decomposição da matéria orgânica com a água da chuva percolada na pilha do aterro, deve ser encaminhado à uma planta de tratamento (Figura 24 e Figura 25), onde os níveis de poluição devem ser adequados às especificações do corpo hídrico receptor do efluente tratado.

Figura 24: Vista de uma Estação de Tratamento de Chorume



Fonte: CTR Jardim Guanabara – Duque de Caxias – RJ

Figura 25: Tratamento do Chorume
De Chorume à Água Residual Tratada



Fonte: CTR Ciclus – Seropédica – RJ

Quando se faz necessário um novo local para o armazenamento de resíduos sólidos, uma série de critérios deve ser minuciosamente analisada para a implantação desta instalação. A tomada de decisão pode ser embasada por modelagem e deve levar em conta tanto a eficiência ecológica quanto a viabilidade econômica, além de ter como metas a preservação ambiental, a minimização de custos e a geração de padrões de distribuição dos resíduos (GANDELINI, 2002).

O grau de urbanização dos municípios da Baixada Fluminense faz com que a disponibilidade de áreas com as dimensões necessárias e adequada ocupação e uso do solo se torne cada vez mais difícil, o que resulta em maiores distâncias dos polos geradores de RSU.

Também contribuindo para o afastamento das áreas adequadas, está o preço de aquisição dos terrenos, que é mais elevado à medida que se aproximam da malha urbana.

Após uma análise inicial, as áreas previamente selecionadas deverão passar por três setores principais de critérios: técnicos, econômico-financeiros e político-sociais, que recebem pesos e prioridade de acordo com a importância. Essa estratégia pretende minimizar as medidas corretivas implementadas e reduzir o investimento inicial.

Dentre os critérios técnicos do terreno são considerados fatores de localização como a proximidade a corpos hídricos, a núcleos urbanos residenciais e a aeroportos, além das informações de topografia e geotecnia, como o tipo de solo, sua resistência e permeabilidade. Também são nesses critérios que se encontram a expectativa de vida útil, a facilidade de acesso e a presença de linhas de alta tensão.

Os critérios econômico-financeiros englobam os custos associados ao empreendimento. A aquisição do terreno e o investimento inicial para adequações e para construção de infraestrutura são custos de implantação a serem analisados. Já as distâncias percorridas pelos veículos de coleta e os custos de manutenção do sistema de drenagem são alguns dos custos referentes à operação.

O último grupo dos critérios é o político-social, com fatores referentes aos possíveis conflitos entre a prefeitura e a SEA e/ou INEA, informações sobre associações de moradores e ONGs existentes.

Pode ser possível que seja feita a contratação de moradores de núcleos urbanos de baixa renda nos arredores, através da criação de mecanismos para geração de emprego, como incentivos à formação de cooperativas de catadores.

Neste critério também são analisados os percursos dos veículos transportando resíduos, de forma a causar transtornos para o menor número de pessoas possível.

Porém, antes de se proceder a qualquer tipo de dispêndio, é necessário que se efetue o levantamento da documentação da área selecionada, pois a situação fundiária dos imóveis é de extrema importância para se evitar futuros problemas.

O atendimento à legislação ambiental em vigor, com destaque para a etapa de licenciamento, é outro critério importante a ser analisado, de forma a receber o maior peso. De acordo com o peso estabelecido para os critérios acima, cada área selecionada receberá uma pontuação, avaliando se o critério foi atendido completamente, parcialmente, ou não atendido. É possível que uma determinada área receba baixa pontuação para suas características naturais, mas que vença essas dificuldades com soluções de engenharia para atender aos critérios em questão.

Para determinar os dispêndios associados à edificação e à operação de aterros sanitários, consideraram-se empreendimentos de três portes distintos: empreendimentos aptos a receber até 100 toneladas por dia de RSU; aptos a receber entre até 800 toneladas por dia e aptos a receber até 2.000 toneladas de RSU por dia.

Os custos de construção e operação estão explicitados na Tabela 40 abaixo.

Tabela 40: Custos para Implantação e Operação de Aterros Sanitários

Porte	Toneladas Processadas por Dia	CAPEX	OPEX	Total (R\$ milhões)
Pequeno	100	R\$ 6.976.285,00	R\$ 45.468.163,00	52,40
Médio	800	R\$ 30.049.713,00	R\$ 206.485.324,00	236,50
Grande	2.000	R\$ 64.300.115,00	R\$ 461.494.052,00	525,80

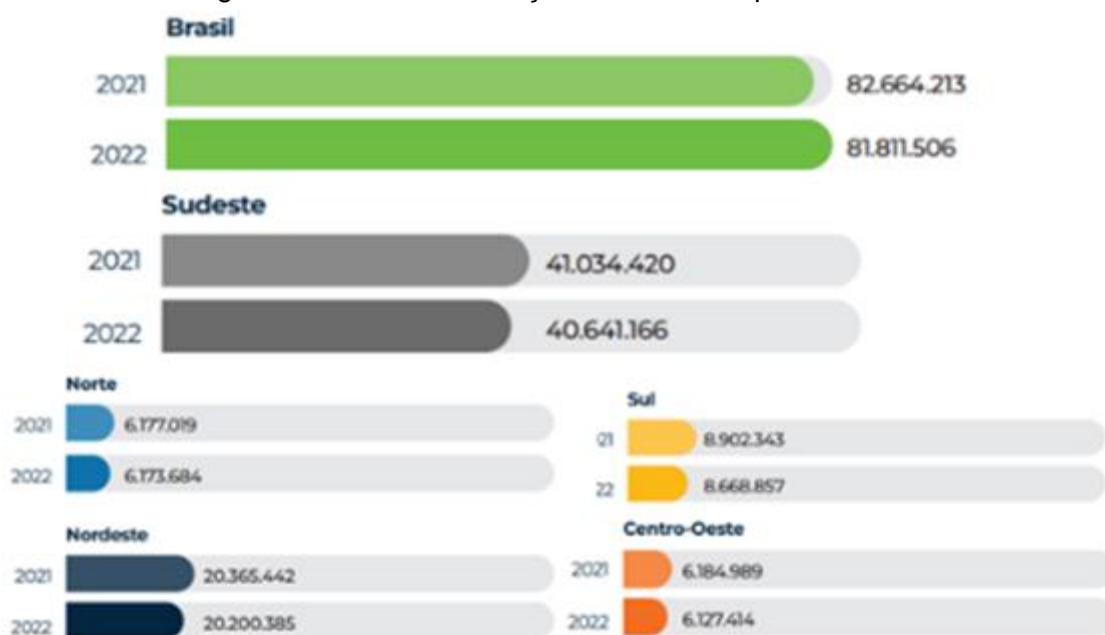
Fonte: ABRELPE & FGV, 2009

6.3. RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A quantidade de resíduos sólidos produzidos pelas populações guarda relação não só com o nível de riqueza, refletido na capacidade econômica para consumir, mas também com os valores e hábitos em relação ao consumo e ao descarte de resíduos.

A Região Sudeste do país, no ano de 2022, seguindo a tendência da série histórica, é a região do país que mais produz resíduos sólidos urbanos e a que detém a maior geração de resíduos sólidos per capita (kg/hab/dia). Ainda que observada uma redução com relação ao ano de 2021, a média de geração de resíduos por cada habitante em 2022 foi estimada em 1,234 kg (ABRELPE, 2022), conforme Figura 26.

Figura 26: Média de Geração de Resíduos por Habitante



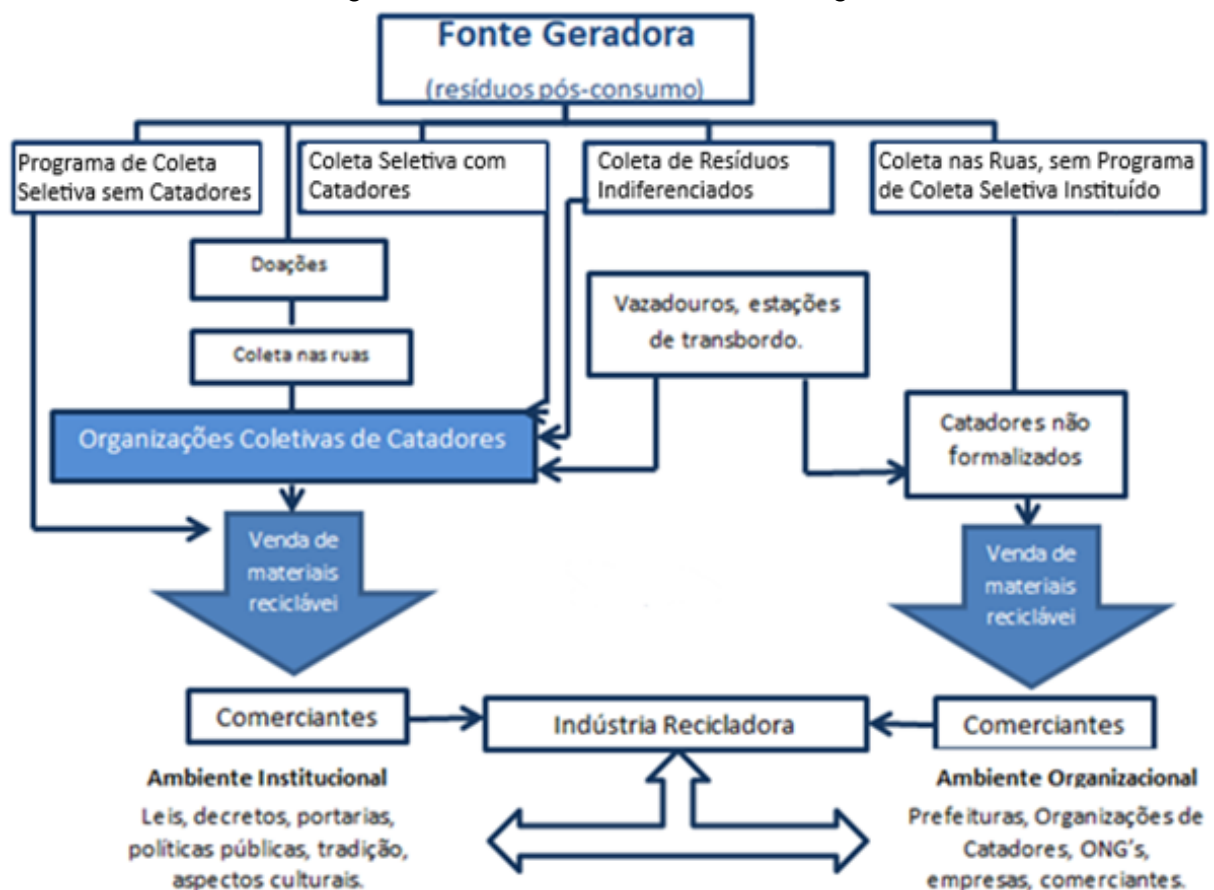
Fonte: ABRELPE, 2022

A cadeia produtiva da reciclagem de resíduos sólidos no estado do Rio de Janeiro é ampla, diversificada e enfrenta grandes desafios. A complexidade da reciclagem está diretamente relacionada à informalidade do mercado dos recicláveis e dos agentes envolvidos.

Este sistema possui uma estrutura organizacional complexa: a separação dos recicláveis na fonte geradora, a coleta, o transporte, a separação nos galpões de triagem, o beneficiamento primário, a comercialização para os grandes atravessadores, as indústrias de beneficiamento pré-industrial e as indústrias de transformação para utilização dos recicláveis como matéria-prima.

A Figura 27 apresenta o fluxograma básico das principais relações estabelecidas entre os diversos atores e estruturas da cadeia produtiva da reciclagem. Ainda que cada produto, de acordo com suas especificidades, possa ter diferentes inserções nessa cadeia de valor, o esquema abaixo abarca a maior parte dos resíduos pós-consumo, principalmente os resíduos de embalagens em geral, cuja cadeia é a mais ampla e que envolve a maior quantidade de atores.

Figura 27: Cadeia Produtiva da Reciclagem



Fonte: IPEA, 2017

O arranjo dessa cadeia se estabelece de forma piramidal, onde as indústrias recicladoras (desde o pré-beneficiamento até a transformação dos resíduos em matéria-prima), ocupam o topo da pirâmide, com muitos recursos financeiros e em número muito inferior ao dos demais atores.

Logo abaixo da indústria recicladora, estão os intermediários, ou atravessadores que, com maior ou menor poder aquisitivo, compram os resíduos daqueles que estão na base da pirâmide e são os detentores da infraestrutura mínima para processamento primário dos resíduos recicláveis (prensas, balanças, caminhões, etc).

Esses atores acumulam os resíduos em quantidades significativas para agregar valor e destinar a outros atravessadores maiores ou diretamente às indústrias recicladoras.

A base da pirâmide é formada por uma grande quantidade de atores sociais, os catadores de materiais recicláveis, responsáveis pela coleta dos materiais recicláveis.

Dados do censo populacional de 2010 (IBGE,2010) apontam que cerca de 400 mil pessoas responderam ter como atividade remunerada principal a coleta de materiais recicláveis em todo o Brasil. Em sua maioria, são indivíduos vulnerabilizados e invisibilizados socialmente, que possuem a coleta como única fonte de renda.

No arranjo hierárquico da cadeia da reciclagem, a indústria recicladora atua com poder de monopólio e enfraquece a base da pirâmide, uma vez que há muitos produtos disponíveis e poucos compradores.

Apesar disso, este trabalho na base da pirâmide é fundamental para manter a cadeia produtiva da reciclagem por garantir a oferta de materiais.

Outro fator a ser considerado é a necessidade de escala: materiais recicláveis como vidro, metal, alumínio, sucatas ferrosas e papel necessitam de ganho de escala em quantidade e qualidade para garantir melhores preços de venda.

COLETA SELETIVA

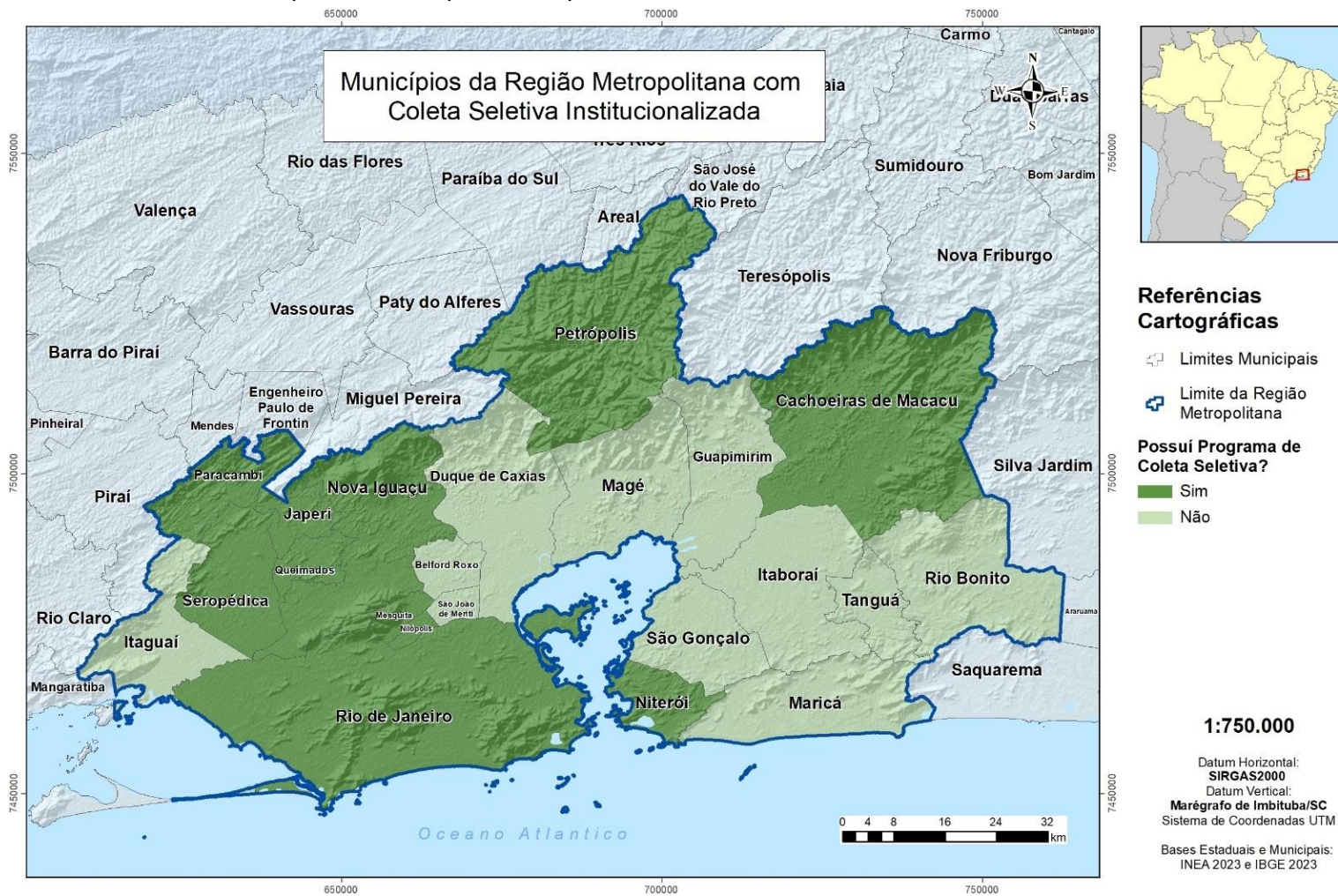
A coleta seletiva e a reciclagem são estratégias fundamentais na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na mitigação de passivos ambientais associados a vazadouros, lixões e aterros sanitários. A eficácia dessas práticas está na redução do volume de resíduos que necessitam de disposição final, na conservação dos recursos naturais e na diminuição da poluição gerada pelo descarte inadequado de resíduos (Gonçalves et al., 2019).

A coleta seletiva tem diversas vantagens. Além de reduzir o volume de resíduos enviados para aterros sanitários, ela também facilita o processo de reciclagem, aumenta a vida útil dos aterros, diminui a poluição do solo, água e ar, e promove a conscientização ambiental na população (Ribeiro & Kruglianskas, 2015).

Na RMRJ, os municípios que confirmaram a existência de serviços de coleta seletiva nos últimos Anos Fiscais, em série histórica, ainda que não tenham recebido repasse financeiro por não terem atingido a pontuação mínima do ICMS Ecológico, são: Magé (Anos Fiscais de 2015 a 2018), Mesquita (Anos Fiscais de 2013 a 2023), Nilópolis (Anos Fiscais de 2015 a 2018 e Ano Fiscal de 2023, ainda que não tenha atingido a pontuação mínima nesse último); Niterói (Anos Fiscais de 2014 a 2023); Nova Iguaçu (Anos Fiscais de 2022 e 2023); Paracambi (Anos Fiscais de 2018 a 2023, oscilando no atingimento da pontuação mínima); Petrópolis (Anos Fiscais de 2014 a 2022, oscilando no atingimento da pontuação mínima); Seropédica (Ano Fiscal 2023, não atingindo a pontuação mínima), Rio de Janeiro (Anos Fiscais de 2013 a 2023) e Cachoeiras de Macacu (Anos Fiscais de 2014 a 2023).

Os Municípios de Belford Roxo, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Maricá, São Gonçalo, São João de Meriti e Rio Bonito não apresentaram iniciativas de coleta seletiva municipal ao longo da série histórica do ICMS Ecológico, enquanto que o Município de Queimados iniciou seu programa municipal de coleta seletiva no ano de 2022, que terá início no mês de março deste ano (Ano Base 2022 e Ano Fiscal 2024). Observa-se que apenas 11 (onze) municípios da RMRJ possuem um sistema institucionalizado de coleta seletiva no âmbito do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (Mapa 11).

Mapa 11: Municípios Metropolitanos com Coleta Seletiva Institucionalizada



Fonte: Engeconsult (2022) e SNIS (2021)

Cabe ressaltar que, ainda que os municípios comprovem a existência dos serviços de coleta seletiva ao longo dos últimos anos, estes, em sua maioria, não representam um volume considerável de materiais recicláveis coletados seletivamente, cuja média é de somente 1% de recicláveis a partir do total de RSU gerado, segundo estudo baseado nos dados do SNIS, 2021.

De acordo com o ICMS Ecológico, ocorreu um aumento significativo nos índices de coleta seletiva e de reciclagem no estado do Rio de Janeiro depois de 2011, quando a atividade foi incluída como um dos itens a pontuar para a política fiscal do setor, o que elevou a coleta seletiva para um volume aproximado de 3 a 5% do total de RSU (ICMS Ecológico, 2022).

A coleta seletiva é uma ação qualificada no âmbito do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, com modelagem e rotinas de serviços pré-estabelecidas, mas que necessita, sobremaneira, de ações de educação e sensibilização ambiental. Segundo a PNRS é um dever dos municípios que visa segregar os resíduos recicláveis dos resíduos sólidos indiferenciados desde a fonte e, por metodologias específicas, encaminhar para tratamento primário nos galpões de coleta seletiva antes de serem enviados à cadeia produtiva.

Para garantir a coleta seletiva na fonte geradora são necessárias políticas públicas específicas, quais sejam: legislação local, inclusão nos instrumentos de planejamento orçamentário e financeiro da gestão municipal, ações e programas de inclusão socioprodutiva dos catadores de materiais recicláveis e aquisição de infraestrutura e equipamentos, dadas as dificuldades financeiras para tais investimentos a nível local.

Outro grande desafio a ser enfrentado é a pouca informação da população quanto à coleta seletiva, ao processo de separação e sua importância. Observa-se empiricamente o desinteresse e a desimportância, por parte da população em geral, pelas questões relacionadas à conservação ambiental de maneira geral e, em especial, à coleta seletiva e a necessidade de mudança de hábitos de consumo de produtos e do descarte de resíduos.

Essa condição consiste em um grande entrave à implementação e efetivação da coleta seletiva municipal. Os principais dados relativos à coleta seletiva estão reunidos na Tabela 41.

Tabela 41 Dados da Coleta Seletiva nos Municípios da RMRJ

PANORAMA DE COLETA SELETIVA - REGIÃO METROPOLITANA 2022/2021							
Municípios Rio Metrópole	Coleta Seletiva Municipal?	Estimativa de RSU gerado no município (t/mês) (PERS, 2013)	Percentual dos resíduos recicláveis coletados seletivamente	Existem organizações de catadores no município?	Existem organizações de catadores integradas à coleta seletiva?	Formalização do Vínculo?	Catadores Autônomos ou Não Formalizados
Belford Roxo	Não	15.769,50	0,00%	Não	N/A	N/A	Sim
Cachoeiras de Macacu	Sim	985,8	5,65%	Sim	Sim	CPS	Sim
Duque de Caxias	Sim	30.165,60	0,17%	Sim	Apenas uma	ACT	Sim
Guapimirim	Não	1.044,60	0,00%	Não	N/A	N/A	Sim
Itaboraí	Não	4.976,10	0,00%	Sim	Não	N/A	Sim
Itaguaí	Não	2.876,10	0,00%	Sim	Não	N/A	Sim
Japeri	Sim	2.291,70	0,32%	Sim	Sim	ACT	Sim
Magé	Não	5.230,20	0,00%	N/A	N/A	N/A	Sim
Maricá	Não	3.200,10	0,00%	N/A	N/A	N/A	Sim
Mesquita	Sim	4.647,30	3,90%	Sim	Sim	Convênio	Sim
Nilópolis	Sim	3.731,10	0,00%	Sim	Sim	ACT	Sim
Niterói	Sim	14.334,30	1,37%	Sim	Sim	ACT	Sim
Nova Iguaçu	Sim	27.643,50	0,02%	Sim	Sim	ACT	Sim
Paracambi	Sim	888,6	0,71%	Não	N/A	N/A	Sim
Petrópolis	Sim	7.510,20	0,75%	Sim	Não	N/A	Sim
Queimados	Sim	3.145,50	0,17%	Não	N/A	N/A	Sim
Rio Bonito	Não	903,6	0,00%	N/A	N/A	N/A	Sim
Rio de Janeiro	Sim	252.185,70	0,04%	Sim	Sim	N/A	Sim
São Gonçalo	Não	33.266,70	0,00%	N/A	N/A	N/A	Sim
São João de Meriti	Não	11.696,10	0,00%	N/A	N/A	N/A	Sim
Seropédica	Sim	1.369,20	0,12%	Sim	Não	N/A	Sim
Tanguá	Não	518,4	0,00%	N/A	N/A	N/A	Sim

N/A – Não Aplicável; CPS - Contrato de Prestação de Serviços; ACT - Acordo de Cooperação Técnica

Fonte: ICMS Ecológico e Engeconsult 2022

ATUAÇÃO DE CATADORES

Em todos os municípios observa-se a atuação de catadores autônomos e de organizações, independente dos serviços municipais de coleta seletiva.

A pulverização de ações não proporciona a geração de dados consistentes quanto ao volume de material coletado seletivamente, uma vez que os dados gerados pelos catadores não são contabilizados junto aos municípios.

Os materiais são vendidos a atravessadores até que chegue às empresas que realizam processamento pré-industrial e, por último, para a indústria recicladora. Quanto maior a quantidade de atravessadores, menor é o valor pago à base dessa cadeia, ou seja, aos catadores.

Na Figura 28 são apresentados os ciclos virtuoso e perverso da coleta seletiva, da catação e da reciclagem na Região Metropolitana.

Em todos os municípios da Região Metropolitana tem-se registro da ação de catadores de materiais recicláveis, sejam estes organizados em associações e em cooperativas ou trabalhando de forma isolada.

A catação nessa região do estado é histórica e perpetua gerações, sendo o berçário de movimentos organizados dessa classe trabalhadora no estado do Rio de Janeiro.

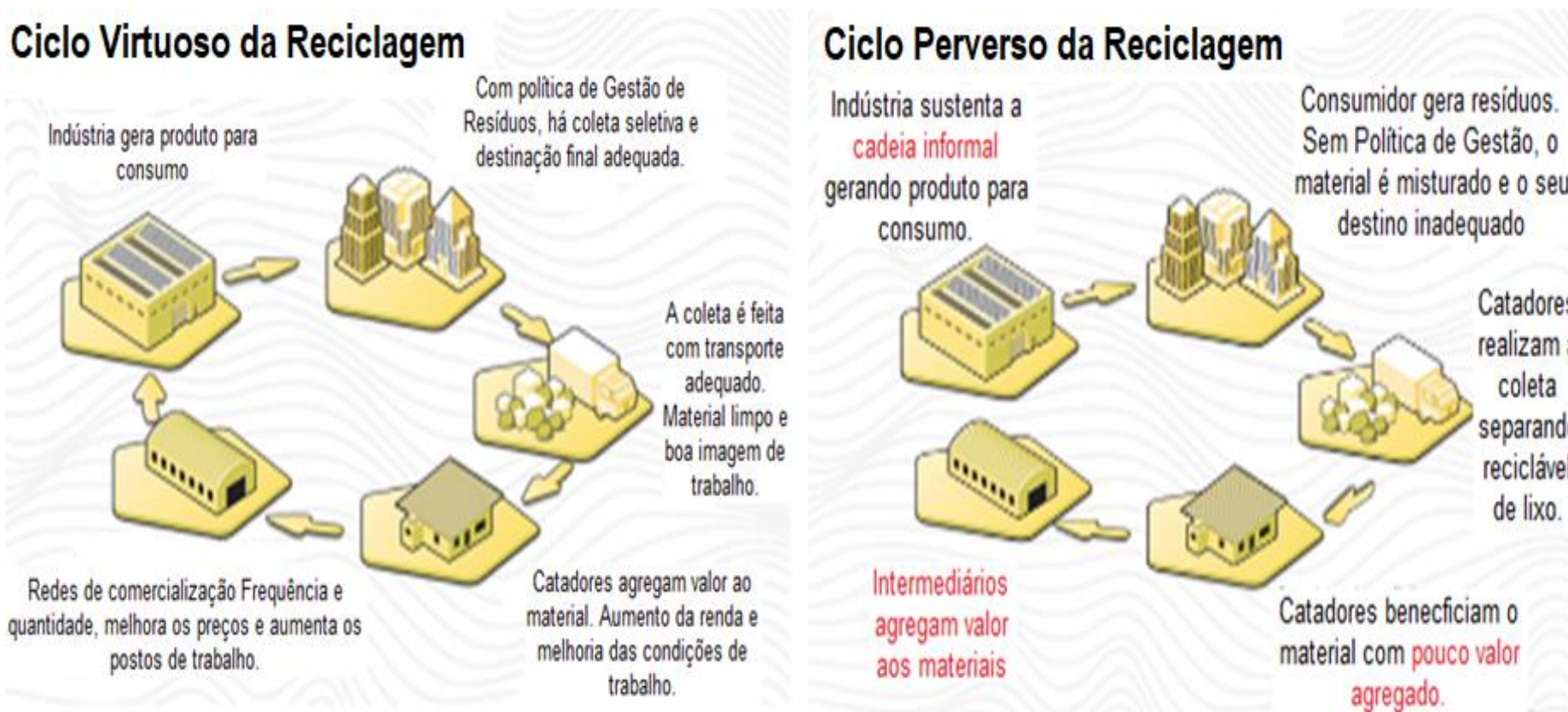
Dados do Movimento Eu Sou Catador, levantados entre os anos de 2019 e 2020, demonstram a existência de 1.759 (um mil, setecentos e cinquenta e nove) catadores, organizados em 95 (noventa e cinco) Empreendimentos de Economia Solidária – EES (Tabela 42).

Tabela 42: Quantidade Estimada de Catadores e de EES

Região	Número de Catadores	Número de EES
Capital	900	49
Outros municípios	859	46
Total	1759	95

Fonte: MESCS, 2020

Figura 28: Ciclo Perverso da Reciclagem x Ciclo Virtuoso da Reciclagem



Fonte: ENGECONSULT, 2022

Mapa 12: Municípios da Região Metropolitana que possuem cooperativas ou associações de catadores



Fonte: Engeconsult (2022) e SNIS (2021)

Quanto aos catadores e às cooperativas, na Tabela 43 é possível observar o levantamento sobre a presença de catadores de materiais recicláveis, sobre a existência de cooperativas ou associações, o número de associados e se existe trabalho social por parte da prefeitura.

Tabela 43: Dados de Catadores e Cooperativas

Município	Presença de catadores de materiais recicláveis	Catadores organizados em Cooperativas ou Associações	Quantidade de entidades associativas	Quantidade de associados	Trabalho social por parte da prefeitura direcionado aos catadores
Belford Roxo	Sim	Não	0	0	Não
Cachoeiras de Macacu	Sim	Não	0	0	Não
Duque de Caxias	Sim	Sim	4	264	Não
Guapimirim	Sim	Não	N/D	N/D	Não
Itaboraí	Sim	Não	0	0	Não
Itaguaí	Sim	Sim	1	10	Sim
Japeri	Sim	Sim	1	8	Não
Magé	Sim	Não	0	0	Não
Maricá	Sim	Não	0	0	Não
Mesquita	Sim	Sim	6	70	Sim
Nilópolis	Sim	Sim	1	15	Não
Niterói	Sim	Sim	1	20	Sim
Nova Iguaçu	Sim	Sim	2	12	Sim
Paracambi	Sim	Não	0	0	Não
Petrópolis	Sim	Sim	7	48	Não
Queimados	Sim	Não	0	0	Não
Rio Bonito	Sim	Não	0	0	Não
Rio de Janeiro	Sim	Sim	25	374	Não
São Gonçalo	Sim	Não	0	0	Não
São João de Meriti	Sim	Não	0	0	Não
Seropédica	Sim	Sim	1	10	Não
Tanguá	Sim	Não	0	0	Não

Fonte: SNIS (2021)

O Município do Rio de Janeiro possui a maior quantidade de organizações cadastradas de catadores de materiais recicláveis, seguido pelo município de Petrópolis.

As 49 (quarenta e nove) cooperativas sediadas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, contam com cerca de 800 catadores associados, enquanto que o município de Duque de Caxias registra 264 (duzentos e sessenta e quatro) catadores organizados em 4 (quatro) cooperativas ou associações.

Uma grande parte dessas organizações surgiu a partir do encerramento do Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho, no ano de 2012.

O maior lixão da América Latina à época registrava centenas de catadores atuando no local, a maioria deles residentes em municípios da baixada fluminense e do Rio de Janeiro, ainda que contasse também com catadores de outros municípios do estado.

Pelos dados coletados em campo e pelas informações disponibilizadas nesse Diagnóstico, a Região Metropolitana possui grande potencial para impulsionar a coleta seletiva e a reciclagem no estado do Rio de Janeiro, a partir do gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos, do desenvolvimento de metodologias integrativas, da cooperação regional e da gestão associada.

UNIDADES DE PROCESSAMENTO DE REICLÁVEIS

As unidades de processamento de resíduos recicláveis são compreendidas como os galpões de beneficiamento primário de resíduos de embalagens pós-consumo.

Tais unidades, também denominadas de galpões de coleta seletiva ou galpões de triagem, são unidades com pouca infraestrutura, geralmente operadas por organizações de catadores, ou até mesmo pelas empresas públicas, com o objetivo de realizar a separação dos materiais recicláveis por tipo (triagem), prensagem e enfardamento de resíduos, os quais serão destinados para venda.

Esse manejo também é entendido como beneficiamento primário dos resíduos recicláveis de embalagens pós-consumo.

De acordo com a declaração dos municípios no questionário, as unidades de processamento de resíduos estão presentes em todos os integrantes da Região Metropolitana e possuem diversos tipos de organização:

- Galpões construídos ou arrendados e operados pelas organizações de catadores;
- Galpões construídos pelo poder público e operados por organizações de catadores;
- Galpões construídos e operados pelo poder público;
- Galpões construídos ou arrendados e operados por entes privados (empresas).

Uma vez que as unidades de processamento de resíduos são autodeclaradas, não é possível estimar a quantidade exata de instalações, visto que podem ser estruturas simples e grande gama de possibilidades.

Em alguns casos, foi solicitado aos municípios que passassem os endereços das unidades declaradas para que fossem realizadas visitas. Porém, essas informações não foram fornecidas, o que impossibilitou a conferência de dados como o tipo de estrutura, porte da instalação e quantidade processada, por exemplo.

Já o processamento pré-industrial e a reciclagem consistem na produção de matéria-prima a partir dos resíduos recicláveis e sua destinação à indústria recicladora, e o processo físico-químico para transformação dessa matéria-prima em novos produtos, respectivamente.

O estado do Rio de Janeiro não possui tais empreendimentos em grande número em seu território, concentrando a maior parte das ocorrências na capital e Região Metropolitana.

POLÍTICAS PÚBLICAS DE RECICLAGEM

A presença maciça dos catadores de materiais recicláveis apresenta uma demanda social importante a ser considerada nas proposições e nas políticas públicas a serem implementadas, bem como nas tecnologias futuramente empregadas no âmbito do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

A geração de trabalho e renda através da coleta seletiva, do beneficiamento primário e da destinação ambientalmente adequada dos materiais recicláveis é uma potencialidade da região, além de uma ferramenta para atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos.

O cenário pouco planejado e adverso do setor de reciclagem contribui diretamente para a ineficiência e ineficácia dos serviços municipais de coleta seletiva, para a baixa adesão da população e para a falta de abastecimento das organizações de catadores legalmente constituídas.

Além disso, promove a perpetuação da precariedade do trabalho dos catadores autônomos (ou não formalizados).

Considerando que a responsabilidade pelo manejo dos resíduos sólidos urbanos é do titular dos serviços públicos de limpeza urbana, o poder público ocupa papel fundamental no sistema.

Isso se dá, por conta do dever de instituir a coleta seletiva no âmbito do manejo de resíduos sólidos urbanos, bem como apoiar as organizações de catadores de materiais recicláveis, incluindo-as nesse processo.

Além da função operacional, cabe ao poder público a elaboração de políticas e a regulação do setor, garantindo a eficiência e a eficácia das medidas adotadas.

Desde 2011, o ICMS Ecológico passou a considerar a coleta seletiva como critério de pontuação no tema Resíduos Sólidos.

O objetivo da inclusão da coleta seletiva nessa importante política pública redistributiva é incentivar os municípios a implantarem sistemas diferenciados para gerenciamento dos resíduos sólidos recicláveis provenientes dos resíduos sólidos urbanos.

Na Tabela 44 são apresentados os repasses do ICMS Ecológico no ano de 2022 e o ranking do município no estado do Rio de Janeiro.

Tabela 44: Repasse do ICMS Ecológico 2022 – RMRJ

Ranking estadual	Município	Repasse Total	Repasse por Destinação de Resíduos
1º	Cachoeiras de Macacu	R\$ 12.658.522,67	R\$ 605.546,70
4º	Mesquita	R\$ 9.262.426,87	R\$ 752.415,80
5º	Niterói	R\$ 9.005.463,24	R\$ 723.195,77
12º	Nova Iguaçu	R\$ 6.519.888,42	R\$ 883.905,94
16º	Petrópolis	R\$ 5.181.610,68	R\$ 686.286,26
19º	Duque de Caxias	R\$ 4.947.632,13	R\$ 748.763,30
20º	Rio de Janeiro	R\$ 4.913.449,82	R\$ 879.676,73
22º	Guapimirim	R\$ 4.844.230,55	R\$ 599.779,59
28º	Maricá	R\$ 3.905.545,57	R\$ 444.067,58
31º	Magé	R\$ 3.443.809,49	R\$ 98.127,40
37º	Belford Roxo	R\$ 2.623.346,35	R\$ 815.085,08
39º	Rio Bonito	R\$ 2.508.759,72	R\$ 429.265,33
42º	São João de Meriti	R\$ 2.405.767,68	R\$ 784.327,15
43º	Paracambi	R\$ 2.386.730,45	R\$ 994.826,72
46º	Itaguaí	R\$ 1.978.458,45	R\$ 689.554,29
47º	Nilópolis	R\$ 1.812.853,95	R\$ 666.678,08
51º	Queimados	R\$ 1.531.084,54	R\$ 660.142,02
53º	São Gonçalo	R\$ 1.493.608,95	R\$ 733.576,57
56º	Itaboraí	R\$ 1.267.826,65	R\$ 543.646,37
59º	Japeri	R\$ 1.191.701,80	R\$ 666.678,08
60º	Seropédica	R\$ 1.166.725,73	R\$ 862.759,87
82º	Tanguá	R\$ 567.330,47	R\$ 444.067,58

Fonte: Relatório de Repasse do ICMS Ecológico (2022)

6.4. LOGÍSTICA REVERSA DE PRODUTOS

A Lei Federal nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), introduziu diretrizes relativas à gestão dos resíduos sólidos, com princípios, objetivos e instrumentos, dentre eles, o conceito acerca da responsabilidade compartilhada pelos resíduos gerados - Logística Reversa.

Definida pela PNRS, a logística reversa é um “instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”.

Expressamente ao setor privado, composto por fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, está determinada a obrigação de adotar ações a fim de promover a estruturação e implementação de sistemas de logística reversa, em especial, a “responsabilidade pelo retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos”.

É possível afirmar que a logística reversa funciona como um instrumento da economia circular, com um viés social capaz de viabilizar a coleta e a recuperação dos resíduos sólidos.

Nesse sentido, o setor privado deve adotar mecanismos que viabilizem essa coleta de resíduos sólidos de seus produtos, após o consumo dos mesmos, restituindo-os para a reciclagem ou reaproveitamento em seu ciclo produtivo, encaminhando-os para um local apropriado para descarte ou tratamento ambientalmente adequado.

Dessa forma, existem produtos, resíduos de produtos e embalagens que foram descritos na lei federal como sujeitos ao sistema de logística reversa, são eles:

- (i) Agrotóxicos, seus resíduos e embalagens;
- (ii) Pilhas e baterias;
- (iii) Pneus;
- (iv) Óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- (v) Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- (vi) Eletroeletrônicos e seus componentes;
- (vii) Embalagens em geral, conforme acordo setorial nacional.

Para alcance dos objetivos estabelecidos em lei e visando dar condições concretas para a implantação e operacionalização dos sistemas de logística reversa no país, a PNRS introduziu instrumentos para formalizar e aprofundar compromissos entre os setores envolvidos: regulamentos, acordos setoriais e termos de compromisso.

Tais instrumentos são de suma importância para implementação e aprimoramento do sistema de logística reversa, auxiliando no cumprimento efetivo das responsabilidades compartilhadas, especialmente para o setor privado, já intrinsecamente obrigado e também para propiciar participação social. Além disso, estabelece metas quantitativas e geográficas, estimulando compromissos.

O estado do Rio de Janeiro publicou o Decreto nº 48.354, em 02 de fevereiro de 2023, que institui um regulamento geral para implementação e estruturação dos sistemas das tipologias passíveis de logística reversa na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, quais sejam: agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes, produtos eletroeletrônicos, medicamentos domiciliares e embalagens em geral.

Esse Decreto Estadual prevê ainda a possibilidade de assinaturas de acordos setoriais e termos de compromisso entre o Poder Público e o setor privado como instrumentos para detalhar todas as etapas e componentes do sistema de logística reversa e seus respectivos responsáveis, além de pormenorizar e/ou redistribuir as responsabilidades compartilhadas aos atores envolvidos.

O Decreto Estadual nº 48.354/2023 também possibilita que titulares de serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, por meio do Conselho Deliberativo da Região Metropolitana do Rio de Janeiro ou consórcio público integrado pelo Estado do Rio de Janeiro, figurem como partícipes dos acordos setoriais e termos de compromisso estaduais, desde que por intermédio de uma entidade representativa ou uma entidade gestora, respectivamente.

Por sua vez, os termos de compromisso e acordos setoriais são instrumentos que garantem que a aplicação das diretrizes e objetivos da PNRS alcancem abrangência nos territórios municipais, viabilizando a implantação do sistema de logística reversa e o compromisso do cumprimento das metas para a real recuperação dos resíduos gerados.

A seguir estão apresentados os dados relativos aos principais grupos de materiais que estão envolvidos nas ações de logística reversa.

AGROTÓXICO

Considerando que a Lei nº 12.305 de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em seus artigos 30 e 33 estabelece expressamente a responsabilidade compartilhada pelos resíduos de produtos agrotóxicos, obrigando, inclusive, o consumidor a devolver as embalagens contendo resíduos, além das embalagens vazias.

Já a Resolução CONAMA nº 465, de 05 de dezembro de 2014, dispõe “sobre os requisitos e critérios técnicos mínimos necessários para o licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens de agrotóxicos e afins, vazias ou contendo resíduos”.

A Lei Estadual nº 6.805/2014 inclui artigos na Lei nº 4.191/2003, instituindo a obrigação da implementação de sistemas de logística reversa para resíduos eletroeletrônicos, agrotóxicos, pneus e óleos lubrificantes.

Apesar disso até o presente momento, não há um programa específico para acondicionamento, coleta, transporte e destinação final deste resíduo na Região Metropolitana.

PILHAS E BATERIAS

Além da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que estabelece a logística reversa para pilhas e baterias, a Resolução CONAMA nº 401, de 4 de novembro de 2008, estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio e os critérios e padrões para o gerenciamento ambientalmente adequado das pilhas e baterias portáteis, das baterias chumbo-ácido, automotivas e industriais e das pilhas e baterias dos sistemas eletroquímicos níquel-cádmio e óxido de mercúrio.

Os fabricantes, comerciantes, importadores e a rede de assistência técnica autorizada serão responsáveis pela coleta, acondicionamento, transporte, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final de pilhas e baterias, conforme preceitua a Resolução CONAMA nº 401/2008. Dessa forma, os consumidores devem descartar suas pilhas em um Ponto de Entrega Voluntária (PEV), que são responsáveis por armazenar as pilhas recebidas e, ao atingir determinada quantidade, encaminhar o material para sistema de coleta e triagem.

Embora os municípios da Região Metropolitana não possuam sistema de logística reversa de pilhas implementado, em consulta ao sítio eletrônico da entidade gestora Green Eletron, existem 73 PEV's para recebimento de pilhas, sob operação desta, assim distribuídos pelos municípios: Belford Roxo (1), Duque de Caxias (3), Itaboraí (1), Itaguaí (1), Magé (2), Nilópolis (1), Niterói (6), Nova Iguaçu (3), Petrópolis (1), São Gonçalo (6), São João de Meriti (3), Seropédica (1) e Rio de Janeiro (42).

Dos números apresentados fica evidente que a rede de PEV's da Green Eletron não é suficiente para atender a toda a população da RMRJ, principalmente no município do Rio de Janeiro que conta com 164 bairros, a maioria com elevada densidade populacional.

Em 2021 foi assinado no estado do Rio de Janeiro o Acordo Setorial Estadual entre a Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade, o Instituto Estadual de Ambiente – INEA e a referida entidade gestora IBER, para estruturação e operacionalização de sistema de bateria de chumbo-ácido na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

A iniciativa consiste em um conjunto de ações para a coleta, transporte, recebimento, armazenamento e destinação final ambientalmente adequada, com preferência para a reciclagem, de baterias inservíveis de chumbo ácido, nas quantidades equivalentes às colocadas no mercado de reposição, pelas empresas associadas ao IBER.

O Acordo Setorial Estadual prevê ações, metas e prazos aos responsáveis para garantir o atingimento das obrigações previstas.

A coleta se dará conforme as metas de abrangência geográfico-populacional apresentadas a seguir:

- 2020: 100% dos municípios com mais de 200 mil habitantes e nos consórcios intermunicipais em operação;
- 2021: 100% dos municípios com mais de 100 mil habitantes;
- 2022: 100% dos municípios com mais de 80 mil habitantes;
- 2023: 100% dos municípios com mais de 20 mil habitantes.

Segundo o Relatório Anual de Logística Reversa de Baterias Chumbo Ácido do Estado do Rio de Janeiro, disponível no sistema IBER, a comercialização de baterias no estado em 2021 foi da ordem de 29.439 toneladas, ante o volume de resíduos recuperados pelo IBER da ordem de 15.621 toneladas (IBER, 2021).

Como não há recicladores de baterias chumbo-ácido no estado do Rio de Janeiro, o volume recuperado de chumbo, plástico e ácido do processo de reciclagem da bateria inservível, é realizado por recicladores de outros estados. O restante é formado por rejeitos que são encaminhados para aterro sanitário Classe I.

Na Região Metropolitana, o sistema de bateria de chumbo-ácido implementado possui 9 PEV's, conforme informação extraída no sítio eletrônico da entidade gestora IBER, detalhados na Tabela 45.

Tabela 45: Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) de Bateria de Chumbo-Ácido na RMRJ

Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) de Bateria de Chumbo-Ácido na Região Metropolitana			
CNPJ		Razão social	Município
1	02.700.905/0004-42	Bater-Life Indústria e Comercio Ltda	Belford Roxo
2	31.909.708/0001-93	Dinil Distribuidora Niterói de Baterias Ltda	Niterói
3	23.770.053/0001-97	Nova Iguaçu Comércio de Baterias Ltda	Nova Iguaçu
4	09.067.812/0004-71	Wig Comércio de Baterias e Componentes Ltda	Nova Iguaçu
5	02.650.875/0001-64	Baterias Barra Nota 10 Ltda	Rio de Janeiro
6	27.048.354/0001-62	Comercial Fluminense de Baterias e Placas Ltda	Rio de Janeiro
7	27.048.354/0003-24	Comercial Fluminense de Baterias e Placas Ltda	Rio de Janeiro
8	61.838.884/0005-76	Cummins Vendas e Serviços de Motores e Geradores Ltda	Rio de Janeiro
9	61.295.473/0018-04	Pacaembu Autopeças Ltda	Rio de Janeiro

Fonte: IBER, 2021

PNEUS INSERVÍVEIS

Em relação aos pneus, além da PNRs, que institui a logística reversa para esta tipologia, há também a Resolução CONAMA nº 416, de 30 de setembro de 2009, que rege a operação de logística reversa de pneus inservíveis, dispondo sobre prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e necessidade de sua destinação ambientalmente adequada, visando cooperação mútua entre o município e o setor responsável pela logística reversa, com auxílio na instalação de pontos de coleta de pneus e destinação correta.

Conforme a legislação vigente, compete aos fabricantes e aos importadores de pneus novos, a obrigação de coletar e dar destinação adequada aos pneus inservíveis existentes no território nacional. Já aos distribuidores, revendedores, destinadores, consumidores finais de pneus e ao Poder Público compete, em articulação com os fabricantes e importadores, implementar os procedimentos para a coleta dos pneus inservíveis existentes.

A entidade gestora Reciclanip atualmente é a responsável pelo sistema de logística reversa de pneus no país, garantindo a captação de pneus, por meio da participação de todos os elos da cadeia de produção.

Nesse sentido, em que pese ainda não haver um acordo setorial ou termo de compromisso assinado, a entidade gestora desempenha um papel importante na gestão do passivo de pneumáticos inservíveis na Região Metropolitana, atuando com ações pontuais de coleta desse passivo nos municípios.

Em especial, os municípios de Itaguaí, Itaboraí, Mesquita, Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados, Rio Bonito, São Gonçalo e São João de Meriti mantêm ações pontuais ou periódicas de coleta em conjunto com a Reciclanip.

Tabela 46: Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) de Pneus Inservíveis na Região Metropolitana

	Endereço	Município
1	Avenida Anhanguera, 41 - São Bernardo – CEP 26160-660	Belford Roxo
2	Rua Senador Doutel de Andrade, 1496 - Ribeira - CEP28680-000	Cachoeiras de Macacu
3	Av. Brig. Lima e Silva, 1627 - Jd. 25 de Agosto - CEP 25071-181	Duque de Caxias
4	Avenida Vinte e Dois de Maio, 7071 - CEP 24804-706	Itaboraí
5	Estrada do Piranema, 131 - Califórnia - CEP 23810-302	Itaguaí
6	Estrada Mineira, S/N - Bongaba - Magé - CEP 25900-000	Magé
7	Av. Vereador Francisco Sabino da Costa, 1047 - Centro - 26453-020	Maricá
8	Av. Coelho da Rocha, 1426 - Rocha Sobrinho - 26553-000	Mesquita
9	Rua Antônio José Bittencourt, 50 - CEP 26535-000	Nilópolis
10	Rua Leonor da Glória s/nº, Largo da Batalha, Niterói - CEP 24315-410	Niterói
11	Av. Abílio Augusto Távora, 3769 - parte - CEP 26275-580	Nova Iguaçu
12	Rod. RJ 93 Km 23 - CEP 26600-000	Paracambi
13	BR 040 - KM 49,5 - Distrito Pedro do Rio - CEP 25845-000	Petrópolis
14	Rua Presidente Dutra, Km 182 - CEP 07500-000	Queimados
15	Estrada Porfírio Alves Mendonça, s/n - CEP 28800-000	Rio Bonito
16	Rua da Batata, 610 - Bairro Penha - RJ - CEP 21011-020	Rio de Janeiro
17	COMLURB - Rua Américo de Souza Braga 647 - CEP - 22783-385	Rio de Janeiro
18	Rua Reinaldo Coutinho Silva, 151 - Gebara - 24727-063	São Gonçalo
19	Rua Eunézio, 80 - Tribobó - CEP 24750-010	São Gonçalo
20	Luiza Ludivica Levai, 230 - Chácara Aliança - CEP 25555-200	São João Do Meriti
21	Estrada Municipal, s/n - CEP 24890-000	Tanguá

Fonte: Reciclanip, 2023

OLEOS LUBRIFICANTES

O estado do Rio de Janeiro possui termo de compromisso vigente para gestão de Embalagens Plásticas Usadas de Lubrificantes. Este foi assinado em junho de 2012 com sistema de logística reversa implantado pela entidade gestora Jogue Limpo.

O sistema utilizado consiste no recebimento, armazenamento e destinação final ambientalmente adequada, preferencialmente para a reciclagem, de Embalagens Plásticas de Óleo Lubrificante Automotivo Usadas. Em 2021, o sistema implantado alcançou abrangência em 100% dos municípios do estado do Rio de Janeiro, conforme Relatório de Resultado Anual do Sistema de Logística Reversa.

Em 2021, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, de acordo com o referido relatório, foram recebidas 436 toneladas de embalagens plásticas de óleo lubrificante, totalizando aproximadamente 8,7 milhões de toneladas retiradas do meio ambiente. Desse montante, 419 toneladas foram destinadas de forma ambientalmente correta - 97% deste total destinado para reciclagem, sendo 404 toneladas de embalagens plásticas, 1 tonelada de OLUC (Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados) residual das embalagens e 14 toneladas de outros rejeitos.

No período entre o início das atividades da Jogue Limpo no estado em 2010 e 31/12/2021 foram recebidas 4.561 toneladas de plástico. Destaque para os 10 municípios do Rio de Janeiro, com maior volume recebido, totalizando 3.742 toneladas. Seis destes municípios fazem parte da Região Metropolitana: Rio de Janeiro com 2.603 t, Duque de Caxias com 353 t, Niterói com 206 t, Nova Iguaçu com 144 t, São Gonçalo com 113 t e São João de Meriti com 69 t (Jogue Limpo, 2021). O sistema opera com 1 (uma) central de processamento que está localizada no município de Duque de Caxias.

Além disso, o sistema possui PEV's, espaços disponibilizados para o recebimento e armazenamento temporário de embalagens plásticas de óleo lubrificante usadas entregues pelos consumidores e, posteriormente, retiradas e enviadas para a central mais próxima do Jogue Limpo.

A finalidade dos PEV's é aumentar a capilaridade do sistema, viabilizando o atendimento de geradores varejistas de outros segmentos e da população consumidora local.

O sistema possui 17 PEV's ativos, sendo 16 deles na Região Metropolitana, conforme extraído do endereço eletrônico da entidade gestora (Jogue Limpo, 2023) e detalhado na Tabela 47.

Tabela 47: Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) de Óleos Lubrificantes e suas Embalagens na Região Metropolitana

CNPJ		Razão social	Município
1	00.080.931/0002-28	Lubrificantes Tricolor Ltda	Duque de Caxias
2	15.635.561/0001-34	Technolubri Lubrificantes - Eireli	Itaguaí
3	28.480.405/0001-93	MIL de Magé Centro Automotivo Eireli	Magé
4	2.643.549/0001-90	PEV - Taina Ricardo Alves de Góes Fernandes 12462002790	Mesquita
5	02.241.055/0001-19	Rede All Pneus Ltda	Nova Iguaçu
6	07.077.949/0001-39	Cleber Oliveira Comercio e Serviços de Peças e Acessórios	Nova Iguaçu
7	25.298.731/0001-96	Super Troca de Óleo Brazucar - Eireli	Nova Iguaçu
8	02.917.096/0001-82	Casa do Óleo Cidade Nova Ltda Me	Rio de Janeiro
9	06.281.969/0001-64	PEV - Estrada da Cachamorra Óleos e Lubrificantes Ltda	Rio de Janeiro
10	08.575.096/0001-28	Cariocar Multimarcas Ltda Me	Rio de Janeiro
11	21.136.710/0001-13	PEV - Sim Rio Serviços Automotivos Eireli	Rio de Janeiro
12	22.999.784/0001-46	Luiz Claudio Magalhaes Esquerdo Lubrificantes	Rio de Janeiro
13	30.460.233/0001-38	Lubrificar 113 Pecas & Serviços Automotivos Ltda	Rio de Janeiro
14	30.577.414/0001-49	Freguesia Pneus Serviços e Peças	Rio de Janeiro
15	30.577.414/0001-49	PEV - Halley Óleo Ltda	Rio de Janeiro
16	31.448.089/0001-87	Calenzo Esteticar Ltda	São João de Meriti

Fonte: Jogue Limpo 2021

LAMPADAS FLUORESCENTES

As lâmpadas fluorescentes são resíduos expressamente tipificados na PNRS como passível de sistema de logística reversa.

Dessa forma, desde 2014, há acordo setorial nacional assinado para implantação do sistema de logística reversa de lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista, com a entidade gestora responsável peça coleta e destinação das lâmpadas, a Reciclus - Associação Brasileira para a Gestão da Logística Reversa de Produtos de Iluminação.

As lâmpadas liberam descarga em baixa ou alta pressão que contém mercúrio, tais como, as fluorescentes, por isso, no momento do descarte, não devem ser destinadas ao lixo comum.

Existem 229 PEV's de lâmpadas distribuídos em 16 dos 22 municípios da Região Metropolitana: Belford Roxo (3), Duque de Caxias (8), Itaboraí (5), Itaguaí (3), Japeri (1), Magé (3), Maricá (2), Mesquita (1), Nilópolis (3), Niterói (9), Nova Iguaçu (13), Petrópolis (7), Queimados (4), Rio de Janeiro (144), São Gonçalo (13), São João de Meriti (10), conforme sítio eletrônico da entidade gestora (Reciclus, 2023).

Todavia, não há um programa específico para acondicionamento, coleta, transporte e destinação final implementado para este resíduo na Região Metropolitana.

ELETRÔNICOS E SEUS COMPONENTES

Desde 2019, existe acordo setorial nacional para implantação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos domésticos e seus componentes. Por intermédio deste acordo os integrantes da cadeia produtiva deste resíduo se comprometem a realizar uma série de ações para atender a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Em 2020 foi publicado o Decreto Federal nº 10.240, que replica o conteúdo do acordo setorial firmado. As entidades gestoras responsáveis pelo sistema são a Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos – ABREE e a Green Eletron. Não há sistema de logística reversa para eletroeletrônicos implementado nos municípios da Região Metropolitana, tampouco há um programa específico para acondicionamento, coleta, transporte e destinação final implementado nesta Região para este resíduo.

O Rio de Janeiro implementou, no início da década de 2010, uma iniciativa em parceria com a Secretaria de Estado do Ambiente para criar pontos de coleta de lixo eletrônico nas estações do metrô, conhecida como "Natal da Eletrorreciclagem". Essa ação visava conscientizar a população sobre o descarte adequado de aparelhos eletrônicos, com caixas de metal instaladas em locais estratégicos, como nas já mencionadas estações de metrô, na sede da prefeitura e em outras localidades. A iniciativa pretendia reunir dispositivos eletrônicos contendo substâncias tóxicas, promovendo a reciclagem e evitando danos ambientais e à saúde com o descarte irregular destes itens.

Ainda no município do Rio de Janeiro, o projeto "Fábrica Verde" promoveu a transformação de lixo eletrônico em inclusão digital, capacitando jovens de comunidades pacificadas. Inaugurado em 2011 nos arredores do Complexo do Alemão e posteriormente na Rocinha em 2012, o projeto chegou a capacitar quase 500 jovens e reciclou cerca de dez toneladas de lixo eletrônico.

Com turmas trimestrais de 120 alunos, o programa oferecia uma bolsa-auxílio de R\$ 120,00 por mês e era aberto a jovens de 17 a 29 anos que estavam cursando ou tinham concluído o ensino médio, bastando apresentar documento de identidade e comprovante escolar para a inscrição.

No setor privado, o programa "Samsung Recicla" oferece descarte gratuito e ecologicamente correto para produtos eletroeletrônicos e eletrodomésticos de qualquer marca, incluindo celulares, notebooks, refrigeradores e máquinas de lavar. O programa conta com pontos de coleta em lojas e assistência técnicas.

Além disso, abrange a coleta de pilhas e baterias usadas, contribuindo para a redução do impacto ambiental e permitindo um descarte seguro de lixo eletrônico. Posteriormente, outras empresas privadas também passaram a oferecer serviços semelhantes.

Alguns municípios, como Itaguaí, Mesquita, Queimados, Rio Bonito, São João de Meriti e Seropédica, atuam com iniciativas de ações pontuais de recolhimento do passivo nos seus territórios, por meio de parceria entre as prefeituras e as entidades gestoras.

Como se pode perceber, a Green Eletron é a mesma entidade gestora para pilhas e eletroeletrônicos. Dessa forma, os mesmos PEV's para recebimento de pilhas servem, neste caso, para o recebimento de eletroeletrônicos.

EMBALAGENS EM GERAL

As embalagens em geral entraram no rol das tipologias passíveis à logística reversa através do acordo setorial nacional assinado em 2015, para implantação do sistema de logística reversa de embalagens em geral, como objetivo de assegurar a destinação final ambientalmente adequada destes resíduos.

Por intermédio deste instrumento, fabricantes, importadores, comerciantes e distribuidores de embalagens e de produtos comercializados em embalagens se comprometem a executar ações para retorno e reaproveitamento, bem como a trabalhar de forma conjunta para garantir a destinação final ambientalmente adequada das embalagens que colocam no mercado.

As embalagens, objeto do acordo setorial, podem ser compostas por plástico, papel, papelão, vidro, alumínio, aço ou ainda pela combinação destes materiais, como as embalagens cartonadas longa vida, por exemplo.

O acordo setorial também assegura a possibilidade de celebração de acordos entre os titulares de serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos municipais e as entidades signatárias, conforme previsto igualmente na PNRS.

Além disso, o instrumento contempla o apoio a associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis, pois é necessário atrelar a logística reversa de embalagens em geral ao estabelecimento de um sistema de coleta seletiva municipal, com a participação efetiva das cooperativas de catadores.

Nesse sentido, em especial para esta tipologia, é relevante que acordos setoriais e termos de compromisso sejam firmados com associações de ações para implementação de sistemas de coletas seletivas e de logística reversa, com metas que beneficiem o fortalecimento da cadeia produtiva da reciclagem.

A nível estadual há a Lei Estadual nº 8.151/2018, que institui o sistema de logística reversa de embalagens e resíduos de embalagens, no âmbito do estado do Rio de Janeiro.

Esta lei aplica-se a todas as embalagens, sejam elas produzidas ou comercializadas no estado do Rio de Janeiro, independentemente do material utilizado, sendo que as empresas que produzem, importam ou comercializam embalagens ou produtos embalados no estado devem se responsabilizar pelo gerenciamento e financiamento da logística reversa destes materiais.

A Lei nº 8.151/2018 institui ainda o Ato Declaratório de Embalagens, em que o setor empresarial fica obrigado a declarar anualmente, ao órgão gestor da Política Ambiental, o quantitativo de embalagens colocadas no mercado fluminense e o percentual efetivamente encaminhado para as indústrias de reciclagem.

RESPONSABILIDADES ENVOLVIDAS NA LOGÍSTICA REVERSA

O Decreto Estadual nº 48.354/2023, em consonância com a PNRS, prevê a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e embalagens e dispõe que compete aos fabricantes e aos importadores, instalar e manter pontos de entrega voluntária, dar destinação ambientalmente adequada aos resíduos recebidos ou coletados, informar os critérios objetivos para as propostas de metas quantitativas, de acordo com a proporção de produtos e embalagens, que declaradamente coloquem no mercado do estado do Rio de Janeiro além de receber os resíduos devolvidos pelos comerciantes e distribuidores.

Já o Decreto Federal nº 10.936/2022 instituiu o Programa Nacional de Logística Reversa. Esse programa, parte integrante do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) e do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), tem como finalidade otimizar, proporcionar ganhos e estabelecer sinergias entre os sistemas de logística reversa. Sua coordenação está a cargo do Ministério do Meio Ambiente, que também define critérios e diretrizes.

A logística reversa, conforme estabelecido pelo decreto, visa promover ações, procedimentos e meios para coletar e devolver resíduos sólidos ao setor empresarial. Isso pode levar ao reaproveitamento em ciclos produtivos ou destinação final ambientalmente correta.

Fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes têm a responsabilidade de estruturar, implementar e operar sistemas de logística reversa.

Esses atores devem garantir sua sustentabilidade econômico-financeira e atender metas estabelecidas para a devolução de produtos e embalagens após uso pelo consumidor.

Os sistemas de logística reversa devem se integrar ao SINIR. Para isso, foi criado o manifesto de transporte de resíduos, que é um documento auto declaratório nacional.

Esse manifesto e outros dados relacionados ao transporte de resíduos serão monitorados e fiscalizados principalmente pelo Ministério do Meio Ambiente.

A logística reversa é operacionalizada por meio de três instrumentos principais:

- Acordos setoriais.
- Regulamentos emitidos pelo Poder Público.
- Termos de compromisso.

Estes instrumentos devem abordar aspectos como definições, objeto, estruturação, operacionalização, financiamento, governança, entre outros. Instrumentos com maior abrangência geográfica (nacional, regional ou estadual) têm prevalência sobre aqueles de menor abrangência.

A logística reversa será estendida a produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, bem como outros produtos e embalagens que tenham impacto significativo na saúde pública e no meio ambiente.

A definição desses produtos e embalagens será feita pelo Ministério do Meio Ambiente, mediante consulta a outros ministérios relevantes.

O Decreto nº 10.936/2022 representa um passo significativo no estabelecimento de um sistema robusto e abrangente de logística reversa no Brasil.

Ao atribuir responsabilidades e definir instrumentos de implantação e operacionalização, visa não apenas a proteção ambiental, mas também a promoção de práticas empresariais sustentáveis e a conscientização do consumidor sobre a importância da reciclagem e do manejo adequado de resíduos.

Já aos comerciantes compete disponibilizar local gratuito para a instalação de PEV's e devolver aos fabricantes ou aos importadores os resíduos recebidos ou coletados, além de divulgar e informar aos consumidores a responsabilidade destes pelo ciclo de vida dos produtos e embalagens.

Quanto aos distribuidores, estes devem incentivar a adesão pelos comerciantes de suas respectivas cadeias comerciais ao sistema de logística reversa; contratar transportadoras ou utilizar veículos próprios para realizar o transporte dos resíduos até ao fabricante ou ao importador e, assim como os comerciantes, devem devolver aos fabricantes ou aos importadores os resíduos recebidos ou coletados.

Ao poder público, representado pelo titular da prestação de serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, compete adotar procedimentos para o reaproveitamento de resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.

Cabe ainda aos municípios o compartilhamento, a absorção e o acompanhamento das ações propostas pelos acordos setoriais e termos de compromisso assinados.

Os consumidores, por sua vez, são responsáveis por segregar, armazenar e disponibilizar adequadamente para coleta ou efetuar o descarte nos pontos de entrega voluntária, observando os procedimentos e as orientações relativas aos produtos ou embalagens objeto de sistemas de logística reversa.

6.5. COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

A compostagem é um processo biológico de decomposição e estabilização da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos urbanos (RSU), convertendo-a em um produto estável e higienizado denominado composto (Tchobanoglous et al., 1993). Este processo é amplamente utilizado para o tratamento de resíduos orgânicos, como restos de alimentos, resíduos de poda e de jardinagem, papel e papelão, entre outros (Lazcano & Dominguez, 2011). É o processo biológico de decomposição e de reciclagem da matéria orgânica, contida em restos de origem animal ou vegetal, formando um composto. A compostagem propicia um destino útil para os resíduos orgânicos, evitando sua acumulação em aterros e melhorando a estrutura dos solos (MMA, 2016).

A compostagem é indicada para o tratamento de RSU com alto teor de matéria orgânica biodegradável e, especialmente, quando há disponibilidade de áreas adequadas para a implantação de unidades de compostagem e interesse na utilização do composto produzido como fertilizante ou condicionador de solos (Tchobanoglous et al., 1993; Lazcano & Dominguez, 2011). Ademais, a compostagem pode ser uma alternativa interessante em contextos nos quais a adoção de tecnologias de tratamento térmico, como a pirólise e a incineração, não é viável devido a restrições ambientais, econômicas ou sociais.

A experiência da COMLURB, na cidade do Rio de Janeiro, não teve o sucesso esperado pela pequena quantidade de consumidores, o que provocou a comercialização do composto produzido por valores da ordem de R\$ 30,00/t.

Os custos associados à compostagem incluem a implantação e manutenção da infraestrutura, bem como os custos operacionais, que variam de acordo com a escala, a tecnologia empregada e a qualidade do composto produzido (Lazcano & Dominguez, 2011; Sundberg & Jönsson, 2008).

Segundo pesquisas financiadas pelo BNDES em 2014, foram estimados os custos de instalação e operação de usinas de compostagem aeróbia para municípios de diferentes faixas populacionais, conforme tabela abaixo.

Tabela 48: Custos aproximados de implantação e operação de unidades de compostagem

Faixa de População (habitantes)	Investimento (R\$/t)	Obras Civas (R\$/t)	Equipamentos (R\$/t)	OPEX (R\$/t)
30.000 – 250.000	R\$ 3,10	R\$ 1,80	R\$ 1,80	R\$ 85,00
250.000 – 1.000.000	R\$ 0,50	R\$ 4,50	R\$ 5,50	R\$ 75,00
> 1.000.000	R\$ 0,20	R\$ 3,00	R\$ 3,50	R\$45,00

Fonte: Jucá, J. F. T (2014)

Os custos operacionais da compostagem incluem o consumo de energia, a manutenção e substituição de equipamentos, a gestão dos resíduos e a remuneração do pessoal. Esses custos são influenciados pela eficiência do processo, a qualidade dos resíduos tratados e a capacidade de gerar receitas com a venda do composto (Lazcano & Dominguez, 2011; Sundberg & Jönsson, 2008). O preço do composto varia de acordo com a qualidade e a demanda, podendo atingir de US\$ 30 a US\$ 50 por tonelada (Karak et al., 2012).

Apesar dos custos associados à compostagem, a adoção deste processo pode resultar em benefícios ambientais significativos, como a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa, a conservação dos recursos naturais e a minimização dos impactos ambientais associados à disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos (Lazcano & Dominguez, 2011).

Em síntese, a compostagem é uma alternativa promissora para o tratamento de RSU ricos em matéria orgânica, com potencial para gerar benefícios ambientais e econômicos. No entanto, a análise dos custos e benefícios deve ser cuidadosamente realizada, levando em consideração as especificidades de cada projeto.

Além disso, a adoção da compostagem pode ser favorecida por políticas públicas e incentivos governamentais, como a implementação de sistemas de coleta seletiva, a criação de mercados para o composto produzido e a promoção de práticas sustentáveis de manejo de resíduos (Lazcano & Dominguez, 2011).

A conscientização da população e a participação da sociedade também são elementos importantes para garantir o sucesso da compostagem como uma estratégia de tratamento de RSU.

Em conclusão, a compostagem apresenta potencial como uma solução economicamente viável e ambientalmente sustentável para o tratamento de RSU. No entanto, a análise dos custos e benefícios deve ser cuidadosamente realizada, levando em consideração as especificidades de cada projeto e as condições locais, bem como o engajamento dos atores envolvidos na gestão de resíduos e na promoção de práticas sustentáveis.

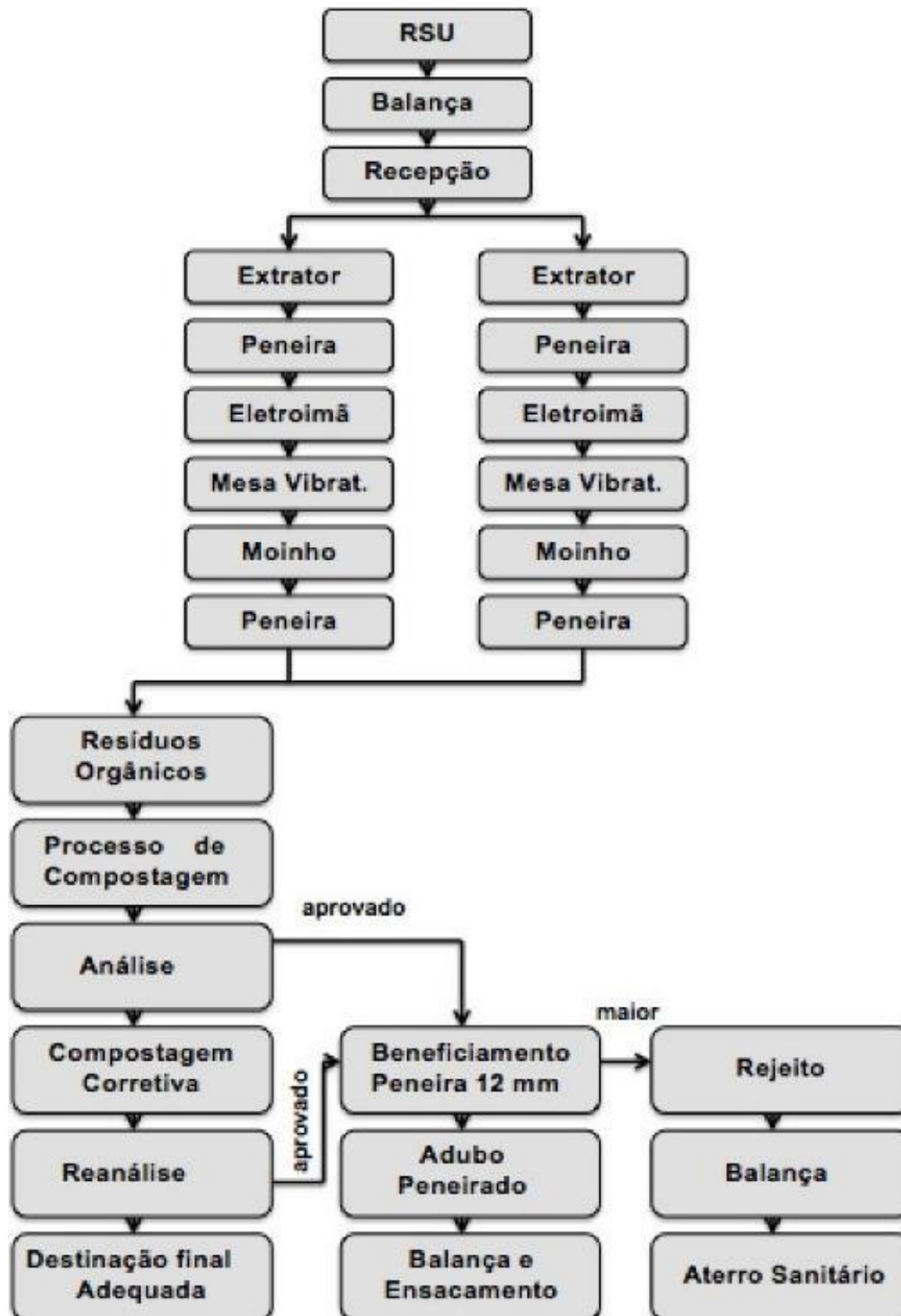
A seguir será apresentado um exemplo de aplicação da compostagem para auxiliar na explicação do método. A Usina Central de Tratamento de Lixo (UCTL) em Ceilândia, DF, inaugurada no ano de 1986, possui uma área de 880.000 m², dos quais 33.000 m² são destinados às leiras de compostagem.

A empresa conta com 129 funcionários e 157 catadores, operando em dois turnos de 8 horas. O sistema recebe cerca de 400 toneladas de RSU diariamente, com capacidade de tratamento de 600 t/dia, caso aumente o período de trabalho para 24 horas diárias. O tempo de vida útil do empreendimento foi estimado em 50 anos.

O sistema opera em duas linhas de produção paralelas (Figura 29). Inicialmente, o RSU que chega é pesado e depositado em um galpão fechado de aproximadamente 300 m². Uma pá carregadeira alimenta duas correias transportadoras (esteiras rolantes) com os resíduos, até uma peneira rotativa primária.

Os resíduos maiores seguem pela esteira, de onde os materiais recicláveis são retirados pelos catadores. Os resíduos menores prosseguem pelas duas esteiras, até se encontrarem no eletroímã para a retirada dos metais ferrosos.

Figura 29: Fluxo dos Resíduos no Sistema de Compostagem



Fonte: Valor Ambiental (2013)

Novamente uma mesa vibratória seleciona os resíduos: os de granulometria menor prosseguem no fluxo, enquanto os de maior granulometria, retirados na mesa vibratória, passam por um moinho, a fim de reduzir o seu tamanho e seguem para peneira de afinagem. Os resíduos retidos na peneira denominados rejeitos, são enviados para aterro sanitário, enquanto os selecionados pelo processo, são conduzidos para o pátio de compostagem.

As leiras de compostagem possuem em média 55 m de comprimento, 5 m de largura e 2,5 m de altura. O tempo para maturação do composto é, em média, de 95 dias. No momento em que o composto está no pátio, são realizadas análises e, caso ele não esteja dentro dos padrões de qualidade previstos, é enviado para o aterro sanitário como rejeito.

Estima-se que 30% da massa de RSU seja perdida no processo (VALOR AMBIENTAL, 2013). Decorrido o tempo de cura, o composto produzido segue para um galpão, onde é ensacado e distribuído para o consumidor.

Figura 30: Composto Orgânico na Saída do Processo de Compostagem



Fonte: Valor Ambiental (2013)

6.6. USINAS DE RECICLAGEM DE RCC

O tratamento adequado dos resíduos de construção civil (RCC) é um desafio crescente em centros urbanos ao redor do mundo, tanto do ponto de vista econômico como ambiental (Silva, R.V., de Brito, J., Dhir, R.K., 2014).

Estes resíduos, quando não gerenciados corretamente, podem levar à contaminação do solo, da água e do ar, através do processo de erosão e da dispersão de partículas (Feng, S., Yang, Y., Valipour, M., 2020).

A reciclagem desses resíduos representa uma abordagem mais sustentável, pois permite a transformação de materiais descartados em novos insumos para a indústria da construção, auxiliando na economia de recursos naturais e na redução dos custos de descarte (Mália, M., de Brito, J., Pinheiro, M.D., Bravo, M., 2018).

Na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, o manejo de resíduos sólidos de construção civil se dá no âmbito das CTR's – Centrais de Tratamento de Resíduos Sólidos – privadas, com estrutura para segregar e dispor esses resíduos, ou em unidades de triagem, operadas com pouca tecnologia.

Analisando os dados presentes na consulta realizada através de um questionário enviado aos municípios que fazem parte da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, nota-se uma variação significativa no gerenciamento dos RCC.

Alguns municípios como Cachoeiras de Macacu e Guapimirim têm uma gestão estruturada dos RCC, com a coleta sendo realizada, tanto pelo município quanto por particulares, e o descarte feito em áreas licenciadas.

Esses municípios ainda apresentam investimentos previstos para melhorias no saneamento, incluindo a gestão dos resíduos.

No entanto, municípios como Duque de Caxias, Belford Roxo, Itaboraí, Magé, Maricá, Nilópolis, Niterói, Rio de Janeiro, São João de Meriti, Seropédica e Tanguá não fornecem informações suficientes para uma avaliação adequada, sugerindo uma possível lacuna na gestão de RCC.

Em contrapartida, Itaguaí, Japeri e Nova Iguaçu possuem iniciativas de destaque, como a coleta de RCC sob demanda e a previsão de investimentos em planos de gestão integrada de resíduos sólidos e coleta seletiva.

Porém, não é evidente a presença de investimentos voltados à reciclagem dos resíduos da construção civil.

Os municípios de Mesquita, Paracambi, Petrópolis, Queimados, Rio Bonito e São Gonçalo, por sua vez, apresentam lacunas significativas na gestão dos RCC, como ausência de coleta seletiva, falta de estação de transbordo e ausência de previsão de investimentos específicos para a reciclagem de RCC.

Dessa forma, é evidente que a gestão de RCC na Região Metropolitana do Rio de Janeiro ainda possui desafios significativos.

Investimentos em coleta seletiva, reciclagem e educação ambiental são fundamentais para melhorar esse panorama, contribuindo para a sustentabilidade dos municípios.

No município de Duque de Caxias, quando encerrado o Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho, foi criada a Associação de Catadores e Ex-Catadores de Jardim Gramacho, grupo de cerca de quinze catadores que atuam no nicho de resíduos de construção civil.

A Área de Triagem e Transbordo (ATT) Gramacho (Figura 31), operada pela ACEX, recebe e dá tratamento mínimo aos resíduos de RCC dispostos por terceiros, em sua maioria, entes privados.

O produto desse tratamento é vendido pela associação de catadores. A ATT Gramacho (Figura 32) possui poucos equipamentos e sua operação de triagem é manual, utilizando caminhões e pás carregadeiras para movimentação dos grandes volumes.

Figura 31: ATT Gramacho, Associação de Catadores e Ex-Catadores de Jardim Gramacho



Fonte: Engeconsult (2022)

Figura 32: ATT Gramacho – ACEX



Fonte: Engeconsult (2022)

6.7. TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DE RSS

Na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, os resíduos gerados por atividades de saúde, como em hospitais, clínicas e laboratórios, são encaminhados a empresas especializadas para o seu devido tratamento.

Dentre os principais métodos de tratamento observados, estão:

- Autoclavagem;
- Incineração;
- Pirólise;
- Micro-ondas;
- Desativação Eletromagnética;
- Radiação Ionizante;
- Tratamento Químico.

Entre as técnicas empregadas, destaca-se a autoclavagem, processo que usa o vapor em alta pressão para esterilizar os resíduos, eliminando assim, qualquer microrganismo patogênico que possa estar presente. Esta técnica é preferida por seu alto grau de eficiência e por ser ambientalmente mais amigável quando comparada a outras, como a incineração.

Após o tratamento, estes resíduos, agora seguros, são destinados aos aterros sanitários para a disposição final adequada.

Este processo se faz fundamental para garantir a segurança da população e do meio ambiente, evitando possíveis contaminações e preservando a saúde pública.

A incineração, anteriormente mencionada, é um processo de queima que decompõe os materiais à base de carbono, gerando calor e cinzas. Os tipos de fornos de incineração mais comuns são os de grelha fixa, de leito móvel e o rotativo.

A pirólise, de forma similar à incineração, também é um processo de destruição térmica. Porém, o calor é absorvido, as reações ocorrem na ausência de oxigênio e os materiais à base de carbono são decompostos em combustíveis gasosos ou líquidos e carvão.

Outro método para tratamento de resíduos de serviço de saúde é o processo de micro-ondas. Nesse método os resíduos são triturados, umedecidos com vapor a 150°C e colocados continuamente num forno de micro-ondas. É um processo contínuo que não emite efluentes de qualquer natureza, porém, possui um alto custo operacional e gera pouca redução do volume dos resíduos a serem aterrados.

A desativação eletromagnética é um processo com as mesmas vantagens e desvantagens do processo de micro-ondas, onde o resíduo é duplamente triturado e exposto a um campo magnético de alta potência.

Já no método de radiação ionizante, ocorre a inativação dos microrganismos pela exposição dos resíduos à ação de raios gama gerados por uma fonte enriquecida de cobalto-60. Também constitui um processo contínuo sem emissão de efluentes, mas a necessidade de se dispor adequadamente da fonte exaurida e radioativa de cobalto-60 torna-se uma desvantagem para o método em questão.

O tratamento químico é um processo onde os resíduos são triturados e mergulhados em uma solução desinfetante de hipoclorito de sódio, dióxido de cloro ou gás formaldeído. Ao final, os resíduos passam por um sistema de secagem, gerando um efluente líquido nocivo ao meio ambiente, que precisa ser neutralizado.

6.8. ECONOMIA CIRCULAR

O conceito da economia circular propõe o desenvolvimento de sistemas produtivos eficientes, com eliminação de resíduos, utilização de matéria-prima de origem reciclável e a geração de produtos desenvolvidos de forma a garantir sua máxima utilização possível.

A economia circular tem como proposta redefinir a noção de crescimento, buscando benefícios para toda a sociedade. Ela associa desenvolvimento econômico ao melhor uso dos recursos naturais e à priorização de fontes de energia renováveis.

No modelo econômico circular, produtos e materiais são mantidos, de forma contínua, em seu mais alto nível de utilidade e valor. Resíduos e poluição são eliminados desde o princípio e sistemas naturais são regenerados. Este modelo vem como alternativa ao atual modelo econômico de extração, produção, consumo e descarte, também chamado de economia linear.

Com a transição do modelo linear para a economia circular, componentes passam a circular no máximo de seu valor em ciclos técnicos ou biológicos, que são sistemas integrados, restaurativos e regenerativos. A valorização dos produtos e recursos se dá por meio de atividades como, concepção e design, produção ou remanufatura, compartilhamento, reuso, reparos, manutenções e reciclagem.

A economia circular possui três princípios básicos: eliminar a geração de rejeitos e poluição; manter os produtos e materiais em uso; e regenerar os sistemas naturais. Em larga escala, as práticas de economia circular contribuem para o Brasil atingir a meta de neutralidade de carbono até 2050 se tornando um dos pilares da estratégia de baixo carbono criado pela Confederação Nacional da Indústria - (CNI), juntamente com a conservação florestal, transição energética de carbono

O Brasil já deu passos importantes rumo à economia circular. Em âmbito internacional, a CNI lidera a delegação brasileira que tem participado ativamente na elaboração das normas técnicas sobre economia circular que estão sendo criadas pela Organização Internacional de Normalização (ISO, na sigla em inglês).

Em relação a leis e políticas nacionais, o principal avanço foi a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em vigor desde 2010, que obriga setores industriais a desenvolverem uma logística reversa.

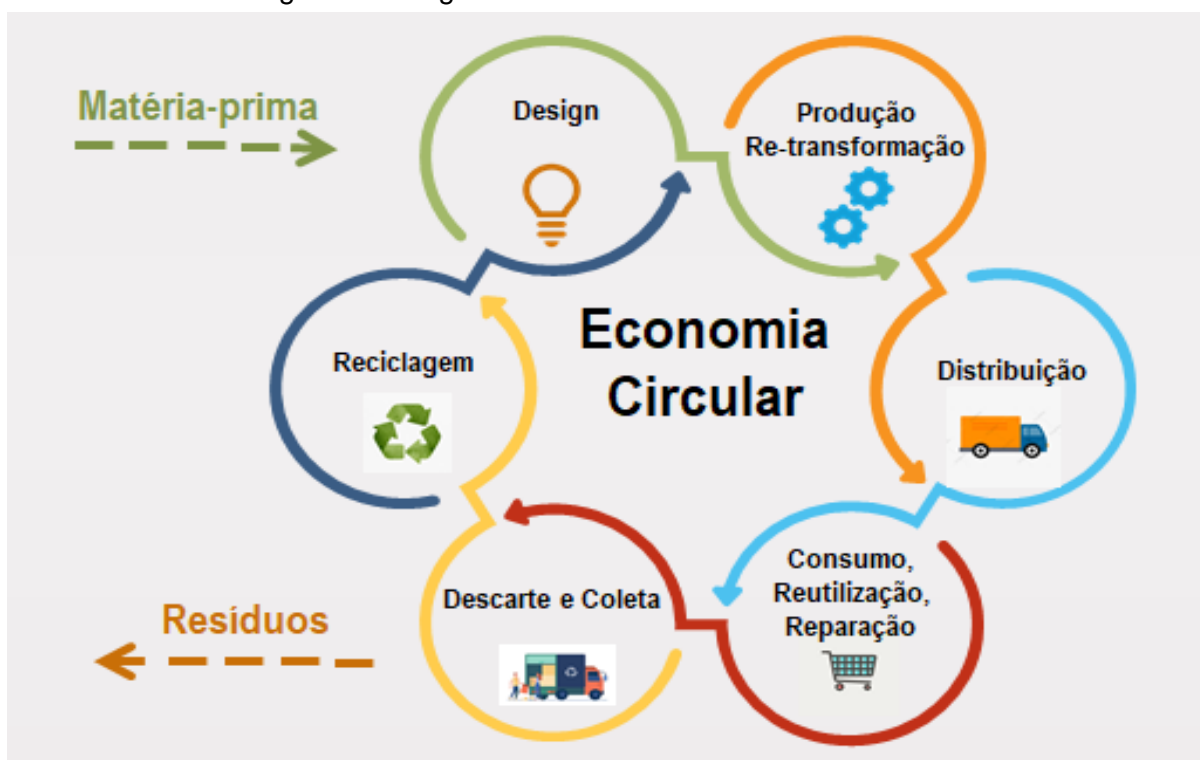
Setores de eletroeletrônicos, medicamentos, embalagens e lâmpadas estão estruturando seus sistemas de logística reversa e alguns outros como os de pneus e de óleos lubrificantes e suas embalagens, pilhas e baterias, baterias automotivas e de embalagens de agrotóxicos já contam com algumas redes de coleta avançadas.

No Rio de Janeiro, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) criou um sistema de licenciamento ambiental em que empresas que atendem a critérios de sustentabilidade possam ter uma concepção maior do número de anos licenciados. Além disso, simplificou o licenciamento para atividades relacionadas à economia circular, como o transporte de resíduos e as estruturas para coleta seletiva.

A transição para o modelo de economia circular representa uma mudança sistêmica e colaborativa capaz de gerar novas oportunidades econômicas e de negócios e proporcionar benefícios ambientais e sociais.

Na Figura 33 é observada a circularidade, conceito que objetiva a sustentabilidade, agregada à gestão de resíduos sólidos urbanos que se traduz no aproveitamento a longo prazo da matéria-prima, através da reciclagem e do reaproveitamento, produzindo a menor quantidade possível de resíduos.

Figura 33: Diagrama Conceitual de Economia Circular



Fonte: Ellen Mac Arthur Foundation

7. PASSIVOS AMBIENTAIS RELATIVOS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS

7.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL

O dilema do século 21, reconciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental, tem incitado a revisão de práticas convencionais em diversos setores da sociedade (Tachizawa, 2012).

Em particular, a gestão dos resíduos sólidos tem sido um tópico de destaque nessa discussão, por apresentar desafios únicos, tanto de ordem técnica quanto socioeconômica (Layrargues, 2014).

A produção, acumulação e o descarte inadequado de resíduos sólidos têm resultado na formação de passivos ambientais - danos ao meio ambiente cuja reparação implica responsabilidades legais e financeiras significativas (Sánchez, 2013).

O conceito de passivo ambiental engloba não apenas a obrigação de reparar os danos causados, mas também a responsabilidade de implementar medidas preventivas, promovendo a sustentabilidade e o bem-estar social.

De acordo com o Tachizawa (2012) são considerados passivos ambientais as obrigações decorrentes de danos causados ao meio ambiente que requerem medidas reparatórias ou compensatórias por parte de indivíduos, corporações ou governos responsáveis.

Em outras palavras, são responsabilidades legais, financeiras e morais inerentes à recuperação de ecossistemas prejudicados por atividades humanas.

Ao analisar o conteúdo e os princípios da legislação, é possível interpretar que passivos ambientais se referem a qualquer obrigação ou responsabilidade decorrente de danos causados ao meio ambiente pela geração e gestão inadequada de resíduos sólidos (MMA, 2010).

No contexto da PNRS, um passivo ambiental pode ser entendido como um dano causado ao meio ambiente devido à disposição inadequada de resíduos sólidos, que deve ser reparado ou compensado.

Isso pode incluir, por exemplo, a contaminação do solo ou da água, a geração de Gases de Efeito Estufa, a perda de biodiversidade ou a degradação da qualidade do ar.

De acordo com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro (PERS, 2013) uma área contaminada pode ser definida como uma área ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada ou não, acidental ou até mesmo natural.

Nestas áreas, os poluentes ou contaminantes podem concentrar-se em subsuperfície (nas zonas não saturada e saturada) nos diferentes compartimentos do ambiente, como por exemplo, no solo e nas águas superficiais e subterrâneas.

Os poluentes ou contaminantes podem ser transportados, propagando-se por diferentes vias como o ar, o solo e as águas subterrâneas e superficiais, alterando suas características naturais de qualidade e determinando impactos negativos e/ou riscos no meio biótico.

É essencial caracterizar e compreender as áreas degradadas, particularmente no contexto da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Conforme previsto no Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro (PERS, 2013), uma área degradada é definida como uma região que experimenta alterações negativas em suas propriedades físicas e químicas devido a fatores como poluição e contaminação, muitas vezes resultantes de uma gestão inadequada de resíduos sólidos.

Os vazadouros de resíduos sólidos urbanos, também conhecidos como lixões, são exemplos proeminentes de áreas degradadas. Esses locais são frequentemente associados à introdução de poluentes no solo e na água, afetando adversamente a qualidade ambiental e a saúde da população.

No caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, essas áreas degradadas constituem passivos ambientais significativos e representam uma ameaça à sustentabilidade da região.

Contudo, é importante destacar que, além das obrigações legais para remediar essas áreas, o fortalecimento das práticas de gestão de resíduos é uma estratégia crucial para prevenir a formação adicional de áreas degradadas e para promover um desenvolvimento mais sustentável.

O termo “degradação do solo” significa a ocorrência de alterações negativas das suas propriedades físicas, tais como sua estrutura ou grau de compactidade, a perda de matéria devido à erosão e a alteração de características químicas devido a processos como a salinização, lixiviação, deposição ácida e a introdução de poluentes.

Observa-se que uma área contaminada pode ser considerada um caso particular de uma área degradada onde ocorrem alterações principalmente das propriedades químicas (PERS, 2013).

No contexto da gestão de resíduos sólidos urbanos, os vazadouros representam uma etapa crítica e desafiadora. Responsáveis pela disposição final dos resíduos, esses locais apresentam uma série de questões ambientais e de saúde pública que exigem uma atenção especial.

Neste capítulo, será feita uma caracterização abrangente dos passivos ambientais associados aos vazadouros na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, destacando os desafios enfrentados e as possíveis soluções para mitigar esses impactos.

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro é caracterizada por uma alta densidade populacional e um intenso fluxo de atividades urbanas. Essas características tornam a gestão de resíduos sólidos um desafio complexo, exigindo soluções integradas e eficientes.

Os vazadouros, como locais de disposição final de resíduos sólidos, desempenham um papel crucial nesse contexto, porém, enfrentam uma série de limitações e problemas ambientais que devem ser abordados.

A gestão inadequada de vazadouros pode resultar em diversos passivos ambientais. A contaminação do solo e da água, a emissão de Gases de Efeito Estufa, a propagação de doenças e a degradação do ecossistema são apenas algumas das consequências negativas associadas a esses locais. Além disso, a proximidade de áreas sensíveis, como corpos d'água e zonas habitadas, aumenta a urgência em lidar com esses passivos ambientais.

A caracterização dos passivos ambientais relacionados aos vazadouros na Região Metropolitana do Rio de Janeiro requer uma análise criteriosa dos aspectos físicos, químicos e biológicos presentes nesses locais. É essencial compreender a composição dos resíduos dispostos, os processos de degradação e a interação desses resíduos com o ambiente circundante.

Neste capítulo, serão exploradas informações sobre a localização dos vazadouros, os impactos ambientais observados e as estratégias adotadas para a remediação desses locais. Além disso, serão discutidos os principais desafios e lacunas na gestão desses passivos ambientais, bem como as iniciativas em andamento para superar essas dificuldades.

7.2. DEPÓSITOS IRREGULARES DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A disposição inadequada de resíduos sólidos em lixões ou aterros sanitários não regulamentados pode levar à lixiviação de substâncias perigosas para o solo e para o lençol freático, contaminando recursos hídricos e ecossistemas terrestres. Além disso, a decomposição de resíduos orgânicos em condições anaeróbicas pode resultar na produção de metano, um potente gás de Efeito Estufa que contribui para a mudança climática.

Para quantificar esses passivos, é essencial avaliar a extensão do dano ambiental, a eficácia das possíveis soluções de remediação, e a capacidade do responsável de arcar com os custos de reparação, pois podem acarretar obrigações significativas em termos de remediação e compensação (Sánchez, 2013).

Por exemplo, pode ser necessário remediar o solo contaminado, restaurar corpos d'água ou implementar medidas para capturar e tratar gases de aterro.

Além disso, em casos de danos à saúde humana, pode haver obrigações de compensação ou tratamento médico (MMA, 2010).

Neste documento, os valores orientadores estabelecidos para solos foram divididos em:

- **Valor de Referência de Qualidade – VRQ:** que define o solo como limpo;
- **Valor de Prevenção – VP:** que é a concentração acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea;
- **Valor de Intervenção – VI:** que é a concentração de determinada substância no solo acima do qual há riscos potenciais diretos ou indiretos a saúde humana.

Os depósitos irregulares de resíduos sólidos da RMRJ têm um longo histórico. Na Tabela 49, constam os municípios da Região Metropolitana com as informações dos vazadouros utilizados para a disposição final dos RSU e já encerrados.

No mapa Situação dos Aterros Sanitários e Vazadouros do Estado do Rio de Janeiro (outubro/2021), elaborado pela SEAS, é possível verificar a localização dos vazadouros dos municípios que integram a Região Metropolitana (Mapa 13).

Tabela 49: Histórico da Disposição de RSU em Vazadouros

Municípios	Vazadouro - Disposição dos RSU	Encerramento do Vazadouro (ano)
Rio de Janeiro	Vazadouro de Jardim Gramacho - Duque de Caxias	2012
Rio de Janeiro	Aterro Controlado de Santa Cruz	1998
Rio de Janeiro	Aterro Controlado de Bangu (CTR Gericinó)	2014
São Gonçalo	Vazadouro Municipal - Itaoca	2012
Duque de Caxias	Vazadouro de Jardim Gramacho - Duque de Caxias	2012
Nova Iguaçu	Vazadouro Municipal - Marambaia	2003
São João de Meriti	Vazadouro de Jardim Gramacho - Duque de Caxias	2012
Niterói	Vazadouro Municipal - Morro do Céu	2011
Belford Roxo	Vazadouro Municipal - Babi	2012
Petrópolis	Vazadouro Municipal - Pedro do Rio Aterro Controlado do Bingen	2015 1998***
Maricá	Vazadouro Municipal	2013
Mesquita*	Vazadouro de Jardim Gramacho - Duque de Caxias	2012
Magé	Célula Sanitária - Vazadouro em remediação	Vazadouro em remediação
Queimados	Vazadouro de Jardim Gramacho - Duque de Caxias	2012
Nilópolis**	Vazadouro de Jardim Gramacho - Duque de Caxias	2012
Itaboraí	Vazadouro Municipal	2011
Itaguaí	Vazadouro Municipal	2011
Seropédica	Vazadouro Municipal	2011
Paracambi	Vazadouro Municipal	2011
Japeri	Vazadouro Municipal	2014
Guapimirim	Vazadouro Municipal	2012
Cachoeiras de Macacu	Vazadouro Municipal	2012
Rio Bonito	Vazadouro Municipal	2013
Tanguá	Vazadouro Municipal	2012
* ** ***	<p>Em 2010 o município de Mesquita encaminhava seus RSU para a CTR Nova Iguaçu.</p> <p>Em 2011 o município de Nilópolis encaminhava seus RSU para a CTR Nova Iguaçu.</p> <p>O Aterro do Bingen era responsabilidade de uma Secretaria da Prefeitura que foi encerrada. A COMDEP informou uma data aproximada do encerramento do vazadouro.</p>	

Fonte: Programa LIXÃO ZERO – SEAS (dados consolidados a partir de 2010) e Engeconsult (2022)

Mapa 13: Localização dos Vazadouros de RSU



Fonte: Programa Lixão Zero

A Tabela 50 demonstra a distribuição dos aterros sanitários e dos lixões de recebimento do RSU metropolitano.

Tabela 50: Lista de Aterros e Lixões Metropolitanos

Municípios da Metrópole	Aterro Sanitário		Lixão			
	Operação Normal	Operação Paralisada	Fechado	Remediado	Em Remediação	Remediado com Termo de Encerramento
Rio de Janeiro	0	0	0	0	0	3
São Gonçalo	1	0	0	0	1	0
Duque de Caxias	0	0	0	0	1	0
Nova Iguaçu	1	0	0	0	0	0
São João de Meriti	0	0	0	0	0	0
Niterói	0	0	0	0	0	1
Belford Roxo	0	1	1	0	0	0
Petrópolis	0	0	2	0	0	0
Maricá	0	0	2	0	0	0
Mesquita	0	0	0	0	0	0
Magé	0	0	0	0	1	0
Queimados	0	0	1	0	0	0
Nilópolis	0	0	0	0	0	0
Itaboraí	1	0	2	0	0	0
Itaguaí	0	0	2	0	0	0
Seropédica	1	0	0	0	0	1
Paracambi	1	0	0	1	0	0
Japeri	0	0	0	0	1	0
Guapimirim	0	0	1	0	0	0
Cachoeiras de Macacu	0	0	1	0	0	0
Rio Bonito	0	0	1	0	0	0
Tanguá	0	0	1	0	0	0
RMRJ	Aterro Sanitário		Lixão			
	5	1	14	1	4	5
	6		24			

Fonte: SEAS (2021) e Engeconsult (2022)

É importante ressaltar que os aterros sanitários licenciados são os únicos equipamentos autorizados a receber o RSU, a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010), bem como também está decretado o fechamento de todos os lixões (vazadouros de lixo sem recobrimento) a partir de 2010.

Os estados operacionais de cada aterro e lixão são:

- Lixões:
 1. Fechado: em 2010 por força do PNRS (Lei Federal 12.305), sem remediação e atualmente hibernando;
 2. Fechado e remediado sem termo de encerramento;
 3. Fechado e em remediação;
 4. Fechado e remediado com termo de encerramento.

- Aterros Sanitários:
 1. Operação normal com Licença de Operação ambiental;
 2. Operação interrompida por falta de licenciamento ambiental ou pendência técnica.

Condição de Passivo Ambiental:

- **Todos** os lixões fechados, em hibernação e SEM remediação com termo de encerramento.

- Municípios metropolitanos com condição de passivo ambiental: Belford Roxo, Petrópolis, Maricá, Queimados, Itaboraí, Itaguaí, Guapimirim, Cachoeiras de Macacu; Rio Bonito, Tanguá, São Gonçalo, Duque de Caxias, Paracambi, Magé e Japeri.

- Condições Mais Críticas: Duque de Caxias (Jardim Gramacho) e São Gonçalo (Itaoca), devido à proximidade de ambos os locais à Baía de Guanabara. Responsáveis pelas remediações: Duque de Caxias (COMLURB) e São Gonçalo (Orizon).

LISTAGEM DE VAZADOUROS DA RMRJ

Identificação dos vazadouros de RSU, realizada pela Plataforma Programa de Saneamento Ambiental – Mapas, que apresenta os dados do Programa Lixão Zero de outubro de 2021, da Superintendência de Gestão de Resíduos Sólidos - SEAS.

As Figuras 34 a 54 apresentam a localização de todas as áreas de vazadouros de resíduos sólidos urbanos existentes nos municípios da Região Metropolitana.

Figura 34: Localização do Vazadouro de Babi – Belford Roxo



Fonte: PSAM Mapas

Figura 35: Localização do Vazadouro – Cachoeiras de Macacu



Figura 36: Localização do Vazadouro de Jardim Gramacho – Duque de Caxias



Fonte: PSAM Mapas

Figura 37: Localização do Vazadouro – Guapimirim



Figura 38: Localização do Vazadouro 1 – Itaboraí



Fonte: PSAM Mapas

Figura 39: Localização do Vazadouro 2 – Itaboraí



February 13, 2023
Vazadouros (Lixões) RJ
● Fechado (64)
□ Limite Municipal

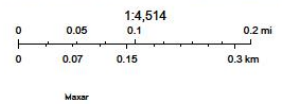
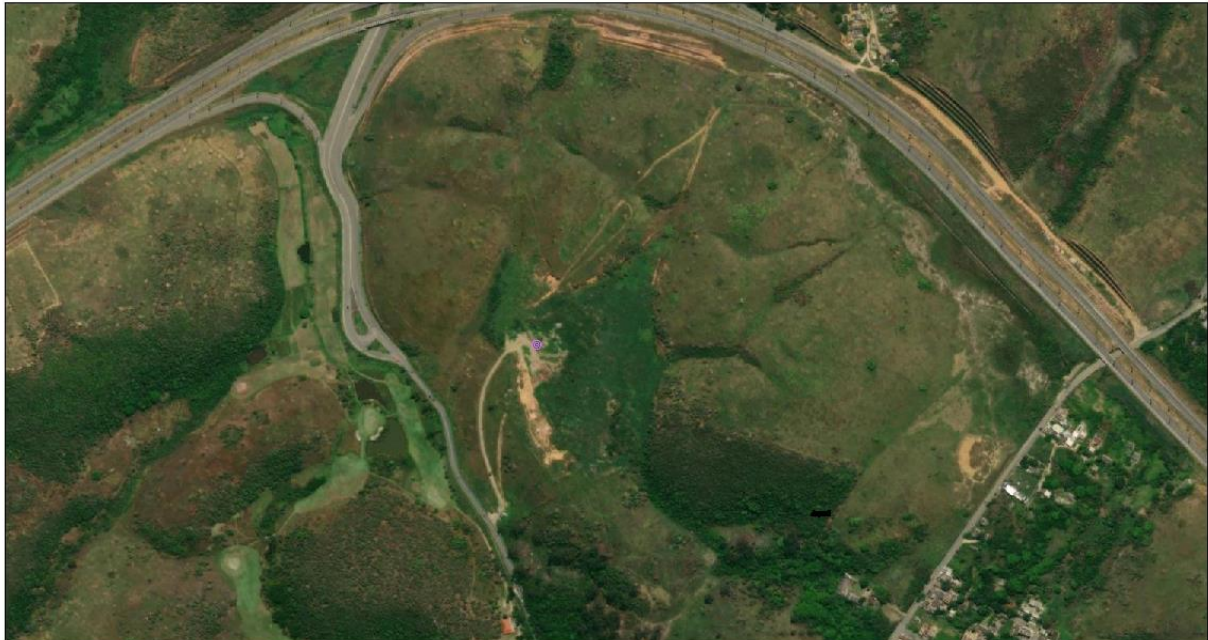
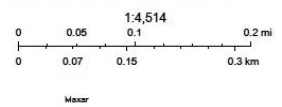


Figura 40: Localização do Vazadouro – Japeri



February 13, 2023
Vazadouros (Lixões) RJ
● Em remediação (10)
□ Limite Municipal



Fonte: PSAM Mapas

Figura 41: Localização do Vazadouro de Bongaba – Magé



Figura 42: Localização do Vazadouro 1 – Maricá



Fonte: PSAM Mapas

Figura 43: Localização do Vazadouro 2 – Maricá



Figura 44: Localização do Vazadouro de Morro do Céu – Niterói



Fonte: PSAM Mapas

Figura 45: Localização do Vazadouro – Nova Iguaçu



Figura 46: Localização do Vazadouro – Paracambi



Fonte: PSAM Mapas

Figura 47: Localização do Vazadouro 1 – Petrópolis



Figura 48: Localização do Vazadouro 2 – Petrópolis



Fonte: PSAM Mapas

Figura 49: Localização do Vazadouro – Queimados



Figura 50: Localização do Vazadouro – Rio Bonito



Fonte: PSAM Mapas

Figura 51: Localização do Vazadouro de Gericinó – Rio de Janeiro



Figura 52: Localização do Vazadouro de Itaóca – São Gonçalo



Fonte: PSAM Mapas

Figura 53: Localização do Vazadouro – Seropédica



Figura 54: Localização do Vazadouro – Tanguá



Fonte: PSAM Mapas

Apesar das exposições precedentes, torna-se indubitável que inúmeros municípios enfrentam a problemática de áreas degradadas, inclusive em depósitos de lixo a céu aberto e descargas clandestinas de resíduos.

Essas áreas contaminadas são um testemunho palpável das externalidades negativas geradas pelo crescimento urbano descontrolado e pela insuficiência das políticas de gestão de resíduos sólidos.

Tais depósitos, comumente designados como lixões e vazadouros ilegais, constituem focos de contaminação do solo, água e ar, acarretando consequências ambientais, sociais e de saúde.

Em razão disso, urge a necessidade de elaboração e implementação de estratégias eficazes de saneamento e recuperação desses locais, as quais requerem a conjugação de esforços entre os diversos atores governamentais, a sociedade civil e os setores produtivos, para que se alcance um equilíbrio sustentável e a preservação do patrimônio ecológico.

7.3. REMEDIAÇÃO DE DEPÓSITOS IRREGULARES - RSU

“Lixão” é um local onde ocorre a disposição indiscriminada de resíduos sólidos no solo, em situação inadequada, sem medidas de controle de operações ou de proteção do meio ambiente. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, em 2017, 40,9% dos resíduos coletados no país foram despejados em locais inadequados.

O depósito irregular de resíduos em áreas específicas, também chamadas de “vazadouros”, causa danos diretos ao meio ambiente e à saúde da população

Quem define os padrões de qualidade das águas é a Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Já para os padrões de qualidade do ar, quem os define é a Resolução CONAMA n° 491/2018, e por conseguinte o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR, que dispõe diretrizes e estratégias para o controle da poluição atmosférica.

Esta resolução estabelece instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica.

Em complementação, sintetiza os tipos de poluentes prejudiciais e institui o Índice de Qualidade do Ar – IQAR, que é o valor utilizado para fins de comunicação e informação à população que relaciona as concentrações dos poluentes monitorados aos possíveis efeitos adversos à saúde.

O objetivo da remediação de vazadouros de resíduos é, basicamente, transformar a massa de resíduos sólidos urbanos, bem como o subsolo onde se encontra instalado o “lixão” em um corpo projetado, sanitário e ambientalmente seguro, cessando desta forma os riscos à saúde e ao meio ambiente associados aos vazadouros que, dentre outros, podem ser citados os seguintes:

- Contaminação dos Solos: o contato direto dos resíduos sobre o solo altera de forma negativa as suas características estruturais e químicas originais;
- Contaminação de Corpos Hídricos Superficiais e Subterrâneos: O contato dos resíduos através dos escoamentos superficiais e de lixiviação, incrementada nos períodos de chuva, favorece a infiltração de contaminantes para o subsolo, e também para os rios e canais naturais;
- Contaminação Atmosférica: A presença de matéria orgânica favorece a emissão de Gases de Efeito Estufa, como o metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂) dentre outros, com características altamente contaminantes. Soma-se a esta contaminação a das partículas provocadas pela queima de resíduos;

- Riscos para a Saúde Pública: Associados aos vazadouros podem ser muito elevados os riscos para as pessoas que moram próximas e para as expostas diretamente aos efeitos físicos e químicos dos resíduos, que em alguns casos podem ser de natureza perigosa. Outras fontes de risco estão relacionadas com a presença de roedores e outros tipos de vetores.

De acordo com o PERS (2013), a escolha da melhor técnica para desativação e remediação de “lixões” a ser utilizada deverá ser pautada por um estudo detalhado do local, que avalie as condições físicas e o comprometimento ambiental da área.

Esse estudo deve contemplar, no mínimo, a realização de levantamento planialtimétrico do terreno, estudos de sondagem e caracterização geotécnica, análises de águas superficiais e subterrâneas, entre outros.

Para a remediação dos vazadouros, tem-se três tipos de configurações básicas, metodologia padrão, a ser utilizada nas intervenções físicas e remediação de áreas degradadas, denominados de:

Remediação em Vala: A remediação por vala envolve a escavação de uma vala ou trincheira na área contaminada. Essa vala pode ser usada para a remoção de solo contaminado, resíduos ou água subterrânea contaminada. O material removido é então tratado, reciclado ou descartado de acordo com as regulamentações ambientais. Em seguida, a escavação do solo contaminado pode ser preenchida com material limpo, como solo ou material inerte, para restaurar a área afetada.

Remediação em Área: Esta remediação envolve a aplicação de técnicas para tratar a contaminação em uma ampla extensão de terra. Isso pode incluir a aplicação de produtos químicos, como agentes oxidantes ou redutores, para degradar os contaminantes no local. Também pode envolver a instalação de barreiras físicas, como geomembranas ou cortinas reativas, para conter a propagação da contaminação. Essas técnicas visam eliminar ou reduzir os contaminantes no solo e na água subterrânea, restaurando gradualmente a qualidade do local.

Remediação em Meia Encosta: A remediação de meia encosta refere-se a ações tomadas em áreas inclinadas, como encostas de colinas ou montanhas, que foram afetadas por contaminação. Esse processo pode envolver a estabilização do terreno através de técnicas como contenções de erosão, revegetação, plantio de cobertura vegetal ou sistemas de drenagem para evitar a erosão do solo contaminado e a propagação de poluentes para áreas adjacentes.

Na Tabela 51, constam os métodos de remediação propostos no PERS (2013) para alguns dos vazadouros municipais da Região Metropolitana.

Tabela 51: Método de Remediação proposto pelo PERS

Município	Método de Encerramento/Remediação
Belford Roxo	Área
Cachoeiras de Macacu	Área ou Vala
Guapimirim	Meia Encosta ou Área
Itaboraí	Meia Encosta ou Área
Japeri	Meia Encosta
Maricá: Caxito	Área
Maricá: Itapeba	Meia Encosta
Queimados	Meia Encosta ou Área
Rio Bonito	Área
Tanguá	Área

Fonte: PERS (2013)

A etapa inicial de recuperação de áreas degradadas por disposição de RSU corresponde à avaliação das condições de comprometimento ambiental do local. Isto pode ser realizado através de análises das águas superficiais ou subterrâneas e de sondagens para conhecimento do estágio de decomposição dos resíduos e das condições de estabilidade e permeabilidade do solo.

Esta etapa busca determinar as vias potenciais de transporte dos contaminantes e os riscos ambientais à população e à ecologia (ALBERTE, 2005).

A segunda etapa consiste na seleção de atividades remediadoras. Essas atividades têm o objetivo de reduzir a mobilidade, toxicidade e volume dos contaminantes e estabilização do solo. São adotadas, nesse contexto, ações de tratamento primário ou físico da área, tratamento secundário e terciário, seguido, por fim, do monitoramento ambiental da área.

Ressalta-se que as intervenções para a recuperação de aterros também incluem o controle/gestão ambiental e a ocupação do solo de maneira lógica, prática e economicamente viável.

Assim, simultaneamente ao processo de remediação, deve ser iniciada a implementação de um Programa de Gestão, seja do aterro sanitário revitalizado ou da área encerrada, compreendendo a drenagem de chorume, águas pluviais e gases (ALBERTE, 2003).

O tratamento primário consiste em processos básicos voltados à estruturação do vazadouro para a realização do tratamento dos seus resíduos, como a preparação da infraestrutura de acessos e circulação do aterro; a drenagem de águas pluviais; a formação de células; a cobertura do resíduo compactado; a drenagem e retenção de chorume e a drenagem e captação de gases.

Já o tratamento secundário consiste na aplicação de processos bio-físico-químicos objetivando a redução de volume, toxicidade e mobilidade dos contaminantes nos resíduos. A escolha da concepção a ser seguida no processo dependerá das características da área e da disponibilidade de recursos e tempo para a sua remediação.

A etapa seguinte consiste de tratamentos terciários. O escopo do tratamento terciário envolve atividades direcionadas ao tratamento de cada tipo de resíduo (sólido, líquido ou gasoso).

RESPONSABILIDADES DOS GERADORES DE RESÍDUOS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) atribui responsabilidades diretas aos geradores de resíduos, sejam eles empresas, instituições ou mesmo cidadãos, por danos causados pelo descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos (MMA, 2010).

Um princípio chave consagrado na PNRS é o do "poluidor-pagador", que rege que quem polui deve ser o responsável pela reparação do dano ambiental causado, ou seja, o gerador de resíduos que causa o dano é responsável pela sua reparação.

Desta forma, se uma empresa, por exemplo, descarta inadequadamente resíduos que acabam contaminando o solo ou a água, ela será legalmente responsável por remediar o dano. Isso pode envolver a descontaminação do solo ou da água, a restauração de ecossistemas danificados e a compensação de indivíduos ou comunidades (MMA, 2010).

Além disso, a lei também prevê o princípio da "prevenção", que postula que medidas devem ser tomadas para evitar a ocorrência de danos ambientais. Isto implica que os geradores de resíduos devem implementar práticas de gestão de resíduos que minimizem o risco de danos ambientais, tais como a redução da geração de resíduos, a reciclagem e a disposição segura e regulamentada dos resíduos (MMA, 2010).

Cabe ressaltar que, em caso de descumprimento das obrigações estabelecidas pela PNRS, os infratores estão sujeitos a uma série de penalidades, que vão desde multas até a interdição das atividades.

A legislação brasileira, portanto, estabelece um quadro legal sólido para a responsabilidade pela reparação de danos causados por resíduos sólidos urbanos. No entanto, a efetivação desses princípios e a aplicação dessas obrigações dependem de uma fiscalização eficaz e de um judiciário atuante.

Porém, o contexto prático frequentemente nos confronta com uma realidade onde os resíduos sólidos urbanos, mal gerenciados, se tornam fontes de passivos ambientais manifestando-se através da contaminação do solo e da água, perda de biodiversidade, degradação da qualidade do ar e contribuição para mudanças climáticas. Assim, reforça-se a necessidade de uma estrutura de governança ambiental forte e atuante, bem como práticas de gestão de resíduos sólidos que sejam ambientalmente adequadas, economicamente viáveis e socialmente justas. (Layrargues, 2014).

AÇÕES PÚBLICAS DE REMEDIAÇÃO DE DEPÓSITOS IRREGULARES

Na Lei Estadual nº 4.191/2003, o estado do Rio de Janeiro estabeleceu sua Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) que proporciona definições, normas, procedimentos e critérios para acompanhar todas as fases do processo de gestão dos resíduos sólidos, desde a geração até a disposição final.

Em seu artigo 10, a lei determina que não serão permitidos depósitos de qualquer tipo de resíduos a céu aberto, ficando os responsáveis obrigados a encaminhar os referidos resíduos a atividades licenciadas pelo órgão estadual responsável pelo licenciamento ambiental, no prazo de um (01) ano, a contar da data de sua publicação.

Em seu artigo 13, definiu em seus objetivos a erradicação dos lixões, evitando o agravamento dos problemas ambientais gerados pelos resíduos sólidos. Além disso, definiu como imediata (2013/2014) a meta para erradicação dos lixões e disposição final dos resíduos em aterros sanitários.

Entretanto, apesar dos benefícios ambientais do encerramento do aterro, tal decisão trouxe duas repercussões negativas de grande impacto. São elas: o surgimento de inúmeros lixões clandestinos, face ao elevado custo da disposição final adequada dos resíduos e à distância de novos locais licenciados; e o desequilíbrio econômico dos bairros que viviam em função da reciclagem de resíduos e do movimento de pessoas.

O Decreto Estadual nº 42.930/2011 instituiu o Programa Pacto pelo Saneamento, que apresenta dois subprogramas, o RIO+LIMPO, voltado para o esgotamento sanitário, e o LIXÃO ZERO, que tem como meta prioritária a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários, encerrando os lixões e remediando estas áreas.

De acordo com os dados do Programa Lixão Zero da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS), dos municípios que integram a Região Metropolitana, apenas o município de Magé dispõe seus resíduos sólidos urbanos em uma célula sanitária, localizada no vazadouro municipal que está em remediação.

Os municípios de São João de Meriti, Mesquita e Nilópolis não possuem vazadouros encerrados em seus territórios, pois encaminhavam seus resíduos sólidos urbanos para o antigo vazadouro de Jardim Gramacho, que recebia resíduos de municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

A Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade e o Instituto Estadual do Ambiente realizam operações conjuntas com a Polícia Ambiental Estadual e Polícia Civil, para combater os crimes ambientais em Jardim Gramacho, o qual está repleto de pontos de disposição irregular de resíduos sólidos, e devido à forte atuação do tráfico, acaba por dificultar as ações de fiscalização e controle por parte dos órgãos ambientais competentes.

A despeito das medidas já implementadas, a Região Metropolitana do Rio de Janeiro ainda enfrenta dificuldades consideráveis no que tange à gestão de resíduos sólidos. A criação de passivos ambientais, intrinsecamente ligada a esta problemática, persiste como uma questão relevante e desafiadora.

Os resíduos sólidos, quando mal geridos, são fonte de inúmeros passivos ambientais, sendo estabelecida uma correlação significativa entre essas duas variáveis (Kaza et al., 2018). A má gestão de resíduos pode levar a impactos ambientais adversos, tais como contaminação do solo, poluição da água e do ar, bem como comprometer a qualidade de vida das populações e a biodiversidade.

A eficiente gestão dos resíduos sólidos desempenha um papel crucial na redução dos passivos ambientais.

As práticas eficazes envolvem a minimização na geração de resíduos, a promoção da reciclagem, compostagem, tratamento adequado e a disposição final ambientalmente correta dos resíduos (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

Paralelamente, a educação e conscientização ambiental são medidas essenciais, pois incentivam a população e as empresas a adotarem comportamentos mais sustentáveis (Zurbrügg et al., 2014).

A correlação existente entre a gestão de resíduos sólidos e os passivos ambientais evidencia a necessidade de um manejo eficaz dos resíduos, o qual vai além do cumprimento de normativas legais, configurando-se como uma estratégia essencial na prevenção e mitigação de danos ao meio ambiente e, por consequência, na promoção de um desenvolvimento mais sustentável.

Em junho de 2021 a Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade lançou o Remedia RJ, programa estadual que visa minimizar os impactos dos vazadouros encerrados na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, uma das maiores ameaças ao meio ambiente e à saúde da população.

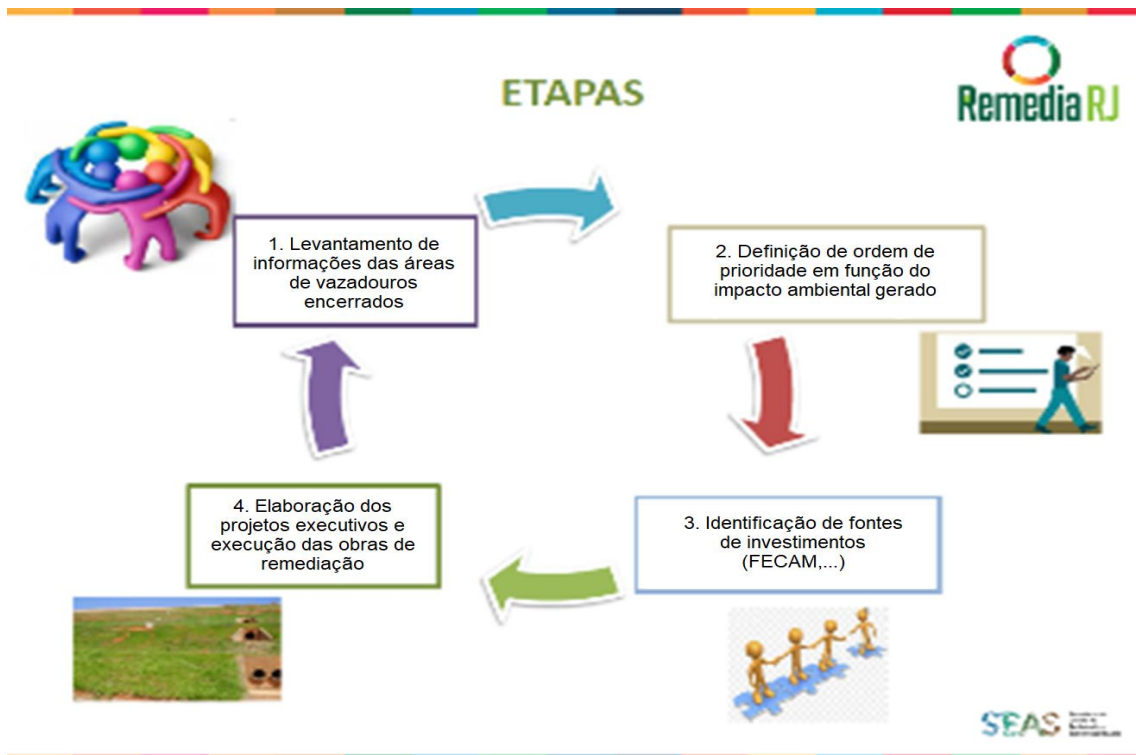
O objetivo do programa Remedia RJ é apoiar os municípios na elaboração dos projetos executivos de remediação e posterior execução das obras de remediação, uma vez que os municípios possuem muitas dificuldades técnicas e financeiras para tratar das áreas impactadas por resíduos sólidos urbanos.

O programa Remedia RJ é dividido em fases, para que possa contemplar todos os vazadouros municipais de acordo com a disponibilidade orçamentária do Estado (Figura 55). Para a sistematização das informações dos vazadouros, a SEAS encaminhou ofício para os 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro com um questionário (Etapa 1 – Figura 56) sobre as áreas de vazadouros encerrados, para em função do maior impacto/dano ambiental hierarquizar os municípios.

Figura 55: Fases do Programa Remedia RJ



Figura 1: Etapas do Programa Remedia RJ



Fonte: SEAS, 2022

EXPERIÊNCIAS RELEVANTES – JARDIM GRAMACHO E ITAOCA

Vale destacar o histórico da disposição final irregular de resíduos sólidos urbanos, dos três municípios mais populosos e, conseqüentemente, os que mais geram resíduos sólidos na Região Metropolitana – Rio de Janeiro, São Gonçalo e Duque de Caxias.

Como visto anteriormente, o município de São Gonçalo descartava seus resíduos no Aterro de Itaoca, enquanto que o Rio de Janeiro e Duque de Caxias dispunham seu lixo no Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho, caracterizado a seguir.

Criado em 1976 para receber os resíduos sólidos urbanos dos municípios de Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Nilópolis, São João de Meriti e Nova Iguaçu, o Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho foi fruto de um convênio firmado entre as prefeituras desses municípios, a Fundação para o Desenvolvimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (FUNDREM) e a Companhia de Limpeza Urbana do Município do Rio de Janeiro (COMLURB), que recebeu um lote do Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) para a implantação de um depósito de resíduos sólidos.

Localizado no município de Duque de Caxias (Figura 57), o vazadouro de Jardim Gramacho ocupava área de 1,3 milhão de metros quadrados e funcionou como local de disposição de resíduos sólidos urbanos dos municípios de Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Queimados e São João de Meriti desde a época de sua origem até junho de 2012.

Figura 57: Mapa de Localização do Vazadouro de Jardim Gramacho



Fonte: Google Earth

Até o ano de 1996, funcionou como um lixão, nome pelo qual o aterro é popularmente conhecido até hoje e, após esse ano, passou a funcionar como aterro controlado, gerido pela empresa Queiroz Galvão S/A e, na sequência, por muitas outras operadoras, junto com a Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro (COMLURB).

O encerramento do Aterro Controlado de Jardim Gramacho, aliado à distância para a Central de Tratamento de Resíduos de Seropédica, que fica a cerca de 53 quilômetros do município do Rio de Janeiro, e aos custos envolvidos para a disposição ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos em áreas licenciadas, favoreceram o surgimento de diversos aterros clandestinos no entorno do antigo Aterro Controlado de Jardim Gramacho.

Outro impacto negativo decorrente da paralisação do Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho – AMJG foi o reflexo direto sobre a economia do bairro que vivia do movimento das pessoas que trabalhavam direta e indiretamente no aterro.

Já o vazadouro de Itaoca, localizado em São Gonçalo, foi criado no início da década de 1970, com extensão média de sete quilômetros quadrados, recebia diariamente cerca de 800 toneladas de resíduos sólidos (Figura 58).

Segundo dados do Mapa de Conflitos da ENSP/FIOCRUZ, em 2005, o lixão de Itaoca passou a ser gerenciado pela Haztec Novagerar, em um contrato de concessão de 15 anos. A Novagerar passou a administrar o local como um aterro controlado, enterrando o lixo em valas e cobrindo os resíduos depositados com camadas de terra.

O contrato com a empresa também previa a substituição do lixão por um aterro sanitário a ser construído em Alcântara. Em 2012, com a inauguração da Central de Tratamento de Resíduos de Alcântara, o vazadouro de Itaoca foi encerrado.

O monitoramento do lixão encerrado está sendo feito pela empresa Orizon Valorização de Resíduos S.A., substituta da Novagerar.

Figura 58: Mapa de Localização do Vazadouro de Itaoca



Fonte: Google Earth

RECURSOS E CUSTOS PARA REMEDIAÇÃO DE “LIXÕES”

Os recursos públicos para remediação de vazadouros contam com fontes de financiamento no Governo Federal e Estadual. No Governo Federal, a principal fonte se dá por meio do Programa Lixão Zero, do Ministério do Meio Ambiente. Está inserido no âmbito da Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana e objetiva subsidiar os estados e municípios na gestão dos resíduos sólidos urbanos, com foco na disposição final ambientalmente adequada.

No âmbito estadual, o ICMS Ecológico, criado pela Lei Estadual nº 5.100/2007, acresce aos critérios estabelecidos para o repasse dos recursos aos municípios a conservação ambiental e considera em seu cálculo as áreas pertencentes às unidades de conservação ambiental, a qualidade ambiental dos recursos hídricos e outros critérios referentes ao saneamento básico, como a remediação dos vazadouros.

As análises técnicas dos temas são realizadas pelas equipes da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) e do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), e compete a Fundação CEPERJ, o cálculo, a consolidação e a publicação do Índice Final de Conservação Ambiental (IFCA).

Os objetivos do ICMS Ecológico giram em torno de compensar os municípios por boas práticas ambientais, como a restrição ao uso de seu território no caso de unidades de conservação estaduais e presença de mananciais de abastecimento estratégicos nos territórios municipais.

Outro exemplo é a recompensa aos municípios pelos investimentos ambientais realizados, como a criação de unidades de conservação municipais, programas de coleta seletiva, educação ambiental, destinação de resíduos, remediação de vazadouros, dentre outros (CEPERJ, 2023).

Benefícios como esses são compartilhados por todos os vizinhos, como no caso do tratamento do esgoto e da gestão adequada de seus resíduos, corroborando o princípio do protetor-recebedor originado do princípio da precaução.

Assim, o ICMS Ecológico constitui um importante instrumento de política pública, cujos efeitos se fazem notar nas ações governamentais em nível municipal, voltadas para a conservação e preservação do meio ambiente (CEPERJ, 2023).

De acordo com informações do Programa Lixão Zero, os vazadouros dos municípios de Duque de Caxias - Jardim Gramacho, Magé - Bongaba, Petrópolis - Pedro do Rio e São Gonçalo – Itaoca, já tiveram obras de remediação executadas, mas pela ausência de documentação comprobatória, demonstrando a execução das obras e o atendimento as condicionantes das licenças ambientais, não pontuaram em Vazadouro em Remediação no ICMS Ecológico/2022.

Nesse mesmo ano, a Portaria do ICMS Ecológico de 2022 informou que apenas o município do Rio de Janeiro pontuou em Remediação de Vazadouros.

No âmbito do Programa Lixão Zero, a SEAS, em apoio aos municípios, contratou em 2013 a elaboração dos projetos executivos de alguns municípios do estado do Rio de Janeiro, e entre eles estão os municípios de Cachoeiras de Macacu e Japeri que integram a Região Metropolitana. Para a execução do projeto de remediação do município de Cachoeiras de Macacu, o valor orçado no projeto foi de R\$ 1.572.078,73 e para o município de Japeri, R\$ 6.235.913,50.

No âmbito do Termo de Ajustamento de Conduta – COMPERJ ficou determinado recursos para a elaboração dos projetos executivos dos vazadouros de Itambi e Ferma do município de Itaboraí. No Termo de Ajustamento de Conduta, firmado entre a Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade, o Instituto Estadual do Ambiente e o município de Rio Bonito, ficou estabelecido como competência da SEAS a viabilização da elaboração do projeto executivo de remediação para o município.

O custo da remediação de depósitos irregulares de resíduos sólidos é específico para cada situação e diretamente relacionado ao volume depositado, à localização, ao perfil do terreno, às condições geológicas do terreno, aos níveis de poluição do solo e dos corpos hídricos, as condições socioambientais e à metodologia a ser adotada para a remediação.

Assim, o orçamento dependerá de sondagens e pesquisas locais, não sendo possível realizar um orçamento adequado nesta fase de diagnóstico sem estes elementos.

7.4. RECUPERAÇÃO DE GÁS DE ATERROS E CRÉDITOS DE CARBONO

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) estão diretamente associados à produção de Gases de Efeito Estufa (GEE), especialmente em situações de inadequado gerenciamento desses resíduos. O Efeito Estufa é um processo natural que permite a manutenção de temperaturas adequadas para a vida na Terra.

No entanto, o incremento na concentração de Gases de Efeito Estufa na atmosfera, principalmente devido a atividades humanas, intensifica esse efeito, levando ao fenômeno conhecido como aquecimento global (IPCC, 2014).

Os RSU, quando descartados de forma inadequada, podem se tornar significativas fontes de emissão de GEE. Os resíduos orgânicos decompostos sob condições anaeróbias, como em aterros sanitários sem tratamento adequado, liberam metano (CH₄), um potente GEE. Além disso, o processo de decomposição também pode gerar óxido nitroso (N₂O), outro GEE relevante (Bogner et al., 2007).

A recuperação e a utilização de gases provenientes de aterros representam uma estratégia eficaz para mitigar as emissões de Gases de Efeito Estufa. Além disso, essa prática pode gerar créditos de carbono, criando um incentivo financeiro para a implementação de projetos de gestão de resíduos mais sustentáveis.

A contribuição dos RSU para as emissões de GEE contribui significativamente para o aquecimento global, ocasionando impactos climáticos e ambientais diversos. Estes incluem alterações nos padrões climáticos, aumento dos eventos climáticos extremos, elevação do nível do mar, perda de biodiversidade e acidificação dos oceanos (IPCC, 2014).

Estratégias eficazes de gestão de RSU têm o potencial de reduzir significativamente as emissões de GEE.

Tais estratégias incluem a segregação na fonte, coleta seletiva, reciclagem, compostagem e a disposição adequada em aterros sanitários com recuperação de gás (Bogner et al., 2007; Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

Compreender a interrelação entre RSU e GEE é essencial para o desenvolvimento de políticas eficazes de gestão de resíduos e mitigação da mudança climática.

Destaca-se a importância de investimentos em tecnologias e práticas que possam reduzir as emissões de GEE decorrentes da gestão de RSU, garantindo assim um futuro mais sustentável.

Portanto, neste capítulo do PMetGIRS serão apresentados os resultados do projeto de Monitoramento de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do município do Rio de Janeiro, extrapolado para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro contando com inventários de emissões de GEE para 2012 a 2017.

A Prefeitura do Município do Rio de Janeiro é pioneira entre os municípios brasileiros na elaboração de inventários de GEE, tendo publicado seu primeiro estudo no ano 2000, com resultados referentes aos anos de 1990, 1996 e 1998. No ano de 2011 foi publicado o inventário referente ao ano de 2005 e, no ano de 2013, com republicação revisada em 2015, foi lançado o último inventário disponível até agora, com ano de referência de 2012. Portanto, até a presente data, existiam inventários para 5 diferentes anos.

Todos os inventários anteriores foram coordenados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) e realizados através de consultoria do laboratório Centro Clima, que faz parte da COPPE/UFRJ.

A contratação de consultoria externa se justificava pela necessidade de desenvolvimento de metodologia específica adequada aos municípios, bem como falta de capacidade técnica específica em todas as áreas necessárias no corpo técnico da Prefeitura.

A Prefeitura do Município do Rio de Janeiro, através do Instituto Pereira Passos, elaborou inventários de emissões do município com equipe própria. O instituto buscou qualificação e reforço de seu corpo técnico para que pudesse assumir essa responsabilidade.

Em colaboração e com apoio da SMAC e do Escritório de Planejamento da Subsecretaria de Planejamento e Acompanhamento de Resultados (EPL/SUBPAR) da Secretaria Municipal da Casa Civil este projeto se tornou realidade.

A metodologia adotada para o projeto foi a GPC - *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions Inventories* (Protocolo Global para Inventários de GEE na Escala de Comunidade, em tradução livre).

Ela foi desenvolvida para solucionar conflitos encontrados na estimativa de emissões de GEE em escalas subnacionais (especialmente de fronteiras) e permitir comparação e agregação de inventários entre diferentes municípios, estados, etc.

O GPC tem como base os manuais para inventários de GEE nacionais publicados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas da ONU - IPCC, porém adiciona diretrizes para contabilidade das emissões locais.

A metodologia GPC é a adotada pelos principais municípios, redes de cidades e plataformas de reporte do mundo.

Nela, as emissões podem ser calculadas para um nível de reporte básico (*Basic*), contemplando emissões dos setores de Energia Estacionária, de Transporte e de Resíduos ou para nível de reporte básico ampliado (*Basic+*), que também inclui os setores de Agropecuária, Florestas e Uso do Solo (AFOLU) e Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU), além de exigir o cálculo e reporte de todas as fontes de emissão relevantes do município (Tabela 52).

Tabela 52: Setores Geradores de Gases de Efeito Estufa (GEE)

SETORES E NÍVEIS DE REPORTE
Energia Estacionária (Basic)
Transporte (Basic)
Resíduos (Basic)
Agropecuária, Florestas e Uso do Solo - AFOLU (Basic+)
Processos industriais e Uso de Produtos - IPPU (Basic+)

Fonte: Resultados GEE no Município do Rio de Janeiro (2021)

Foram computados os valores estimados de emissões de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) emitidos pelo município do Rio de Janeiro nos anos inventariados (2012 a 2017).

Os gases considerados possuem diferentes potenciais de aquecimento global (*Global Warming Potential* - GWP). Para efeitos de reporte é usual convertê-los em CO₂ equivalente (tCO₂e), multiplicando os volumes estimados de cada gás pelo seu potencial de aquecimento.

Desta forma, é possível somar todas as emissões e apresentar um número global como se todas as emissões fossem de CO₂. Foram utilizados os valores multiplicadores estabelecidos no quinto relatório do IPCC (AR-5): 1 para CO₂, 21 para CH₄ e 298 para N₂O.

Através do Estudo de Monitoramento das Emissões de Gases de Efeito Estufa da Município do Rio de Janeiro, foi possível identificar os principais setores e subgrupos responsáveis pela emissão de Gases de Efeitos Estufa.

Pode-se observar na Tabela 53 e na Figura 59 que os maiores emissores de Gases de Efeito Estufa são os setores de Energia Estacionária, de Transporte e Resíduos, que juntos somam quase 90% da emissão total.

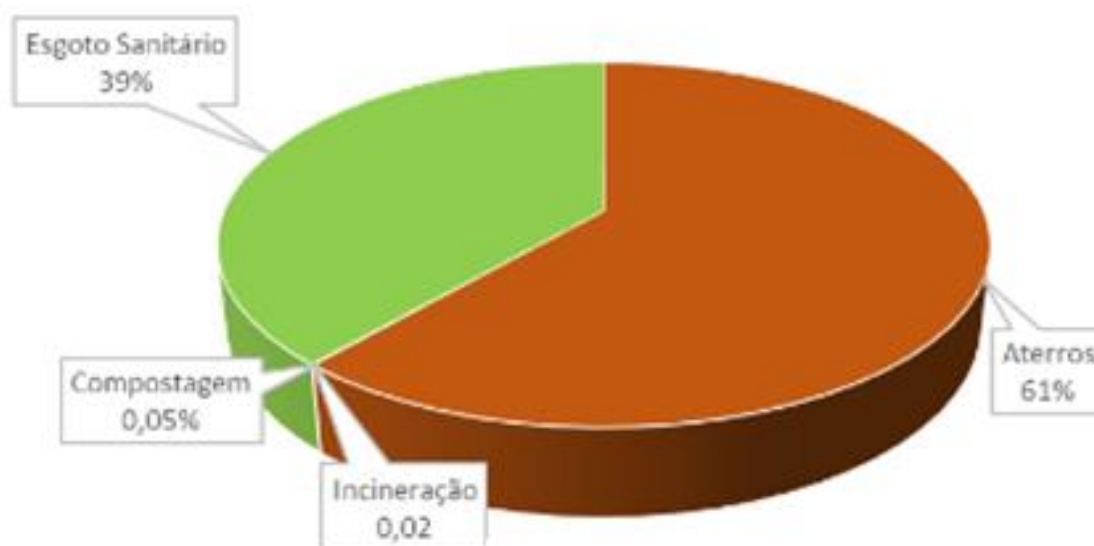
Tabela 53: Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) por Setor

Setores	Média
Energia Estacionária	36,03
Transporte	36,91
Resíduos	16,36
IPPU (INDÚSTRIAS)	10,65
AFOLU (AGRICULTURA)	0,04
Emissões Totais	100

Fonte: Resultados GEE no Município do Rio de Janeiro (2021)

Com relação aos resíduos, os principais geradores são os Aterros e o Esgoto Sanitário (Figura 59), graças ao metano gerado na decomposição da matéria orgânica. Nos aterros já ocorre a queima desse gás para liberação de gás carbônico, cerca de 20 vezes menos poluente que o metano.

Figura 59: Setores Geradores de Gases de Efeito (GEE) – RSU



Fonte: Resultados GEE no Município do Rio de Janeiro (2021)

Os resíduos orgânicos depositados em aterros sanitários decompõem-se em condições anaeróbicas, produzindo um gás composto majoritariamente de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), ambos GEE. A recuperação de gás de aterros envolve a coleta desse gás e seu uso para fins produtivos, como geração de energia (Bogner et al., 2007).

Ao recuperar o gás de aterro para fins produtivos, é possível evitar a emissão direta de CH₄ para a atmosfera. Considerando que o potencial de aquecimento global do metano é 21 vezes maior que o do dióxido de carbono em um horizonte de 100 anos, a recuperação e utilização do gás de aterro podem contribuir significativamente para a redução das emissões de GEE (IPCC, 2014).

Os créditos de carbono são uma forma de quantificar as reduções das emissões de GEE. Quando um aterro implementa um projeto de recuperação de gás, ele pode receber créditos de carbono pelo volume de GEE que não emitiu. Esses créditos podem ser vendidos no mercado de carbono para empresas e governos o que pode ajudar a financiar o projeto de recuperação de gás (UNFCCC, 2008).

A recuperação de gás de aterro representa uma oportunidade dupla para a mitigação da mudança climática: não só permite a redução direta das emissões de GEE, mas também gera créditos de carbono que podem ser comercializados. A monetização dos créditos de carbono pode fornecer um incentivo financeiro para a implementação de melhores práticas de gestão de resíduos.

8. CONVERSÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ENERGIA ELÉTRICA

8.1. CONTEXTO E CARACTERIZAÇÃO GERAL

A crescente demanda por energia e a necessidade de reduzir a dependência dos combustíveis fósseis têm motivado o desenvolvimento de tecnologias de recuperação de energia a partir de resíduos sólidos urbanos (RSU) em todo o mundo.

Nesse contexto, este estudo visa analisar as tecnologias viáveis para a conversão de RSU em energia elétrica, eliminando a necessidade de disposição do lixo urbano em aterros sanitários e garantindo a não formação de compostos químicos perigosos oriundos do processo de conversão.

Serão observadas as tecnologias bioquímicas de transformação de resíduos orgânicos em biogás para a produção de energia elétrica, de gaseificação do RSU em fornos de pirólise ou plasma, além de outras tecnologias pertinentes, as chamadas tecnologias Waste-to-Energy (WtE) ou Resíduo-para-Energia.

As tecnologias WtE são um conjunto de abordagens e processos que visam aproveitar os resíduos sólidos urbanos como fonte de energia. Essas tecnologias incluem métodos como a incineração, gaseificação, pirólise, digestão anaeróbica, que permitem a conversão mais eficiente dos resíduos em energia, calor, biogás ou biocombustíveis.

Ao invés de simplesmente depositar os resíduos em aterros sanitários ou lixões, as tecnologias WtE oferecem uma alternativa sustentável, de forma a reduzir o volume de resíduos a serem dispostos e aproveitar sua energia potencial.

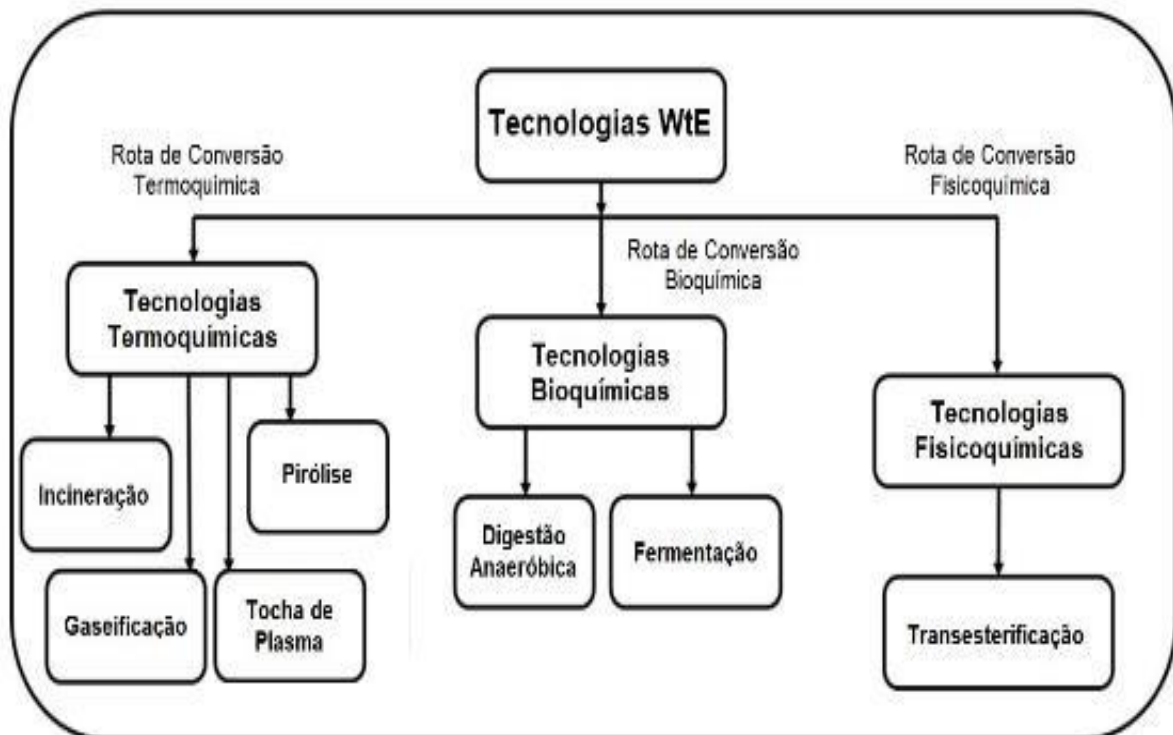
Essa alternativa minimiza os impactos ambientais associados ao descarte inadequado de resíduos, contribuindo com a transição para uma economia circular e para a mitigação das condições que propiciam as mudanças climáticas, ao promover fontes de energia renovável e o uso eficiente dos recursos disponíveis.

Devido à sua crescente demanda em todo o mundo, tais tecnologias estão sempre em evolução e aperfeiçoamento, além do surgimento a todo momento de novas tecnologias.

Por conta disso, é possível encontrar tecnologias emergentes para gerenciamento de resíduos simultâneos à geração de energia, tais como: a torrefação, gaseificação por arco de plasma, fermentação para produção de bioetanol, produção de bio-hidrogênio, uso de células de combustível microbianas e esterificação.

Essas tecnologias oferecem alternativas adicionais para a conversão de resíduos em energia, ampliando ainda mais as opções sustentáveis disponíveis no campo do gerenciamento de resíduos sólidos, porém ainda em estado inicial de desenvolvimento.

Figura 60: Classificação das Tecnologias WtE em Relação aos Caminhos de Conversão



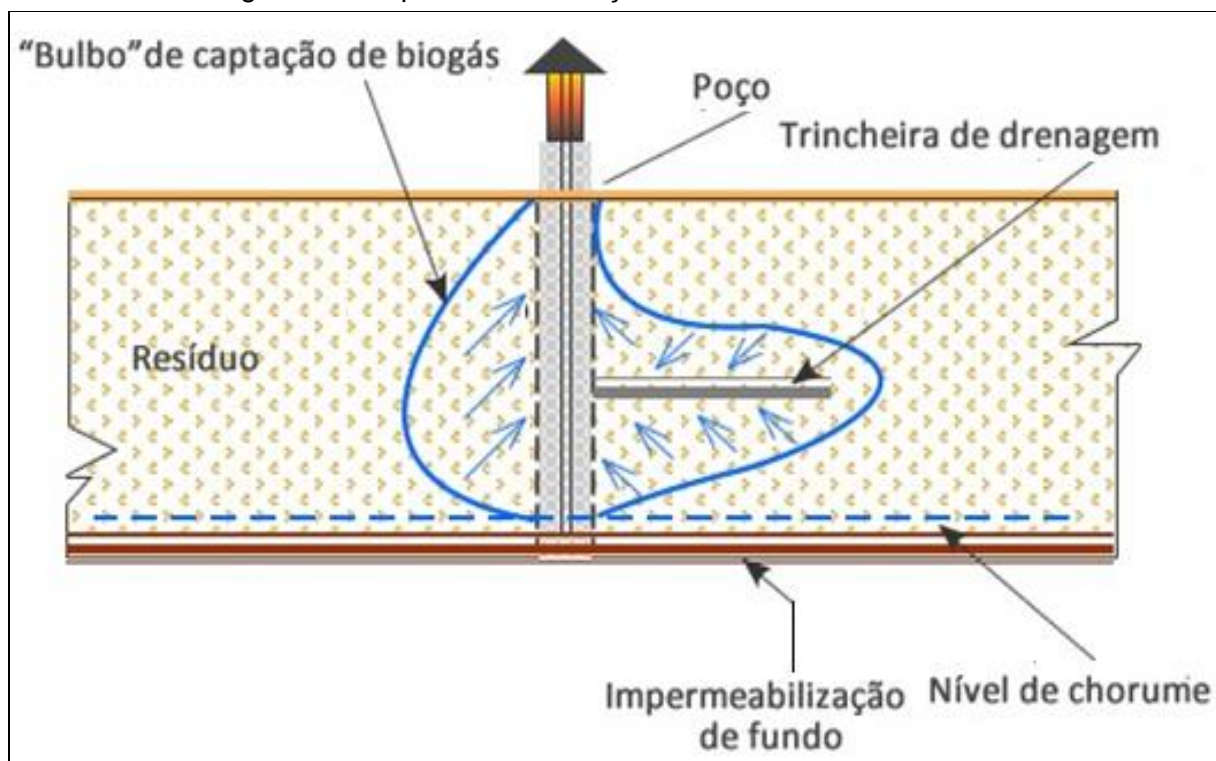
Fonte: FAROOQ, Ahsan et al. 2021

8.2. TECNOLOGIAS DE CONVERSÃO DE RSU EM ENERGIA ELÉTRICA – BIOGÁS DO ATERRO SANITÁRIO

O aterro sanitário é um método que consiste no depósito controlado de RSU sobre o solo, em camadas sucessivas, compactadas e cobertas com material inerte, como argila ou solo compactado, minimizando os impactos ambientais e garantindo a proteção do solo e das águas subterrâneas (FERNANDEZ, 2018; ASSIS, 2020).

O controle ambiental obrigatório em aterros sanitários configura-se como a implantação e operação de sistemas de captação e drenagem dos gases gerados pela decomposição anaeróbia da matéria orgânica presente nos RSU. Estes gases são comumente denominados por Biogás.

Figura 61: Esquema de Produção de Gás do Lixo e Chorume



Fonte: www.essencis.com.br

A composição e a qualidade de biogás gerado ao longo da operação de um aterro sanitário dependem de fatores diversos, tais como quantidade de matéria orgânica disposta, tipologia da matéria orgânica, pluviometria local, condições operacionais do aterro, entre outros.

As emissões do aterro sanitário variam de $0,7 \times 10^6$ a $2,2 \times 10^6$ t/CH₄/ano (MME, 2008). O biogás produzido é composto principalmente de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) que, juntos, constituem aproximadamente 99% de sua composição.

Outros componentes, como monóxido de carbono, hidrogênio, nitrogênio, ácido sulfídrico e amônia, representam cerca de 1% (IBAM, 2007), conforme demonstra a tabela abaixo.

Tabela 54: Composição Típica do Biogás de Aterro Sanitário

Gás	Teor em Volume	Fórmula Química
Metano	55 – 75	CH ₄
Dióxido de Carbono	25 – 45	CO ₂
Nitrogênio	0 – 3	N ₂
Hidrogênio	0 – 2	H ₂
Oxigênio	0 – 0,1	O ₂
Gás Sulfídrico	0 – 1	H ₂ S

Fonte: Orizon (2022)

O metano é considerado um gás causador de Efeito Estufa, por isso, em uma operação tradicional de aterro sanitário, deve ser captado e direcionado para um *flare* (tocha ou queimador), onde é queimado e convertido em gás carbônico, que minimiza o problema do aquecimento global.

Outra opção é a queima do biogás, desde que em condições técnicas apropriadas, na área do próprio aterro sanitário.

Tendo em vista que o metano, principal constituinte do biogás, é um gás inflamável, o uso do biogás na geração de energia elétrica é uma alternativa, na maioria das vezes economicamente viável, que ainda vai de encontro aos preceitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS.

Uma unidade que utiliza o biogás como fonte renovável para geração de energia compreende, em linhas gerais, a implantação e operação de sistemas de captação e drenagem do gás desde o aterro sanitário até a planta processadora.

Quando o empreendimento se propõe a gerar energia, o biogás é extraído do aterro por meio de sopradores que o conduz a processos de redução de temperatura e retirada da umidade, de CO₂, de H₂S, de siloxanos e de outros elementos que possam causar danos aos equipamentos. Por fim, o biogás é encaminhado para conjuntos motogeradores que realizam a conversão da energia química presente no gás em energia mecânica, ativando um gerador que produz a energia elétrica.

O estudo desenvolvido do PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento) – “Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento”, permite que se estime o potencial de geração energética associada à quantidade de resíduos disposta diariamente no aterro sanitário.

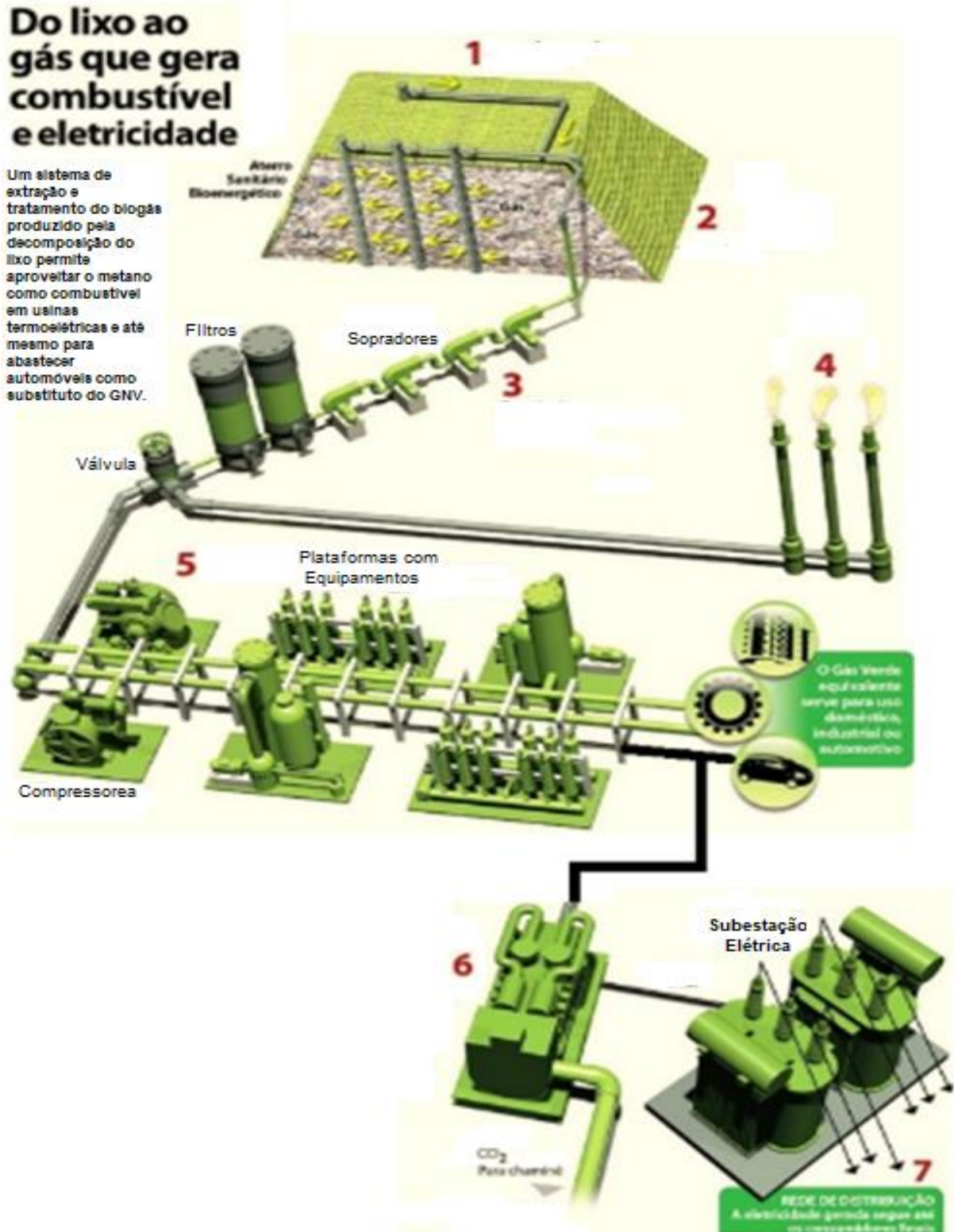
Tabela 55: Relação de Potência Elétrica - Biogás do RSU

Faixa de Potência (MW)	Resíduos (t/dia)	Habitantes (mil)
0,5	129	135
1	258	270
5	1.288	1.348
10	2.577	2.696
15	3.865	4.043
20	5.154	5.391
30	7.731	8.087

Fonte: Orizon (2022)

Na Figura 62 tem-se uma planta típica de produção de biogás, a partir do RSU disposto em um aterro sanitário.

Figura 62: Planta de Produção, Tratamento e Conversão de Biogás do RSU



Fonte: Orizon (2022)

Legenda de pontos da figura:

1. Poço de gás – Da pilha de RSU enterrado, há geração em anaerobiose (ausência de oxigênio) de gases metano e dióxido de carbono (gás do lixo – GDL), por biodigestão e a partir da matéria orgânica contida;
2. Rede de tubulação para captação de gás – rede de tubulações internas à pilha de RSU enterrado, onde os gases são admitidos ao sistema de tratamento;
3. Sopradores de gases – equipamentos que succionam os gases para serem conduzidos à planta de tratamento de gás. Incluem filtros para retenção de partículas sólidas e válvulas de direcionamento;
4. Queimador de gás - equipamento que queima o metano, o transformando em dióxido de carbono (menor potencial de Efeito Estufa)
5. Planta de processamento – vários equipamentos de processo que tratam e especificam o GDL em biogás, de acordo com as especificações da Agência Nacional do Petróleo (ANP) como gás combustível para a indústria, ou gás veicular ou gás combustível para geradores de energia elétrica;
6. Moto gerador de energia elétrica acionado por motor a gás – motor acionado pela queima do biogás, aciona um eixo gerador de energia elétrica.

O Aterro Sanitário Sítio São João, administrado pela Ecourbis Ambiental S/A, é um exemplo de produção de energia elétrica a partir do biogás. O aterro iniciou suas atividades em 1992 e encerrou em 2009. Ocupa uma área de 80 hectares, dos quais 50 foram destinados à deposição de resíduos sólidos urbanos. Atualmente, o aterro controla as emissões de metano e gera eletricidade por meio de 16 motogeradores com 1,54 MW de potência.

Do montante produzido, parte da energia abastece a própria planta, e o excedente é disponibilizado à rede. A energia gerada é suficiente para suprir a necessidade de uma cidade de 400.000 habitantes (BIOGÁS - SÃO JOÃO ENERGIA AMBIENTAL, 2009).

A Figura 63 mostra as etapas de extração do biogás e a geração de energia elétrica.

Figura 63: Fluxograma de Geração de Energia em Aterro Sanitário



Fonte: Conora (2008) – modificado

De acordo com o Formulário de Concepção do Projeto, a usina de gás é responsável por extrair o gás do aterro e transportá-lo para os motores de gás na usina de geração. Durante o transporte, o biogás passa por um processo de limpeza e secagem, com a finalidade de extrair possíveis impurezas que possam danificar os motogeradores (DCP/MDL, 2004).

Posteriormente, o biogás é refrigerado, resultando em um condensado, que é drenado e enviado à lagoa de chorume. Trata-se de uma ação importante, uma vez que o condensado contém componentes de silício que poderiam bloquear os tubos de gás e danificar os motogeradores (BIOGÁS-SÃO JOÃO ENERGIA AMBIENTAL, 2009).

Por razões de segurança, novamente o gás passa por um secador, que consiste em um filtro de aço inoxidável de alta densidade, que separa as partículas líquidas (pequenas quantidades de condensado) do biogás.

Os sopradores são utilizados para o transporte de gás do aterro aos motogeradores, sob correta sucção e pré-pressão. A capacidade e a pressão são ajustadas por eletromotores de frequência controlada (DCP/MDL, 2004).

Depois do tratamento, análise e medição descritos, o gás é transportado como um combustível, acionando o eixo que movimentava os motores CAT 3520 que produzem a energia elétrica. Nessa etapa, um eventual excedente de gás pode ser queimado pelos *flares* (DCP/MDL, 2004). Todo o processo descrito é controlado por um sistema de controle elétrico. Os sinais medidos são processados por um CLP (Controlador Lógico Programável).

A geração é conduzida diretamente da usina para a estação de chaveamento da concessionária estadual (AES Eletropaulo). A energia produzida na usina é lançada na rede da concessionária de distribuição por meio de uma estação de chaveamento especial construída no local.

Não é esperado que a operação da unidade de gás, responsável pela queima do gás (*flares* ou motores de geração de energia), cause emissões de gases que possuem componentes orgânicos voláteis e dioxinas, uma vez que o gás do aterro passa por um tratamento antes de ser queimado (DCP/MDL, 2004).

8.3. TECNOLOGIAS DE CONVERSÃO DE RSU EM ENERGIA ELÉTRICA – INCINERAÇÃO

A incineração como técnica de tratamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) é uma opção tecnologicamente avançada e eficaz, principalmente em contextos com escassez de espaço para aterros sanitários e aumento da demanda por energia (TCHOBANOGLOUS, G.; KREITH, F., 2002). Ao analisar suas indicações e custos, é crucial compreender a viabilidade dessa solução, bem como seu papel no cenário global de gestão de resíduos.

A incineração requer uma área menor em relação aos outros tipos de tecnologias de conversão de resíduos em energia potencial. Além disso, um dos principais benefícios é a redução significativa do volume e peso dos resíduos, minimizando a necessidade de espaço para disposição final e os impactos ambientais associados.

A recuperação energética é outra característica notável da incineração. O calor liberado durante a combustão pode ser aproveitado para gerar energia elétrica, calor ou ambos (EPA, 2018).

Essa abordagem transforma os resíduos em fonte de energia, contribuindo para a diversificação da matriz energética e a sustentabilidade dos sistemas de gestão de resíduos.

No entanto, a incineração também apresenta custos e desafios significativos. A construção e operação de usinas de incineração requerem investimentos elevados em infraestrutura e tecnologia para controle de emissões atmosféricas (TCHOBANOGLOUS, G.; KREITH, F., 2002).

Além disso, a operação dessas instalações demanda mão de obra especializada e monitoramento constante para garantir a eficiência do processo e conformidade com os padrões ambientais.

No contexto global, diferentes países têm adotado a incineração como parte de suas estratégias de gestão de resíduos. No Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão, a incineração é empregada em conjunto com outras tecnologias de tratamento e disposição final de RSU, como aterros sanitários, compostagem e reciclagem (FADE, 2014).

Em resumo, a incineração é uma alternativa promissora para o tratamento de RSU, especialmente em cenários com espaço limitado e demanda crescente por energia. Entretanto, os custos e desafios associados devem ser cuidadosamente ponderados ao avaliar a viabilidade dessa solução. A incineração, quando adequadamente planejada e gerenciada, pode desempenhar um papel fundamental na gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos no contexto global.

A seguir será apresentado um exemplo de aplicação da incineração para auxiliar na explicação do método. A Usina de Recuperação Energética de Barueri (URE Barueri) prevê a instalação de um sistema de tratamento térmico dos resíduos sólidos urbanos no município de Barueri, que atenderá aos municípios de Barueri, Carapicuíba e Santana do Parnaíba (municípios da Região Metropolitana do Estado de São Paulo), ocupando uma área de 37.237 m².

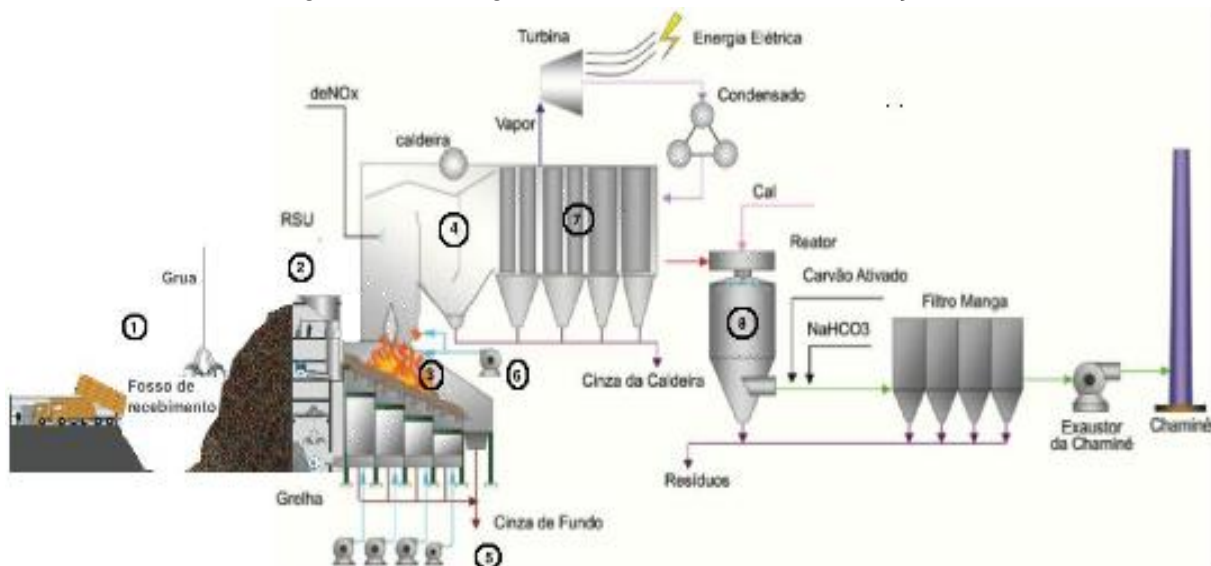
De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2014), o RSU gerado por esses municípios é de 696,11 t/dia. A capacidade máxima de tratamento do sistema é de 825 toneladas por dia e a vida útil prevista para o empreendimento é de 30 anos (SGW, 2012).

O sistema conta com 41 funcionários para operação, divididos em três turnos de aproximadamente oito horas. O setor administrativo é composto por 6 funcionários em um único turno de oito horas (SGW, 2012).

A URE será caracterizada por um Ciclo Rankine simples que utilizará a queima dos RSU (WtE) para a geração de energia térmica associada a uma caldeira de recuperação de calor para geração de vapor. Esta por sua vez, alimentará um turbogerador para geração de energia elétrica.

O processo utilizado pelo sistema de incineração é o de combustão em grelha, mais empregada para o RSU que se encontra em estado bruto (*mass burn*). A Figura 64 ilustra o fluxo do processo.

Figura 64: Fluxograma do Processo de Incineração



Fonte: (SGW, 2012) – modificado

Os resíduos que chegam são pesados e, posteriormente descarregados no fosso de recebimento (1). Em seguida são transportados pelas guias até uma tremonha de alimentação (2), com saída para uma grelha (3), composta por quatro partes móveis, acionadas hidráulicamente, que deslizam para frente e para trás, empurrando o RSU sobre a grelha de combustão, instalada em uma câmara.

Durante o deslocamento do RSU, 60% do ar pré-aquecido são introduzidos na grelha internamente. O restante do ar é introduzido na grelha a alta velocidade, para que haja a promoção da mistura com os gases e vapores gerados no processo.

O calor produzido pela combustão do RSU (800° C a 900° C) é utilizado em uma caldeira para aquecimento de água (4 e 8). O vapor gerado é conduzido por tubulações para um sistema de turbina a vapor e gerador, para a produção da energia elétrica.

Após a combustão do RSU, restam as cinzas e escórias que serão drenadas para sistemas coletores situados abaixo das grelhas, onde serão resfriados com água e posteriormente seguem para separadores de metais ferrosos e não-ferrosos (5).

O tratamento dos gases de combustão (8 e 7) (*FGC – Flue Gas Cleaning*) será realizado por um sistema seco de neutralização dos gases ácidos com cal hidratada, absorção dos metais e dos compostos poliaromáticos com carvão ativado, seguindo a norma de emissão de poluentes (Resolução SMA nº 79/09). A filtragem do material particulado é realizada por filtros mangas e, posteriormente é lançado ao meio ambiente pela chaminé (SGW, 2012 e FEAM, 2012).

De acordo com o estudo feito pela ABRELPE, a implantação de uma usina de incineração de RSU pode exigir investimentos significativos em infraestrutura e equipamentos, incluindo a construção de fornos, sistemas de tratamento de gases e sistemas de controle de emissões. Além disso, o custo de operação de uma usina de incineração é relativamente elevado devido à necessidade de manter equipamentos complexos e de alto desempenho.

O processo de tratamento térmico por meio da incineração é uma alternativa bastante eficiente para a destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos. Dessa forma, é possível considerar duas hipóteses de porte para instalação de usinas para o referido tratamento.

Uma das hipóteses leva em conta a capacidade de processamento de 650 t/dia e potência instalada de 60MW de potência térmica por linha, correspondendo a 15MW elétricos. Já a outra hipótese, prevê uma unidade com capacidade de processamento de 1.300 t/dia e potência instalada de 120MW de potência térmica por linha, o que equivale a 30MW (BNDES, 2014; ABRELPE, 2015).

Considerando essas premissas, é possível mensurar os custos para implantação de unidades de tratamento térmico por meio da incineração de RSU.

Dessa forma, conforme demonstrado na Tabela 56, pode-se contabilizar os custos de implantação referentes aos equipamentos necessários para o processo de incineração, que envolvem a linha de incineração, os geradores elétricos, os sistemas de tratamento de gases, entre outros. Além disso, há também custos operacionais a serem considerados, como mão de obra, manutenção, entre outros.

Tabela 56: Custos para Implantação e Operação de Unidades de Tratamento Térmico - Incineração

Capacidade Máxima (t/dia)	Custos Totais de Investimento por Planta	Custos Totais de Operação e Manutenção (R\$/ano)
650	R\$ 280.000.000,00	R\$ 23.000.000,00
1300	R\$ 480.000.000,00	R\$ 40.330.000,00

Fonte: ABRELPE, 2015

Os custos específicos associados à incineração de RSU podem variar dependendo das características da planta e das condições locais, mas geralmente são mais elevados do que os custos associados a outras opções de tratamento, como aterros sanitários e compostagem. O relatório da ABRELPE sugere que a incineração de RSU pode ser uma opção viável em áreas urbanas densamente povoadas, onde a disponibilidade de espaço para aterros sanitários é limitada e os custos de transporte de resíduos são elevados.

8.4. TECNOLOGIAS DE CONVERSÃO DE RSU EM ENERGIA ELÉTRICA – PIRÓLISE

A crescente necessidade de fontes de energia sustentáveis e o gerenciamento adequado de resíduos têm impulsionado o interesse na pirólise como uma abordagem inovadora e eficiente para transformar biomassa em bioprodutos de alto valor agregado.

Por definição, a pirólise consiste na degradação térmica de hidrocarbonetos na ausência de oxigênio (CONTI, 2009). É um processo termoquímico que envolve a decomposição térmica de materiais orgânicos na ausência de oxigênio, resultando em produtos sólidos (biochar), líquidos (bio-óleo) e gasosos (gases não condensáveis) (Nicolini, Casagrande & de Jesus, 2013).

Neste contexto, a pirólise tem sido apontada como uma alternativa promissora para o tratamento dos RSU, devido às suas características e potencialidades (Bridgwater, 2012). Ela é indicada para o tratamento dos RSU quando se busca a recuperação energética e a produção de bioprodutos a partir dos resíduos, com a minimização dos impactos ambientais e a redução dos custos associados à destinação final dos resíduos (Chen et al., 2014).

As indicações da pirólise são vastas e variadas, incluindo geração de energia, produção de biocombustíveis, controle de resíduos sólidos e produção de materiais e insumos para a indústria química. A diversidade de matérias-primas utilizadas, como resíduos agrícolas, florestais e urbanos, amplia o escopo de aplicação desse processo (Nicolini, Casagrande & de Jesus, 2013).

A aplicação da pirólise no tratamento dos RSU é especialmente relevante quando os resíduos possuem alto teor de matéria orgânica, como resíduos de alimentos, papel, madeira e plásticos biodegradáveis (Chen et al., 2014). Além disso, a pirólise pode ser adaptada para tratar resíduos com características distintas, como resíduos de pneus e plásticos não biodegradáveis, gerando produtos com aplicações específicas na indústria química e na geração de energia (Chen et al., 2014).

A pirólise possui uma infraestrutura semelhante à incineração, no entanto, é importante destacar que a viabilidade da pirólise no tratamento dos RSU depende de uma série de fatores, incluindo a composição dos resíduos, as condições operacionais do processo, as tecnologias empregadas e as políticas e regulamentações vigentes (Bridgwater, 2012).

Portanto, a implementação da pirólise como solução para o tratamento dos RSU requer uma análise cuidadosa e a consideração de todas as variáveis envolvidas, em especial com os resíduos brasileiros que possuem elevados teores de umidade e matéria orgânica.

Os valores para implantação e manutenção de um sistema de pirólise são variáveis, dependendo de fatores como escala, tecnologia empregada e qualidade dos produtos finais desejados.

No entanto, estudos têm mostrado que a pirólise pode ser uma opção economicamente viável e ambientalmente sustentável, especialmente quando comparada a outras alternativas de tratamento de resíduos e geração de energia (Nicolini, Casagrande & de Jesus, 2013).

A viabilidade econômica do processo de pirólise no tratamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) é um fator crucial para sua adoção como uma solução sustentável e eficiente no gerenciamento de resíduos.

Os custos envolvidos no processo de pirólise incluem a implantação e manutenção da infraestrutura, bem como os custos operacionais, variando de acordo com a escala, a tecnologia empregada e a qualidade dos produtos finais desejados (Arena, 2012).

A implantação de uma planta de pirólise envolve custos de investimento significativos, incluindo a aquisição do terreno, a construção das instalações, a aquisição e instalação de equipamentos e a formação de pessoal.

Estima-se que os custos de capital para a implantação de uma planta de pirólise variem entre US\$ 4.000 e US\$ 12.000 por tonelada de capacidade instalada, dependendo da tecnologia e da escala do projeto (Arena, 2012; Chen et al., 2014).

Os custos operacionais da pirólise incluem o consumo de energia, a manutenção e substituição de equipamentos, a gestão dos resíduos e a remuneração do pessoal. Esses custos são influenciados pela eficiência energética do processo, a qualidade dos resíduos tratados e a capacidade de gerar receitas com a venda dos produtos finais (biochar, bio-óleo e gases não condensáveis). Estudos sugerem que os custos operacionais da pirólise podem variar entre US\$ 50 e US\$ 100 por tonelada de RSU tratados (Arena, 2012; Chen et al., 2014).

Tabela 57: Custos para Implantação e Operação de Unidades de Tratamento Térmico - Pirólise

Tipo de Custos	Valor Mínimo (US\$)	Valor Máximo (US\$)
Custos Totais de Investimento por planta e por tonelada	4.000	12.000
Custos Totais de Operação e Manutenção (tonelada/ano)	50	100

Fonte: Arena, 2012; Chen et al., 2014

Apesar dos custos associados ao processo de pirólise, estudos de viabilidade econômica demonstram que a adoção desse processo pode resultar em benefícios financeiros significativos, especialmente quando comparado a outras alternativas de tratamento de RSU. Esses benefícios incluem a redução dos custos de destinação final dos resíduos (que podem chegar a 60% a 70% dos custos de gerenciamento de resíduos) e a geração de receitas com a venda dos produtos finais (biochar, bio-óleo e gases não condensáveis), que podem compensar os custos de implantação e operação do processo de pirólise (Arena, 2012; Chen et al., 2014).

O biochar, por exemplo, é um produto de alto valor agregado que pode ser utilizado como condicionador de solo, melhorando a fertilidade e a capacidade de retenção de água.

O bio-óleo, por outro lado, pode ser utilizado como combustível ou matéria-prima para a indústria química. Os gases não condensáveis também podem ser utilizados para geração de energia ou como matéria-prima para a indústria química, contribuindo para a viabilidade econômica do processo.

Ademais, a adoção da pirólise pode trazer benefícios ambientais significativos, como a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa e a minimização dos impactos ambientais associados à disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos (Chen et al., 2014).

Esses benefícios podem ser quantificados e monetizados por meio de mecanismos de compensação de emissões e incentivos governamentais, aumentando a atratividade econômica do processo de pirólise.

Em conclusão, o processo de pirólise apresenta potencial como uma solução economicamente viável e ambientalmente sustentável para o tratamento de RSU. No entanto, a análise dos custos e benefícios deve ser cuidadosamente realizada, levando em consideração as especificidades de cada projeto e as condições locais.

8.5. TECNOLOGIAS DE CONVERSÃO DE RSU EM ENERGIA ELÉTRICA – TOCHA DE PLASMA

A tocha de plasma é uma tecnologia avançada de tratamento térmico que utiliza um arco elétrico de alta temperatura para decompor os resíduos sólidos urbanos (RSU) em seus elementos constituintes (Gomez et al., 2015). Consiste em um processo de decomposição química por calor na ausência de oxigênio.

Esta é uma tecnologia dedicada à destruição dos resíduos que associa as altas temperaturas geradas pelo plasma com a pirólise dos resíduos (ENGEBIO, 2010, p.17). Essa tecnologia tem sido empregada em diversos países para tratar uma ampla variedade de resíduos, incluindo resíduos perigosos, industriais e municipais (He et al., 2015).

A tocha de plasma é indicada quando se busca uma solução de tratamento de RSU com alta eficiência de redução de volume e peso, bem como baixas emissões de poluentes atmosféricos e menor geração de resíduos sólidos (Gomez et al., 2015). Ademais, é especialmente adequada para o tratamento de resíduos de difícil decomposição por meio de processos biológicos ou térmicos convencionais, como resíduos médicos, eletroeletrônicos e materiais refratários (He et al., 2015).

Em comparação com outras tecnologias de tratamento térmico, como a incineração e a pirólise, a tocha de plasma oferece várias vantagens, como maior eficiência energética, menores emissões de poluentes e maior capacidade de recuperação de energia e materiais (Gomez et al., 2015; He et al., 2015).

Além disso, a tocha de plasma pode ser facilmente integrada a sistemas de tratamento de resíduos existentes, permitindo a otimização do gerenciamento de RSU e a redução dos impactos ambientais associados à disposição inadequada de resíduos (Gomez et al., 2015).

No entanto, a implantação da tocha de plasma também enfrenta desafios, como altos custos de capital e operacionais, necessidade de pessoal altamente qualificado e questões relacionadas à aceitação pública e regulamentação (He et al., 2015).

Estima-se que os custos de capital para a implantação de uma unidade de tratamento de RSU com tocha de plasma variem entre US\$ 400 e US\$ 800 por tonelada de capacidade instalada, enquanto os custos operacionais podem variar entre US\$ 100 e US\$ 200 por tonelada de RSU tratados (Gomez et al., 2015).

Tabela 58: Custos para Implantação e Operação de Unidades de Tratamento Térmico - Tocha de Plasma

Tipo de Custos	Valor Mínimo (US\$)	Valor Máximo (US\$)
Custos Totais de Investimento por planta e por tonelada	400	800
Custos Totais de Operação e Manutenção (tonelada/ano)	100	200

Fonte: Gomez et al., 2015

Alguns exemplos de países que utilizam a tecnologia de tocha de plasma para o tratamento de RSU incluem Japão, Coreia do Sul e Estados Unidos (He et al., 2015). Esses países têm investido em pesquisa e desenvolvimento, bem como na implantação de unidades de tratamento de RSU com tocha de plasma, buscando soluções sustentáveis e eficientes para o gerenciamento de resíduos.

A tocha de plasma é uma das tecnologias mais promissoras para o tratamento de RSU, oferecendo várias vantagens em relação a outras tecnologias de tratamento térmico.

O uso da tecnologia de reatores a plasma térmico para destruição de resíduos sólidos ainda é de pouca utilização no Brasil, apesar de, no senso comum, ser a melhor solução sob o aspecto ambiental pelos motivos seguintes:

- não há combustão, portanto não há emissão de gases poluentes para a atmosfera;
- as altas temperaturas, de até 15.000 0C, obtidas pela tecnologia a arco de plasma, permitem que o processo de pirólise ocorra sem combustão, levando à completa destruição das substâncias tóxicas pelo rompimento de suas ligações químicas, convertendo-os em substâncias inertes.

No entanto, a análise dos custos e benefícios deve ser cuidadosamente realizada, levando em consideração as especificidades de cada projeto e as condições locais.

A adoção da tocha de plasma pode ser favorecida por políticas públicas e incentivos governamentais, bem como pela colaboração entre atores envolvidos na gestão de resíduos e na promoção de práticas sustentáveis.

Além disso, a pesquisa e o desenvolvimento contínuos são essenciais para superar os desafios associados à implantação e operação da tocha de plasma, incluindo a redução de custos, a otimização da eficiência energética e a mitigação dos impactos ambientais.

A conscientização da população e a participação da sociedade também são elementos importantes para garantir o sucesso da tocha de plasma como uma estratégia de tratamento de RSU.

Em síntese, a tocha de plasma representa uma solução inovadora e eficiente para o tratamento de RSU, proporcionando vantagens significativas em comparação com outras tecnologias convencionais.

Entretanto, a viabilidade econômica e a aceitação pública desta tecnologia devem ser cuidadosamente avaliadas, levando-se em conta os custos associados, a disponibilidade de recursos e a necessidade de pesquisa e desenvolvimento contínuos.

A colaboração entre os diversos atores envolvidos na gestão de resíduos e a promoção de políticas públicas favoráveis podem contribuir para o sucesso da implantação da tocha de plasma no tratamento de RSU em escala global.

O tratamento de RSU utilizando a tecnologia de tocha de plasma desta pesquisa, vale-se de um projeto desenvolvido pela *RGT International* para o município de Hortolândia — SP. O projeto foi dimensionado para tratar 260 toneladas por dia de RSU, perfazendo a quantidade diária de 200 toneladas de RSU e 60 toneladas de resíduos industriais, hospitalares e lodo de ETE em uma única linha de produção.

A área dimensionada para o empreendimento compreende 30.000 m² e a área construída está estimada em 10.000 m², com a finalidade de tratar 300 toneladas diárias de RSU. A vida útil foi estimada em 30 anos e o período de funcionamento corresponde a 22 horas por dia (RGT INTERNATIONAL, 2013).

O processo de tratamento inicia-se pela pesagem do RSU, que em seguida é depositado em um fosso de recebimento. De lá, é retirado por guias que em seguida depositam o RSU em uma moega para um processo de trituração, de modo que o resíduo tenha tamanho não superior a 10 polegadas.

Os resíduos seguem por esteira até a parte superior do reator. Antes da entrada do RSU, é realizada uma cama de coque de carvão no interior do reator, cuja finalidade é sustentar a massa de resíduos, dada a integridade estrutural que o coque de carvão apresenta.

O reator possui dois maçaricos de jatos de plasma na parte inferior (Figura 65). Esses jatos saem das tochas a uma velocidade correspondente a duas vezes a velocidade do som, com temperaturas que variam entre 1.000° C e 15.000 °C. Controlando-se os maçaricos, controla-se a temperatura do reator.

Figura 65: Reator do Processo de Tratamento de RSU por Tocha de Plasma



Fonte: Willis et al. (2010)

Para distribuir a temperatura igualmente, é necessário diminuir a velocidade do gás, e o coque de carvão possui essa propriedade, uma vez que irá gaseificar numa velocidade muito mais lenta do que os resíduos, permanecendo no fundo, enquanto os resíduos, serão vaporizados. À medida que a massa desce no reator, é convertida em escória e gás de síntese.

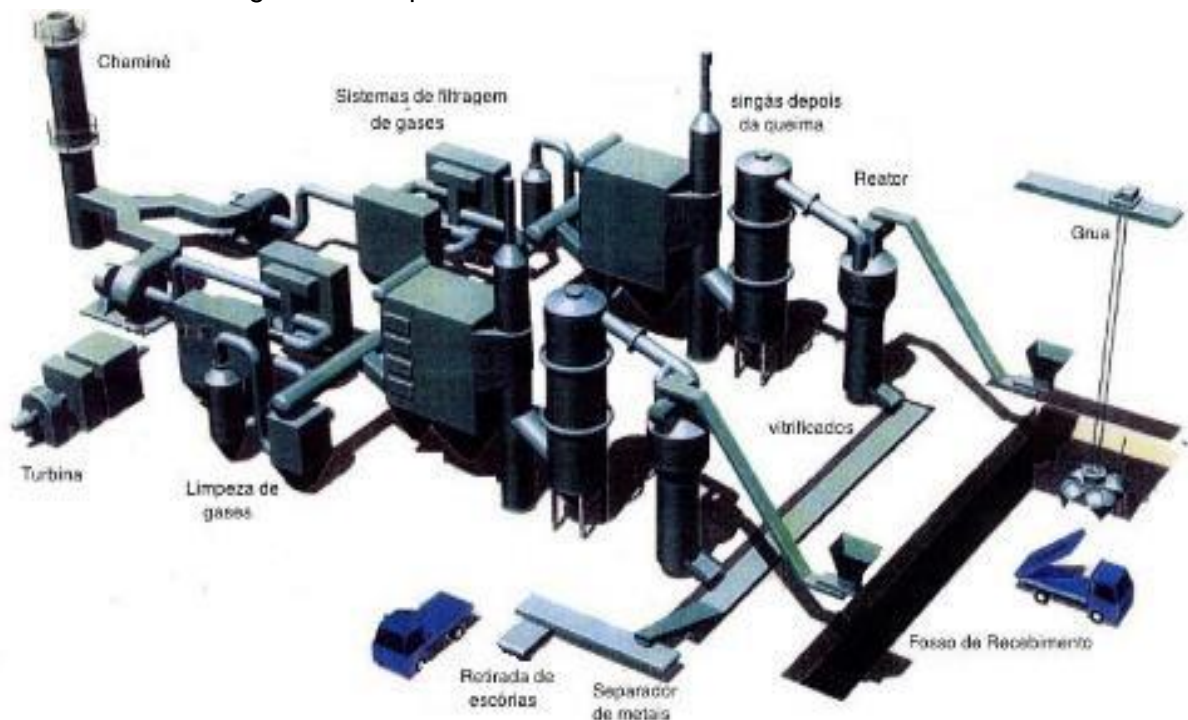
Os resíduos orgânicos são pulverizados e sua saída do reator ocorre pela parte superior, na forma de gás. Em seguida, o gás passa por um processo de limpeza e posteriormente é enviado para uma turbina, que acionada, irá gerar energia elétrica.

O coque funciona como uma espécie de filtro dentro do reator e fornece calor, quando reage com o oxigênio. O objetivo desse fluxo é controlar a temperatura e as propriedades do material inerte da matéria-prima, garantindo o baixo ponto de fusão. O gás de síntese, que deixa o reator é composto por monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrogênio, hidrocarbonetos, nitrogênio e traços de produtos químicos.

Os únicos materiais que vão escapar pela cama de coque serão as escórias, vitrificados e os metais, que, ao deixarem o reator, mergulham em um recipiente com água para serem resfriados. Os metais são retirados por eletroímã e o material vitrificado em forma de grânulos. O processo é completamente controlado pela temperatura dos gases de saída. Esse último processo deve estar compreendido entre 980°C a 1.100°C.

Uma tocha pode ser desligada, sem a necessidade de se desligar todo o processo. Uma tocha de plasma consiste na passagem do gás e no contato com uma faísca elétrica, mesmo princípio do motor de um carro. A Figura 66 apresenta o esquema de uma planta de tocha de plasma.

Figura 66: Esquema de uma Planta de Tocha de Plasma



Fonte: Willis et al., 2010

O município de Duque de Caxias conta com a Tecnologia de Plasma Térmico da ADESSO Participações Ltda e inova na destinação final de resíduos perigosos, promovendo sustentabilidade ambiental.

Essa abordagem permite a recuperação de energia, a redução da contaminação e de emissões de GEE e ainda a fomentação da economia circular.

O plasma é gerado através de uma descarga elétrica de alta corrente que aquece e acelera um gás, retirando elétrons e formando íons, definindo assim o quarto estado da matéria.

As temperaturas resultantes variam entre 6.000 °C e 20.000 °C. Nesse ambiente, as moléculas são desfeitas, deixando apenas átomos originais.

O diferencial da tecnologia de plasma térmico reside na capacidade de aquecer resíduos a temperaturas tão elevadas que não há formação de cinzas ou poluentes, resultando principalmente em syngas (gás de síntese, um combustível limpo) e uma pequena quantidade de matéria em formato de pedras com concentração vítrea ou férrea que podem ser usados na construção e na indústria.

Em contraste com incineradores convencionais, essa abordagem minimiza impactos ambientais e possibilita a produção eficiente de energia.

8.6. ANÁLISE COMPARATIVA DE TECNOLOGIAS PARA TRATAMENTO DE RSU

A gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é um dos principais desafios enfrentados pelas metrópoles contemporâneas.

Na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, a diversidade de tecnologias disponíveis, as chamadas tecnologias Waste-to-Energy (WtE), para o tratamento e destinação final dos resíduos se mostram como uma oportunidade para otimizar a gestão e mitigar os impactos ambientais.

Por meio da aplicação de técnicas como a digestão anaeróbica, os resíduos orgânicos podem ser transformados em biogás, que pode ser utilizado para geração de eletricidade e calor.

Essa abordagem não apenas reduz o volume de resíduos destinados a aterros sanitários, mas também proporciona uma fonte sustentável de energia para atender às necessidades locais.

Ao adotar as tecnologias WtE, os países em desenvolvimento podem enfrentar de forma eficaz os desafios associados ao gerenciamento de resíduos orgânicos em grande escala, ao mesmo tempo em que contribuem para a mitigação das emissões de Gases de Efeito Estufa e para a promoção de uma economia circular.

Atualmente, o aterro sanitário é a solução mais comum para destinação final de RSU no Brasil (ABRELPE, 2020). Requer uma área considerável, variando de acordo com a quantidade de resíduos e o tempo de vida útil do aterro. Sua infraestrutura inclui sistemas de impermeabilização, drenagem e tratamento de chorume e de biogás (CONAMA, 2010).

Os custos de implantação são relativamente baixos em comparação com outras tecnologias, mas o potencial de contaminação do solo, lençol freático e emissão de Gases de Efeito Estufa é uma preocupação (MOREIRA et al., 2018).

Já a incineração consiste na queima controlada dos resíduos a altas temperaturas, mantendo seu volume e gerando energia (TCHOBANOGLIOUS et al., 2002). Requer uma área menor que aterros, mas sua infraestrutura é mais complexa, envolvendo sistemas de controle de combustível e tratamento de cinzas. Os custos de implantação são elevados, sendo uma das principais críticas a esta tecnologia (SANTOS et al., 2012). A emissão de poluentes e a geração de resíduos tóxicos, como dioxinas e furanos, são riscos ambientais associados (VEZZÙ et al., 2017).

A pirólise, por sua vez, consiste na emissão química dos resíduos na ausência de oxigênio, gerando produtos como gases, líquidos e sólidos (char) (BRIDGWATER, 2012). Possui uma infraestrutura semelhante à incineração, mas opera em temperaturas mais baixas e não gera dioxinas e furanos (VEZZÙ et al., 2017).

Os custos de implantação são elevados e a viabilidade econômica depende da valorização dos subprodutos gerados, como bio-óleo e carvão vegetal ou até mesmo carvão ativado (MURPHY et al., 2014).

A pirólise apresenta menor impacto ambiental em comparação à incineração, porém, ainda é uma tecnologia emergente e requer desenvolvimento adicional (LIMA et al., 2018).

A compostagem é um processo biológico que transforma a matéria orgânica dos resíduos sólidos em composto, um material rico em nutrientes que pode ser utilizado como adubo (DIAS et al., 2016).

Esta tecnologia requer uma área de dimensões moderadas e infraestrutura relativamente simples, com baixos custos de implantação. Os principais desafios são a segregação dos resíduos orgânicos na fonte e o controle de odores e vetores (KERN, 2012).

A compostagem contribui para a redução da quantidade de resíduos destinados a aterros e das emissões de Gases de Efeito Estufa (GERTHE, 2016).

A tocha de plasma é uma tecnologia que utiliza plasma de alta temperatura para a dissolução dos resíduos em gases (syngas) e materiais vitrificados (RICHTER, 2015).

Apresenta vantagens como a redução do volume de resíduos e geração de energia, mas requer uma infraestrutura complexa e tem altos custos de implantação (CASTRO et al., 2019).

Os riscos ambientais são menores em comparação à incineração e pirólise, porém, ainda é uma tecnologia pouco difundida e requer estudos adicionais sobre sua viabilidade (DINIZ et al., 2016).

Em termos gerais, a bibliografia e as fontes consultadas indicam méritos e deméritos para as tecnologias analisadas, de acordo com o resumo apresentado no conjunto de tabelas a seguir.

Tabela 59: Méritos e Deméritos das Tecnologias Termoquímicas

Tecnologias	Méritos	Deméritos
Incineração	Utiliza quase todos os tipos de frações de resíduos.	O custo de investimento inicial é muito alto.
	Reduz o volume de resíduos sólidos urbanos (RSU) em até 80% e a massa em até 70%.	Pode causar poluição do ar e da água.
	Um incinerador pode gerenciar pelo menos 50.000 toneladas métricas de RSU anualmente.	Produz substâncias químicas carcinogênicas, como dioxinas.
	É simples e rápido.	
Pirólise	Não causa emissões tóxicas de furanos e dioxinas.	Os custos de capital, operação e manutenção são muito altos.
	O volume de resíduos é reduzido em até 70-90%.	Apresenta desafios devido a possíveis obstruções e ineficiências do maquinário no caso de deposição de alcatrão.
	Os combustíveis líquidos e gasosos pirolíticos podem ser usados como adesivos, produtos químicos e combustíveis para motores diretamente, após o refino.	Requer profissionais altamente qualificados para operar o maquinário.
	Ocorre na ausência de oxigênio.	É rara a aplicação da tecnologia de pirólise para o gerenciamento de RSU.
	Produz menos gases de combustão.	
	Causa a menor quantidade de poluição em comparação com a incineração.	
Gaseificação	Emite o mínimo de emissões perigosas, como furanos e dioxinas, em comparação com a incineração e a pirólise.	Libera compostos poluentes, como álcalis, halogênios, metais pesados e alcatrão.
	Também é a tecnologia termoquímica mais eficiente em termos de energia e mais barata entre as três.	Os álcalis podem deteriorar turbinas a gás durante a combustão.
	Requer uma quantidade limitada de oxigênio estequiométrico.	Os halogênios têm natureza corrosiva e podem causar chuva ácida.
	Devido à alta pressão e baixo volume, o gás de síntese produzido é mais fácil de limpar.	
	O syngas pode ser usado como pilha de combustível, em turbinas a ciclo combinado e motores alternativos.	

Fonte: FAROOQ, Ahsan et al. 202

Tabela 60: Méritos e Deméritos das Tecnologias Bioquímicas

Tecnologias	Méritos	Deméritos
Digestão Anaeróbia	Baixo custo de capital e operação.	Processa apenas a fração orgânica de RSU.
	Reduz o risco de contaminação do solo e da água devido à redução na produção de lixiviado.	É necessária uma grande área de terra para instalar uma planta de digestão anaeróbia.
	A quantidade de emissões de Gases de Efeito Estufa também é menor em comparação com as tecnologias termoquímicas.	O armazenamento e o manejo de resíduos orgânicos são bastante difíceis e caros.
	Muito eficiente para o tratamento de resíduos orgânicos.	
	O digestato, rico em nutrientes, pode ser usado como fertilizante orgânico.	
Fermentação	Utiliza resíduos de baixo valor.	O processo é mais lento em comparação com a digestão anaeróbia.
	O processo requer menos energia para operar.	O produto final precisa ser purificado por meio do processo de destilação e desidratação.
	Ocorre em temperaturas mais baixas (35-40°C) em comparação com a digestão anaeróbia.	A purificação do etanol requer muita energia.
	O etanol produzido no processo de fermentação tem melhor desempenho ambiental em comparação com a gasolina de motor.	O processo precisa ser monitorado e mantido continuamente.
		Uma grande quantidade de CO ₂ é produzida.

Fonte: FAROOQ, Ahsan et al. 202

Tabela 61: Méritos e Deméritos das Tecnologias Físico-Químicas

Tecnologias	Méritos	Deméritos
Transesterificação	Produz um rendimento muito alto de biodiesel, de até 90-98%.	Baixa estabilidade de oxidação do biodiesel.
	Utiliza resíduos de baixo valor.	Dificuldade na recuperação do catalisador.
	Produz produtos finais de maior valor.	Baixa qualidade do rendimento devido a flutuações de temperatura e quantidade de ácidos graxos livres.
	O biodiesel possui melhores propriedades físico-químicas em comparação com o diesel petroquímico.	
	Purificação da matéria-prima.	

Fonte: FAROOQ, Ahsan et al. 202

A pesquisa sobre os efeitos econômicos, ambientais e sociais de um sistema híbrido de Waste-to-Energy ainda está em seus estágios iniciais.

O estudo financeiro de um sistema híbrido de gaseificação e digestão anaeróbica fornecido por (Mabalane et al., 2021) é um dos raros estudos sobre aplicações híbridas.

Concluiu-se que tal sistema híbrido apresentou um desempenho financeiro superior em comparação com sistemas separados.

Uma aplicação híbrida de digestão anaeróbica, recuperação de gás de aterro e pirólise pôde garantir uma redução de 91,16% nas emissões de Gases de Efeito Estufa na cidade de Lagos na Nigéria, de acordo com as descobertas de Alao et al. (2020).

É esperado que estudos adicionais sejam realizados sobre a integração de diferentes tecnologias Waste-to-Energy (Alao et al., 2022).

Tabela 62: Comparações de Várias Tecnologias WtE – Dados Econômicos

Tecnologias	Custo Capital (Mil US\$/t)	Custos Operacionais (Mil US\$/t)	Geração Energética (kWh/t)
Incineração	155-250	85	544
Pirólise	170-300	65-112	571
Gaseificação	170-300	65-112	685
Tocha de Plasma	130-390	80-120	816
Digestão Anaeróbica	50	5-30	427
Aterro Sanitário c/ Resgate de Biogás	10	0,2-0,3	374

Fonte: Dados compilados de Yap and Nixon (2015), Youngseung (2012)

A análise da tabela revela diversas informações pertinentes sobre as tecnologias de tratamento de resíduos em questão. Verifica-se que os custos de capital variam significativamente entre as tecnologias, apresentando uma amplitude que abrange valores desde 10 mil até 390 mil dólares por tonelada.

Essa disparidade pode ter implicações importantes na viabilidade econômica de cada opção, levando em consideração a disponibilidade orçamentária.

Adicionalmente, os custos operacionais também exibem diferenças marcantes, oscilando entre alguns milhares e mais de 100 mil dólares por tonelada. Assim, é imprescindível avaliar não apenas o investimento inicial, mas também os custos operacionais recorrentes ao selecionar uma tecnologia de tratamento de resíduos.

Outro aspecto relevante é a eficiência na geração de energia. Algumas tecnologias, como a tocha de plasma, demonstram uma alta taxa de geração energética, alcançando 816 kWh por tonelada, ao passo que outras, como o aterro sanitário com resgate de biogás, apresentam uma geração energética relativamente baixa, em torno de 374 kWh por tonelada.

A eficiência energética é um fator crítico tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico, visto que a produção de energia a partir dos resíduos pode reduzir a dependência de fontes convencionais e contribuir para a sustentabilidade.

Em síntese, a seleção da tecnologia de tratamento de resíduos demanda uma análise minuciosa dos custos de capital e operacionais, conjuntamente com a eficiência energética desejada.

Cada tecnologia possui suas particularidades e benefícios, e a decisão final deve considerar a disponibilidade de recursos, objetivos ambientais e requisitos específicos de cada contexto.

Ao adotar uma abordagem holística, é possível atender às demandas variadas dos diferentes tipos de resíduos e suas características específicas. Essa integração requer um planejamento cuidadoso, envolvimento de especialistas, regulamentações adequadas e investimentos significativos.

É fundamental desenvolver uma infraestrutura que permita a coleta seletiva, triagem eficiente dos resíduos e a utilização das tecnologias WtE de forma complementar, podendo aproveitar ao máximo os benefícios de cada uma delas e superar suas limitações individuais.

Neste tipo de abordagem, foram consideradas não apenas a utilização de tecnologias Waste-to-Energy (WtE), mas também outras etapas essenciais, como a redução na fonte, a coleta seletiva, a reciclagem e a compostagem.

A integração dessas diferentes medidas possibilita a maximização da recuperação de recursos, a minimização da disposição final de resíduos e a redução dos impactos ambientais.

Além disso, a abordagem holística envolve o engajamento de diferentes atores, como governos, indústria, o setor acadêmico e a própria comunidade, promovendo uma cooperação mútua para a implementação eficaz de políticas e práticas de gestão de resíduos.

Essa abordagem não apenas contribui para a transição para uma economia circular, mas também fortalece a sustentabilidade ambiental, social e econômica dos municípios e da região.

É crucial que, no entanto, se estabeleçam estratégias adequadas, considerando as características locais e promovendo a conscientização e a participação ativa da comunidade para garantir a implementação sustentável dessas tecnologias.

9. GEOPROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES

9.1. INVENTÁRIO METROPOLITANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (IMRS)

O sistema de monitoramento de resíduos sólidos tem como objetivo principal coletar, analisar e fornecer informações sobre a geração, coleta, transporte, tratamento e destino final dos resíduos na Região Metropolitana.

Através da coleta sistemática de dados, é possível obter uma visão abrangente, atualizada e especializada do panorama dos resíduos sólidos urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, identificando padrões e tendências e as principais questões do setor.

9.2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO SISTEMA

O sistema de geoprocessamento do "Inventário Metropolitano de Resíduos Sólidos (IMRS)" permite a manipulação espacial de dados relacionados à gestão de resíduos sólidos metropolitanos.

Utiliza tecnologias de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para integrar, analisar e visualizar dados de várias fontes, facilitando a interpretação e o entendimento do cenário de resíduos sólidos em uma área metropolitana.

Essa ferramenta fornece uma visão geoespacial dos dados, permitindo aos usuários visualizar a distribuição e a localização de várias métricas e tipos de resíduos.

O sistema do IMRS valoriza a leitura dos dados pela ótica metropolitana, possibilitando a visualização de dados de um conjunto de municípios e destacando o tema das funções públicas de interesse comum.

É possível visualizar várias cartografias comparativas de municípios da RMRJ e, também, verificar a atuação conjunta de grupos de municípios

Por exemplo, pode-se visualizar os municípios que contribuem com resíduos para a mesma Central de Tratamento de Resíduos.

Esse sistema contribui de forma significativa para análise das informações de resíduos pela ótica metropolitana.

Os sistemas nacionais como o Sistema Nacional de Informações de Saneamento, SNIS, e Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos, SINIR, abordam os temas principalmente por unidade federativa, não sendo possível a análise por Região Metropolitana.

Todas as informações coletadas são processadas e mostradas em um painel que contabiliza as informações que vão sendo inseridas por todos que estão registrados no sistema (Empresas, Coletores, Prefeituras, Transportadores, etc..), criando um grande banco de dados. Futuramente pode ser necessário que a RMRJ crie um incentivo para que os membros estejam sempre alimentando o sistema de informações.

9.3. BANCO DE DADOS EM DESENVOLVIMENTO

O banco de dados do sistema está em desenvolvimento e expansão. Ele inclui informações sobre a origem, tipo, quantidade e destino dos diferentes tipos de resíduos sólidos manejados pelas administrações públicas municipais.

Além disso, os dados são coletados de fontes confiáveis e regularmente atualizados para garantir que as informações mais recentes e precisas estejam disponíveis.

Atualmente, as maiores fontes de informação são os sistemas nacionais, pois possuem uma grande quantidade de dados e os disponibilizam de forma interativa, como é a ideia para o sistema IMRS.

Conforme mencionado no Capítulo 2, o Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) foi criado em 1996 contendo informações e indicadores sobre serviços de Água e Esgoto com abrangência nacional. Em 2002 passou a abranger também o Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos e em 2015 o Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Os dados são coletados anualmente junto aos municípios e prestadores de serviço e engloba informações de caráter operacional, institucional, administrativo, gerencial, econômico-financeiro, contábil e de qualidade.

A coleta de dados é iniciada após o fechamento dos balanços financeiros e a liberação do aplicativo para os prestadores. Uma equipe técnica garante apoio durante o preenchimento dos formulários e posteriormente realiza uma verificação em duas etapas dos dados coletados.

De posse das informações consolidadas, os relatórios e indicadores são elaborados e publicados para a população.

Os dados disponibilizados pelo SNIS referentes ao abastecimento de água e tratamento de esgoto são: volumes de água tratado, disponibilizado, consumido e faturado, eventuais perdas na distribuição, a população atendida pelo abastecimento de água e/ou pela coleta de esgoto, e o número de ligações ativas na rede de distribuição e na rede de coleta. Também são coletadas informações econômico-financeiras dos prestadores de serviços e os investimentos realizados nesses setores.

Uma vez que a limpeza urbana e manejo dos resíduos podem variar consideravelmente de um município para outro, em função do tipo de atividade do município, da infraestrutura existente e da população, as informações coletadas podem ser de diversos tipos.

Tem-se como dados coletados: a cobertura do serviço de coleta de resíduos, realização da coleta seletiva e recuperação de materiais recicláveis, informações sobre a massa coletada e sobre a destinação final dos resíduos, além de avaliações sobre as unidades de processamento e sobre o transporte de resíduos entre municípios.

O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos, (SINIR), é um instrumento bem mais novo do que o SNIS, pois foi instituído pela Política Nacional de Resíduos Sólidos em 2010.

Nele, todos os entes federativos devem organizar e manter a infraestrutura para receber, analisar, consolidar e divulgar as informações qualitativas e quantitativas recebidas pelos municípios, estados e Distrito Federal, de forma bem parecida com o SNIS.

O SINIR é dividido em três partes principais, a primeira com informações sobre a gestão de resíduos sólidos nos Estados e Município, o segundo referente aos Manifestos de Transporte de Resíduos, com a finalidade de acompanhar a geração, o transporte e a destinação final dos resíduos no país, e a terceira sendo um Inventário Nacional de Resíduos Sólidos que mantém o conjunto de informações sobre a geração, tipologia, armazenamento, transporte e destinação final adequada dos resíduos gerados pelas indústrias. Atualmente também existe uma parte para o inventário de Bifenilas Policloradas (PCB) ou resíduo contaminado, com dados a respeito da quantidade e destino desses resíduos e outra para o sistema de logística reversa, que informa a localização de pontos de coleta.

Assim como o SINIR, o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), foi um instrumento instituído pela PNRS em 2010 e traz um panorama geral dos resíduos em cada estado, estabelecendo estratégias de gestão por tipo de resíduos. As informações contidas nele também foram utilizadas para compor a base de dados do Inventário Metropolitano de Resíduos Sólidos (IMRS).

Todos dados coletados para o sistema de georreferenciamento do IMRS são transformados em informação para melhor entendimento do que está acontecendo com a coleta e distribuição dos resíduos. Até o momento o sistema consta com dados sociais e geográficos dos municípios, obtidos principalmente por meio de dados do IBGE, dados de RSU e situação dos aterros sanitários e vazadouros, obtidos através dos SNIS, SINIR, PERS, e pesquisas e levantamentos junto aos municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

9.4. ACESSO POR APLICATIVO

O aplicativo IMRS oferece acesso conveniente e em tempo real a esses dados de geoprocessamento. Os usuários podem visualizar informações geoespaciais no aplicativo em seus dispositivos móveis, permitindo-lhes ter uma compreensão espacial dos dados de resíduos. Isso inclui visualizações de mapas interativos, gráficos e tabelas que são atualizados automaticamente à medida que novos dados são adicionados ao sistema.

O IMRS APP é um PWA (Progressive Web Apps), ou seja, ele é acessível em qualquer dispositivo, incluindo celulares, tablets, notebooks ou PCs. Isso é possível porque ele utiliza os mesmos recursos de uma aplicação nativa, garantindo uma utilização sem inconvenientes.

A instalação do app é bastante simples. Uma das vantagens de um PWA é que ele pode ser instalado em qualquer celular através do navegador. O usuário apenas precisa acessar o domínio onde o app está hospedado - esse link pode ser enviado por WhatsApp ou e-mail.

O IMRS APP utiliza tecnologia de ponta e está hospedado em um serviço de nuvem. Ele pode ser disponibilizado para dispositivos Android e iOS, permitindo a comunicação em tempo real por meio de uma API (Interface de Programação de Aplicativos).

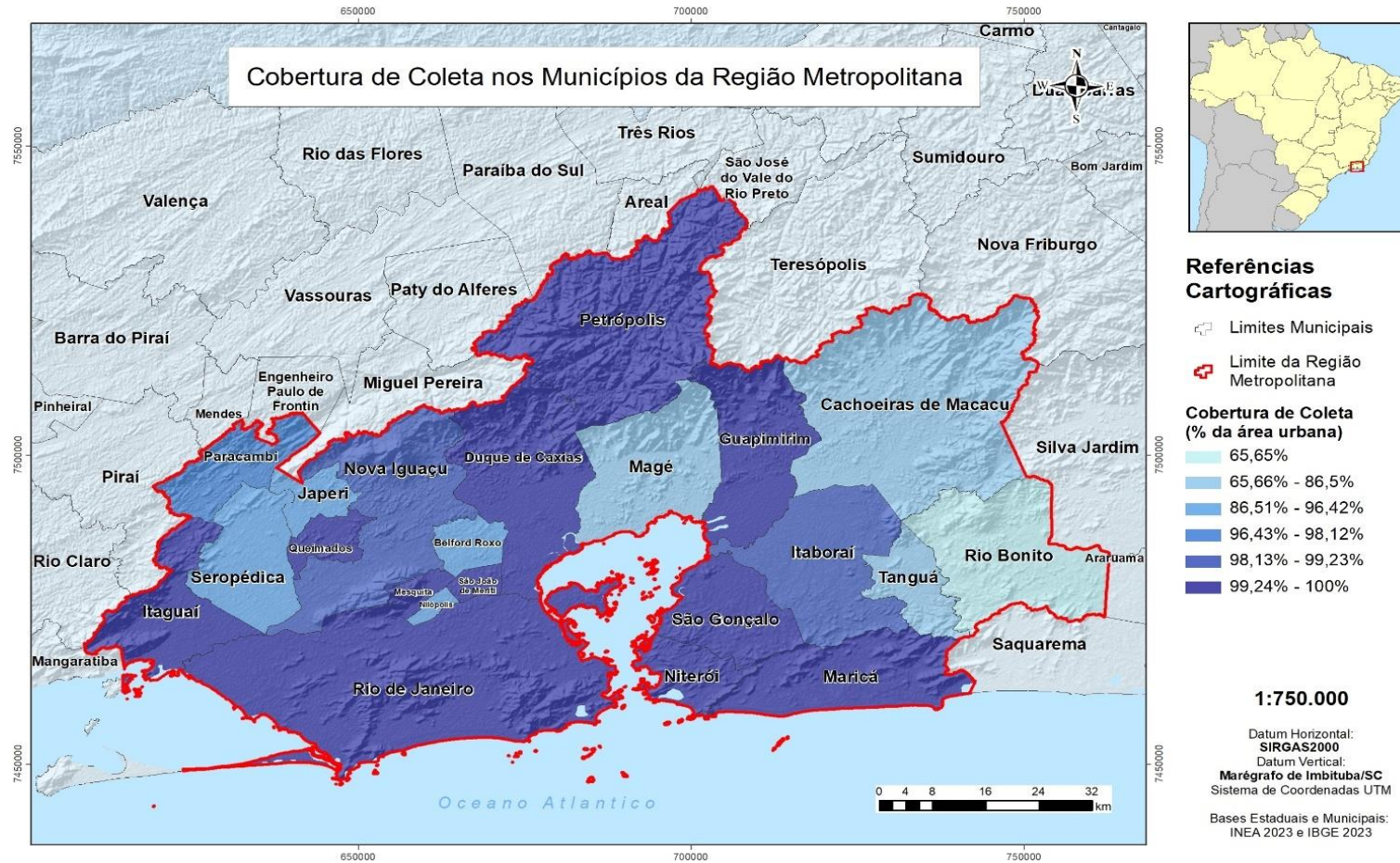
O app é gerenciado por um administrador, que envia links por e-mail ou WhatsApp para os colaboradores (empresas, prefeituras, coletores, transportadoras, etc.) realizarem seu cadastro. Esses colaboradores, uma vez cadastrados, podem alimentar o sistema em tempo real com informações sobre as coletas realizadas.

Os colaboradores cadastrados também têm a possibilidade de gerar relatórios e inserir dados de coleta, além de outras funcionalidades. As informações sobre as coletas, mapas e acessos às prefeituras são mostradas diretamente no dashboard.

Cada usuário tem acesso individualizado ao sistema, podendo visualizar somente o que está destinado ao seu perfil.

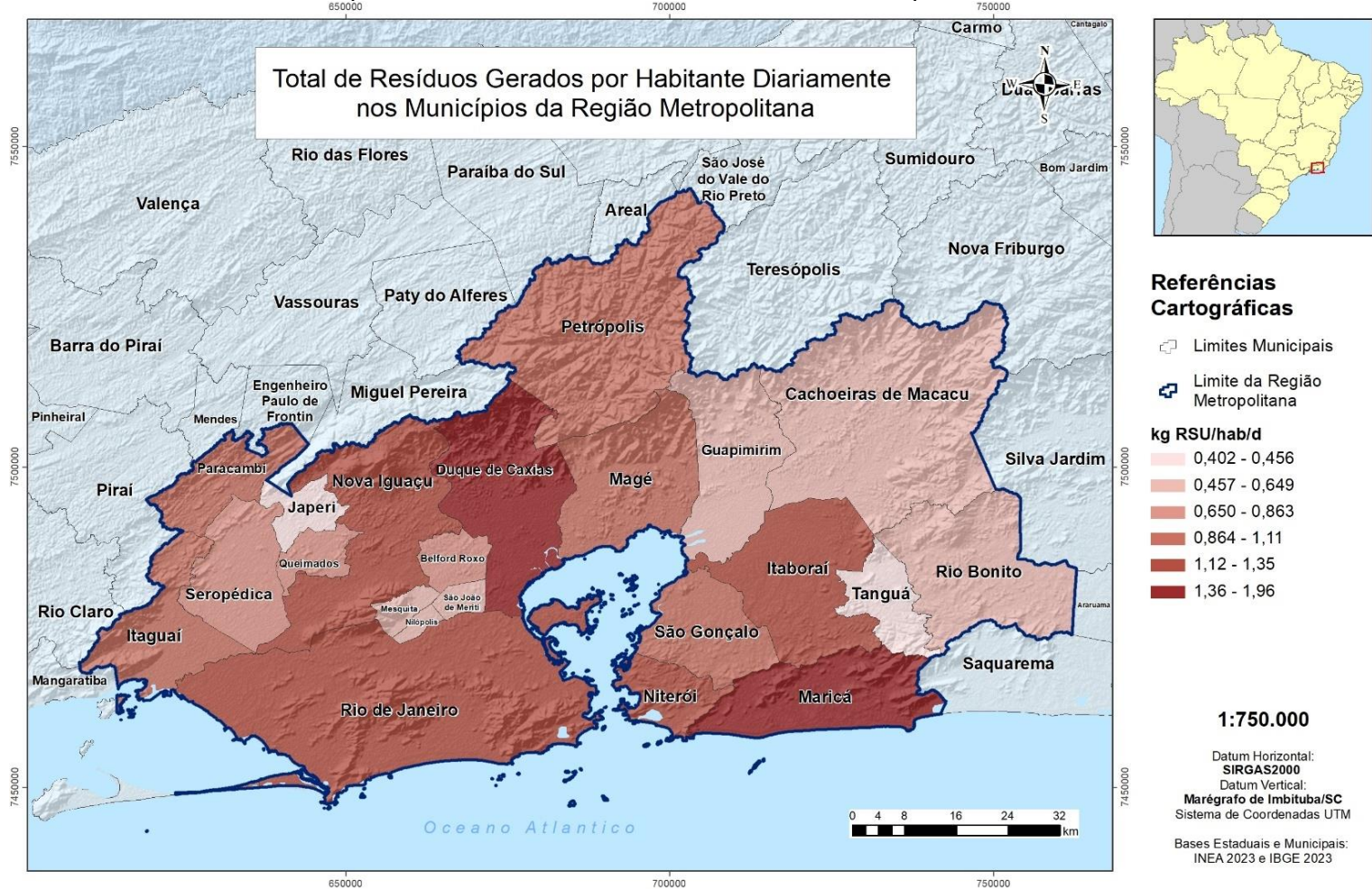
9.5. EXEMPLOS DE CARTOGRAFIAS

Mapa 14: Cobertura de Coleta nos Municípios da Região Metropolitana



Fonte: ENGECONSULT, 2023

Mapa 15: Total de Resíduos Gerados Diariamente por Habitante



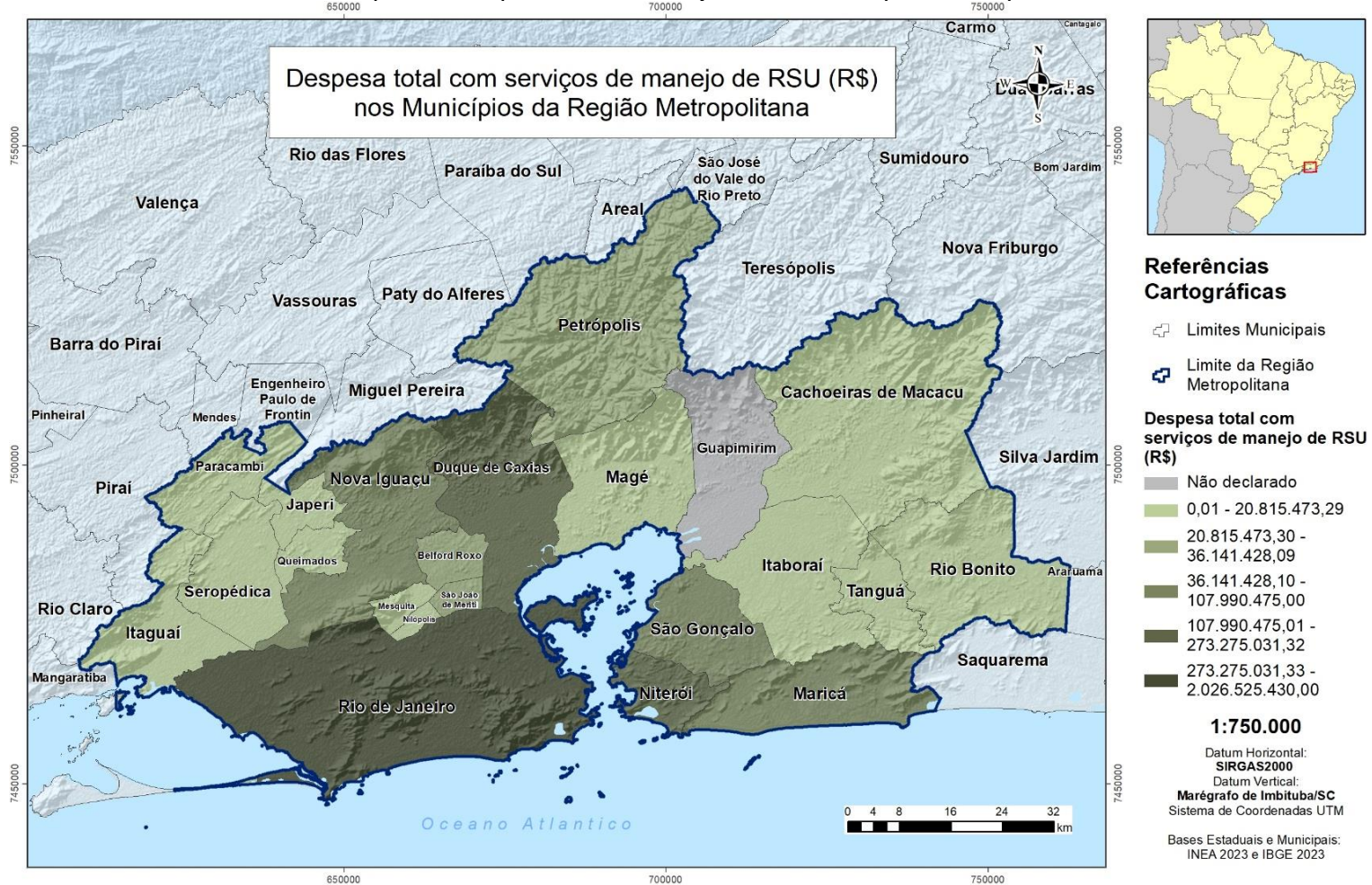
Fonte: ENGECONSULT, 2023

Mapa 16: Total de Resíduos Anuais por Município



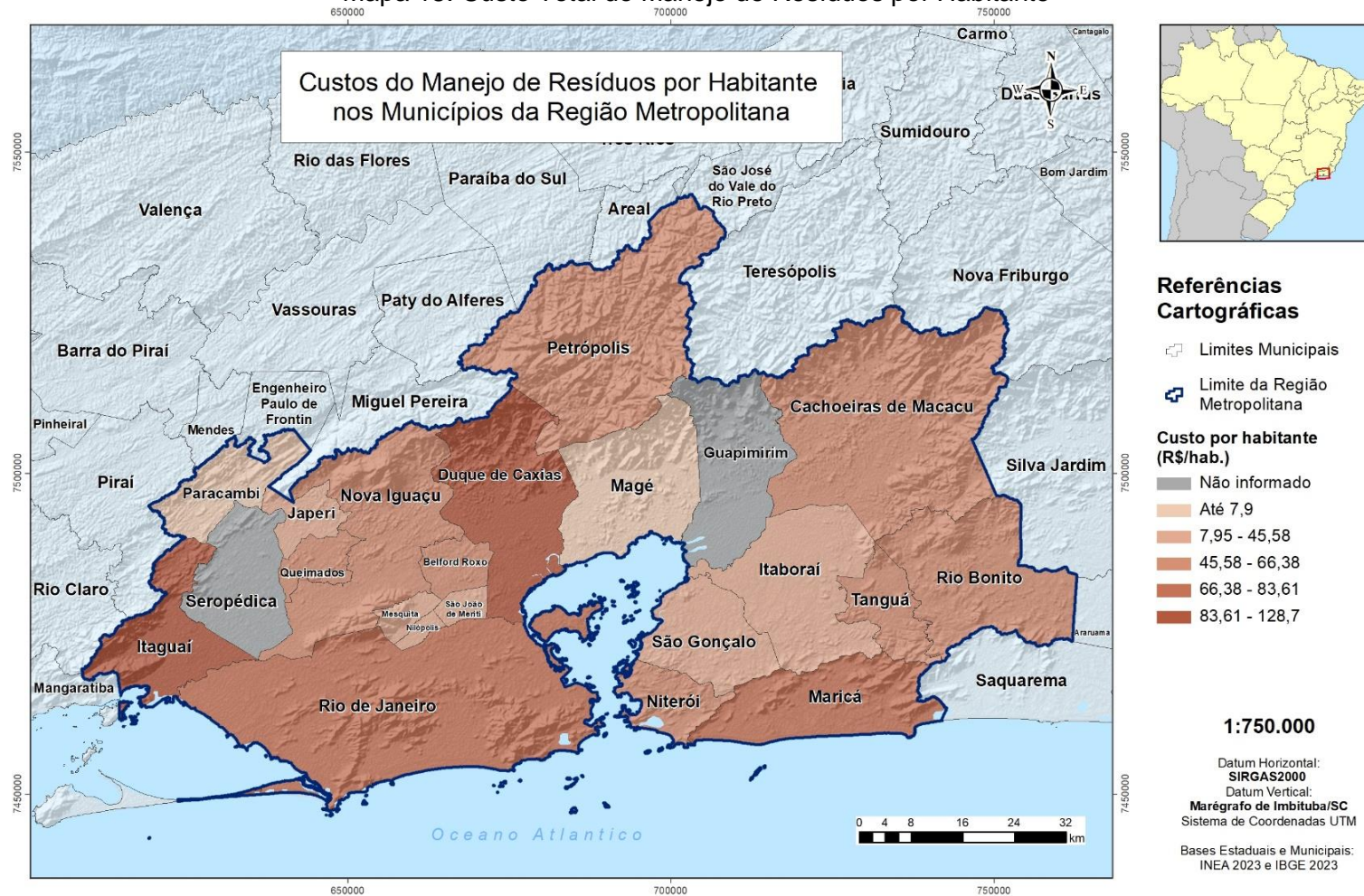
Fonte: ENGECONSULT, 2023

Mapa 17: Despesas com Manejo de Resíduos por Município



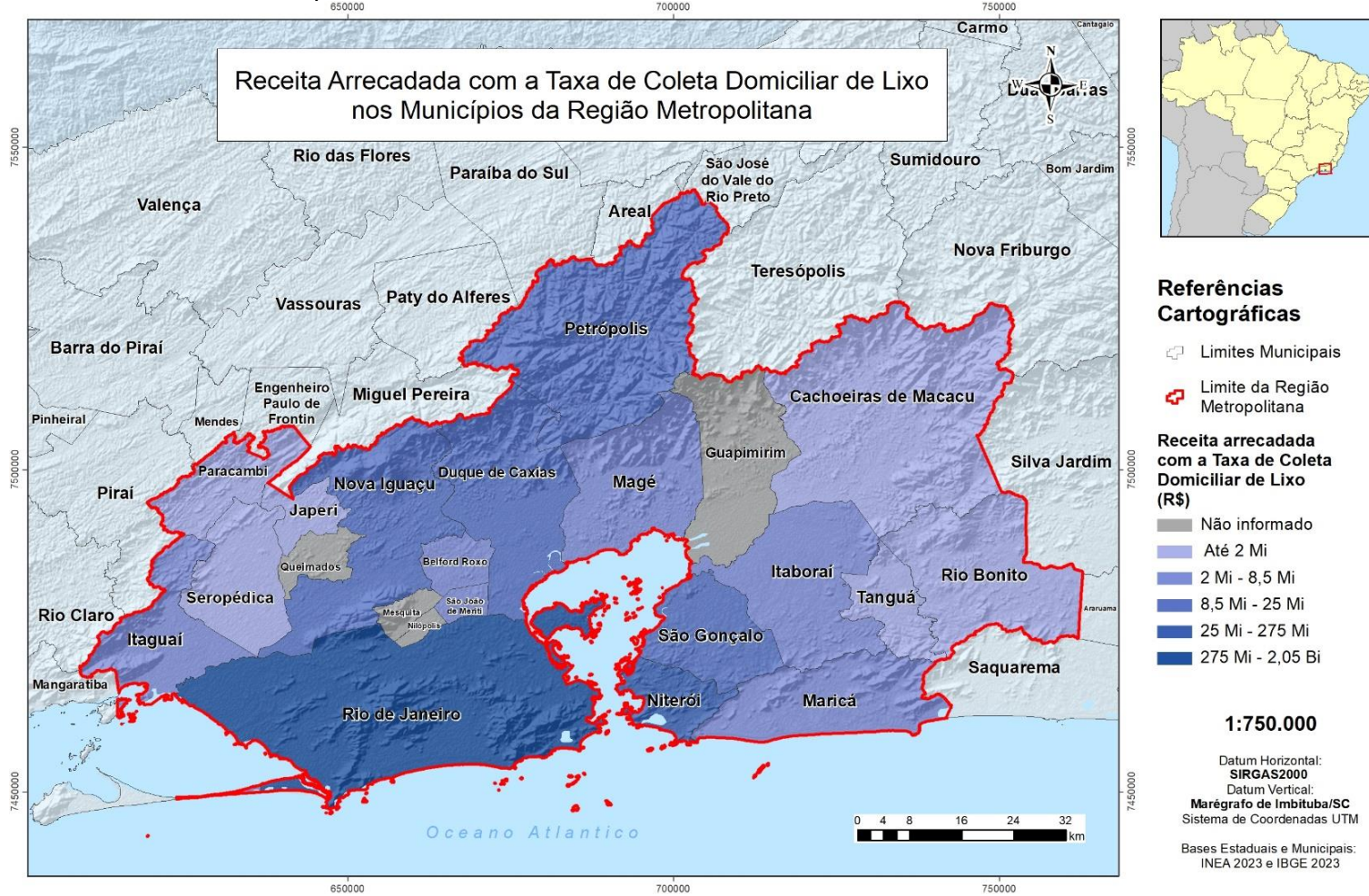
Fonte: ENGECONSULT, 2023

Mapa 18: Custo Total do Manejo de Resíduos por Habitante



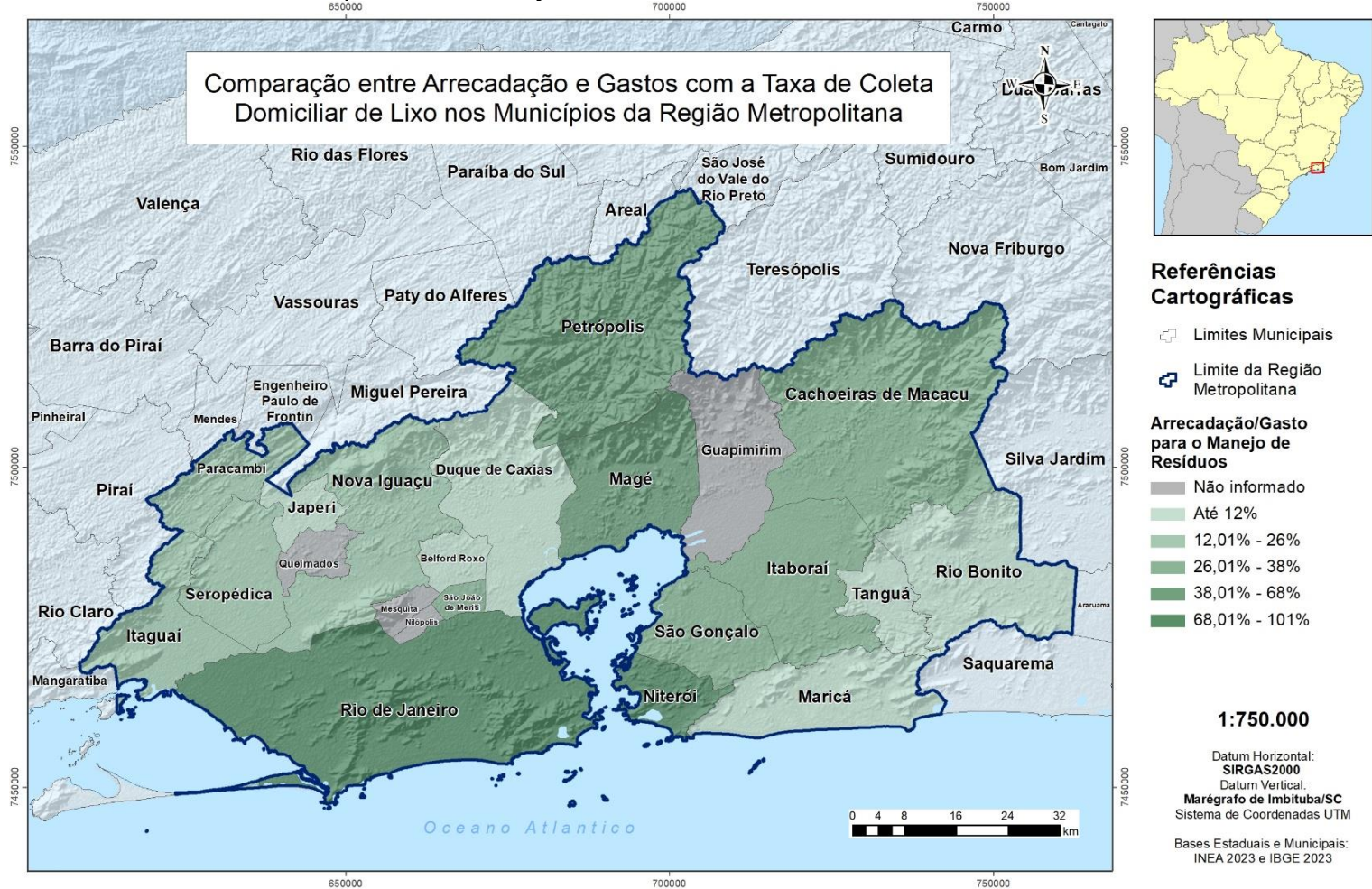
Fonte: ENGECONSULT, 2023

Mapa 19: Receita Arrecadada com a Taxa de Coleta Domiciliar de Lixo



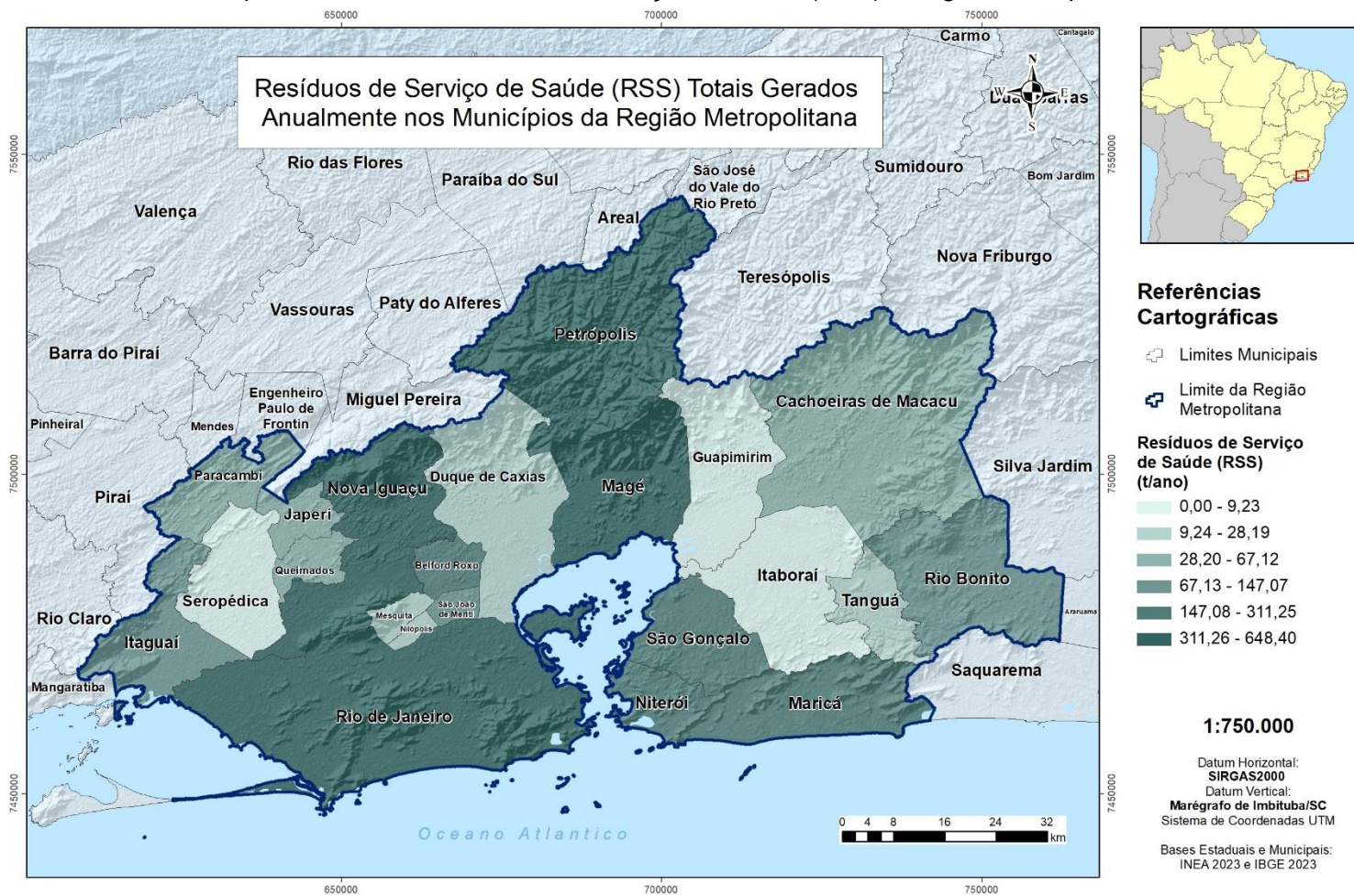
Fonte: ENGECONSULT, 2023

Mapa 20: Arrecadação e Gastos com a Taxa de Coleta Domiciliar



Fonte: ENGECONSULT, 2023

Mapa 21: Total de Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) - Região Metropolitana



Fonte: ENGECONSULT, 2023

10. CONCLUSÕES

A elaboração do Diagnóstico do PMetGIRS foi uma experiência importante. Fundamentada nas informações dos bancos de dados nacionais, bibliografias e especialistas do setor de resíduos sólidos, o Diagnóstico contou com a significativa contribuição de representantes dos municípios, empresas e sociedade que se envolveram no seu processo participativo de elaboração.

O trabalho realizado com a participação de um grande número de agentes e operadores de resíduos sólidos urbanos da RMRJ leva a acreditar que o Diagnóstico pode ser o início de uma cooperação mais ampla, que deve ser buscada para a gestão comum da infraestrutura e de serviços relativos ao RSU no âmbito da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Um primeiro aspecto a ser observado na RMRJ diz respeito à diversidade territorial, socioeconômica e institucional dos municípios da RMRJ.

A densidade habitacional, o Índice de Desenvolvimento Humano, o PIB per capita, a arrecadação municipal, entre outros indicadores demonstram uma desigualdade entre municípios e microrregiões.

Do ponto de vista da análise dos instrumentos legais realizada pelo trabalho, resta destacar a confirmação do Instituto Rio Metrópole como ente legalmente competente para a elaboração, aprovação e fiscalização do PMetGIRS.

Segundo parecer do Diagnóstico, cabe ressaltar que “a regionalização e o compartilhamento das ações relativas aos resíduos sólidos urbanos devem ser levados em conta no presente PMetGIRS visando o atendimento de função pública de interesse comum, respeitando eventuais especificidades operacionais para que a sua implementação se dê de maneira eficiente e eficaz”.

Na mesma direção, é significativo afirmar que a solução de questões de resíduos sólidos, que sejam comuns a mais de um município, possa ocorrer em paralelo com as estruturas de governança metropolitana.

Desse modo, a associação de municípios por meio de consórcios públicos para a gestão integrada de resíduos sólidos apresenta-se como uma medida não somente útil, mas também necessária.

Conforme a conclusão do documento, quando analisa aspectos legais, “é importante que as possibilidades de soma de capacidades e de diminuição de custos com ganhos de escala na gestão e manejo de resíduos sólidos, instituídas pela Lei de Consórcios Públicos, Estatuto da Metrópole e induzidas e incentivadas pela PNRS, sejam amplamente aproveitadas e utilizadas pelos municípios, para que, por meio de uma condução associada, como na Região Metropolitana, possam otimizar sua capacidade de gestão”.

Nesse contexto legal, é pertinente ressaltar o entendimento que afirma que “os municípios exercerão sua plena competência constitucional para o tema, em duas formas:

- (I) no contexto de sua participação no Conselho Deliberativo da RMRJ por meio da emissão de autorização – por intermédio de voto – para a realização de objetivos de interesse em comum;
- (II) por intermédio de consórcio público com outro(s) município(s) integrantes da área metropolitana, para tratar de especificidades interlocais”.

Além das questões legais, o Diagnóstico buscou analisar todos aspectos previstos no Termo de Referência do trabalho, considerando os quatro tipos de resíduos mais comuns no ambiente urbano, quais sejam, o Resíduos Sólido Urbanos (Resíduos Domiciliares e Resíduos Sólidos Públicos), Resíduos de Construção Civil (RCC), Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) e Lodo de Estações de Tratamento de Esgoto.

As informações apuradas são mais significativas quando tratam de RSU, que consiste no maior volume dos resíduos a serem gerenciados. As informações sobre Resíduos da Construção Civil são parciais, e não foram declaradas pela maioria dos municípios.

As informações de resíduos de serviços de saúde são informadas pelos municípios e pelo SNIS, embora com algumas diferenças entre as informações prestadas.

O município do Rio de Janeiro é o único que tem um centro de pesquisa sobre resíduos e uma informação mais detalhada e outros dados que foram extrapolados para outros municípios.

Na análise dos volumes de RSU produzidos, verifica-se que a RMRJ apresenta o inventário total de aproximadamente 15.499 t/dia de RSU, em seus 22 municípios, com 13.191.031 habitantes (IBGE/2021).

A taxa per capita diária de RSU metropolitano apurada foi de 1,28 kg/hab x dia, o que está um pouco acima da média nacional, que é de 0,99 kg/dia por habitante. Note-se a concentração de quase 53% do RSU no município do Rio de Janeiro, que alcança 8.179 toneladas por dia, seguido por Duque de Caxias (1.826 t/dia), Nova Iguaçu e São Gonçalo (cerca de 1.100 t/dia cada).

Os dados também indicam uma grande variação dos resultados de RSU/habitante, que vão de 0,40 t/hab. em Japeri até 1,96 t/hab. em Duque de Caxias, o que demanda um estudo mais apurado.

Na avaliação da composição dos resíduos sólido urbanos, observa-se que seus maiores componentes são o lixo domiciliar (54%) e o lixo público (28%), seguidos em quantidade pelos grandes geradores, somados ao RCC, que montam 13% do total.

No que se refere aos Resíduos Domiciliares, nota-se uma pesada participação da matéria orgânica, que soma 51% dos resíduos domiciliares, que se constituem ainda de 39% de resíduos potencialmente recicláveis, principalmente, plásticos, papel, metal e vidros, conforme apurado por estudo gravimétrico da COMLURB, empresa de resíduos do município do Rio de Janeiro.

Os serviços de coleta domiciliar alcançam mais de 99% de cobertura em 14 municípios da RMRJ, acima da média da Região Sudeste, que que é 95,8% (SNIS, 2021). Os municípios de Rio Bonito (65%), Magé (81%), Tanguá e Cachoeiras de Macacu (86% cada) apresentam os menores índices de coleta domiciliar, o que se deve às suas características territoriais e institucionais, e pode demandar a adoção de políticas públicas de apoio.

A distância de transporte percorrida entre a coleta e o destino final para disposição dos resíduos varia de 70 km em Cachoeiras de Macacu (que transporta resíduos para São Gonçalo), a 8 km em Nova Iguaçu (que dispõe de uma Central de Tratamento de Resíduos no seu território). Pelo que foi apurado inicialmente, municípios como Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito, Tanguá, Itaguaí percorrem distâncias acima de 25 km, considerada uma média que exigiria a implantação de estações de transferência de resíduos para veículos de maior porte, o que pode ser analisado de maneira mais aprofundada.

Segundo informações reunidas, o lodo das estações de tratamento de esgoto (ETE's) é encaminhado para as Centrais de Tratamento de Resíduos. De acordo com os dados gerados através do Sistema de Manifesto de Resíduos do INEA, no período de 01/01/2022 a 31/12/2022, foram dispostos em unidades licenciadas 114.161 toneladas de Lodo das Estações de Tratamento de Esgoto provenientes da Região Metropolitana. Não foram identificadas unidades de compostagem em larga escala de lodo de ETE's na RMRJ.

A disposição final dos RSU ocorre em 4 (quatro) municípios da RMRJ que realizam o tratamento através de Centrais de Tratamento de Resíduos (SNIS, 2021). Petrópolis é o único município que destina seu RSU para uma Central de Tratamento de Resíduos fora da RMRJ e Magé é o único que destina resíduos para um vazadouro em remediação localizado no próprio município.

As Centrais de Tratamento de Resíduos CTR's, são as principais destinações dos resíduos sólidos na RMRJ. Duas empresas processam o maior volume de RSU, a Ciclus com capacidade de processar até 10.000 t/dia de RSU e a Orizon que pode receber até 7.000 t/dia em suas duas unidades.

A Orizon mantém a CTR de Nova Iguaçu, com capacidade de processar até 4.500 t/dia, e a CTR de São Gonçalo, que opera até 2.500 t/dia. Ambas se constituem de grandes aterros sanitários, com uma vida útil prevista para cerca de 12 anos, o que já indica a necessidade de estudar alternativas. As CTR's da Orizon tratam o chorume do aterro e apenas Nova Iguaçu produz energia elétrica a partir do biogás, na razão de 10 MW/h.

A CTR de Seropédica, controlada pela empresa Ciclus, recebe diariamente até 10 mil toneladas de resíduos sólidos e capta 450.000 metros cúbicos de gás metano/dia que é utilizado como biocombustível para veículos e indústrias. A CTR drena e trata o chorume do aterro sanitário em estação especial. A empresa possui licença prévia para instalação de uma geradora de energia elétrica junto à ETR do Caju, já que esta unidade é a mais distante da CTR e concentra o maior volume de resíduos a ser transportado para o aterro sanitário.

A CTR de Paracambi tem uma vida útil prevista de 15 anos, para tratar cerca de 5 milhões toneladas de RSU, processando uma média diária de 300 toneladas RSU/dia.

A CTR de Três Rios, controlada pela empresa União Norte Fluminense, estabelecida em 2017, tem uma vida útil de 10 anos. A instalação foi projetada para tratar aproximadamente 888 mil toneladas de RSU e processa atualmente uma média diária de 260 toneladas. Atende diversos municípios, incluindo Petrópolis (único município da RMRJ).

Na leitura conjunta das CTR's que atendem a RMRJ é possível observar:

- a) ocorre uma concentração do processamento em duas grandes empresas;
- b) somente observado um arranjo coletivo de municípios contribuintes para uma CTR no caso do consórcio Centro Sul I, em Paracambi;
- c) as CTR's de Nova Iguaçu e São Gonçalo tem uma vida útil para cerca de 12 anos, o que exige um planejamento futuro e perspectivas de novos investimentos a médio prazo;

- d) os resíduos de municípios da periferia, como Cachoeiras de Macacu, Tanguá e Petrópolis percorrem grandes distâncias até a disposição final e podem ter soluções alternativas avaliadas;
- e) não ocorre aproveitamento energético nas CTR's de São Gonçalo, Paracambi e Três Rios;
- f) não ocorre compostagem de lodo de esgoto sanitário e resíduos orgânicos.

Outra forma importante de destinação dos resíduos sólidos urbanos, é a reciclagem de componentes secos como plástico, papel, embalagens e metais. A valorização do RSU metropolitano indica a possibilidade de reciclar 6.552 t/dia, o potencial para reaproveitar 8.595 t/dia de matéria orgânica e 1.779 t/dia de material inerte.

A reciclagem de RSU na RMRJ, como em outras regiões, ocorre de maneira limitada, sendo realizada principalmente por meio de catadores autônomos e informais, contando com um grande número de organizações e cooperativas. O processo é controlado por atravessadores e empresas que realizam o beneficiamento para aproveitamento industrial.

A coleta seletiva realizada pelos municípios é limitada a cerca de 1% do volume de resíduos e as políticas públicas para o setor, como o ICMS Ecológico, tiveram pouco impacto neste montante. As políticas públicas que visam ampliar a reciclagem de resíduos por meio de coleta seletiva não parecem alcançar resultados mais relevantes.

No entanto, a reciclagem ocorre de maneira expressiva por meio de catadores informais. São reclamadas políticas de educação ambiental para a população de uma maneira em geral e políticas públicas para organizar a coleta e a valorização dos catadores.

A utilização de tecnologias em escala industrial para a reciclagem de resíduos não aparece no diagnóstico nas CTR's do Rio de Janeiro, embora estejam disponibilizadas em outras regiões.

A empresa Orizon informa que opera duas Unidades de Triagem Mecanizadas (UTM's), localizadas em Paulínia e Jaboatão dos Guararapes, que separam os produtos recicláveis do lixo orgânico através de tecnologia com padrão internacional.

A mesma empresa também promove o processamento de resíduos provenientes do processo produtivo das grandes indústrias onde gera Combustível Derivado de Resíduo (CDR). A adoção de políticas de reciclagem deve contribuir para reforçar a implantação de uma economia circular.

A logística reversa, que exige do setor privado a adoção de mecanismos que viabilizem a coleta de resíduos sólidos de seus produtos, após o consumo dos mesmos, restituindo-os para a reciclagem ou reaproveitamento em seu ciclo produtivo, encaminhando-os para um local apropriado, parece funcionar razoavelmente bem no estado, embora necessitem de alguns ajustes.

Pelo que foi apurado, o Decreto Estadual nº 48.354/2023 possibilita que titulares de serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, por meio do Conselho Deliberativo da Região Metropolitana do Rio de Janeiro ou consórcio público integrado pelo Estado do Rio de Janeiro, figurem como partícipes dos acordos setoriais e termos de compromisso estaduais sobre logística reversa.

Em termos de Resíduos da Construção Civil, nota-se uma variação significativa no gerenciamento pelos órgãos responsáveis. Alguns municípios como Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Belford Roxo, Nilópolis e Nova Iguaçu dispõem de sistema de atendimento para remoção de entulho, mas não conseguem manejar adequadamente o volume total de RCC. No Município de Duque de Caxias existe uma Área de Triagem e Transbordo licenciada pelo INEA, operada pela Associação de Catadores e ex-Catadores de Jardim Gramacho (ACEX).

Outros municípios não forneceram informações suficientes para uma avaliação adequada, sugerindo uma possível lacuna na gestão de RCC. A reciclagem de RCC não foi apontada como uma solução praticada na RMRJ e o manuseio de RCC é um desafio a ser enfrentado.

Os Resíduos de Serviços de Saúde, gerados por atividades de saúde, como em hospitais, clínicas e laboratórios, estimados para a Região Metropolitana em cerca de 101 t/ano (segundo o PERS, 2013), são encaminhados a empresas especializadas para o seu devido tratamento, como a Servioeste, localizada em Queimados. Após o tratamento, estes resíduos, com sua condição de manuseio assegurada, são destinados aos aterros sanitários atuais para a disposição final adequada.

As informações sobre RSS não aparecem suficientemente organizadas e disponibilizadas pelos municípios nos levantamentos organizados por este trabalho de Diagnóstico. O tema pode vir a ser aprofundado com as informações sistematizadas, contando com apoio dos municípios e operadores dos materiais.

Ao tratar de passivos ambientais, o Diagnóstico indica que o assunto vem sendo tratado pela Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) há vários anos. O Programa Lixão Zero, em 2012 indicava a existência de vazadouros (lixões), em quase todos os municípios. O Programa PSAM, também do Governo do Estado, apresenta uma lista com fotos de 20 vazadouros irregulares. A informação da SEAS em 2021 dá conta da existência de 13 lixões fechados, 4 em remediação e 3 remediados. Em 2021, o estado do Rio de Janeiro lançou o Remedia RJ, programa que visa minimizar os impactos dos vazadouros encerrados na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

A utilização do gás proveniente de aterros sanitários da RMRJ é realizada pelas operadoras das CTR, especialmente a Ciclus e a Orizon. Contudo, pelo que foi apurado, os aterros de São Gonçalo, Paracambi e Três Rios não realizam o aproveitamento do gás dos aterros, o que poderia gerar energia e auxiliar no custeio das operações dos serviços.

Além disso, a utilização do gás dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) está diretamente associada à redução de Gases de Efeito Estufa (GEE), e às mudanças climáticas. A iniciativa possibilita receber créditos de carbono, pelo volume de GEE que conseguiu evitar emitir, e esses créditos podem ser vendidos no mercado de carbono para empresas e governos o que pode ajudar a financiar os projetos de recuperação de gás.

Quanto à geração de energia elétrica, é importante ressaltar que existe uma tendência global de se gerar energia a partir de resíduos sólidos por meio das tecnologias denominadas de Waste-to-Energy (WtE).

Na RMRJ, atualmente, utiliza-se o gás do aterro sanitário para geração de energia elétrica apenas na CTR de Nova Iguaçu, embora também seja utilizado o biogás gerado no aterro sanitário de Seropédica, para uso industrial e comercial.

Adicionalmente, há possibilidade da instalação de conversor de resíduo em energia elétrica junto à Estação de Transferência de Resíduos do Caju, no Rio de Janeiro, onde é grande o volume manuseado, evitando o transporte até a CTR de Seropédica.

Outras tecnologias apresentadas no Diagnóstico já utilizadas no mundo, como incineração, pirólise e tocha de plasma, podem vir a ser utilizadas dependendo da sua viabilidade econômica, o que depende de maior detalhamento a ser desenvolvido nas fases de estudo de cenários e viabilidade.

Dentro de uma perspectiva a longo prazo, o Plano Nacional de Energia 2030 – PNE 2030 (EPE, 2007) considera a possibilidade de instalação de até 1.300 MW nos próximos 25 anos em termelétricas utilizando RSU, sendo assim, são esperados avanços importantes no aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos.

Com base no inventário de RSU, que soma 15.499 t/dia, verifica-se um volume que encerra a energia de 81.402 MWh por mês, suficiente para abastecer 452.591 residências com quatro habitantes.

O Inventário Metropolitano de Resíduos Sólidos (IMRS) apresentado no Diagnóstico oferece informações básicas sobre os resíduos sólidos urbanos disponíveis nos sistemas de informações nacionais do setor e em levantamentos realizados junto às políticas públicas estaduais e gestores municipais.

O IMRS mostrou um diferencial ao possibilitar uma leitura metropolitana do tema, expressa em cartografias com indicadores. O IMRS possibilita o acesso a informações que podem auxiliar o gestor público e privado.

Em relação a custos foram informados ao longo deste Diagnóstico todos os valores apurados para implantação de infraestrutura (CAPEX) e operação dos serviços (OPEX) de todas as etapas relacionadas aos resíduos sólidos urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Por exemplo, a Orizon informou que o custo para implantação de novas células no aterro sanitário é de R\$ 35,00 por m² e que o custo de operação é R\$ 42,00 por tonelada de resíduo. Em outro exemplo, a Prefeitura de São Gonçalo, em edital de concorrência, estabeleceu o preço de R\$ 205,00 como valor de referência para a coleta e o transporte de resíduos sólidos urbanos. No seu conjunto, os valores de custos apurados deverão subsidiar as análises de viabilidade econômica a serem elaboradas em uma próxima etapa do trabalho.

Ressalta-se o elevado volume de recursos que circula no setor, alcançando cerca de R\$ 2,7 bilhões em 2021 (SNIS, excluindo o valor do município de Guapimirim, que não foi declarado). Com base na apropriação de custos organizada pela COMLURB (município do Rio de Janeiro), pode-se observar o custo de atividades com características passíveis de serem notadas como de interesse comum, por agregarem mais de um município. Neste campo, observa-se que o custo de logística de RSU (referente a transporte) chega a 11,23% do total, enquanto o custo de disposição final, soma 7,54%.

Do ponto de vista da sustentação financeira dos custos dos serviços, observa-se que a Taxa de Coleta Domiciliar de Lixo – TCL é cobrada em vinte dos vinte e dois municípios através do Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU, e apenas Queimados e Nilópolis não realizam esta cobrança.




Quando analisada a relação entre a arrecadação municipal e as despesas com os serviços de resíduos sólidos urbanos, nota-se que apenas os municípios do Rio de Janeiro e de Niterói, justamente os municípios com maior PIB per capita, conseguem cobrir 100% das despesas. Pelas informações apuradas, em municípios como Magé, Rio Bonito, Japeri, Duque de Caxias, a arrecadação com taxas de lixo soma valores abaixo de 20% dos custos. Nota-se também que os municípios adotam diferentes metodologias para definir o valor da taxa de lixo. No conjunto, a baixa arrecadação dos municípios compromete a sustentabilidade dos serviços e exige recursos de outras fontes.

Ainda do ponto de vista institucional, o Diagnóstico revela que apenas os municípios relacionados à Central de Resíduos de Paracambi se reúnem na forma de um consórcio público. As demais CTR's, pelo que foi apurado, mantêm concessão e contratos individuais com cada município atendido. Nota-se, com base na análise dos aspectos legais, a possibilidade de se organizar consórcios públicos dos municípios contribuintes para uma mesma central de resíduos, iniciativa que é preconizada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos e se encontra no hall de atividades da governança metropolitana.

De uma maneira geral, este Diagnóstico buscou reunir o mais amplo conjunto possível de informações, atendendo ao Termo de Referência para contratação de serviços de consultoria, bem como apontar um hall de questões que oferece uma primeira radiografia sobre Resíduos Sólidos Urbanos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro – RMRJ, de maneira a contribuir para a formulação das próximas etapas do PMetGIRS, que ainda poderão complementar dados que porventura sejam necessários à realização das próximas etapas.

11. ANEXOS

11.1. QUESTIONÁRIO ENGECONSULT DE RSU

  			
Mapeamento da Gestão Municipal de Resíduos Sólidos			
Nome da Cidade			
Área Urbana Total (Km ²)			
Área Urbana Coberta Pela Coleta de RSU (Km ²)			
Estimativa da Quantidade de Pessoas que Recebem a Coleta de RSU			
Responsável pela Gestão do Contrato de Coleta			
Responsáveis pelo Preenchimento	Nome e Título:	Email:	
	Nome e Título:	Email:	
	Nome e Título:	Email:	
Data do Preenchimento			
Empresa Responsável Pela Coleta			
Nome do Gestor da Empresa Responsável			
Quantidade em Massa de Resíduos Sólidos Urbanos Coletados (Ton/ Mês)			
Quantidade de Caminhões Utilizados na Coleta			
Quilometragem Média Percorrida/ dia			
Distância Média entre a Coleta e a Disposição Final (km)			
Quantidade em Massa de Resíduos de Construção Civil Coletados (Ton/ Mês)			
Quantidade em Massa de Resíduos de Serviço de Saúde Coletados (Ton/ Mês)			
Serviço de Coleta Seletiva	Papel e Papelão	<input type="checkbox"/>	Quantidade:
	Plástico	<input type="checkbox"/>	Quantidade:
	Vidro	<input type="checkbox"/>	Quantidade:
	Metas	<input type="checkbox"/>	Quantidade:
	Elétrônicos	<input type="checkbox"/>	Quantidade:
	Pneus	<input type="checkbox"/>	Quantidade:
Total Reciclado da Coleta Seletiva (se não descrever a quantidade)		Quantidade (%)	Massa (ton):
Qual o Custo Mensal do Estoque de Recicláveis?			
Destinação de RSU?		Quantidade (ton)	Custo/Mensal (R\$)
	Aterro Sanitário		
	Aterro Controlado		
	Compostagem		
	Central de Tratamento		
	Digestão Anaeróbica		
	Inclinação		
	Útilio		
	Reciclagem		
	Recuperação Energética		
Enviado para qual aterro sanitário?			
Qual empresa que opera o RSU no município?			
Possui estação de transferência?		Endereço:	
Fazem parte do Processo de Tratamento	Comentar (se disponível incluir percentuais)		
	Tratamento de fração seca;		
	Tratamento de fração úmida;		
	Disposição final em aterros sanitários;		
	Tratamento de lixiviados em aterros sanitários;		
	Tratamento de biogás em aterros sanitários;		
	Tratamento de odores;		
	Resíduos em estações de transferência;		
	Aprovisionamento energético de resíduos incluindo as de saneamento básico (joco)		
Foram Desenvolvidas Programas de Educação da População Para:	Não Geração	Nome/ Data do Programa:	
	Redução da Geração	Nome/ Data do Programa:	
	Reutilização dos Materiais	Nome/ Data do Programa:	
	Importância da Reciclagem	Nome/ Data do Programa:	
Foram Identificadas, no município, áreas degradadas/contaminadas por resíduos sólidos urbanos? Onde?		Localização:	

11.2. QUESTIONÁRIO ENGECONSULT DE ATIVIDADES



ATIVIDADE 1 DO WORKSHOP

Questionário de Desafios, Deficiências, Carências e Iniciativas Sobre Gestão de Resíduos Sólidos no Município

Desafios na Gestão dos Resíduos Sólidos

1	
2	
3	
4	
5	

Deficiências na Gestão dos Resíduos Sólidos

1	
2	
3	
4	
5	

Carências na Gestão dos Resíduos Sólidos

1	
2	
3	
4	
5	

Iniciativas na Gestão dos Resíduos Sólidos

1	
2	
3	
4	
5	

11.3. QUESTIONÁRIO ENGECONSULT DE EFEITO ESTUFA

ATIVIDADE 2 DO WORKSHOP

Questionário de RSU e Emissão de Gases do Efeito Estufa

Município:

Nº	Pergunta	Resposta	Observações
	No município existe(m)...		
1	Transporte rodoviário?		Transporte de pessoas.
2	Consumo de energia por indústrias de manufatura?		Uso de energia elétrica em indústrias de manufatura (Transformação de matéria-prima em produtos).
3	Aterro sanitário?		Presença de aterros sanitários ou lixões (oficiais ou clandestinos) no município.
4	Aeroporto?		Transporte aéreo em escala.
5	Produção de ferro e aço?		Usina siderúrgica no município.
6	Consumo de energia residencial?		Consumo de energia pelos municípios.
7	Consumo de energia comercial e institucional?		Consumo de energia pelo comércio e órgãos institucionais.
8	Esgotos e efluentes?		Esgoto tratado e/ou gerados no município.
9	Perdas de energia elétrica?		Perda de energia por equipamentos com deficiências energéticas dos equipamentos (Ex IMETRO : Selo de eficiência energética - Classificações de A a G).
10	Emissões fugitivas de óleo e gás?		Oriundo da Indústria de Petróleo (Evaporações Fugitivas de Grandes Tanques de inflamáveis para a atmosfera) - "Óleo e Gás" - que pode gerar CO2 ou Metano
11	Transporte aquaviário?		Presença de transporte aquaviário no município.
12	Produção de vidro?		Presença de fábricas de vidro no município.
13	Transporte ferroviário?		Transporte ferroviário de cargas ou pessoas.
14	Uso de óxido nitroso?		Oriundo na agricultura devido ao aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo pela aplicação de fertilizantes e decomposição de matéria orgânica-Considerar agricultura Familiar /agronegócios.
15	Mudança de uso do solo?		Associado à prática de alternância de culturas de plantas no solo.
16	Uso de lubrificantes e parafinas?		Uso de óleos lubrificantes e parafinas em geral - geram GEE.
17	Refinarias ou usinas termoeletricas?		Presença de refinarias ou usinas termoeletricas no município.
18	Fermentação entérica?		Processo digestivo natural que ocorre em animais ruminantes, como gado, ovelhas e cabras (presença de criação de gado).
19	Emissões de N2O no manejo de solos?		Ligado ao uso de fertilizantes na agricultura - Facilitados pela ação antrópica devido a adição de fertilizantes nitrogenados em cultivos agrícolas.
20	Manejo de dejetos?		Resíduos oriundos de Podas/Jardinagem disponibilizados em Aterros Sanitários.
21	Calagem?		Relaciona-se com a adição de Calcário no solo para correção de PH (óxido de Cálcio em contato com o solo libera CO2 para atmosfera) - Ligado a atividade agrícola.
22	Consumo de energia na agropecuária?		Consumo de energia principalmente com irrigação.
23	Emissões diretas de N2O no manejo dos solos?		Emissão de N2O no manejo direto do solo.
24	Compostagem?		Transformação da matéria orgânica encontrada no lixo em adubo natural.
25	Incineração de resíduos?		Metano nos Aterros Sanitários: Queima do metano para geração de CO2 ou Captação para conversão em Energia.
26	Emissões indiretas de N2O no manejo dos solos?		Resíduos oriundos de Podas/Jardinagem disponibilizados em Aterros Sanitários "captura de CO2".
27	Aplicação de ureia?		Uso de fertilizante (uréia) -Associado as atividades agropecuárias locais - "captura de CO2".
28	Arborização urbana?		Áreas urbanas arborizadas - "captura de CO2".
29	Reflorestamento?		Áreas reflorestadas no município / Plano de reflorestamento - "captura de CO2".

11.4. COMPILAÇÃO DE NORMAS E RESOLUÇÕES VIGENTES, DE ACORDO COM CADA TIPO DE RESÍDUO

11.4.1. RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES (SECOS, ÚMIDOS E INDIFERENCIADOS)

ABNT NBR 8849/1985. Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos – Procedimento.

ABNT NBR 1298/1993. Líquidos livres - Verificação em amostra de resíduos - Método de ensaio.

ABNT NBR 13463/1995. Coleta de resíduos sólidos.

ABNT NBR 13591/1996. Compostagem – Terminologia.

ABNT NBR 13896/1997. Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.

ABNT NBR 14283/1999. Resíduos em solos - Determinação da biodegradação pelo método respirométrico.

ABNT NBR 13999/2003. Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira - Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525°C.

ABNT NBR 14599/2003. Requisitos de segurança para coletores compactadores de carregamento traseiro e lateral.

ABNT NBR 10005/2004. Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólido.

ABNT NBR 10006/2004. Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.

ABNT NBR 10007/2004. Amostragem de resíduos sólidos.

ABNT NBR 13334/2007. Contentor metálico de 0,80 m³, 1,2 m³ e 1,6 m³ para coleta de resíduos sólidos por coletores-compactadores de carregamento traseiro – Requisitos.

ABNT NBR 13221/2010. Transporte terrestre de resíduos.

ABNT NBR 15849/2010. Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.

Resolução CONAMA nº 275/2001. Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva

Resolução CONAMA nº 316/2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Alterada pela resolução nº 386, de 2006.

Resolução CONAMA nº 378/2006. Define os empreendimentos potencialmente causadores de impacto ambiental nacional ou regional para fins do disposto no inciso III, § 1º, art. 19 da Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, e dá outras providências.

Resolução CONAMA nº 386 /2006. Altera o art. 18 da Resolução CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002 que versa sobre tratamento térmico de resíduos.

Resolução CONAMA nº 404/2008. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.

Resolução CONAMA nº 420/2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

11.4.2. RESÍDUOS DE LIMPEZA CORRETIVA

ABNT NBR 1298/1993. Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos - Terminologia.

ABNT NBR 13463/1995. Coleta de resíduos sólidos.

11.4.3. RESÍDUOS VERDES

ABNT NBR 13999/2003. Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira - Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525°C.

11.4.4. RESÍDUOS VOLUMOSOS

ABNT NBR 13896/1997. Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.

ABNT NBR 10004/2004. Resíduos sólidos – Classificação.

ABNT NBR 15112/2004. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.

11.4.5. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

ABNT NBR 15112/2004. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.

ABNT NBR 15113/2004. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação.

ABNT NBR 15114/2004. Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.

ABNT NBR 15115/2004. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.

ABNT NBR 15116/2004. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

ABNT NBR 13221/2010. Transporte terrestre de resíduos.

Resolução CONAMA nº 307/2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Alterada pelas Resoluções 348, de 2004, e nº 431, de 2011.

Resolução CONAMA nº 348/2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.

Resolução CONAMA nº 431/2011. Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso.

11.4.6. RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE

ABNT NBR 8418/1984. Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos- Procedimento.

ABNT NBR 12807/1993. Resíduos de serviços de saúde – Terminologia.

ABNT NBR 12808/1993. Resíduos de serviço de saúde – Classificação.

ABNT NBR 12810/1993. Coleta de resíduos de serviços de saúde – Procedimento.

ABNT NBR 14652/2001. Coletor-transportador rodoviário de resíduos de serviços de saúde - Requisitos de construção e inspeção - Resíduos do grupo A.

ABNT NBR 15051/2004. Laboratórios clínicos - Gerenciamento de resíduos.

ABNT NBR 13221/2010. Transporte terrestre de resíduos.

Resolução CONAMA nº 006/1991. Dispõe sobre a incineração de resíduos sólidos provenientes de estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos.

Resolução CONAMA nº 316/2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Alterada pela Resolução nº 386, de 2006.

Resolução ANVISA nº 306/2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.

Resolução CONAMA nº 358/2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.

Resolução CONAMA nº 222/2018. Dispõe sobre os requisitos de Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde.

11.4.7. RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

ABNT NBR 8418/1984. Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos - Procedimento.

ABNT NBR 10157/1987. Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação – Procedimento.

ABNT NBR 11175/1990. Incineração de resíduos sólidos perigosos - Padrões de desempenho – Procedimento.

Resolução CONAMA nº 228/1997. Dispõe sobre a importação de desperdícios e resíduos de acumuladores elétricos de chumbo.

Resolução CONAMA nº 401/2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Alterada pela Resolução nº 424, de 2010.

Resolução CONAMA nº 420/2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Resolução CONAMA nº 452/2012. *Dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito.*

11.4.8. RESÍDUOS DE PILHAS E BATERIAS

ABNT NBR 8418/1984. Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos - Procedimento.

ABNT NBR 10157/1987. Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação – Procedimento.

ABNT NBR 11175/1990. Incineração de resíduos sólidos perigosos - Padrões de desempenho – Procedimento.

Resolução CONAMA Nº 228/1997. Dispõe sobre a importação de desperdícios e resíduos de acumuladores elétricos de chumbo.

Resolução CONAMA nº 401/2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Alterada pela Resolução nº 424, de 2010.

Resolução CONAMA nº 420/2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Resolução CONAMA nº 452/2012. *Dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito.*

11.4.9. RESÍDUOS DE LÂMPADAS FLUORESCENTES

ABNT NBR 8418/1984. Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos- Procedimento.

ABNT NBR 10157/1987. Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação – Procedimento.

Resolução CONAMA nº 420/2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

11.4.10. RESÍDUOS DE PNEUMÁTICOS

ABNT NBR 8418/1984. Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos- Procedimento.

ABNT NBR 10157/1987. Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação – Procedimento.

ABNT NBR 12235/1992. Armazenamento de resíduos sólidos perigosos – Procedimento.

Resolução CONAMA nº 416/2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências.

Resolução CONAMA nº 420/2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Resolução CONAMA nº 452/2012. *Dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito.*

11.4.11. RESÍDUOS SÓLIDOS CEMITERIAIS

Resolução CONAMA nº 368/2006. Altera dispositivos da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios". Alterada pela Resolução nº 402, de 2008.

11.4.12. RESÍDUOS DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE SANEAMENTO

ABNT NBR 7166/1992. Conexão internacional de descarga de resíduos sanitários - Formato e dimensões.

ABNT NBR 13221/2010. Transporte terrestre de resíduos.

Resolução CONAMA nº 005/1988. Dispõe sobre o licenciamento de obras de saneamento básico.

Resolução CONAMA nº 005/1993. Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. Alterada pela Resolução nº 358, de 2005.

Resolução CONAMA nº 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011.

Resolução CONAMA nº 375/2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Retificada pela Resolução nº 380, de 2006.

Resolução CONAMA nº 380/2006. Retifica a Resolução CONAMA Nº 375/2006 - Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em

estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.

Resolução CONAMA nº 410/2009. Prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no art. 44 da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, e no Art. 3º da Resolução nº 397, de 3 de abril de 2008.

Resolução CONAMA nº 420/2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Resolução CONAMA nº 430/2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

11.4.13. RESÍDUOS DE DRENAGEM

ABNT NBR 7166/1992. Conexão internacional de descarga de resíduos sanitários - Formato e dimensões.

ABNT NBR 13221/2010. Transporte terrestre de resíduos.

Resolução CONAMA nº 005/1993. Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. Alterada pela Resolução nº 358, de 2005.

Resolução CONAMA nº 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011.

Resolução CONAMA nº 375/2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Retificada pela Resolução nº 380, de 2006.

Resolução CONAMA nº 380/2006. Retifica a Resolução CONAMA Nº 375/2006 - Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.

Resolução CONAMA nº 410/2009. Prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no art. 44 da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, e no Art. 3º da Resolução nº 397, de 3 de abril de 2008.

Resolução CONAMA nº 420/2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Resolução CONAMA nº 430/2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes; complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

11.4.14. RESÍDUOS INDUSTRIAIS

ABNT NBR 8418/1984. Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos - Procedimento.

ABNT NBR 8911/1985. Solventes - Determinação de material não volátil - Método de ensaio.

ABNT NBR 11175/1990. Incineração de resíduos sólidos perigosos - Padrões de desempenho – Procedimento.

ABNT NBR 12235/1992. Armazenamento de resíduos sólidos perigosos – Procedimento.

ABNT NBR 14283/1999. Resíduos em solos - Determinação da biodegradação pelo método respirométrico.

ABNT NBR ISO 14952-3/2006. Sistemas espaciais - Limpeza de superfície de sistemas de fluido. Parte 3: Procedimentos analíticos para a determinação de resíduos não voláteis e contaminação de partícula.

Resolução CONAMA nº 228/1997. Dispõe sobre a importação de desperdícios e resíduos de acumuladores elétricos de chumbo.

Resolução CONAMA nº 362 /2005. Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado.

Resolução CONAMA nº 401/2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Alterada pela Resolução nº 424, de 2010.

Resolução CONAMA nº 420/2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Resolução CONAMA nº 452/2012. *Dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basiléia*

sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito.

11.4.15. RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE TRANSPORTE

Resolução CONAMA nº 005/1993. Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. Alterada pela Resolução nº 358, de 2005.

11.4.16. RESÍDUOS AGROSSILVOPASTORIS

Resolução CONAMA nº 334/2003. Dispõe sobre os procedimentos de licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos.

11.5. COMPARATIVO DE CONTEÚDOS DO TERMO DE REFERÊNCIA X ÍNDICE GERAL DO DIAGNÓSTICO DE RSU DA RMRJ

COMPARATIVO DE CONTEÚDOS DO TERMO DE REFERÊNCIA X ÍNDICE GERAL DO DIAGNÓSTICO DE RSU DA RMRJ		
CONTEÚDO TERMO DE REFERÊNCIA	CONTEÚDO TR X ÍNDICE DO DIAGNOSTICO	ÍNDICE GERAL DIAGNÓSTICO RSU
Aspectos Gerais da RMRJ		1 - APRESENTAÇÃO
Descritivo da RMRJ	3.1 Apresentação da RMRJ	
Aspectos geográficos e urbanos	3.2 Aspectos geográficos e 3.3. urbanos	2 - METODOLOGIA
Aspectos demográficos e socioeconômicos	3.3 Aspectos demográficos e 3.4 - socioeconômicos	2.1 Metodologia elaboração do trabalho
Aspectos de saneamento básico	3.5 Aspectos ambientais e de saneamento	2.2 Pesquisa e participação dos municípios - complementar
Preservação ambiental	3.5 Aspectos ambientais e de saneamento	2.3 Os resíduos sólidos e os ODS - resumir
Estrutura institucional	3.6 Aspectos institucionais e de planejamento	2.4 Fontes de informação e bibliografia - complementar
Instrumentos de planejamento	3.6 Aspectos institucionais e de planejamento	
Investimentos previsto	3.7 Aspectos institucionais e de planejamento	3 - ASPECTOS GERAIS DA RMRJ
		3.1 Apresentação da RMRJ
Diagnóstico de Resíduos Sólidos		3.2 Aspectos geográficos e territoriais
Dados gerais	5.1 Caracterização dos tipos de resíduos sólidos	3.3 Aspectos demográficos e urbanos
Caracterização de resíduos	5.1 Caracterização dos tipos de resíduos sólidos	3.4 Aspectos econômicos e sociais
Geração, coleta e transporte	5.2 Resíduos Sólido Urbanos - RSU	3.5 Aspectos ambientais e de saneamento
Destinação e disposição final	5.2 Resíduos Sólido Urbanos - RSU	3.6 Aspectos institucionais, de planejamento
RSU	5.2 Resíduos Sólido Urbanos - RSU	3.7 Perspectiva geral de investimentos
RCC	5.3 Resíduos Sólidos da Construção Civil RCC	
Custos diretos e indiretos	5.6 Estimativa de custos e recursos financeiros e tarifas	4 - ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS
Tarifas públicas	5.6 Estimativa de custos e recursos financeiros e tarifas	4.1 Previsão constitucional da gestão de RSU
Destinação do lodo das ETES	5.5 Lodo das Estações de Tratamento de Esgoto	4.2 O tema no plano infraconstitucional

Reciclagem (logística, agentes)	6.2 Reciclagem de resíduos sólidos urbanos	4.3 Aspectos legais da Região Metropolitana aplicáveis ao RSU
Demandas, indicadores, metas	5.1 Caracterização dos tipos de resíduos sólidos	4.4 Viabilidade legal da gestão integrada
Lixões e depósitos irregulares de RCC	7.2 Depósitos irregulares de RSU	4.5 Os consórcios públicos e as regiões metropolitanas
Destinação de resíduos hospitalares	6.5 Usinas de Reciclagem de RCC e destinação de RSS	
Recuperação de depósitos irregulares	7.3 Ações de remediação de depósitos irregulares	5 - DIAGNÓSTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
Logística reversa	6.3 Logística Reversa	5.1 Caracterização dos tipos de resíduos sólidos
Competências e responsabilidades	4.4 O papel da RMRJ em relação à FPIC de resíduos sólidos	5.2 Resíduos Sólido Urbanos - RSU
Desafios, carências	5.1 Caracterização dos tipos de resíduos sólidos	5.3 Resíduos Sólidos da Construção Civil RCC
Iniciativa relevante	4.5 Os consórcios públicos e o caso de Paracambi	5.4 Resíduos de Serviços de Saúde RSS
Legislação e normas aplicáveis	4.1 A legislação do saneamento ambiental e de resíduos sólidos	5.5 Lodo das Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário, ETE's
Inventário contábil de RSU - app	9.3 Acesso por aplicativo com link	5.6 Estimativa de custos e recursos financeiros e tarifas públicas
		6 - DESTINO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS
Unidades de processamento		6.1 - Caracterização geral
Unidades de processamento	6.2 As Centrais de Tratamento de Resíduos - CTR's	6.2 As Centrais de Tratamento de Resíduos - CTR's
Reciclagem	6.3 Reciclagem de resíduos sólidos urbanos	6.3 Reciclagem de resíduos sólidos urbanos
Reciclagem de RCC	6.6 Usinas de Reciclagem de RCC e destinação de RSS	6.4 Logística Reversa de produtos
Passivos ambientais relacionados a RSU	7.2 Depósitos irregulares de RSU	6.5 Compostagem de resíduos orgânicos
Dados gerais e caracterização	6.1 - Caracterização geral	6.6 Usinas de Reciclagem de RCC e destinação de RSS
Balanço dos resíduos	10 Balanço geral dos RSU, RCC, RSS da RMRJ	6.7 Economia Circular
Competências e responsabilidades	4.4 O papel dos municípios, estado e RMRJ em relação à resíduos	
Desafios, carências	6.1 - Caracterização geral	7 - PASSIVOS AMBIENTAIS RELATIVOS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS
Iniciativa relevante	6.2 As Centrais de Tratamento de Resíduos - CTR's	7.1 Caracterização geral
		7.2 Depósitos irregulares de resíduos sólidos urbanos - RSU

Análise de tecnologias de aproveitamento energético		7.3 Remediação de depósitos irregulares de RSU
Dados gerais	7.1 Caracterização geral	7.4 Recuperação de gas e crédito carbono
Metodologias	8.2 e seguintes - tecnologias de conversão de RSU em energia	
Investimentos financeiros	8.2 e seguintes - estimativa de custos apurados	8 - CONVERSÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ENERGIA ELÉTRICA
Benefícios financeiros e ambientais	8.1 Contexto e caracterização geral	8.1 Contexto e caracterização geral
Fundamentação jurídica	4.1 A legislação do saneamento ambiental e de resíduos sólidos	8.2 Tecnologias de conversão de RSU em energia elétrica - aterro sanitário
Análise comparativa cases mundiais	8.6 Análise comparativa de técnicas de conversão de energia	8.3 Tecnologias de conversão de RSU em energia elétrica - incineração
Pirólise e plasma	8.4 e 8.5 Tecnologias de conversão de RSU em energia elétrica	8.4 Tecnologias de conversão de RSU em energia elétrica - pirólise
		8.5 Tecnologias de conversão de RSU em energia elétrica - tocha de plasma
Geoprocessamento das informações		8.6 Análise comparativa das tecnologias de geração de energia elétrica
Gabinete de geoprocessamento de dados de RSU	9.3 Acesso por aplicativo com link	
Apoio para as atividades, cartografias	9.4 Exemplos de cartografias	9 GEOPROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES
Informações técnicas, estatísticas e gerenciais	9.2 Banco de dados em desenvolvimento	9.1 Inventário Metropolitano de Resíduos Sólidos
Informações técnicas sobre as ações	9.2 Banco de dados em desenvolvimento	9.2 Caracterização geral do sistema
Base cartográfica para estudos	9.4 Exemplos de cartografias	9.2 Banco de dados em desenvolvimento
Cruzamento de dados de órgãos	9.2 Banco de dados em desenvolvimento	9.4 Acesso por aplicativo com link
		9.5 Exemplos de cartografias
		10 - CONCLUSÕES
		11 - BIBLIOGRAFIA
		12 - ANEXOS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAP.12

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8.419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.007**: Amostragem de resíduos. 2a. ed. Rio de Janeiro, 2004b.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11.175**: Incineração de resíduos sólidos perigosos – Padrões de desempenho. Rio de Janeiro.1990.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2022.

Acordo Setorial de Logística Reversa de Baterias Inservíveis de Chumbo Ácido – Rio de Janeiro, 2021.

AGENERSA/CARES. **Relatório de Fiscalização do Complexo de Tratamento e Destinação Final de Resíduos Sólidos de Paracambi – CTDR/Paracambi**. Rio de Janeiro, 2022.

ALBERTE, Elaine P. V. **Análise de Técnicas de Recuperação de Áreas Degradadas por Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos: Lixões, Aterros Controlados e Aterros Sanitários**. Bahia – Brasil, Faculdade de Tecnologia e Ciências, Salvador, 2003.

ALBERTE, Elaine P. V.; CARNEIRO, Alex P.; KAN, Lin. **Recuperação de Áreas Degradadas por Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos**. Diálogos & Ciência -- Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana. Ano III, n. 5, jun. 2005. ISSN 1678-0493, 2005.

AMARAL, Sérgio. **Curso de Capacitação em Segurança e Saúde - Resíduos Industriais**. Slide share, 2013. Disponível em <<https://pt.slideshare.net/GilMendes2/powerpointnr25>>.

ANVISA – **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC Nº 222, de 28 de março de 2018. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2018/rdc0222_28_03_2018.pdf>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2020.** Disponível em: <https://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2020.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2023.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituição/Constituição.htm>.

BRASIL. **Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010,** regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>.

BRASIL. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2011,** Ministério das Cidades. Brasília, DF. Disponível em <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=102>>.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999,** que dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília, DF. Presidência da República. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795.htm>.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010,** instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>.

BRASIL **Decreto Federal nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020.** Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm#:~:text=%E2%80%9CDisp%C3%B5e%20sobre%20a%20cria%C3%A7%C3%A3o%20da,para%20a%20regula%C3%A7%C3%A3o%20dos%20servi%C3%A7os>.

BRASIL. **Lei Federal 10.257 de 10 de julho de 2001 - Estatuto da Cidade.** Setor de Publicação. Senado Federal. Brasília – DF, 2001. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm, acessado em 15/02/2023.

BRASIL. **Lei Federal 13.089 de 12 de janeiro de 2015 – Estatuto da Metrópole.** Setor de Publicação. Brasília – DF, 2015. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13089.htm, acessado em 15/02/2023.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento:** Diagnóstico dos Serviços de água e Esgotos - 2019. Brasília: MDR, 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2019>. Acesso em: 22/04/2023.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico.** Brasília, DF: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2013. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/SaneamentoBasico/Plansa_b_2013_versao_20_final.pdf. Acesso em: 22 abr. 2023.

CEPERJ. Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores do Rio de Janeiro. **ICMS Ecológico.** 2022. Disponível em: <https://www.ceperj.rj.gov.br/ICMS>. Acesso em 10 fev. 2023.

CEPERJ. Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores do Rio de Janeiro. **Nota Técnica do ICMS Ecológico do Estado do Rio de Janeiro.** 2022.

CEPERJ. Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores do Rio de Janeiro. **Mapa Metropolitano do Rio de Janeiro.** 2022.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Manual de Gerenciamento de áreas Contaminadas.** Projeto Cooperação Brasil/Alemanha/CETESB-GTZ, 2. ed. São Paulo, 2001. 398 p.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Inventário estadual dos resíduos sólidos urbanos.** Disponível em: <http://residuossolidos.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2013/11/residuosSolidos2014.pdf>. Acesso em 02/09/2016.

COMLURB. Companhia Municipal de Limpeza Urbana. **Principais características do lixo domiciliar:** composição gravimétrica percentual, peso específico e teor de umidade segundo as áreas de Planejamento (AP) do Município do Rio de Janeiro entre 1995-2021. 2021. Disponível em: <<https://www.data.rio/documents/ccdc3c0946ff430db6ef479befe8a5a5/about>>.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n  005 de 05 de agosto de 1993.** Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. Disponível em <http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=130>.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307 de 05 de julho de 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=108894>>.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 313 de 29 de outubro de 2002.** Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Disponível em <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=263>>.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 316 de 29 de outubro de 2002,** publicada no DOU n 224, de 20 de novembro de 2002, Seção 1, páginas 92-95. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port./conama/legiabre.cfm?codlegi=338>. Acesso em: 28/08/2016.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 348 de 16 de agosto de 2004.** Altera a resolução CONAMA nº307 de 05/07/2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Disponível em <<https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&force=1&legislacao=111377>>.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em <http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450>.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 358 de 29 de abril de 2005.** Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Disponível em <<http://conama.mma.gov.br/>>.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 401 de 4 de novembro de 2008.** Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=589>>.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 431 de 24 de maio de 2011.** Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Disponível em

<<https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&force=1&legislacao=118789>>.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 448 de 18 de janeiro de 2012**. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º, 11º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em <<https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&force=1&legislacao=126305>>.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 491 de 19 de novembro de 2018**. Estabelece padrões de qualidade do ar a partir das diretrizes e estratégias do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR. Disponível em <http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=766>.

CONORA, A. **Biogás gera energia do lixo**, Revista Elo edição 46, 2008, Editora RMC, São Paulo - SP.

CONTI L. **La pirolisi: il processo, I punti di forza, le opportunità**. Università degli Studi di Sassari, Itália. pg. 8; 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 465, de 05 de dezembro de 2014**. Licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens de agrotóxicos e afins, vazias ou contendo resíduos. União Federal.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 401, de 04 de novembro de 2008**. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. União Federal.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 416, de 30 de setembro de 2009**. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. União Federal.

CORRETORA INVESTING. **Cotação Crédito de Carbono Futuros**. 2023. Disponível em: <<https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions>>.

CUNHA, CARLOS EDUARDO SOARES CANEJO PINHEIRO DA. O uso de indicadores de desempenho na avaliação da qualidade operacional dos aterros sanitários do estado do Rio de Janeiro no triênio 2013–2015. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522020187467>>

DCP/MDL. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - Formulário do Documento de Concepção de Projeto. **Projeto São João de gás de aterro e geração de energia** (SJ). 2004. (DCP/MDL, 2004).

ECOURBIS. **Aterro Sanitário Sítio São João**. Disponível em: <<https://ecourbis.dominiotemporario.com/aterro-sanitario-sitio-sao-joao>>. Acesso em: 20/02/2023.

ELETRON, Green. **Ponto de Entrega Voluntária**. Disponível em: <https://greeneletron.org.br/localizador>. Acesso em: 10 fev. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **How to Build a Circular Economy**. Disponível em: <<https://ellenmacarthurfoundation.org/>>.

ENGEBIO. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Estado da arte do tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de energia elétrica**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes>>.

ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA - FIOCRUZ. **Mapa de Conflitos**. Disponível em: <https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/rj-cooperativa-dos-catadores-de-itaoca-ong-onda-solidaria-centro-pro-melhoramento-do-anaia-pequeno/>. Acesso em: 06 fev. 2023.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 42.930 de 18 de abril de 2011**. Cria o Programa Estadual Pacto pelo Saneamento. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em <https://www.ademi.org.br/article.php3?id_article=42237&var_recherche=decreto+3800%2F76>.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 43.153 de 25 de agosto de 2011**. Dispõe sobre a participação do Estado do Rio de Janeiro nos consórcios públicos de direito público para a gestão associada e integrada de resíduos sólidos, garantindo sua sustentabilidade. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em <https://www.normasbrasil.com.br/norma/decreto-43153-2011-rj_158924.html>.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro, 2013**. Instituído pelo Decreto nº 45.957 de 22 de março de 2017. Disponível em <<https://www.jusbrasil.com.br/diarios/141102152/doerj-poder-executivo-24-03-2017-pg-1>>.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. PROGRAMA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **PSAM MAPAS - Resíduos Sólidos: Programa Lixão Zero**. 2021. Disponível em: <https://psam.maps.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=f50875c17c3b4acea032d9d8662fdf3d>. Acesso em: 08 fev. 2023.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **PROGRAMA LIXÃO ZERO**. Dados da Superintendência de Gestão de Resíduos Sólidos – Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **PROGRAMA Remedia RJ**. 2022. Dados da Superintendência de Gestão de Resíduos Sólidos – Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Lei nº 6.333 de 15 de outubro de 2012**. Autoriza o poder executivo a participar do Consórcio Público de Gestão de Resíduos Sólidos da Baixada Fluminense, integrado pelos municípios de Belford Roxo, Duque de Caxias, Mesquita, Nilópolis, Nova Iguaçu e São João de Meriti para, em regime de Gestão Associada executar os serviços públicos de manejo de resíduos sólidos. Disponível em: <<https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/1033440/lei-6333-12>>.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Lei nº 6.334 de 15 de outubro de 2012**. Autoriza o poder executivo a participar dos seguintes consórcios doravante denominados: Lagos I; Centro Sul I; Sul Fluminense II; Vale do Café; Noroeste; Serrana I; Serrana II; para todos, em regime de gestão associada executar os serviços públicos de manejo de resíduos sólidos. Disponível em: <<https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/1033169/lei-6334-12>>.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Lei Estadual nº 8.151, de 01 de novembro de 2018**. Institui o sistema de logística reversa de embalagens e resíduos de embalagens, no âmbito do Estado do Rio de Janeiro, de acordo com o previsto na Lei Federal nº 12.305, de 2010 e no Decreto nº 7.404, de 2010. Rio de Janeiro.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Constituição Estadual**. ALERJ, Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.alerj.rj.gov.br/processo6.htm>>.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 48354 de 02 de fevereiro de 2023**, de 03 de fevereiro de 2023. Institui o Regulamento Geral de Logística Reversa do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Lei nº 6805, de 18 de junho de 2014**. Inclui artigos na Lei nº 4.191, de 30 de setembro de 2003 - Política Estadual de Resíduos Sólidos, instituindo a obrigação da implementação de sistemas de logística reversa para resíduos eletroeletrônicos, agrotóxicos, pneus e óleos lubrificantes no âmbito do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Lei nº 4.191 de 30 de setembro de 2003**. Dispõe sobre a política estadual de resíduos sólidos e dá outras providências. Rio de Janeiro, RJ: Assembleia Legislativa. Disponível em <<http://www.alerj.rj.gov.br/processo2.htm>>.

FARIA, F. dos S. Índice de qualidade de aterros de resíduos urbanos. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2002.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: guia de orientação para governos municipais de Minas Gerais / Fundação Estadual do Meio Ambiente.** --- Belo Horizonte: FEAM, 2012. 163 p.; il.

FIRJAN. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Mapeamento dos Fluxos de Recicláveis Pós-Consumo no Estado do Rio de Janeiro** – Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://firjan.com.br/publicacoes/manuais-e-cartilhas/mapeamento-dos-fluxos-de-reciclaveis-pos-consumo-no-estado-do-rio-de-janeiro.htm#:~:text=Meio%20Ambiente-,Mapeamento%20dos%20Fluxos%20de%20Recicl%C3%A1veis%20P%C3%B3s%20Consumo%20no%20Estado%20do,no%20primeiro%20semestre%20de%202021.>

FUNDO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO. **Investimentos e Iniciativas em Saneamento Básico.** Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/investimentos-e-iniciativas>. Acesso em: 22 abr. 2023.

GARCIA, Marcio; FRIEDE, Reis; CARLOS, André; AVELAR, Katia; MIRANDA, Maria Geralda, **Aspectos legais da coleta seletiva do lixo.** Disponível em <<https://drreisfriede.jusbrasil.com.br/artigos/758373125/aspectos-legais-da-coleta-seletiva-do-lixo>>.

IBAM. Instituto Brasileiro de administração municipal. **Manual do Gerenciamento integrado de Resíduos Sólidos.** 2001. Disponível em: [http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/et000017 .pdf](http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/et000017.pdf). Acesso em 21/04/2016.

IBAM (2007) - Instituto Brasileiro de Administração Municipal - **Conceito, planejamento e oportunidades. Rio de Janeiro:** IBAM, 2007. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da População 2014. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao / Estimativas _2015/estimativa_dou_2014_20150915.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2015/estimativa_dou_2014_20150915.pdf).

IBER. **Relatório Anual de Logística Reversa de Baterias Chumbo Ácido do Estado do Rio de Janeiro, 2021.**

IBGE (2010b). **Atlas do censo demográfico,** disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/resultados>>, acessado em: 08/2013.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico,** 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>, Acessado em: 08 de out 2013.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. **Norma Operacional para o Sistema Online de Manifesto de Transporte de Resíduos – Sistema MTR. NOP-INEA 35.** Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_pres_aspres/documents/document/t/zew/mtu0/~edisp/inea0154181.pdf.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. **Lista de Cooperativas Cadastradas.** Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/secretaria-de-estado-do-ambiente-e-sustentabilidade-lanca-cadastro-estadual-de-organizacoes-de-catadores-de-materiais-reciclaveis/>.

IPEA. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos:** diagnóstico dos resíduos urbanos, agrossilvopastoris e a questão dos catadores, 2012. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/120425_comunicadoipea0145.pdf, Acessado em: 09 de out 2013. http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=13917

IPEA, **Diagnóstico sobre Catadores de Resíduos Sólidos: Relatório de Pesquisa, 2012.** Disponível em: http://www.silvaporto.com.br/admin/downloads/CATADORES_BRASIL_IPEA_2012.pdf, Acessado em: 19 de Jan 2014.

IPEA, **A Organização Coletiva de Catadores de Material Reciclável no Brasil: Dilemas e Potencialidades sob a ótica da Economia Solidária,** Texto para discussão, 2017.

JOGUE LIMPO. **Relatório de Resultado Anual do Sistema de Logística Reversa das Embalagens Plásticas de Óleo Lubrificante Usadas Estado do Rio de Janeiro.** Disponível em: <https://www.joguelimpo.org.br/arquivos/relatorios/RJ/2021//0-%20Instituto%20Jogue%20Limpo%20-%20Relat%C3%B3rio%20Anual%20de%20Desempenho%202021%20-%20RJ.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2023.

JOGUE LIMPO. **Termo de Compromisso de Embalagens Plásticas de Óleo Lubrificante.** Disponível em: https://www.joguelimpo.org.br/arquivos/legislacao/rio_de_janeiro_tc.pdf. Acesso em: 11 fev. 2023.

JOGUE LIMPO. **Ponto de Entrega Voluntária.** Disponível em: <https://www.joguelimpo.org.br/institucional/PEV's.php>. Acesso em: 11 fev. 2023.

JORNAL DO NOROESTE DE MINAS. **Projeto Natureza Limpa recebe reconhecimento internacional.** 2011.

JUCÁ, J. F. T., Lima, J. D., Mariano, M. O. H., Firmo, A. L. B., Lima, D. G. A., Lucena, L. F. L., ... & Reichert, G. A.. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão.** Recife: CCS Gráfica Editora Ltda, 2014

L.F.L., CASTILHOS JÚNIOR, F. **Análise das diversas tecnologias de disposição final de resíduos sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão.** 2013. FADE/UFPE. 185 p.

Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. 2018. What a Waste 2.0: **A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.** Urban Development. © Washington, DC: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/d3f9d45e-115f-559b-b14f-28552410e90a> License: CC BY 3.0 IGO.

LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder.** Petrópolis: Vozes, 2001.

LIMA, Raquel Passos. **Paradoxos da formalização: a inclusão social dos catadores de recicláveis a partir do caso do encerramento do aterro de Jardim Gramacho (RJ),** 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0104-71832018000100006>>.

MACHADO, GLEYSSON B. **Tratamento De Resíduos De Serviços De Saúde.** Portal Resíduos Sólidos, 2018. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/tratamento-de-residuos-de-servicos-de-saude/> Acesso em 18 ago. 2023.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Investimentos e iniciativas em saneamento básico.** Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/investimentos-e-iniciativas>. Acesso em 22 abr. 2023.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Programa Avançar Cidades - Mobilidade Urbana.** Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/mobilidade-e-servicos-urbanos/avancar-cidades-mobilidade-urbana>. Acesso em 22 abr. 2023.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Pró-Cidades: investimentos para o desenvolvimento urbano. 2021.** Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-regional-e-urbano/pro-cidades>. Acesso em: 22 abr. 2023.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Avançar Cidades: mais de R\$ 1,7 bilhão para melhoria da mobilidade urbana.** Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/avancar-cidades-mais-de-r-1-7-bilhao-para-melhoria-da-mobilidade-urbana>. Acesso em 22 abr. 2023.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Acordo Setorial de Lâmpadas Fluorescentes de Vapor de Sódio e Mercúrio e de Luz Mista**. Disponível em: <https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/02-Acordo-Setorial-de-Lampadas.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2023.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Acordo Setorial para Implantação do Sistema de Logística Reversa de Embalagens em Geral**. Disponível em: https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2022/05/Acordo_embalagens.pdf. Acesso em: 11 fev. 2023.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Compostagem. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/compostagem.pdf. Acesso em 15/09/2016.

MMA. Ministério das Minas e Energia. **Política Nacional sobre mudança do clima. 2008**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima/plano-nacional-sobre-mudanca-do-clima>. Acesso em 15/09/2016.

MEIRELLES, Hely Lopes. **Direito administrativo brasileiro**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1984.

PACTO GLOBAL ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. 2015. Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/ods>.

PERS. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro: Relatório Síntese** - 2013. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUK EwjtvNTRiP_9AhUNLbkGHf4sAzMQFnoECA0QAQ&url=https%3A%2F%2Fobservatoriofnrs.files.wordpress.com%2F2014%2F11%2Frio-de-janeiro-plano-estadual-de-resc3adduos-sc3b3lidos.pdf&usg=AOvVaw0t3z95rSvQ1mhoR7mLTTBz >.

PINTO, D. P. de S. Contribuição à avaliação de aterros de resíduos industriais. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

PLANEST. **Método 5W2H: Como usá-lo da forma certa**. 2022. Disponível em: <https://www.planest.com.br/5w2h/como-usar-o-metodo-5w2h/>.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 31.416 de 30 de novembro de 2009**. Determina que o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos PGIRS Público considere os objetivos de redução de emissão de gases de Efeito Estufa na cidade do Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/1712030/DLFE-238112.pdf/DECRETO.n.3.1..4.1.6.de3.0.denovembro...>.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 37.775, de 10 de outubro de 2013**, que institui o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) da Cidade do Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.câmara.rj.gov.br/controlatividadeparlamentar.php?m1=legislacao&m2=leg_municipal&am>.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Lei nº 4.969 de 3 de dezembro de 2008**, que dispõe sobre objetivos, instrumentos, princípios e diretrizes para a gestão integrada de resíduos sólidos no Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. Disponível em <http://www.câmara.rj.gov.br/controlatividadeparlamentar.php?m1=legislacao&m2=leg_municipal&am...>.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Plano Diretor da Cidade**, instituído pela Lei Complementar nº 111, de 1º de fevereiro de 2011. Disponível em <<http://www.câmara.rj.gov.br/controlatividadeparlamentar.php?m1=legislacao&m2=plandircid&u...>>.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 33.971 de 13 de junho de 2011**. Dispõe sobre a obrigatoriedade da utilização de agregados reciclados, oriundos de resíduos da construção civil - RCC em obras e serviços de engenharia realizados pelo Município do Rio de Janeiro, dá outras providências e revoga os arts. 35 e 36 do Decreto nº 27.078, de 27.09.2006. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=178267#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20obrigatoriedade%20da,27.078%2C%20de%2027.09.2006>>.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, Instituto Pereira Passos, Coordenadoria Técnica de Informações da Cidade. **Monitoramento das Emissões de Gases de Efeito Estufa da Cidade do Rio de Janeiro**. 2020. Disponível em: <<https://www.data.rio/documents/ecea82c287954c338aa2e843ae588dce/explore>>.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI. **Lei nº 2.730/2010**. Institui o Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Niterói**, 2020. Disponível em: <<https://www.seconser.niteroi.rj.gov.br/plano-municipal-de-saneamento-basico>>.

PROGRAMA RECICLAR SOCIAL. 2023. Disponível em: <<https://reciclarsocial.com.br/>>.

PROJETO NATUREZA LIMPA. Disponível em: <http://naturezalimpa.com/>. Acesso em 22 / 09 / 2013.

PROJETO NATUREZA LIMPA. Disponível em: <http://naturezalimpa.com/>. Acesso em 22 / 09 / 2016.

PSAM. Programa de Saneamento Ambiental. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Disponível em: <<https://psam.eco.br/pmsb/>>. Acesso em 28/02/2023.

RECICLUS. **Ponto de Entrega Voluntária**. Disponível em: <https://reciclus.org.br/pontos-de-entrega/>. Acesso em: 11 fev. 2023.

Rio + 20. **Fatos sobre as cidades**. ABES/MG - Associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental, seção Minas Gerais. Disponível em <<http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-das-noticias/pt-br/ler/3734/rio-20-fatos-sobre-as-cidades>>.

ROSS, Edward Alsworth. **Social Control**. *American Journal of Sociology*, v. 1, n. 5, p. 513-535, mar. 1896.

SÁNCHEZ, L.E. **A desativação de empreendimentos industriais: um estudo sobre o passivo ambiental**. São Paulo, 1998. 178p. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SEAS. Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade. **Plano Regional de Gestão de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos da Baixada Fluminense** – Projeto Entulho Limpo da Baixada, 2011, I&T Gestão de Resíduos.

SERRA, Marcos. **10 anos depois, Polo de Reciclagem de Gramacho não tem todos os galpões prometidos**. 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2022/05/31/10-anos-depois-polo-de-reciclagem-de-gramacho-nao-tem-todos-os-galpoes-prometidos-fotos.ghtml>>.

SGW - The Soil and Groundwater Services Company. **Estudo de Impacto Ambiental URE de Barueri**. 2012.

SINIR – **Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos**. 2020. Disponível em: <<https://www.sinir.gov.br/>>.

SNIS – **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/>>.

SOARES, Erika. **Estudo da Caracterização Gravimétrica e Poder Calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro. 2011. COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

UERJ. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. **Diagnóstico da Situação dos Resíduos Sólidos no Estado do Rio de Janeiro**, 2010.

WILLIS K.P, OSADA S, WILLERTON K.L. **Plasma gasification: lessons learned at ecovalley wte facility**. Proceedings of the 18th Annual North American Waste-to-Energy Conference NAWTEC18 May 11-13, 2010, Orlando, Florida, USA.

ALAO, O. E.; ONAH, N. F. **Assessing Instructional Resources and Students Self-Employment Readiness through Marketing Trade Subject in Lagos State, Nigeria.** Journal of Vocational Education Studies, v. 3, n. 2, p. 1, 28 nov. 2020.

ALAO, M. A.; POPOOLA, O. M.; AYODELE, T. RAPHAEL. **Waste-to-energy nexus: An overview of technologies and implementation for sustainable development.** Cleaner Energy Systems, p. 100034, out. 2022.