

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**SISTEMA LOGÍSTICO REVERSO PARA DESTINAÇÃO
FINAL ADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS,
SOB A VISÃO DO PENSAMENTO SISTÊMICO**

MILTON JONAS MONTEIRO

ORIENTADORA: ADELAIDA PALLAVICINI FONSECA

TESE DE DOUTORADO EM TRANSPORTE

**PUBLICAÇÃO: T.DD - 007/2017
BRASÍLIA/DF: NOVEMBRO / 2017**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**SISTEMA LOGÍSTICO REVERSO PARA DESTINAÇÃO FINAL
ADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, SOB A VISÃO DO
PENSAMENTO SISTÊMICO**

MILTON JONAS MONTEIRO

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
DOUTOR EM TRANSPORTES.**

APROVADA POR:

**Prof^ª Adelaida Pallavicini Fonseca, D.Sc. (ENC - UnB)
(Orientadora)**

**Prof. Reinaldo Crispiniano Garcia, PhD. (ENC - UNB)
(Examinador Interno)**

**Prof^ª Dianne Magalhães Viana, D.Sc. (ENM - UNB)
(Examinador Interno)**

**Prof. Jose Vicente Caixeta Filho, PhD (ESALQ - USP)
(Examinador Externo)**

BRASÍLIA/DF, 29 DE NOVEMBRO DE 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

MONTEIRO, MILTON JONAS

Sistema Logístico Reverso para Destinação Final Adequada de Resíduos Sólidos Urbanos, sob o pensamento sistêmico [Distrito Federal] 2017.

xix, 230p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Doutor, Transportes, 2017).

Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Logística Reversa

2. Resíduos Sólidos Urbanos

3. Dinâmica de Sistemas

II. Título (série)

I. ENC/FT/UnB

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MONTEIRO, M. J. (2017). Sistema logístico reverso para destinação final adequada de resíduos sólidos urbanos, sob a visão do pensamento sistêmico, Publicação T.DD – 007/2017, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 230p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Milton Jonas Monteiro.

TÍTULO: Sistema Logística Reverso para Gestão Integrada e Destinação Final Adequada de Resíduos Sólidos Urbanos.

GRAU: Doutor

ANO: 2017

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Milton Jonas Monteiro

cvmilton@hotmail.com

SQN 407 Bloco P, Apto. 209 – Asa Norte

CEP: 70.855-160 Brasília – DF – Brasil.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família; em especial aos meus pais Maria Clementina Monteiro e Octávio Monteiro, à minha avó Lúcia Monteiro (em memória) e a minha sobrinha Nayla Monteiro.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, pelo dom da vida e da sabedoria e pelo maior presente já concedido aos mortais - Jesus Cristo - o Mestre dos mestres e a direção onde aponta todo o meu caminhar!

Especialmente, aos meus pais Maria Clementina Monteiro e Octávio Monteiro e a minha saudosíssima avó Lídia Monteiro por serem indispensáveis na minha vida e pela formação espiritual, dedicação, ensinamentos, exemplos...!

Aos irmãos, especialmente o Cláudio pela companhia aqui no Brasil e apoio.

Ao restante dos familiares por todo apoio concedido, especialmente avó Lili, tios como Quintino, Coia; Rosa; Manesanto.

À minha futura esposa Kassandra Monteiro, pelo amor e encorajamento!

Ao governo brasileiro através da CAPES pelo auxílio financeiro concedido para a realização dos estudos no mestrado e doutorado aqui no Brasil.

À UnB, por me acolher desde 2006 e ser a minha primeira casa acadêmica aqui no Brasil.

À minha orientadora, professora Adelaida Pallavicini, por toda orientação, forte presença nas andanças de campo e na confecção desta tese e, sobretudo, pela amizade e exemplo de dedicação ao próximo.

Ao ex-professor e amigo Evaldo César, pelo apoio, amizade e aconselhamentos; ao professor Carlos Alberto Brandao e o colega do PPGT Marcelo por me ajudarem com a ferramenta Dinâmica de Sistemas.

À dona Lurdinha (em memória), a mãe dos cabo-verdianos em Brasília, por toda dedicação, apoio e carinho.

Aos fraternos amigos, na maioria deles brasileiros, por serem a minha segunda família durante esses 11 anos aqui no Brasil. São alguns deles: Celso, Letícia, Fred, My son, Júnior, Renata, Joyce, Raaaafa, Dr. Ruy Vieira, dona Vanda, Marcélio, Leca, Lurdinha, Geovane, Polyana, Sara Falcão, Emiliano e Jacileno, Paulo Henrique, Pablo, Tiago, Laércio, Dr. Ruy Vieira, Ruizinho, dona Vanda, Júlio, Vitor Paulo Azambuja, Luciana, Vitor e Éllen...

“No princípio criou Deus os céus e a terra...
E viu Deus tudo quanto tinha feito, e eis que era muito bom...”

Gênesis 1:1 e 31

Portanto, cuida e proteja o meio ambiente!

RESUMO

A geração dos resíduos sólidos urbanos tem sido um dos grandes problemas em todo mundo. O Brasil, pelas suas peculiaridades, que convergem características de países em desenvolvimento e os desenvolvidos, especialmente com o advento da Lei 12.305/2010, tem avançado e enfrentado desafios na gestão integrada dos resíduos sólidos e conseqüentemente, na destinação final. Pela própria natureza desses resíduos e dos papéis comumente atribuídos aos órgãos municipais, a gestão integrada é um desafio para todos os municípios. Por isso, o objetivo deste trabalho foi propor um modelo de sistema logístico reverso para subsidiar esses atores nesse processo. Para tanto, foi proposto como objetivos específicos a apresentação do diagnóstico da situação atual no local da pesquisa, consulta das legislações e normas técnicas pertinente ao trabalho; definição dos componentes para o sistema a ser apresentado; identificação das variáveis que afetam os resíduos sólidos urbanos e desenho dos subsistemas de logística reversa para o modelo. Para a realização do diagnóstico da situação atual, tomou-se como referência dados secundários de alguns relatórios já publicados. A elaboração do modelo deu-se sob a visão do pensamento sistêmico, fazendo uso da metodologia Dinâmica de Sistemas, pelo fato de o sistema de RSU se tratar de um sistema intrinsecamente complexo. Para o desenho do Sistema Logístico Reverso e seus respectivos subsistemas utilizou-se duas ferramentas: Diagrama de Laço Causal e Diagrama de Fluxo e Estoques. O modelo proposto, após testes e simulação, mostrou confiável em representar a realidade estudada, por meio das variáveis, processo e componentes definidos.

Palavras chaves: Logística Reversa, Resíduos Sólidos Urbanos, Dinâmica de Sistemas.

ABSTRACT

The generation of municipal solid waste has been a major problem worldwide. Brazil, due to its peculiarities, which converge on characteristics of developing and developed countries, especially with the advent of Law 12305/2010, has advanced and faced challenges in the integrated management of solid waste and, consequently, in the final disposal. Due the nature of these wastes and the roles commonly attributed to municipal agencies, integrated management is a challenge for all municipalities. Therefore, the objective of this work was to propose a model of reverse logistics system to subsidize these actors in this process. To this end, it was proposed as specific objectives the presentation of the diagnosis of the current situation at the research site; consultation of the legislation and technical norms pertinent to the work; definition of the components for the system to be presented; identification of the variables that affect urban solid waste and design of the reverse logistics subsystems for the model. In order to carry out the diagnosis of the current situation, reference has been made to secondary data from some reports already published. The elaboration of the model took place under the systemic thinking approach, making use of the Dynamics of Systems methodology, because the MSW system is an intrinsically complex system. For the design of the Reverse Logistic System and its respective subsystems, two tools were used: Causal Loop Diagram and Flow and Stock Diagram. The proposed model, after tests and simulation, showed able in representing the studied reality, through the variables, process and defined components.

Keywords: Reverse Logistics, Solid Waste, System Dynamics.

SUMÁRIO:

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	2
1.1.1. Situação atual no Brasil	2
1.1.2. Principais gargalos do sistema	4
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	6
1.3. OBJETIVOS	7
1.3.1. Geral:	7
1.3.2. Específicos:.....	7
1.4. JUSTIFICATIVA.....	7
1.5. METODOLOGIA DE PESQUISA	9
1.5.1. Etapas da pesquisa:.....	9
1.5.2. Instrumentos utilizados na coleta dos dados.....	11
1.5.2.1. Dados primários	11
1.5.2.1.1. Dados secundários.....	12
1.5.3. Metodologia para a elaboração da proposta	13
1.5.4. Delimitação do estudo	14
1.6. ESTRUTURA DA TESE.....	15
2. MARCO TEÓRICO DA PESQUISA.....	16
2.1. PENSAMENTO SISTÊMICO.....	16
2.1.1. Sistema.....	16
2.1.1.1. <i>Ambiente e parâmetros dos sistemas</i>	17
2.1.2. Dinâmica de Sistemas.....	20
2.1.2.1. Ferramentas para modelagem de sistemas dinâmicos.....	21
2.1.2.2. Estudos sobre dinâmica de sistemas aplicado aos resíduos sólidos.....	25
2.2. LOGÍSTICA REVERSA	26
2.2.1. De logística direta para reversa.....	27
2.2.1.1. <i>Definindo logística empresarial</i>	27
2.2.1.2. <i>Pensamento sistêmico nas atividades produtivas e logísticas</i>	28
2.2.1.3. <i>Tópicos conclusivos sobre o entendimento da logística</i>	30
2.2.2. Definindo Logística Reversa	31
2.2.2.1. <i>Comparando o fluxo direto e reverso</i>	34
2.2.2.2. <i>Canais de distribuição reversos</i>	35
2.2.3. Pensamento sistêmico na logística reversa	38

2.3.	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	39
2.3.1.	Definição, classificação e caracterização de resíduos sólidos	39
2.3.2.	Classificação de resíduos sólidos	39
2.3.3.	Caracterização dos resíduos sólidos	40
2.3.4.	A Política Nacional dos Resíduos Sólidos	42
2.3.4.1.	<i>Responsabilidade Compartilhada</i>	45
2.3.5.	Pensamento sistêmico na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos	48
2.3.5.1.	<i>Gestão integrada de resíduos sólidos</i>	49
2.3.5.2.	<i>Gerenciamento integrada de resíduos sólidos</i>	50
2.3.5.3.	<i>Princípios na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos</i>	61
2.3.6.	Modelos brasileiros na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos	62
2.3.6.1.	<i>Privatização dos serviços</i>	62
2.3.6.2.	<i>Consortiamento</i>	63
2.3.6.3.	<i>Modelo de remuneração dos serviços</i>	63
3.	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	65
3.1.	BREVE PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNDO	65
3.2.	BREVE PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	66
3.2.1.	Resíduos Sólidos Urbanos	66
3.2.1.1.	<i>Geração de RSU no Brasil</i>	66
3.2.1.2.	<i>Coleta de RSU no Brasil</i>	67
3.2.1.3.	<i>Destinação final de RSU</i>	70
3.2.1.4.	<i>Recursos aplicados e o mercado de limpeza pública urbana</i>	72
3.2.2.	Reciclagem no Brasil.....	72
3.2.3.	Consolidação do diagnóstico da situação atual no Brasil.....	74
3.2.4.	Necessidade de quebrar paradigmas	78
3.3.	GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO DISTRITO FEDERAL.....	79
3.3.1.	SLU e os demais atores ligados aos RSU.....	79
3.3.2.	Panorama dos RSU no DF.....	81
3.3.2.1.	<i>Geração e gravimetria</i>	81
3.3.2.2.	<i>Sistema de coleta</i>	82
3.3.2.3.	<i>Transporte dos resíduos sólidos</i>	85
3.3.2.4.	<i>Transbordo, processamento e destinação dos resíduos sólidos</i>	88
3.3.2.5.	<i>Inserção dos catadores no sistema</i>	94
3.3.2.6.	<i>Lei dos grandes geradores</i>	95
3.3.2.7.	<i>Custos e receitas</i>	96

3.3.2.8.	<i>Recursos humanos e o quadro técnico</i>	100
3.3.2.9.	<i>Contratos e convênios</i>	100
3.3.2.10.	<i>Equipamentos, veículos e maquinários</i>	101
3.3.2.11.	<i>Sistema de informação e controle</i>	101
3.3.2.12.	<i>Consolidação do diagnóstico no DF</i>	102
4.	PROPOSTA DO SISTEMA LOGÍSTICO REVERSO	105
4.1.	DEFININDO OS COMPONENTES DO SISTEMA	105
4.1.1.	Objetivos.....	106
4.1.2.	Instrumentos.....	109
4.1.3.	<i>Stakeholders</i>	112
4.1.3.1.	<i>Órgão Gestor</i>	113
4.1.3.2.	<i>Geradores</i>	114
4.1.3.3.	<i>Órgãos de Apoio</i>	115
4.1.3.4.	<i>Catadores</i>	115
4.1.3.5.	<i>Operadores do setor privado</i>	116
4.1.3.6.	<i>União</i>	117
4.1.3.7.	<i>Estados</i>	117
4.1.3.8.	<i>Fabricantes e comerciantes</i>	118
4.1.3.9.	<i>Recicladoras</i>	119
4.1.3.10.	<i>Atravessadores</i>	119
4.1.3.11.	<i>Consolidação</i>	119
4.1.4.	Recursos.....	121
4.1.5.	Processos.....	123
4.1.5.1.	<i>Planejamento</i>	125
4.1.5.2.	<i>Controle e avaliação</i>	127
4.1.6.	Consolidação dos componentes do SLR e suas interações.....	131
4.2.	DESENHANDO OS SUBSISTEMAS DO SISTEMA LOGÍSTICO REVERSO.....	133
4.2.1.	Diagramas de Laço Causal	134
4.2.1.1.	<i>Subsistema de Geração</i>	134
4.2.1.2.	<i>Subsistema de separação</i>	137
4.2.1.3.	<i>Subsistema de acondicionamento</i>	141
4.2.1.4.	<i>Subsistema de coleta</i>	142
4.2.1.5.	<i>Subsistema de transporte</i>	144
4.2.1.6.	<i>Subsistema de transbordo e triagem</i>	144
4.2.1.7.	<i>Subsistema de destinação e disposição final</i>	146
4.2.2.	Diagrama de Fluxo e Estoques	148

4.2.2.1.	<i>Subsistema de geração</i>	148
4.2.2.2.	<i>Subsistema de separação</i>	153
4.2.2.3.	<i>Subsistema de Acondicionamento</i>	155
4.2.2.4.	<i>Subsistema de coleta</i>	155
4.2.2.5.	<i>Subsistema de transporte</i>	156
4.2.2.6.	<i>Subsistema de transbordo, triagem e processamento</i>	158
4.2.2.7.	<i>Subsistema de destinação e disposição</i>	162
4.2.2.8.	<i>Receitas e despesas do sistema</i>	166
4.2.2.9.	<i>Consolidação dos subsistemas do modelo</i>	166
4.3.	VALIDAÇÃO DO SISTEMA LOGÍSTICO REVERSO	168
4.3.1.	Geração de resíduos sólidos	169
4.3.1.1.	<i>Geração com o fator de redução</i>	175
4.3.2.	Coleta de resíduos sólidos	177
4.3.3.	Transporte de resíduos sólidos	179
4.3.4.	Transbordo, triagem e processamento de resíduos sólidos	183
4.3.4.1.	<i>Fluxo convencional</i>	184
4.3.4.2.	<i>Fluxo seletivo</i>	186
4.3.5.	Destinação e disposição final de resíduos sólidos	189
4.3.5.1.	<i>Destinação e disposição final inadequada</i>	190
4.3.5.2.	<i>Destinação e disposição final adequada</i>	191
4.3.6.	Custos diretos com RDO	193
4.3.7.	Análise de sensibilidade	197
4.3.7.1.	<i>Simulando a coleta dos resíduos</i>	197
4.3.7.2.	<i>Simulando o subsistema de transporte</i>	198
4.3.7.3.	<i>Simulando a destinação final inadequada</i>	200
4.3.7.4.	<i>Simulando a destinação final adequada</i>	202
4.3.7.5.	<i>Simulando outros ajustes no sistema</i>	204
4.4.	DIRETRIZES PARA A IMPLEMENTAÇÃO	207
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	209
5.1.	CONCLUSÕES	209
5.2.	LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	211
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	212
	APÊNDICES:	220
	APENDICE D: VARIÁVEIS E VALORES DO MODELO NO VEMSIM	220

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Fluxograma do instrumento metodológico	11
Tabela 2.1: Características dos sistemas	18
Tabela 2.2: Características de DS	21
Tabela 2.3: Principais componentes do DFE	24
Tabela 2.4: Estudos sobre DS aplicado aos RS	26
Tabela 2.5: Definições da LR	32
Tabela 2.6: Diferenças entre logística direta e reversa	35
Tabela 2.7: Classificação dos resíduos sólidos quanto à periculosidade	39
Tabela 2.8: Classificação dos resíduos sólidos quanto à origem	40
Tabela 2.9: Classificação dos resíduos quanto à periculosidade	40
Tabela 2.10: Características dos resíduos sólidos	41
Tabela 2.11: Composição da Lei nº 12.305/2010	42
Tabela 2.12 Atores da PNRS	43
Tabela 2.13: Responsabilidade dos atores envolvidos no sistema de Logística Reversa	48
Tabela 2.14: Aspectos importantes no conceito de GIRSU	50
Tabela 2.15: Principais benefícios da coleta seletiva	54
Tabela 3.1: Quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva	68
Tabela 3.2: Quantidade de municípios por tipo de destinação adotada em 2015	71
Tabela 3.3: Consolidação do diagnóstico da situação atual no Brasil	75
Tabela 3.4: Geração e coleta de RSU no DF	81
Tabela 3.5: Gravimetria por tipo de coleta	82
Tabela 3.6: Coleta convencional e seletiva no DF	83
Tabela 3.7: Geração e coleta de RSU no DF	83
Tabela 3.8: Quantidade de RS no DF	84
Tabela 3.9: Coleta de RSU por RA em 2015	85
Tabela 3.10: Quantidade de RSU e RCD depositados no Jóquei entre 2009 e 2015	91
Tabela 3.11: Etapas da construção do Aterro Sanitário de Brasília	93
Tabela 3.12: Estimativa da Geração dos grandes geradores	96
Tabela 3.13: Custo médio per capita da limpeza urbana e do manejo dos RSU	97
Tabela 3.14: custos dos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos	98
Tabela 3.15: Comparativo custo coleta convencional	99
Tabela 3.16: Comparativo custo coleta seletiva	99
Tabela 3.17: Custo do aterramento dos resíduos	99
Tabela 3.18: Equipamentos, veículos e maquinários utilizados pelo sistema	101
Tabela 3.19: Principais avanços e desafios do DF na gestão de Resíduos sólidos	103
Tabela 4.1: Metas a serem definidas no SLR	109
Tabela 4.2: Participação dos catadores segundo a PNRS	116
Tabela 4.3: Participação dos fabricantes, importadores e comerciantes segundo a PNRS	118
Tabela 4.4: Responsabilidades, papeis e competências dos atores	120
Tabela 4.5: Responsabilidades, papeis e competências dos atores (continuação)	121
Tabela 4.6: Classificação dos recursos	122
Tabela 4.7: Conteúdo mínimo para o PMGIRS	126
Tabela 4.8: Indicadores de desempenho na limpeza e no manejo dos resíduos sólidos	128
Tabela 4.9: Finalidades do Sistema de informação e controle eletrônico	130
Tabela 4.10: <i>Time table down</i> da População no <i>Vensim</i>	172
Tabela 4.11: Resumo dos resultados da função regressão	173
Tabela 4.12: Valor de materiais recicláveis recuperados por categoria	192
Tabela 4.13: custos unitários com RDO	193
Tabela 4.14: Impacto da mudança da <i>Taxa de envio 1 e 3</i> nos recicláveis	203

Tabela 4.15: Valores assumidos para ajustes finais	205
Tabela 4.16: Mudança nas saídas do processamento no transbordo após ajustes finais	206
Tabela 4.17: Mudança nas saídas do processamento na UTMB após ajustes finais	206
Tabela 4.18: Mudança nos <i>MATERIAIS RECICLÁVEIS</i> após ajustes finais	207
Tabela 4.19: Recomendações e condições para a implementação do SLR	208

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Diagrama do fluxo metodológico	9
Figura 1.2: Delimitação da pesquisa	14
Figura 2.1: Parâmetros dos sistemas	19
Figura 2.2: Relação de causalidade negativa e positiva	22
Figura 2.3: Representação de um DFE	23
Figura 2.4: Cadeia logística	28
Figura 2.5: Processo de transformação	29
Figura 2.6: Logística direta e logística reversa	32
Figura 2.7: Foco de atuação da logística reversa	36
Figura 2.8: Ordem de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos	44
Figura 2.9: Planos da PNRS.....	45
Figura 2.10: Atores da responsabilidade compartilhada.....	46
Figura 3.1: Principais atores envolvidos do sistema	80
Figura 3.2: Fluxo de RSU no DF	87
Figura 4.1: Componentes do SLR	105
Figura 4.2: Componentes do SLR no modelo input – transformação - output	106
Figura 4.3: Objetivos do SLR	107
Figura 4.4: Relação entre os objetivos e serviços do sistema	108
Figura 4.5: Classificação dos instrumentos legais e normativos.....	110
Figura 4.6: Integração das leis federais ao PNRS	110
Figura 4.7: Integração das leis e planos federais, estaduais e municipais	111
Figura 4.8: Instrumentos legais e normativos em detalhes	111
Figura 4.9: Fluxos entre os <i>stakeholders</i> da primeira camada.....	113
Figura 4.10: Tipologia de geradores de resíduos sólidos urbanos	114
Figura 4.11: Fluxo entre os <i>stakeholders</i> , incluindo os de segunda camada	117
Figura 4.12: Processos do SLR	123
Figura 4.13: Relacionando etapas, stakeholders e atividades	124
Figura 4.14: SICE.....	130
Figura 4.15: Relação dos componentes do SLR	132
Figura 4.16: Modelo input – transformação – output para o SLR	132
Figura 4.17: Principais interações no processo de gestão.....	133
Figura 4.18: Variáveis determinantes na geração de RDO.....	135
Figura 4.19: Tipologia de geradores e de resíduos sólidos urbanos.....	136
Figura 4.20: Aplicando o princípio de não geração e redução.....	137
Figura 4.21: Variáveis preponderantes para a separação dos resíduos	138
Figura 4.22: Separação de resíduo para reciclagem, por tipo de coleta	139
Figura 4.23: Fatores influenciadores do armazenamento	142
Figura 4.24: Tipos de resíduos coletados	143
Figura 4.25: Quantidade disponível para a coleta de RDO	143
Figura 4.26: Influência das variáveis no transporte dos resíduos	144
Figura 4.27: DLC de processamento dos resíduos	145
Figura 4.28: Destinação e disposição final	146
Figura 4.29: Tipos de destinação e disposição final.....	147
Figura 4.30: DLC de destinação e disposição final.....	147
Figura 4.31: Subsistema de geração considerando População e Geração per capita	148
Figura 4.32: Subsistema de geração considerado.....	149
Figura 4.33: Diagrama do fluxo metodológico para modelo matemático	150
Figura 4.34: Geração potencial total	151

Figura 4.35: Geração potencial de RDO com redução	153
Figura 4.36: Índice de separação	154
Figura 4.37: DFE de armazenamento	155
Figura 4.38: Índice de cobertura	156
Figura 4.39: DFE de coleta seletiva e convencional	156
Figura 4.40: DFE do subsistema de transporte	157
Figura 4.41: DFE para o subsistema de transbordo e triagem, na coleta convencional	160
Figura 4.42: DFE para o subsistema de transbordo e triagem, na coleta seletiva.....	161
Figura 4.43: DFE para o subsistema de destinação e disposição final	164
Figura 4.44: Externalidades positivas e negativas de acordo com a destinação	165
Figura 4.45: Receitas e despesas	166
Figura 4.46: DFE consolidado para o SLR.....	167
Figura 4.47: Visual da variável <time>, tipo “with Lookup”, As Graph, no vensim	169
Figura 4.48: Custos diretos com DRO.....	194

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1: Municípios com coleta seletiva no Brasil	68
Gráfico 3.2: Composição gravimétrica dos RSU no Brasil	69
Gráfico 3.3: Disposição final de RSU no Brasil por tipo de destinação (t/dia)	70
Gráfico 3.4: Evolução da disposição final adequada.....	71
Gráfico 3.5: Destinação Final de RSU no DF (t/dia)	88
Gráfico 3.6: Divisão do orçamento do SLU em 2015	97
Gráfico 4.1: comportamento da taxa de crescimento populacional	170
Gráfico 4.2: Evolução do crescimento populacional.....	171
Gráfico 4.3: Projeção da população no DF.....	171
Gráfico 4.4: Função para Geração potencial de RDO	172
Gráfico 4.5: Comportamento da Geração potencial de RDO	174
Gráfico 4.6: Relação entre Geração potencial de RDO e População	174
Gráfico 4.7: Geração potencial total.....	175
Gráfico 4.8: Comportamento do fator de redução.....	176
Gráfico 4.9: Comportamento da Geração com o fator de redução.....	177
Gráfico 4.10: Demanda não atendida por problema de cobertura	178
Gráfico 4.11: <i>Capacidade frota 2</i> , transporte de coleta seletiva.....	180
Gráfico 4.12: Déficit no transporte para a coleta seletiva	181
Gráfico 4.13: Demanda não atendida por problema de transporte 1.....	181
Gráfico 4.14: Demanda não atendida por problema de transporte 2.....	182
Gráfico 4.15: Demanda não atendida por problema de transporte (1 e 2).....	182
Gráfico 4.16: Divisão da <i>Q. CC a enviar</i>	184
Gráfico 4.17: Quantidade encaminhada e recepcionada no transbordo	187
Gráfico 4.18: Materiais recicláveis recuperados	190
Gráfico 4.19: Comportamento do valor dos materiais recicláveis recuperados	193
Gráfico 4.20: Comparando custos da coleta convencional e seletiva	195
Gráfico 4.21: Custo com processamento	195
Gráfico 4.22: Custo diretos com RDO	196
Gráfico 4.23: Comparando receitas e despesas.....	196
Gráfico 4.24: Impacto de mudança da taxa de cobertura no subsistema de transporte.....	198
Gráfico 4.25: Quantidade coletada sem o déficit no transporte.....	199
Gráfico 4.26: Comportamento da quantidade enviada para o lixão	201
Gráfico 4.27: Redução dos recicláveis por causa de envio ao lixão	201
Gráfico 4.28: Impacto do aumento da capacidade de triagem dos catadores	204

LISTA DE NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

TERMOS TÉCNICOS

A3P - Agenda Ambiental na Administração Pública
ATTRs - Área de Transbordo, Triagem e Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição
CTRs - Centrais de Tratamento de Resíduos
DFE - Diagrama de Fluxo e Estoques
DLC - Diagrama de Laço Causal
GCS - Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos
GIRSU - Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos
IRR - Instalações de Recuperação de Resíduos,
LR - Logística Reversa
NBR - Norma Brasileira Regulamentada
PEAD - Polietileno de Alta Densidade
PEBD - Polietileno de Baixa Densidade
PET - Poli Tereftalato de etileno
PEV - Postos de Entrega Voluntária
PDGIRSU – Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico
PMGIRU - Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNMC - Planos Nacionais de Mudanças do Clima
PNRH - Plano Nacional de Recursos Hídricos
PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos, Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PPCC - Plano de Produção e Consumo Sustentável
REE – Resíduo Eletroeletrônico
RS - Resíduos Sólidos
RCC - Resíduos de Construção e Demolição
RSD - Resíduo Sólido Domiciliar
RSS - Resíduo Sólido de Saúde
RSU - Resíduos Sólidos Urbanos
SCM - *Supply Chain Management*
TGS - Teoria Geral de Sistemas
TBM - Tratamento Mecânico Biológico

INSTITUIÇÕES / ÓRGÃOS / ORGANIZAÇÕES

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ABIPET - Associação Brasileira da Indústria de PET

ADASA - Agência Reguladora de Águas, energia e Saneamento Básico do DF

AGEFIS - Agência de Fiscalização do Distrito Federal

ANIP - Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CEMPRE - Compromisso empresarial para a Reciclagem

CLM - *Council of Logistics Management*

CLRB - Conselho de Logística Reversa do Brasil

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CORSAP-DF/GO - Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos e das Águas Pluviais da Região Integrada do DF e Goiás

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRAM - Instituto Brasília Ambiental

INPEV - Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias

ISWA - *The International Solid Waste Association*

MIT - Instituto Tecnológico de Massachussets

NOVACAP - Companhia Urbanizadora da Nova Capital

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico MMA - Ministério do Meio Ambiente

SLU - Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal

UNEP - *United Nations Environment Programme*

OUTROS

DF - Distrito Federal

RA - Regiões Administrativas

SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

TPL - Taxa de Limpeza Pública

1. INTRODUÇÃO

As tecnologias de informação, de comunicação e de transporte, junto com as novas abordagens e conceitos de reengenharia, logística, gestão de mercado e negócios impulsionaram a era da globalização, a intensificação da concorrência internacional nos mercados locais, o surgimento de novos concorrentes em mercados mais competitivos, a explosão tecnológica, o lançamento de novos produtos, o consumo em massa e o crescimento da demanda, entre outros (LEITE, 2009). Todos esses fatores redefiniram um novo cenário mundial e a criação de blocos econômicos e comerciais. Cenário que passou a ser pauta das grandes discussões mundiais marcadas pela ideia do desenvolvimento sustentável¹.

Especialmente com a primeira Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano, em 1972, o sistema produtivo atual foi mundialmente debatido e como tal este evento é um divisor de águas na política internacional do meio ambiente, pois foi decisivo para o surgimento de medidas de gestão ambiental. Desde então, associada à filosofia de sustentabilidade urbana e global, não cessou encontros do tipo que discutem o desenvolvimento sustentável (BURSZYTN e BURSZTYN, 2013). No entanto, a negação de mudança de comportamento do consumidor e do sistema produtivo têm tido impacto direto no assunto a ser discorrido nesta tese: Resíduos Sólidos (RS)² e Logística Reversa (LR)³.

O pano de fundo para a discussão desses dois temas é que a acirrada concorrência e as crescentes inovações tecnológicas têm impulsionado um crescimento exponencial de lançamento de novos produtos no mercado e, especialmente nas três últimas décadas, com ciclos de vida cada vez mais curtos. Associado ao *modus operandi* dessa produção massiva, padrões exagerados de consumo têm provocado aumento da velocidade de descarte de produtos após o primeiro uso, conseqüentemente, “desequilíbrio entre as quantidades descartadas e as reaproveitadas e geração de enormes volumes de produtos pós-consumo” ou resíduos sólidos (LEITE, 2009).

¹ O Relatório Brundtland, documento intitulado Nosso Futuro Comum, publicado pela WCED (1987), define desenvolvimento sustentável como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Comumente colocada com *tree bottom line*, a sustentabilidade considera três aspectos fundamentais: econômico, social e ambiental.

² Popularmente designado de lixo. O assunto é tratado no Capítulo 2.3.

³ LR tem ganhado várias conotações; por ora, ela pode ser entendida como um instrumento de gestão para dar destinação final adequada dos resíduos sólidos gerados a partir das atividades humanas. Os seus conceitos e os demais aspectos teóricos são tratados no Capítulo 2.2.

Dentre os graves problemas ambientais urbanos decorrentes desse consumo e descarte inadequado, tem-se a dificuldade na destinação final dos bens de pós-consumo (NOVAES, 2015). Por isso que um dos maiores dilemas da sociedade do presente século é enfrentar a dicotomia entre consumo em massa versus sustentabilidade. Em meio a esse cenário deu-se também, nas últimas décadas, a necessidade de ampliar o conceito de logística empresarial e de valorizar os produtos pós-consumo.

O conceito que vinha sendo adotado contemplava apenas o gerenciamento do fluxo de materiais do seu ponto de aquisição até o consumidor final e eram esquecidos os produtos pós-consumo. Hoje, é necessário agregar ao conceito de logística empresarial, um novo elemento: o fluxo logístico reverso - inicialmente, entendida como o gerenciamento dos fluxos de materiais do ponto de consumo até o ponto de origem.

No setor privado, empresas têm despertado para a necessidade de criação e implementação de canais logísticos reversos, mesmo que a maioria ainda não tenha dado a devida prioridade às políticas de retorno e de proteção ao meio ambiente. Muitas que fazem uso da estratégia de LR atuam geralmente apenas com serviços de pós-venda, tais como o retorno de produtos defeituosos, por obrigações contratuais (MARTINS e SILVA, 2006).

No âmbito público, mundialmente, governos tem criado legislações e conceitos de responsabilidade empresarial que visam amenizar os impactos degradantes dos resíduos sólidos e adequar o crescimento econômico às variáveis ambientais.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1.1.1. Situação atual no Brasil

No caso do Brasil, uma das grandes legislações desenvolvidas para a promoção de desenvolvimento sustentável é a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, onde se adotou a LR como 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” (BRASIL, 2010a).

Historicamente todas as cidades organizaram uma empresa pública responsável pela limpeza pública e pela coleta dos resíduos residenciais. O sistema estruturado consiste em coletar os resíduos sólidos urbanos das portas das residências por meio de caminhões especializados para esse fim. Uma vez cheia a capacidade do caminhão este se dirige aos aterros sanitários para descarregar os resíduos sólidos. Os quais sempre estão localizados fora das cidades. Durante décadas não existiu a preocupação, nem por parte da população nem por parte da empresa pública de separar os diferentes tipos de resíduos sólidos. Assim, todo é jogado a esses aterros. O comércio, as fábricas e uma série de estabelecimentos se aproveitam da falta de controle e fiscalização que existe para também jogar seus RS nesses locais ou clandestinamente em lixões abertos.

Com o crescimento das cidades e conseqüentemente de seu sistema viário, a coleta de RSU deixou de ser uma simples atividade, onde suas rotas podiam ser traçadas intuitivamente. A verticalização dos prédios fez que a densidade de RSU gerado por metros quadrados fosse maior, assim os caminhões passaram a ficar lotados rapidamente, fato que gerou um desequilíbrio na oferta do serviço, já que se tem mais RSU gerado que capacidade veicular para atender toda a demanda por coleta. Os aterros públicos cada vez mais longe do centro da cidade, no entanto mais perto das áreas suburbanas e das áreas faveladas encontram-se saturados. Sendo em alguns casos fonte de renda de muitas pessoas que diante as faltas de oportunidades encontram seu meio de sobrevivência nesses aterros. Diante esse problema, muitas empresas públicas terceirizaram o serviço de coleta e transporte dos RSU, perdendo dessa forma o controle e supervisão por essa atividade.

Apesar dos esforços já existentes para dar um destino adequado aos resíduos sólidos ainda é limitada a sua eficiência e eficácia no Brasil, pois na maioria dos municípios brasileiros e organizações, a ausência de modelos de gestão e de gerenciamento adequado para os resíduos sólidos dá lugar a uma variedade de práticas inadequadas que, com o advento da Lei 12.305/2010, precisam acabar. As ações de má gestão e gerenciamento tornam-se visíveis em lixões, locais abandonados; contaminações ambientais vistas, por exemplo, em rios e córregos poluídos; mercado informal de coleta seletiva etc. (LEITE, 2009).

A título de exemplificar os desafios brasileiros nessa questão, seguem alguns dados mais recentes da ABRELPE (2016) sobre o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil:

- ✓ Só em 2015, a geração total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 2,9% de um ano para outro, índice superior à taxa de crescimento populacional no país no período, que foi de 0,9%.
- ✓ Segundo o relatório, a comparação entre a quantidade de RSU gerada e a coletada em 2015 mostra que o país contou com um índice de cobertura de coleta de 90,6%, levando à constatação de que pouco mais de 7 milhões de toneladas deixaram de ser coletadas no país neste ano e, conseqüentemente, tiveram destino impróprio.
- ✓ Dos RSU coletados, 58,4 % foram destinados a aterros sanitários, 24,2 % em aterros controlados e 17,4 % em lixões. Seis anos após a publicação da Lei nº 12.305/2010, ainda em todas as regiões do país existem municípios com destinação final inadequada dos resíduos. Ou seja, pouco da metade (58,4%) é que possuem aterro sanitário.
- ✓ Quanto à situação da destinação final dos RSU, em 2014 ela manteve-se estável em relação a 2013. O índice de 58,4% de destinação final adequada em 2014 permanece significativo, praticamente sem alteração do cenário registrado no ano anterior, porém a quantidade de RSU destinada a locais inadequados totaliza 29.659.170 toneladas no ano. Nesse sentido, é importante ressaltar que os 41,6% restantes correspondem a 81 mil toneladas diárias, seguiram para lixões ou aterros controlados, os quais do ponto de vista ambiental pouco se diferenciam dos lixões, pois não possuem o conjunto de sistemas necessários para a proteção do meio ambiente contra danos e degradações e da saúde pública.

Portanto, inúmeros são os desafios das empresas brasileiras e do poder público na gestão da cadeia reversa (CR) e de resíduos sólidos (RS). Apesar dos esforços empreendidos e dos avanços registrados, principalmente a partir de 2010, a situação está bastante distante da PNRS, como é rapidamente resumido no tópico a seguir.

1.1.2. Principais gargalos do sistema

Considerando o diagnóstico obtido com esta pesquisa, pode-se dizer que os principais gargalos se encontram em todas as fases do processo produtivo e logístico de coleta, transporte e disposição final, dependendo da cidade, no entanto, com diferenças não disparens nas fases de planejamento; operação, nomeadamente, separação, acondicionamento na origem e, controle e

disposição final dos resíduos. Quanto a gestão da cadeia reversa e RSU, os problemas que os órgãos responsáveis enfrentam são:

- ✓ Falta de recursos humanos, financeiros e de investimentos;
- ✓ Inadequação da oferta de serviços em todas as fases do processo, desde a coleta e transporte dos RSU até sua disposição final;
- ✓ Falta de quadros capacitados para realizar a gestão dos RSU em todos os níveis funcionais da empresa responsável, como ao longo de todo processo da CR e da coleta e transporte dos RSU até sua disposição final;
- ✓ Má localização dos aterros sanitários e lixões nas cidades, assim como, falta de controle e vigilância sanitária;
- ✓ Falta de condições adequadas de trabalho nos locais de triagem dos RSU que cumpram com as normas de segurança e de riscos estabelecidas pelos órgãos competentes;
- ✓ Problemas de horários na coleta dos resíduos;
- ✓ Falta de um programa robusto e participativo de coleta seletiva nas cidades, que atenuem o volume efetivo a ser encaminhado aos aterros controlados ou sanitários;
- ✓ Falta de repositórios ou dispositivos adequados nos espaços públicos para que as pessoas joguem os RSU, principalmente nas áreas de maior circulação de pessoas;
- ✓ Falta de critérios para a localização dos contêineres de RSU nos locais públicos, a má localização destes repositórios faz que estes sejam um elemento indesejável na estética de uma cidade;
- ✓ Falta de políticas públicas para organizar, disciplinar, controlar e fiscalizar este setor da economia, de forma a diminuir a informalidade e quebrar paradigmas quanto a atuação do catador e da responsabilidade do que gera RS;
- ✓ Falta de programas educativos que incentivem à população e a todos os grandes, médios e pequenos geradores de RSU a participar na coleta seletiva e na melhoria do ambiente da sua comunidade;
- ✓ Falta de diretrizes para contratação de empresas terceirizadas para o processo de coleta e transporte sem ter a devida qualificação para gerenciar e operar esses sistemas logísticos tão complexos e com alto fator de risco quanto a saúde e cuidado ambiental, tanto no manuseio e disposição dos RSU;
- ✓ Falta de um sistema de informação na gestão da CR e RSU de modo que permita ou ajude a realizar o planejamento, gerenciamento, operação, controle e fiscalização de todo o sistema logístico de coleta e transporte dos RSU de uma cidade; permitindo que a população, pesquisadores e os diferentes atores contribuam ativamente no sistema,

seja através de sua experiência e expertise para melhorar o sistema ou por meio da vigilância constante (denúncia) de atividades que não estão sendo realizadas conforme as normas ambientais e sanitárias;

- ✓ Falta de estudos para conhecer o valor agregado das cadeias produtivas que geram os materiais recicláveis;
- ✓ Falta de políticas públicas para incentivar o mercado de recicláveis;
- ✓ Falta de integração entre os órgãos públicos, que otimize e potencialize os recursos;
- ✓ Entre outros.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Perante o cenário exposto acima, dos desafios de gestão de cadeia reversa e RSU no Brasil, e face às inúmeras exigências da Lei nº 12.305/2010, em especial, a de dar fim aos lixões e de reinserir esses produtos na cadeia produtiva, esta pesquisa visa propor um sistema logístico reverso para a destinação final adequada dos RSU, na gestão integrada.

A base conceitual utilizada para o modelo foi a teoria de sistema e gestão integrada, pois à luz da legislação vigente, todos os atores envolvidos nesse processo de fluxo logístico reverso devem cumprir a parte que lhes correspondem: “Estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos” (BRASIL, 2010a). Com isso, esta pesquisa visa apresentar medidas de integração das ações existentes e a serem propostas, de modo a obter o resultado de maximização dos esforços e a destinação final adequada.

Segundo Melquiades (2015, 20), “a rigor, pode-se concluir que o maior problema que todas as cidades têm, está na falta de uma rede logística reversa que integre todos os participantes formais e informais, privados”. ABRELPE (2016, 94) corrobora: “é absolutamente necessário que os municípios das diversas regiões, devidamente divididos por faixas populacionais, recebam orientação específica de como proceder na realização da gestão integrada dos resíduos sólidos”. Sendo assim, o problema deste trabalho surgiu a partir da seguinte questão: como fazer a gestão integrada de resíduos sólidos urbanos e, conseqüentemente, dar a destinação final adequada dentro da cadeia reversa?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Geral:

- ✓ Propor um modelo de sistema logístico reverso para subsidiar na destinação final adequada de resíduos sólidos urbanos sob a visão do pensamento sistêmico.

1.3.2. Específicos:

- ✓ Apresentar o diagnóstico da situação atual no Brasil e no local da pesquisa;
- ✓ Consultar as legislações e normas técnicas pertinentes ao trabalho;
- ✓ Definir os componentes para o sistema a ser apresentado;
- ✓ Identificar as variáveis que afetam os resíduos sólidos urbanos;
- ✓ Desenhar os subsistemas de logística reversa para o modelo.

1.4. JUSTIFICATIVA

A relevância desse estudo, primeiramente, se encontra no fato de que em nível global e em todas as facetas da sociedade há necessidade de dar destinos certos aos RS gerados, de modo a minimizar os impactos ambientais causados pelos mesmos e promover o desenvolvimento sustentável.

Num segundo plano, nos níveis de ação do governo e das corporações são necessárias as maiores mudanças: é preciso fomentar o planejamento integrado, abarcando as relações entre questões ambientais, urbanísticas, tecnológicas, políticas, sociais e econômicas. E a garantia de promoções continuadas no setor dos RS só ocorrerá com a existência de uma política de gestão e o compromisso de instituições sociais solidamente firmadas para mantê-la.

Do ponto de vista da gestão e gerenciamento, é mister ter uma visão sistêmico no processo, pois diversos são os atores e variáveis envolvidos. Por isso as contribuições da tese residem no fato de que o desenho logístico para a gestão integrada apresentará uma visão macro do processo e não apenas a operacionalização em si. ABRELPE (2016) mostrou, por exemplo, que “a cadeia da reciclagem sofre com a ausência de um sistema de gerenciamento integrado para superação dos gargalos existentes”.

No campo da Logística, inúmeras são as publicações, nacional e internacional, que tratam de logística tradicional, a direta, no entanto, a logística reversa, ainda pode-se considerar como um campo novo de estudo dentro da área de logística. Apesar do termo de gestão integrada de resíduos sólidos ser comumente referida, pouco se explorou sobre o tema no Brasil. Devido à natureza dos resíduos e da complexidade da gestão e gerenciamento, fez-se necessário, com esta tese, contribuir para o marco teórico nessa temática.

No que tange a pesquisas quantitativas, a revisão da literatura mostra que diversos são os estudos que utilizam pesquisas operacionais, programação linear e não linear para otimização de rota de coleta, minimização de emissão de CO₂ etc. Especialmente os estudos qualitativos, que propõem apresentar modelos matemáticos, dificilmente estão preocupados em inserir as demais variáveis no modelo como o planejamento.

Por exemplo, segundo Harijani, Mansour e Karimi (2017), os estudos de modelos multiobjectivos não consideram simultaneamente os três aspectos da sustentabilidade, a maioria deles vêm apenas o lado econômico, já a dimensão ambiental raramente é discutida e o aspecto social quase ignorado nesses modelos. Os autores acreditam que há uma lacuna na literatura de gestão de resíduos em relação à ausência de um modelo de otimização que considere os três aspectos da sustentabilidade. De igual modo acontece com os estudos que tratam de dinâmicas de sistemas aplicados a gestão de RS. Os modelos tendem a focar na dimensão quantitativa, ignorando aspectos importantes como planejamento, controle e avaliação. Por isso, o contributo desta tese reside na apresentação de um modelo que considere essas três dimensões em sintonia com os quantitativos que possam ser obtidos por meio do Diagrama de Laço Causal (DLC) e de Diagrama de Fluxo e Estoques (DFE).

Em termos práticos, a falta de quadros especializados, tanto nos governos centrais como locais, para realizar o planejamento e modelagem de uma rede logística reversa pode ser compensada com a contribuição de pesquisadores que atuam nesse campo de conhecimento. É muito difícil e dispendiosa a montagem de uma equipe que tenha toda a bagagem de conhecimento nas áreas das ciências da computação, de geoprocessamento, de modelagem matemática e de logística reversa, dentre outras. E essa é uma das principais justificativas que os governos, tanto federais e locais, argumentam diante da falta de realização do planejamento de um sistema logístico reverso que funcione eficaz e eficientemente. Este trabalho pode contribuir nesse sentido.

1.5. METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente trabalho constitui uma pesquisa aplicada quanto à sua natureza e exploratória quanto à forma de abordagem do problema. Os procedimentos técnicos empreendidos para levantamento das variáveis chave e parâmetros do modelo construído foram na sua maioria por meio de dados secundários, conforme descritos no item 1.5.2.

1.5.1. Etapas da pesquisa:

Este trabalho compreendeu as atividades apresentadas na Figura 1.1 e discriminada a seguir.

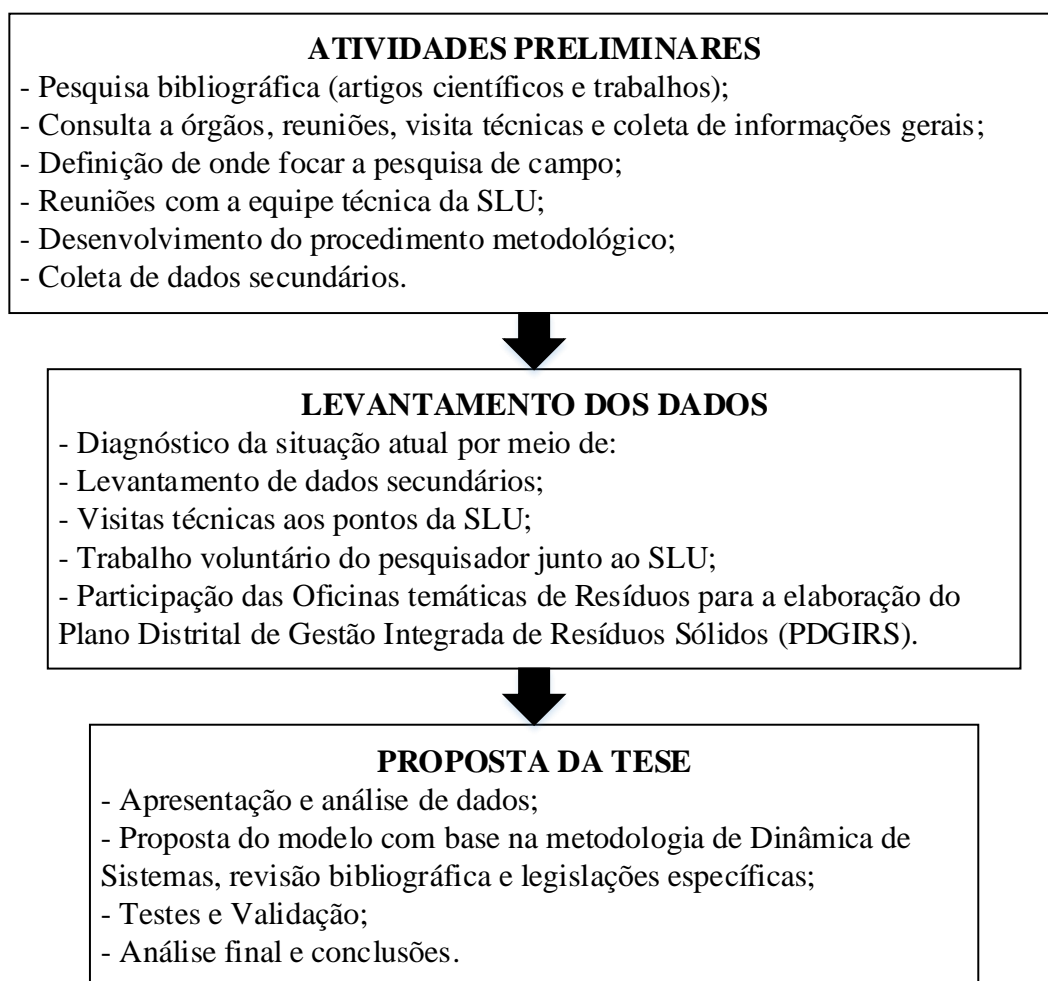


Figura 1.1: Diagrama do fluxo metodológico

Fonte: Elaborado pelo autor

As atividades preliminares, isto é, antes da coleta dos dados, compreenderam:

- 1. Pesquisa bibliográfica:** revisão da literatura por meio de livros e artigos publicados, normativas legais como as diversas resoluções e normas técnicas para os resíduos sólidos, enfatizando a Lei nº 12.305/2010.
- 2. Consulta a órgãos e coleta de informações gerais:** conversas e busca de informações em algumas corporações (grandes geradores) e instituições governamentais (como Secretaria de Meio Ambiente). Nesse primeiro momento buscou-se uma compreensão geral do sistema de gestão dos resíduos no DF e contextualização do assunto nas mais variadas áreas.
- 3. Definição do foco da pesquisa:** além das restrições impostas em cada área que possibilitaria a realização deste trabalho, a etapa anterior forneceu informações para a definição de onde seria realizado o estudo de caso. Percebeu-se, com as informações da etapa anterior, que o DF reúne diversas características que proporcionaria um enquadramento satisfatório desta pesquisa: cidade representativa, diversidade de atores no processo de gestão de resíduos sólidos, capital do país e possuidor do maior lixão da América Latina.
- 4. Reuniões com diversos atores:** nesta etapa foram realizados vários encontros preliminares.
- 5. Desenvolvimento do procedimento metodológico:** esta etapa consistiu na definição dos instrumentos de coleta de dados desta pesquisa.

A coleta dos dados compreendeu as seguintes atividades:

- 6. Diagnóstico da situação atual:** além de dados secundários, faz parte do diagnóstico a realização da “imersão institucional” do pesquisador, por meio do trabalho voluntário, na sede da administração da SLU, durante o período de 23 de maio até 15 de agosto de 2016. Nesta etapa o pesquisador buscou compreender o sistema de gestão dos resíduos no DF e os desafios institucionais, fez-se também visitas técnicas para observação in loco.

As atividades para a proposta da tese compreenderam:

- 7. Apresentação do diagnóstico** – a apresentação dos dados seguiu uma abordagem descritiva e analítica. As análises quantitativas partiram de dados secundários, nomeadamente para o panorama de resíduos sólidos no Brasil e no DF.
- 8. Proposta do modelo** - desenvolvida com base no diagnóstico; revisão bibliográfica e legislações específicas e no pensamento sistêmico.

9. Testes e validação do modelo;

10. Análise final e conclusões.

1.5.2. Instrumentos utilizados na coleta dos dados

Os dois grandes objetivos deste trabalho compreendem (1) o diagnóstico da situação atual e a (2) proposição de um sistema logístico reverso para contribuir na gestão integrada e destinação final de resíduos sólidos. As informações disponibilizadas por meio do diagnóstico constituem uma parte importante para o cumprimento do objetivo final do trabalho, pois atestam o quanto foi realizado até agora e serviu de orientação para o desenho do modelo, permitindo a definição das prioridades de escopo e áreas de atuação, conforme a situação registrada na etapa do diagnóstico. Foram obtidas informações em relatórios, com destaque para os Panoramas anuais de Resíduos sólidos da ABRELPE. A Tabela 1.1 apresenta os dados que serviram para o diagnóstico deste trabalho.

Tabela 1.1: Fluxograma do instrumento metodológico

Diagnóstico da situação atual	Documentos / Instrumentos		Fonte	Dados
	Brasil	Panorama de Resíduos Sólidos 2015	ABRELPE, 2016	Secundários
Outros		IBGE, 2010 IPEIA, 2012 CEMPRE, 2017 SENIR, 2017		
Distrito Federal	Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos resíduos Sólidos do Distrito Federal	SLU, 2016		
	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, Pnad, 2010	IBGE, 2010		
	Relatório das Oficinas temáticas de Resíduos para a elaboração do Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PDGIRS)	2016		
	Trabalho voluntário na sede do SLU	Pesquisador		
Entrevistas não estruturadas com diversos atores				
			Primários	

Fonte: Elaborado pelo autor

1.5.2.1. Dados primários

Além da análise dos relatórios citados, foram levantadas informações em reuniões com gestores e técnicos do SLU e vivência institucional do pesquisador, para a compreensão do sistema de gestão dos resíduos no DF. Esse levantamento foi realizado durante o período do trabalho voluntário e se deu também por meio de entrevistas não estruturadas e conversas informais. Com a participação direta do pesquisador nas Oficinas temáticas de Resíduos para a elaboração

do PDGIRS, buscou-se explorar especialmente o papel desempenhado por determinados atores no processo de gestão de resíduos sólidos no DF, seu comportamento e demandas

1.5.2.1.1. Dados secundários

1.5.2.1.2. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil

A primeira referência para a apresentação do diagnóstico da situação atual no Brasil foi a nona edição do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, com os dados consolidados de 2015, lançada pela ABRELPE no dia 04 de outubro de 2016.

Ela tem monitorado a situação do setor de resíduos desde 2003, com a publicação da primeira edição do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. A última edição do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil da ABRELPE, a ser apresentada no tópico 5.1.2, traz os dados consolidados de 2015. Esta tese demandou a utilização de outros dados e relatórios:

1.5.2.1.3. Relatório do SLU

Para o diagnóstico da gestão de resíduos sólidos no DF, utilizou-se também o relatório anual de atividades do SLU, elaborado com base no exercício de 2015, que visa dar continuidade ao processo de levantamento e divulgação de dados e informações para atender os preceitos básicos da gestão dos serviços de limpeza urbana – “Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos resíduos Sólidos do Distrito Federal”.

O primeiro relatório anual com os dados sobre os serviços prestados pelo SLU referente ao exercício de 2014 foi elaborado e publicado em março de 2015 pela atual direção do SLU (Gestão 2015/2018). Foram considerados todos os dados e informações administrativas, técnicas, operacionais, sociais e financeiras sobre a limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos do DF.

1.5.2.1.4. Oficinas temáticas para o PDGIRS

Um outro instrumento que ajudou no diagnóstico de gestão dos resíduos sólidos no DF foi o relatório das diversas oficinas temáticas de resíduos realizadas para a elaboração do Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Esses encontros foram realizados do dia 12 a 15 de julho de 2016. Foram recebidas diversas contribuições para a elaboração do Plano

Distrital de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, contou-se com a participação e representação de diversos órgãos públicos, academia, e inclusive com a presença e participação do autor e orientadora desta tese. Apesar de enquadrada como dado secundário para este trabalho, os pesquisadores (o aluno e a orientadora) participaram diretamente no diagnóstico e proposição preliminares nessas sessões.

Os consultores da empresa contratada para a elaboração do PDGIRS dividiram os participantes em grupos de discussão e no final deveriam elencar os pontos fracos e fortes e posteriormente, na parte da tarde, as proposições para contornar os problemas e lacunas na gestão dos resíduos sólidos no DF.

1.5.3. Metodologia para a elaboração da proposta

Para a modelagem conceitual da proposta foram utilizados duas ferramentas de Dinâmica de Sistemas: Diagrama de Laço Causal e Diagrama de Fluxo e Estoque, detalhados no capítulo 2.1.2.1. A escolha da metodologia reside no fato de os temas que envolvem a gestão integrada de resíduos sólidos ou mesmo a logística reversa de pós-consumo são transversais e apresentam atores e órgãos diversos. Problemas complexos, como gestão integrada de resíduos sólidos, apresentam um comportamento não-linear e demanda métodos dinâmicos de análise. As aplicações de DS permite uma compreensão melhor das interações que ocorrem entre os elementos que compõem o sistema, bem como a relação das fases dos processos, e importância de cada ator no atingimento dos objetivos.

Os passos seguidos para a criação dos mapas sistêmicos seguiram as recomendações de Amaral (2012), e foram:

- ✓ Identificação da dinâmica a ser modelada;
- ✓ Identificação dos ciclos positivos e negativos
- ✓ Criação dos mapas sistêmicos, integrandos os ciclos identificados e que contém os subsistemas do modelo desta tese);
- ✓ Verificação se o modelo representa a realidade;
- ✓ Consolidação da proposta.

Para a modelagem, foi utilizada o software Vensim⁴, versão 6.3, fornecida, versão acadêmica, pela *The Ventana Simulation Enviroment*. Além de ser gratuito, ele apresentou as ferramentas necessárias para desenhar os modelos de diagrama de laço causal e diagrama de fluxo e estoques: representação das variáveis, relação de influência, laços causais e de realimentação, sinais de polaridade facilidades de operação em plataforma Windows e facilidade no manejo da interface; resultados em tabelas, gráficos, ferramentas de análise etc.

Ao que refere aos dois tipos de diagramas apresentados, foram consultados trabalhos que abordaram sistemas com algumas variáveis similares, nomeadamente os já estabelecidos na literatura, já os parâmetros e variáveis específicas da tese foram inseridas mediante as exigências e diretrizes da PNRS e os *insights* do local da pesquisa.

1.5.4. Delimitação do estudo

Desenhar um sistema que contemple todas as cadeias reversas possíveis e existentes é um desafio grande tanto pela diversidade dos produtos pós-consumo, assim como a quantidade de agentes que participam em cada uma dessas cadeias, sem interações ou coordenações formais e sem um sistema de informação que permita a integração de ações, de informações e de comunicação entre eles e com a sociedade. Sendo assim, o sistema proposto compreendeu inicialmente a um órgão municipal ou distrital para gestão de resíduos sólidos, podendo se adaptado para outros contextos. A Figura mostra a delimitação da pesquisa quanto as fases ou processo de destinação final.

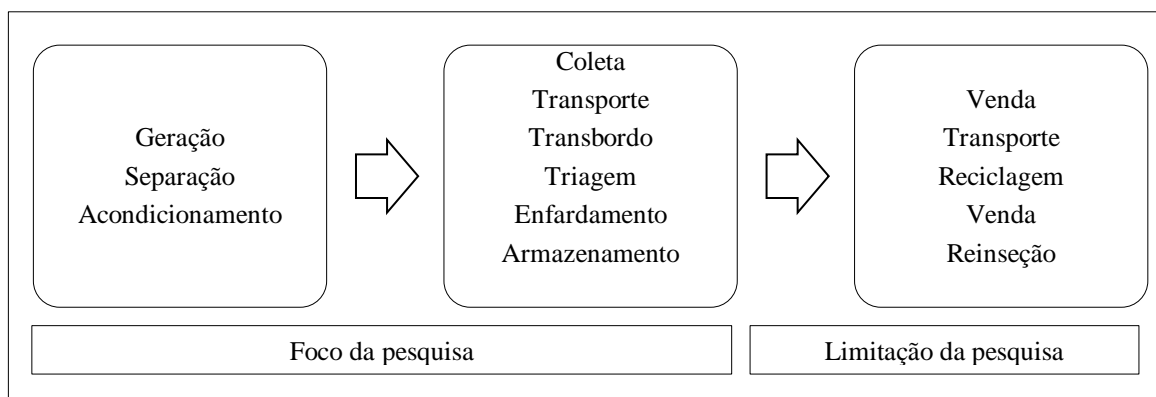


Figura 1.2: Delimitação da pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor

⁴ Os softwares mais conhecidos para DS são Vensim, Powersim, Stella, IThink entre outros.

Quanto as etapas, desde geração até a reinserção dos produtos pós-consumo em matérias-primas, a proposta delimitou-se no primeiro macroprocesso, isto é, considerou, em detalhes, a coleta e disponibilidade desses produtos para a reciclagem. Sabe-se que as etapas de transporte, após a triagem; venda dos recicláveis; reciclagem; venda dos materiais reciclados e reinserção em si na produção são etapas importantes para o processo como um todo na LR. Devido às limitações da pesquisa, fez-se necessário considerar a parte inicial da destinação final adequada.

1.6. ESTRUTURA DA TESE

O presente trabalho foi dividido em cinco capítulos, incluindo este primeiro, o qual apresentou os aspectos gerais do tema, a formulação e caracterização do problema, os objetivos da pesquisa e as justificativas.

No capítulo dois discorreu-se sobre o estado da arte, contemplando os conceitos do pensamento sistêmico, dinâmica de sistema (diagrama de laço causal e diagrama de fluxo estoque); logística reversa, resíduos sólidos urbanos, gestão e gerenciamento, normativos legais como a Lei 12.305/2010, etc.

Na sequência, capítulo três, foram apresentados, através de figuras, gráficos e quadros, os dados mais relevantes que retratam a situação atual dos resíduos sólidos no Brasil e no DF, objeto específico do estudo. Já no capítulo quatro apresentou-se a proposta desta tese que é um sistema logístico reverso para a destinação final adequada de resíduos sólidos, mediante o desenho do modelo no DLC e DFE e a validação, mediante inclusão dos dados no modelo, simulação, teste e análises (validação quantitativa e qualitativa).

O capítulo cinco contém as considerações finais e recomendações que podem servir de base para futuras pesquisas. E, por último, apresentou-se as referências bibliográficas utilizadas neste trabalho e os apêndices mencionados ao longo dos capítulos.

2. MARCO TEÓRICO DA PESQUISA

Neste capítulo foi apresentado uma breve resenha do material bibliográfico pesquisado com relação aos temas abordados nesta tese. Para consolidar as bases do conhecimento científico, foram abordados somente aqueles que ajudaram a formular o problema principal e os objetivos do trabalho. Devido a multidisciplinariedade dos profissionais que lidam com as temáticas tratadas, entendeu-se necessário contextualizar os leitores das demais áreas. Procurou-se ser bastante conciso devido a quantidade dos conceitos e assuntos que se relacionam com a Logística Reversa, Resíduos Sólidos e Sistemas. Indicações nas notas de rodapé e bibliografias sugeridas podem ser consultas para mais entendimentos dos tópicos discutidos.

2.1. PENSAMENTO SISTÊMICO

O primeiro tema que precisa ser abordado neste referencial teórico é o Pensamento Sistêmico⁵, a base conceitual e metodológica para a elaboração da proposta sobre o Sistema Logístico Reverso. A Teoria Geral de Sistemas (TGS) surgiu com os trabalhos do biólogo alemão Ludwig von Bertalanffy, publicados entre 1950 a 1968, que com o tempo foi ganhando outros estudos e abordagens, como a Dinâmica de Sistemas, a utilizada nesta tese.

2.1.1. Sistema

Sistema⁶ pode ser definido como uma agregação ou reunião de objetos coesos em alguma interação regular ou interdependente ou como qualquer grupo de partes que possuem interação, interpelação ou interdependência e de forma complexa e unificada, possuindo uma proposição específica (GORDON, 1969; KIM, 1998). Meadows (2000) e Sterman (2000), simultaneamente, entendem o sistema como “um conjunto de coisas conectadas que produzem o seu próprio padrão de comportamento ao longo do tempo” e “um conjunto de elementos inter-relacionados, interconectados e que formam um todo complexo”.

A ideia de sistema envolve o princípio de o estudo de qualquer elemento deve ser acompanhado de sua interação com outras variáveis envolvidas num determinado processo, não bastando apenas entender os elementos, na maioria das vezes de naturezas diferentes (EMERY, 1972).

⁵ Do inglês: *Systems Thinking*.

⁶ A origem da palavra sistema é “*systema*”, derivada de “*syn*”, que significa, “juntamente”, “conjuntamente”, “ao mesmo tempo”, e “*hystema*”, que significa “estabelecer”. Assim, “sistema” literalmente significa “estabelecer conjuntos”.

Um sistema é composto por elementos, interconexões e propósitos. As interconexões são os relacionamentos que mantêm os elementos unidos, podendo ser fluxos físicos ou de informações (MEADOWS, 2000). De acordo com a definição de Bertalanffy (2010), segundo o qual o sistema é conjunto de unidades reciprocamente relacionadas, decorre outros dois conceitos que retratam duas características básicas de um sistema: o de objetivo e o de totalidade. Já Berrien (1968) acrescenta que a TGS se fundamenta em três premissas básicas: os sistemas existem dentro de sistemas (cada sistema encontra-se dentro de outros sistemas); os sistemas são abertos (cada sistema recebe e fornece algo aos outros sistemas, processo de intercâmbio com o seu ambiente); as funções de um sistema dependem de sua estrutura (relaciona-se com a forma das interações que mantêm os elementos do conjunto).

O termo sistema é empregado no sentido de sistema total (representado por todos os componentes e relações necessários para a realização de um objetivo). Esses componentes necessários para a operação são chamados de subsistemas, que por sua vez são formados pela reunião de novos subsistemas, mais detalhados. Desse modo, os subsistemas são parte do todo que demonstram uma certa riqueza de intercomunicação que os distinguem das outras partes do sistema como um todo, mas que são partes do sistema maior. A Tabela 2.1 resume as principais características dos sistemas, de acordo com Sterman (2000) e Mohapatra *et al.* (1994).

2.1.1.1 Ambiente e parâmetros dos sistemas

Todo sistema, seja fechado ou aberto, existe dentro de um ambiente e são por elas condicionadas, isto é, não há sistemas fora de um meio específico. O ambiente é o meio externo que envolve todo sistema - o conjunto de todos os outros sistemas, dentro de um limite específico, que possam ter alguma influência sobre a operação do sistema. Esse conjunto de fatores que não pertencem ao sistema pode influenciar o sistema e receber influências, mudanças ou alterações.

Se o sistema é fechado ele tem poucas relações com o ambiente e o seu comportamento é determinístico, já que as interações são restritas e podem ser conhecidas e previsíveis. Se o sistema é aberto ele tem muitas relações e interações com o ambiente, suas fronteiras são permeáveis e por isso tem um comportamento probabilístico. Nesse tipo de sistema as partes estão em constantes interação, o que ressalta a interdependência das partes, constituindo um todo sinérgico - o todo é maior que a soma das suas partes (BERTALANFFY, 2010).

Tabela 2.1: Características dos sistemas

	Sterman (2000)	Mohapatra et al (1994)
Complexidade	- A complexidade dos sistemas pode superar a capacidade de entendê-los, pois existe dificuldade de entender as relações entre causa e efeito, ainda mais quando há distância temporal entre uma coisa e outra.	- Um sistema é um agrupamento complexo de humanos e de máquinas. - O sistema que está sendo estudado, usualmente, formará parte de uma hierarquia de tais sistemas. O sistema superior é muito importante e exerce considerável influência no sistema abaixo dele;
Respostas	- As respostas de curto prazo de um sistema a uma intervenção podem diferir substancialmente das respostas de longo prazo - ações de curto prazo podem trazer benefícios iniciais e malefícios de longo prazo, e vice-versa.	- Os sistemas abertos são complexos e respondem a muitas variáveis que não são totalmente compreensíveis.
Comportamento	- O comportamento de sistemas pode ser contra-intuitivo, isto é, o resultado de uma ação realizada pode trazer resultados opostos aos esperados.	- Comportamento probabilístico e não determinístico, pois seu comportamento nunca é totalmente compreensível.
Estrutura	- A estrutura interna do sistema determina o seu comportamento: a forma como os diversos subsistemas estão ligados determina como o sistema se comportará.	- Um sistema pode estar formado de subsistemas, a quantidade de detalhes dos subsistemas depende do problema que está sendo estudado. Os diagramas de fluxo dão a descrição de um caminho para o real entendimento desses subsistemas;
Estado	- O estado atual de um sistema depende dos estados anteriores, ou seja, as ações tomadas no passado podem influenciar o estado atual do sistema.	- As saídas de um dado subsistema proporcionam a entrada de outros subsistemas. Assim, um subsistema interage com outro subsistema e, portanto, não podem ser estudados isoladamente.
Funcionamento	- Os sistemas são dinâmicos, isto é, mudam de estado com o tempo. - Os sistemas são altamente acoplados, pois as partes estão conectadas entre si e interagem fortemente. - Os sistemas são governados por retroalimentação e isso faz com que as ações tomadas por um agente têm repercussões que podem influenciar aquele que as tomou. - Não linearidade pode estar presente nos sistemas, o que pode fazer que o efeito seja desproporcional à causa.	- Para funcionar, o sistema deve ter um objetivo, mas este objetivo é também influenciado pelos demais sistemas do qual ele forma parte. Normalmente, os sistemas possuem múltiplos objetivos que estão em conflito um com o outro; assim, é requerido um objetivo geral que afete os compromissos entre esses objetivos conflitantes. - Para funcionar com a máxima eficiência, um sistema deve ser projetado de tal forma que seja capaz de alcançar seu objetivo geral da melhor forma possível.

Fonte: Elaborado pelo autor com base no Sterman (2000) e Mohapatra et al (1994)

O sistema se caracteriza por determinados parâmetros, que são constantes arbitrárias que se distinguem, por suas propriedades, o valor e a descrição dimensional de um sistema ou de uma parte (subsistema) do sistema. Segundo Bertalanffy (2010), os parâmetros dos sistemas são a Entrada ou insumo (*input*); Saída, produto ou resultado (*output*); processamento ou transformador (*throughput*); Retroação, retroalimentação ou retroinformação (*Feedback*) e Ambiente, como ilustrada na Figura 2.1.

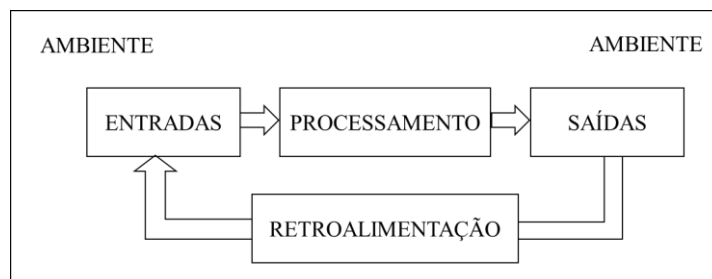


Figura 2.1: Parâmetros dos sistemas

Fonte: Adaptado de Bertalanffy (2010)

As entradas são os recursos ou insumos que o sistema recebe de fora para poder operar, como matérias-primas, recursos humanos, informação etc. Já o processamento ou transformação muda os elementos de entrada em elementos de saída; estes que são os resultados desse processo de conversão do sistema, servindo como ponto de contato do sistema com o ambiente externo. Lembrando que para o atingimento dos resultados ou objetivos é necessário o envolvimento da administração, agentes e tomadores de decisões no processamento. A partir da transformação decorre a ideia de processos - várias atividades realizadas dentro do sistema. Já o estado da operação, que pode ser dinâmico ou estável, é caracterizado pela rede de relações entre os elementos do sistema. O que se espera é que essas relações produzam um efeito maior do que a soma dos elementos do sistema se considerados separadamente - sinergia. Por lado, quer se evitar o efeito da entropia - perda da energia que leva a desorganização do sistema (BERTALANFFY, 2010).

Por último, a retroalimentação, retroação ou *feedback* constitui a função do sistema que compara a saída com um padrão ou critério previamente estabelecido, o que permite o acompanhamento e a correção das diferenças entre saídas e os critérios para o controle. Para que um sistema de retroação funcione este precisa receber informações quanto a posição do objetivo a ser alcançado; sua distância em relação ao objetivo; alterações dessa distância, produzidas por sua própria ação e posteriores mudanças em relação à sua própria posição. Já o *feedback* constitui também a comunicação de retorno para regulamentar a entrada de modo que a saída se aproxime do padrão estabelecido, a homeostasia do sistema - equilíbrio dinâmico obtido pela autorregulação. Esse autocontrole é obtido pelo *feedback* positivo, quando a saída amplifica e reforça a entrada ou negativo, quando a saída diminui e inibe a entrada (BERTALANFFY, 2010).

Portanto, o pensamento sistêmico é a habilidade de ver o mundo como um sistema complexo, em que tudo está conectado a tudo (Sterman, 2000). Segundo Senge (1990, p. 99):

“O pensamento sistêmico é uma disciplina para ver o todo. É um quadro referencial para ver inter-relacionamentos, ao invés de eventos; para ver os padrões de mudanças ao invés de ‘fotos instantâneas’... Hoje, o pensamento sistêmico é mais necessário do que nunca, pois nos tornamos cada vez mais desamparados diante de tanta complexidade”.

Esse quadro de complexidade tem sido estudado sob a perspectiva de Dinâmica de Sistemas⁷, uma metodologia que permite a elaboração de modelos de simulação que traduz os problemas analisados por meio do pensamento sistêmico e que contém variáveis complexas que se interagem de forma dinâmico e não linear. O tópico a seguir discorre brevemente sobre DS.

2.1.2. Dinâmica de Sistemas

A Metodologia *System Dynamics* foi desenvolvida durante a década de 1950 pelo engenheiro Jay Forrester, do Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) e pode ser definido como um conjunto de ferramentas conceituais que permite compreender a estrutura e a dinâmica dos sistemas complexos, sendo também uma técnica rigorosa de modelagem que possibilita a construção de simulações computadorizadas desses sistemas, para desenhar políticas mais efetivas (STERMAN, 2000). Ou seja, DS permite a modelação de situações que envolvem processos decisórios complexos, como é o caso da gestão integrada dos RS, possibilitando a construção de simuladores gerenciais, o que permite aos gestores analisar cenários e o comportamento do sistema. Quanto às características da DS, Kirkwood (1998), apresenta a existência de quatro níveis hierárquicos na estrutura de um sistema dinâmico (Tabela 2.2).

As estruturas sistêmicas, física ou intangível, identificam as variáveis que interferem na formação do processo sistêmico e a relação entre as variáveis. Quanto a definição sobre uma estrutura de sistemas, devem-se generalizar os eventos específicos associados a um determinado problema, para a avaliação dos padrões de comportamento que caracterizam a situação, já que uma vez identificados tais padrões, pode-se analisar a estrutura do sistema que leva ao determinado padrão (KIRKWOOD, 1998).

⁷ Do inglês: *System Dynamics* (SD).

Sterman (2000) coloca que os elementos que determinam a dinâmica são processos de feedback, estruturas de estoques e de fluxo, atrasos de tempo (*time delay*) e não-linearidade. O próximo tópico discorre sobre esses elementos, só que encaixados nas duas ferramentas a serem utilizadas no desenho da proposta:

Tabela 2.2: Características de DS

Nível	Característica	
1	Limite	O limite é fechado, o que não significa que as funções de sistemas não possuam integração com o ambiente externo, mas que os elementos importantes, que criam as causas e efeitos do comportamento, estão dentro do limite.
2	Feedback	O laço de realimentação como o componente de sistema básico: o comportamento do sistema é determinado pela estrutura dos laços de realimentação dentro de um limite fechado; as estruturas de realimentação são responsáveis pelas mudanças existentes com o passar do tempo, resultando em um comportamento de acordo com sua estrutura interna (dentro o limite fechado) ao invés dos elementos externos.
3	Níveis e taxas	Em um sistema existem níveis e taxas. Níveis podem ser descritos como estoques que armazenam a quantia de um elemento (por exemplo; número de empregados, horas extras). Taxas são as quantias relativas dos níveis que aumentam ou diminuem.
4	Metas	Metas são condições observadas, as discrepâncias entre elas e ações desejadas. A meta é o nível que o sistema está tendendo a alcançar, condições mostram o status atual do sistema. A discrepância entre os estados conduz a uma ação desejada para fechar a abertura entre a meta e as condições observadas.

Fonte: Elaborado de acordo com Kirkwood (1998)

2.1.2.1. Ferramentas para modelagem de sistemas dinâmicos

Este tópico abordará as duas ferramentas comumente usadas para modelar sistemas, com base nos trabalhos de Forrester (1961) e que vem sendo aperfeiçoadas por pesquisadores da MIT, como Sterman (2000).

2.1.2.1.1. Diagrama de Laço Causal

A dinâmica de todo sistema emerge da interação das redes de *feedbacks* ou laços de realimentação, que são as relações causais entre as variáveis ou componentes do sistema. No DLC, esses enlaces entre essas variáveis são representados por um conjunto circular de causas interconectadas que, em decorrência da sua estrutura e atividades, produzem certos comportamentos. Considerados os blocos de construção dos sistemas e o fundamento da DS (FORRESTER, 1971), os *feedbacks*, positivos e negativos, são acoplados uns aos outros com múltiplos atrasos, não linearidades e acumulações. O *feedback* positivo (+) tende a reforçar ou amplificar (R) o que está acontecendo no sistema, o negativo (-) ou balanceador (B), que contém e se opõe à mudança, busca o equilíbrio (STERMAN, 2000). A Figura 2.2, ilustra um mapa sistêmico, com os elementos básicos de um DLC.

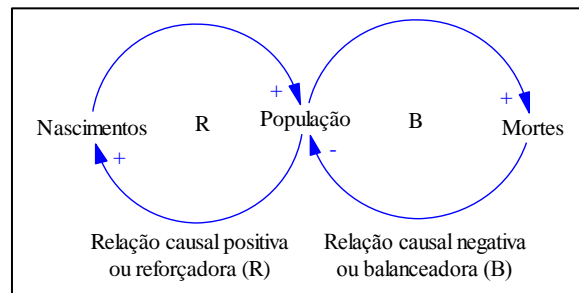


Figura 2.2: Relação de causalidade negativa e positiva

Fonte: Adaptado de Sterman (2000)

Percebe-se que as relações causais ou relações de causalidade são utilizadas para mostrar o relacionamento entre duas variáveis ou fatores que operam em um sistema. A causa e o seu efeito são representados graficamente por uma seta e um sinal, apresentando dois tipos de relações de causalidade: positiva (+) e negativa (-) (AMARAL, 2012).

Considerando duas variáveis (X e Y), tem-se que (1) se a relação causal é diretamente proporcional, quando X aumenta, Y aumenta ou quando X diminui, Y diminui, a seta, no final, terá um sinal positivo; (2) se a relação é inversamente proporcional, quando X aumenta, Y diminui ou quando X diminui, Y aumenta, a seta terá um sinal negativo.

Uma relação causal positiva (+) indica que se ocorrer um aumento na causa o efeito também acrescentará acima do que aumentaria caso tal aumento não ocorresse e vice-versa. Ou seja, se ocorrer um decréscimo na causa o efeito também diminuirá abaixo do que diminuiria caso tal decréscimo não ocorresse (STERMAN, 2000). No exemplo, a relação entre as variáveis nascimentos e população apresenta uma relação causal positiva, pois quanto maior for o número de nascimentos, maior será a população e, de igual modo, quanto maior for a população, maior será o número de nascimentos - relação diretamente proporcional.

Considerando as variáveis população e mortes, percebe-se uma relação inversamente proporcional, onde a relação de causalidade é negativa, pois quanto maior for o número da população, maior será o número de mortes (relação positiva) e quanto maior for o número de mortes, menor será o número da população (relação negativa). Ou seja, uma relação causal negativa (-) indica que se ocorrer um aumento na causa, o efeito diminuirá abaixo do que diminuiria caso tal aumento não ocorresse e vice-versa (STERMAN, 2000).

Além do feedback positivo e negativo, o sistema pode apresentar um comportamento irregular - oscilação - onde as variáveis se movem para cima e para baixo. Quando ocorrem atrasos na percepção do estado do sistema, provocados por *feedback* negativo, os movimentos para a aproximação da meta são maiores do que o necessário e o estado do sistema oscila em torno do seu objetivo (COYLE, 1977).

Ainda no exemplo, percebe-se dois ciclos de realimentação: positivo (R) e negativo (B). Os ciclos positivos (relação entre nascimentos e população) são as estruturas básicas responsáveis pelo crescimento exponencial e os ciclos negativos (relação entre população e mortes) representam ações que levam à estabilização de um sistema, à busca por uma meta. Estes surgem sempre que há uma diferença entre um estado que se quer alcançar, o estado desejado e o estado atual. Essa diferença faz com que ações sejam tomadas de modo a reduzir a discrepância e atingir o estado desejado. Para identificar se um ciclo é positivo ou negativo, a regra é escolher uma variável qualquer do ciclo e imaginar que ela sofra uma variação e analisar o que ocorre nas demais variáveis. Se a consequência final levar a uma variação na variável inicial no mesmo sentido que o estipulado inicialmente o ciclo é positivo. Caso contrário (variações em sentidos opostos) o ciclo é negativo (AMARAL, 2012).

2.1.2.1.2. Diagrama de Fluxo e Estoques

Para uma análise quantitativa, representação matemática das relações causais entre as variáveis de um modelo de DS, utiliza-se os DFE, que é formado por seis elementos básicos, como mostrado na Tabela 2.3.

A Figura 2.3 ilustra esses componentes do DFE, onde os fluxos, controlados pelos auxiliares, acumulam-se em estoques, que por sua vez tem uma fonte de saída:

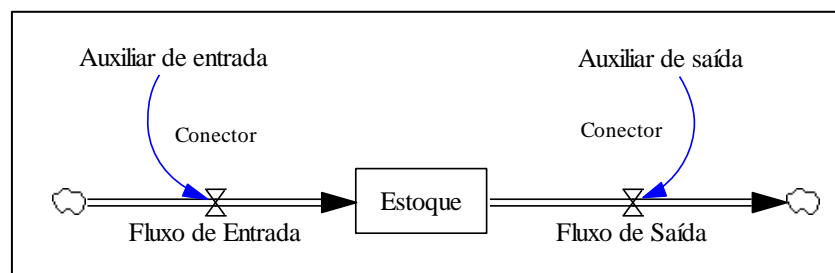








Figura 2.3: Representação de um DFE

Fonte: elaborado a partir dos autores já citados em DS

Tabela 2.3: Principais componentes do DFE

Elementos	Representação	Definição
Estoques		Estoques, <i>stocks</i> ou níveis, representam algo ou recurso, contado ou medido, que se armazena ao longo do tempo, podendo ser bens tangíveis, como materiais ou bens intangíveis como informações e conhecimentos. Essas variáveis de estados resultam das ações do sistema e apresentam como o sistema está em um dado instante. Portanto, estoque é uma dependência matemática (diferença) dos fluxos de entrada e saída.
Fluxos		Os fluxos, <i>flows</i> , por sua vez, representam variáveis de ação que podem causar variação nos estoques, fazendo com que eles aumentem ou diminuam; eles enchem ou esvaziam os estoques; são as funções de decisão do sistema.
Válvulas		Os fluxos, representados por setas ou canos, contém torneiras ou válvulas, que controlam os fluxos da mesma forma que as torneiras ou registros controlam o volume de água que entra em um recipiente.
Auxiliares		Os auxiliares, conversores ou constantes são variáveis auxiliares de fluxo e apresentam as taxas que modificam e emprestam valores para os fluxos. Esses componentes servem para formular os dados que definem as equações dos fluxos através de operações algébricas; processam informações a respeito dos estoques, fluxos e outros auxiliares, fontes de informação externas ao sistema.
Conectores		Os conectores representam as interações entre todos os componentes do sistema e a passagem de informações entre as variáveis; são <i>links</i> de informação que descrevem a relação entre estoques, fluxos e auxiliares.
Nuvens		As nuvens, colocadas no início e final de cada fluxo, representam as fontes e o destino final quando estão fora dos limites do sistema em análise e que não estão sendo consideradas.

Fonte: Elaborado a partir dos autores já citados em DS

Matematicamente pode-se dizer que estoque faz uma integração (AMARAL, 2012):

$$\text{Estoque} = \text{integral} (\text{Fluxo de entrada} - \text{fluxo de saída} + \text{valor inicial do estoque}) \quad (2.1)$$

Holger-Pfaender (2006) apresenta essa formulação matemática da seguinte forma:

$$st = \int_{t_0}^t (Fe - Fs)dt + St - 1 \quad (2.2)$$

Onde:

St: valor do estoque no tempo t;

Fe: soma dos fluxos de entrada;

Fs: soma dos fluxos de saída;

Dt: diferencial tempo.

Ainda para o autor, um fluxo é apresentado como:

$$\frac{d}{dt} f(t) = g(X1, X2, X3, \dots, Xn, t) \quad (2.3)$$

Onde:

$\frac{d}{dt} f(t)$: taxa de mudança por unidade de tempo;

g: função que descreve o fluxo;

X1: variáveis independentes;

t: variável tempo.

No DFE, os ciclos de realimentação ocorrem quando uma alteração no estoque vem a alterar o fluxo de entrada ou de saída do mesmo estoque (MEADOWS, 2000). E quaisquer mudanças que ocorrem nos estoques, devido à ação dos fluxos, demandam certo tempo, pois não são instantâneas. Esses atrasos são chamados de *Delays* na DS - atrasos ou esperas que fazem com que uma ação ou decisão possa produzir efeitos diferentes no tempo e no espaço. Esses efeitos podem não ser percebidos imediatamente na realização de uma ação. Isso remete ao fato de que as decisões podem levar tempo para serem tomadas e quando tomadas levam tempo para surtirem efeitos no sistema (STERMAN, 2000).

2.1.2.2. Estudos sobre dinâmica de sistemas aplicado aos resíduos sólidos

Viu-se que a vida humana em sociedade está organizada ao redor de sistemas complexos nos quais a sobrevivência e o bem-estar dos indivíduos envolvem um conjunto, também complexo, de atividades, interações e atores. Por isso, os estudos que utilizam DS buscam compreender melhor o comportamento dinâmico dos problemas, onde as diversas variáveis não apresentam uma linearidade nas suas interações. Ou seja, DS permite uma análise melhor das relações de causa e efeito, bem como dos efeitos de feedback.

Quando a questão se trata de resíduos sólidos, essa base conceitual ganha ainda mais dinâmica, pois a geração e gestão dos resíduos envolvem diversos atores, fontes geradoras, causas, efeitos e áreas como político, econômico, social e ambiental. Mostrar-se-á no capítulo 2.3 que o entendimento e gestão da LR e dos RS demandam um olhar sistêmico, pois se trata de um sistema complexo e multidimensional.

O leque de produtos que atualmente existe no mercado é inúmero, com características e composições diferentes, uns mais complexos que outros. Tem-se desde a mais simples agulha de costurar até a complexidade de um avião. Além disso, tem-se as peças de reposição e insumos que abastecem determinados equipamentos, máquinas e veículos e que os mantêm em funcionamento. Produtos dos mais diversificados para todos os setores da economia. Uma vez finalizado o ciclo de vida desses produtos ou consumidos, eles ou partes deles são descartados. Assim, também as embalagens de proteção desses produtos. Somado a essa série de produtos pós-consumos existem os resíduos sólidos húmidos ou orgânicos. A literatura sobre resíduos sólidos consolidou uma classificação para todos esses tipos de produtos em função dos materiais que o compõem.

A DS tem sido explorada por parte da comunidade acadêmica nos estudos relacionados aos RS, utilizando-se tanto da abordagem qualitativa quanto quantitativa. A escolha pelo uso da DS tem sido relacionada à capacidade de interação dinâmica entre as variáveis que compõem uma gestão integrada de RS, possibilitando um entendimento da relação causa-efeito e os elementos que influem a geração, gestão e destinação, permitindo que se possa estabelecer uma projeção de cenários e tomada de decisão. Os estudos utilizados nesta tese buscaram retratar os modelos dos sistemas de modo dinâmicos, holísticos, buscando integrar as diversas variáveis. A Tabela 2.4 apresenta exemplo de estudos (artigos e teses) encontrados.

Tabela 2.4: Estudos sobre DS aplicado aos RS

Nº	Estudo	Autor (es)	Software
1	Modeling of urban solid waste management system: the case of Dhaka city	Sufian e Bala (2006)	Stella
2	A dynamic model for assessing the effects of management strategies of the reduction of construction and demolition waste	Yuan et all (2012)	Ithink
3	Simulação baseada em System Dynamics para avaliação de cenários sobre geração e disposição de resíduos sólidos urbanos	Simonetto et al (2014)	Vensim
4	Tomada de decisão em redes logísticas de reciclagem de materiais através da Dinâmica de Sistemas	Matos, A. (2012)	Powersim
5	A model for cost–benefit analysis of construction and demolition waste management throughout the waste chain	Yuan H.P. et al (2012)	iThink
6	A system dynamics model for determining the waste disposal charging fee in construction	Yuan, H. e Wangb, J. (2014)	Vensim
7	A system dynamics approach for healthcare waste management: a case study in Istanbul Metropolitan City, Turkey	Ciplak, N., J. R (2012)	Vensim
8	A system dynamics model for evaluating the alternative of type in construction and demolition waste recycling center – The case of Chongqing, China	W. Zhaoa,, H. Rena, V.S. Rotterb (2011)	Stella
9	Application of system dynamics and fuzzy logic to forecasting of municipal solid waste	Karavezyris, et al. (2002)	iThink
10	System dynamics model for hospital waste characterization and generation in developing countries	Eleyan I, D. et al (2013)	Stella
11	Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling	Dyson, B e Chang, N (2005)	Stella

Fonte: Elaborado pelo autor

2.2. LOGÍSTICA REVERSA

Antes de falar da LR, é necessário discorrer, mesmo que rapidamente, sobre os conceitos da logística direta, base do reverso e que será útil para a inserção conceitual das diversas cadeias de resíduos sólidos no ciclo reverso a ser apresentado. Ambas as logísticas são fases da logística empresarial (VALLE; DE SOUZA, 2014). Entretanto, Tibben-Lembke (2002) enfatiza que existem diferenças claras entre o fluxo logístico direto e o reverso. Assim, elas merecem ser conceituadas e compreendidas distintamente. Por outro lado, entende-se que uma reflexão

conjunta, dessas duas vertentes da logística, permite compreender o desdobramento de muitas soluções e problemas ligados aos RS. Além do fato de que quando uma empresa aplica os conceitos de logística direta junto com os de logística reversa ela pode obter certas vantagens.

2.2.1. De logística direta para reversa

A evolução conceitual da logística acompanhou as diversas mudanças tecnológicas, financeiras, econômicas, sociais e ambientais que se deram no mundo globalizado. Atualmente os conceitos de logística não são mais os mesmos de décadas passadas e a academia, em nível nacional e internacional, vem discutindo todos esses conceitos. Portanto, as necessidades do tempo moldaram as funções logísticas e, conseqüentemente, os seus conceitos (BALLOU, 2006).

2.2.1.1. Definindo logística empresarial

Ao longo da revisão bibliográfica, percebeu-se que alguns autores - como Ballou (2007), Novaes (2010), Fleury *et al.* (2000) - ao definirem o termo fazem uso, total ou parcial, da definição apresentada pelo *Council of Logistic Management - CLM* (1991), atual *Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP)*:

“Logística é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender as exigências dos clientes” (BALLOU, 2007 *apud* CLM, s.d.; CSCMP, 2013).

Seguindo esta definição, Ballou (2007, p. 17) entende que, por um lado, esse “propósito de atender as exigências dos clientes” deve “diminuir o hiato entre a produção e a demanda, de modo que os consumidores tenham bens e serviços quando e onde quiserem, e na condição física que desejarem”; por outro lado, ele deve traduzir também em um custo adequado, pois a logística empresarial:

“trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável” (BALLOU, 2007, p. 17).

Ou seja, a logística empresarial preocupa em dispor eficaz e eficientemente o produto ao consumidor final, o que também segundo Christopher (2007), envolve a preocupação com: o

suporte à produção, através da disponibilização de matérias-primas no lugar e momento necessários; à distribuição dos produtos acabados aos pontos de venda, que geralmente estão mais próximos aos clientes; e à integração de todas estas atividades, com vistas à redução de custos e melhoria da eficiência, através de uma aproximação com os fornecedores e clientes; “de tal modo que a lucratividade atual e futura seja maximizada mediante a entrega de encomendas como o menor custo associado” (CHRISTOPHER, 2007, p. 3).

2.2.1.2. Pensamento sistêmico nas atividades produtivas e logísticas

De acordo com Hopeman (1977, p. 17), “o conceito de sistemas pode ser utilizado numa organização em vários níveis”. Na verdade, a própria organização pode ser entendida como um sistema. Stoner (1985, p. 265) define a organização “como um sistema aberto e dinâmico”; “uma entidade caracterizada por um contínuo processo de insumo, transformação e produto”. Tratando ainda do modelo sistêmico da organização, Hopeman (1977, p. 21 e 23) considera “a empresa como uma série de rede de fluxo”, que desdobra em subsistemas, dentre eles o da logística, este “projetado para coordenar as funções de transportes dos vendedores para a empresa e da empresa para os clientes. Ele coordena também a função de manipulação de materiais dentro da empresa”.

Como se percebe, a definição da organização enquanto sistema encaixa-se aos subsistemas organizacionais, que apesar de processos diferentes têm o mesmo propósito - atingir os objetivos da organização. Assim sendo, o subsistema da logística, associada inicialmente a função produção, pode ser vista sob o mesmo olhar - o sistêmico. A “rede de fluxo” no subsistema da logística, se traduz nas suas atividades. Segundo Fonseca (2009), a Cadeia Logística é composta por três etapas, como se ilustra na Figura 2.4.



Figura 2.4: Cadeia logística

Fonte: Elaborado com base nos autores citados sobre logística

A primeira etapa (Logística de Abastecimento ou Suprimentos) é a parte que gerencia a matéria-prima e os componentes, compreendendo o pedido ao fornecedor, o transporte, a armazenagem e a distribuição. A segunda etapa (Logística Interna ou Produção) é a parte que administra o

estoque do produto semiacabado no processo de fabricação e compreende o fluxo de materiais dentro da fábrica, os armazéns intermediários, o abastecimento do posto de trabalho e a expedição do produto acabado. E a terceira etapa (Logística de Distribuição ou Distribuição física) é a parte que administra a demanda do cliente e os canais de distribuição. A distribuição compreende o estoque do produto acabado, a armazenagem, o transporte e a entrega ao cliente.

Portanto, o papel da logística ou do gerenciamento da cadeia de suprimentos é “a gestão das relações a montante e a jusante com fornecedores e clientes, para entregar mais valor ao cliente, a um custo menor para a cadeia de suprimentos como um todo” (CHRISTOPHER, 2007, 4). O autor exemplifica essa visão holística, exemplificando que uma das metas do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS) poderia ser reduzir ou eliminar os estoques de segurança que existem entre as organizações em uma cadeia por meio do compartilhamento de informação sobre demanda, e dos níveis atuais de estoque.

Nesse caso, “o todo pode ser maior que a soma de suas partes”, o que traduz o pensamento sistêmico no GCS. “O foco do gerenciamento da cadeia de suprimentos objetiva, no gerenciamento de relações, atingir um resultado mais lucrativo para todas as partes da cadeia”. Com o olhar voltado para administração da produção e operações, Slack, Chambers e Johnston (2009) apresentam o processo de insumo, transformação e produto da seguinte maneira:

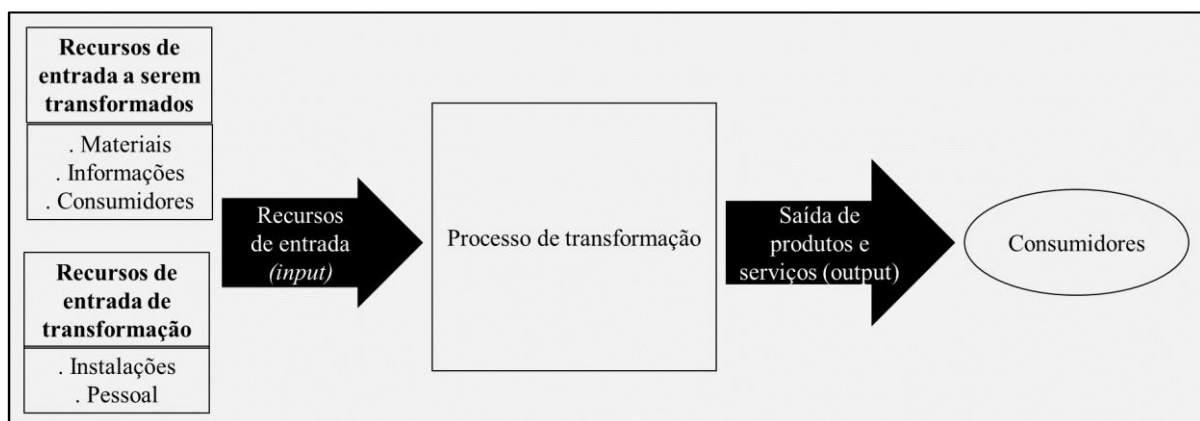


Figura 2.5: Processo de transformação

Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2009, 9)

Para os autores, todas as operações produtivas podem ser vistas conforme esse modelo⁸ *input* – transformação – *output*, diferindo na natureza de entradas e saídas específicos. Os recursos

⁸ Falado de sistemas operacionais, Hopeman (1977) chama-o de “o modelo de fluxo de um sistema”

transformados (materiais; informações e consumidores) são os recursos tratados ou convertidos de alguma forma e que podem sofrer transformações em suas propriedades físicas, ser alteradas de localização e ser estocados. O outro conjunto de inputs agrupa os recursos de transformação, que agem sobre os recursos transformados. São eles instalações (prédios, equipamentos, terrenos e tecnologia) e funcionários (aqueles que, em todos os níveis, operam, mantêm, planejam e administram a produção).

Já os *outputs* podem ser tanto produto (mais tangíveis) quanto serviço (menos tangíveis), ou uma combinação de ambos. No caso de produto ou serviço puro, isto é, exclusivamente tangíveis e intangíveis, os produtos e serviços produzidos nessas circunstâncias são chamados de serviços e produtos facilitadores⁹. Segundo Hopeman (1977, p. 31), associado a esse fluxo está o conceito de feedback e controle. “Da mesma maneira como o projeto de sistema implica em objetivos e plano, assim sua operação bem-sucedida implica em controles”.

2.2.1.3. Tópicos conclusivos sobre o entendimento da logística

A logística empresarial é responsável pelo planejamento, operação e controle de todo o fluxo de mercadorias e informação, desde a fonte fornecedora até a chegada dos produtos aos consumidores, criando uma inter-relação entre os fluxos. É claro que esse é o conceito tradicional, já que as empresas incluíam a simples entrada de matérias-primas ou o fluxo de saída de produtos acabados em sua definição de logística. Mas, com o passar do tempo, o conceito de logística evoluiu em função da dinâmica e demanda dos mercados e negócios, o que reforçou a busca da competitividade e a redução dos custos com a oferta de um ótimo nível de serviço aos clientes.

Hoje, a definição de logística empresarial expandiu-se e inclui todas as formas de movimentos de produtos e informações. Dentro desses movimentos tem-se o fluxo reverso dos produtos de pós-venda e de pós-consumo; agregando assim a ideia da LR, que pode ser definida como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo reverso de peças a serem reparadas, de embalagens, de produtos vendidos e não consumidos, de componentes devolvidos, de produtos para serem remanufaturados, de produtos usados para serem reciclados, entre outras possibilidades. Segundo Ballou (2006, p. 29):

⁹ Mais à frente, ver-se-á que o Serviços de Limpeza Pública, da qual se insere os RSU, os *outputs* se tratam de uma mistura ou fusão de produtos e serviços, na medida que, o município presta o serviço de coleta, que por sua vez, geram um conjunto de produtos que podem ser reaproveitáveis e inseridas novamente na cadeia produtiva.

“Embora seja fácil pensar em logística como sendo simplesmente o gerenciamento do fluxo dos produtos dos pontos de aquisição das matérias-primas até o consumidor final, para muitas empresas existem também um canal logístico reverso que precisa ser igualmente administrado. A vida de um produto, do ponto de vista da logística, não se encerra com a entrega ao consumidor. Produtos tornam-se obsoletos, danificados ou inoperantes e são devolvidos aos seus pontos de origens para conserto ou descarte. Material de embalagem pode ser devolvido à origem devido a imposições de legislação ambiental ou porque sua reutilização faz sentido em termos econômicos. O canal logístico reverso pode usar o canal logístico normal no todo ou em parte, ou, então, exigir um projeto em separado. A cadeia de suprimentos se encerra com o descarte final de um produto. O canal reverso precisa ser considerado como parte do escopo do planejamento e controle logísticos”.

Este fluxo logístico reverso, hoje designado de logística reversa, é o assunto a ser explorado a partir de agora até o final do capítulo 2.2.6.

2.2.2. Definindo Logística Reversa

É consenso entre os autores (LEITE, 2003; ROGERS, 1999; DE BRITO, 2004) que os estudos de LR são recentes, tratados nos anos 70 e 80. A partir dos anos 90 observou-se uma ampliação do escopo da logística devido à redução de ciclo de vida dos produtos, identificação de novas oportunidades competitivas através de custos e de relacionamentos empresariais, defesa de imagem corporativa, aumento de legislações (LEITE, 2009). Nesse sentido o autor coloca:

“Há algumas décadas pouco se falava de retorno de produtos, pois as quantidades e variedades de artigos eram muito menores quando comparadas às atuais. À medida que estas características de mercado foram se alterando, com a globalização e internacionalização dos mercados, com o acirramento da concorrência, a commoditização dos produtos, a necessidade mercadológica de encantar os clientes e fidelizá-los à marca ou à empresa, aumentam significativamente as quantidades e variedades de produtos indo para o mercado” (LEITE, 2009, p. 5).

Esses fenômenos foram tão marcantes na transição de abordagem dentro do campo logístico que o próprio modo de gerir as cadeias logísticas mudou radicalmente, dando o surgimento da LR, uma área da logística empresarial (LEITE, 2009, p. 16 e 17).

Considerando as definições trazidas na Tabela 2.5, percebe-se que, por um lado, LR diz respeito ao fluxo de materiais que voltam à empresa por algum motivo, por outro lado, ele significa todas as operações relacionadas com a reutilização de produtos e materiais.

Tabela 2.5: Definições da LR

Autores	Definição
Stock (1992)	O papel da logística no retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição de materiais, reuso de materiais, disposição de resíduos, reforma, reparação e remanufatura.
Pohlen e Farris (1992)	O movimento de bens desde o consumidor até um produtor em um canal de distribuição.
Kopicky et al. (1993)	É um termo abrangente que se refere ao gerenciamento logístico e descarte de lixo perigoso ou não de embalagens e produtos. Inclui distribuição reversa, o que causa o fluxo oposto da direção normal da logística de bens e informações.
CLM (1993)	O processo de planejamento, implantação e controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e as informações correspondentes do ponto de consumo para o ponto de origem, com o propósito de recapturar o valor ou destiná-lo à sua apropriada disposição.
Revlog (1998)	O processo de planejar, implementar e controlar fluxos de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados, desde uma manufatura ou ponto de distribuição ou uso, para um ponto de recuperação ou ponto de descarte adequado.
Rogers e Tibben-Lembke (1999)	Processo de planejamento, implementação e controle da eficiência, do custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques de processo, produtos acabados e as respectivas informações, desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com o propósito de recapturar valor ou adequar o seu destino.
Leite (2009)	A área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ainda ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valores de diversas natureza: econômico, de prestação de serviços, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, dentre outros.

Fonte: Elaborado com base nos autores citados

A Figura 2.6 apresenta os canais de distribuição diretos e os reversos. Os canais de distribuição diretos são responsáveis pelas diversas etapas que fazem com que os bens a serem consumidos cheguem aos consumidores finais e os canais de distribuição reversos partem no sentido contrário da pós-venda ou do pós-consumo.

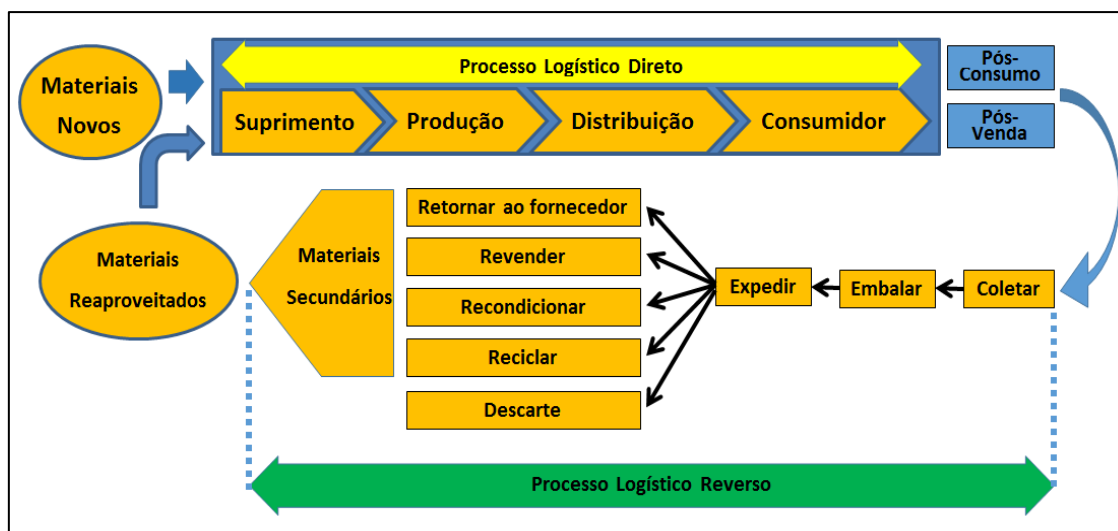


Figura 2.6: Logística direta e logística reversa

Fonte: Lacerda (2002)

Segundo Leite (2009), os canais reversos de reciclagem e remanufatura de alguns materiais e produtos tradicionais como metais em geral e remanufatura de componentes de automóveis são conhecidos há muitos anos, no entanto, os textos com a organização de seu conhecimento são mais recentes:

“Diversos autores referenciaram esses canais reversos como tema de preocupação para o ‘futuro’, dentre eles Ronald H. Ballou, autor do livro *Logística Empresarial*, editado originalmente em 1983, nos estados Unidos, e adotado em vários cursos de logística empresarial em universidades brasileiras. O livro faz referência a esses canais reversos, com foco nos produtos de pós-consumo, referindo-se a uma ‘visão de futuro’ para a logística, daí termos adotado desde a primeira edição o termo ‘canais de distribuição reversos’, que evoluiu para a logística reversa” (LEITE, 2009, p. 6).

Não demorou muito para que aquela “visão de futuro” de Ballou tornasse realidade para outros autores depois dele. A agregação de valor que o fluxo reverso pode gerar apareceu melhor na definição do CLM (1993). A LR “é um amplo termo relacionado às habilidades e atividades envolvidos no gerenciamento de redução, movimentação e disposição de resíduos de produtos e embalagens” (CLM, 1993, p. 323). Essa amplitude do termo apresentada pela CLM (1993) ainda faz sentido. Por exemplo, no Brasil, com o advento da Lei no 2.305/2010, o termo ganhou conotação diferenciada:

“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” (BRASIL, 2010a).

Ou seja, a PNRS estabelece a LR como um dos instrumentos de implementação da responsabilidade compartilhada¹⁰ pelo ciclo de vida dos produtos, viabilizando um conjunto de ações que visam a coleta e a restituição dos produtos e resíduos sólidos remanescentes ao setor empresarial, para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Donier et al. (2000, p. 39) reconheceram a mudança no modo de entender a logística empresarial. A definição dos autores é:

¹⁰ Tópico a ser discutido mais a frente, ver capítulo 2.3.5.7.

“gestão de fluxos entre funções de negócio. A definição atual de logística engloba maior amplitude de fluxos que no passado. Tradicionalmente, as companhias incluíam a simples entrada de matérias-primas ou o fluxo de saída de produtos acabados em sua definição de logística. Hoje, no entanto, essa definição expandiu-se e inclui todas as formas de movimentos de produtos e informações.”

Sobretudo, as definições incluem o elemento agregação de valor. Segundo Novaes (2015)¹¹ a LR cuida dos fluxos de materiais que se iniciam nos pontos de consumo dos produtos e terminam nos pontos de origem, e tem como objetivo recapturar valor ou disposição final. Resumidamente: “a logística reversa, tem como objetivo tornar possível o retorno dos bens ou de seus materiais constituintes ao ciclo produtivo ou de negócios. Agrega valor econômico, de serviço, ecológico, legal, e de localização ao planejar as redes reversas e as respectivas informações e ao operar o fluxo, desde a coleta dos bens de pós-consumo ou de pós-venda, por meio dos processamentos logísticos de consolidação, separação e seleção, até a reintegração ao ciclo” (LEITE, 2009).

A LR surge como uma das principais ferramentas de implantação do desenvolvimento sustentável, absorvendo todas as tradicionais funções da Logística. Ela faz uso de seus diversos meios, para possibilitar o retorno do produto ou parte dele, remetendo a uma visão circular da cadeia produtiva, que é resultante do seu processo produtivo e visa obter ganhos para a organização principalmente de ordem econômica, ecológica e ou legal, de acordo com o propósito da empresa ou que a mesma busca atingir.

“As diversas definições e citações de logística reversa, até o momento, revelam que o conceito ainda está em evolução, e sua amplitude e abrangência dependem do setor em referência, das novas possibilidades de negócio, mais precisamente de sua importância estratégica” (LEITE, 2009, p. 17). Portanto, a LR é uma área recente e a literatura existente está ainda em construção basilar. No entanto, ela se trata de uma área em forte desenvolvimento tanto em termos da sua aplicabilidade quanto aos interesses dos estudiosos nessa área.

2.2.2.1. Comparando o fluxo direto e reverso

Quanto à comparação entre o fluxo direto e reverso, a LR engloba também os processos do fluxo direto; porém de modo inverso, ou seja, os processos de planejamento, implementação e

¹¹ Como o tema vem ganhando destaque, o autor resolveu colocar nessa edição um capítulo falando sobre LR.

controle do fluxo eficiente e de baixo custo de matérias primas, estoque em processo, produto acabado e informações relacionadas, desde o ponto de consumo até o de origem, com o propósito de recuperação de valor ou descarte apropriado para coleta e tratamento dos resíduos. Segundo Tibben-Lembke e Rogers (2002) existem diferenças claras entre o fluxo logístico direto e o reverso.

Tabela 2.6: Diferenças entre logística direta e reversa

LOGÍSTICA DIRETA	LOGÍSTICA REVERSA
Previsão relativamente alinhada	Previsão mais difícil
De um para muitos transportes	De muitos para um transporte
Qualidade do produto uniforme	Qualidade do produto não uniforme
Embalagem do produto uniforme	Embalagem do produto geralmente danificada
Destinação/rota clara	Destinação/rota não clara
Canal padronizado	Orientado pela exceção
Opções de local de disposição claras	Opções de local de disposição não claras
Preço relativamente uniforme	Preço depende de muitos fatores
Gerenciamento de estoques consistente	Gerenciamento de estoque não consistente
Importância da velocidade reconhecida	Velocidade geralmente não é uma prioridade
Custos de distribuição monitorados por sistemas de contabilidade	Custos reversos menos visíveis
Ciclo de vida do produto gerenciável	Questões ligadas a ciclo de vida do produto são mais complexas
Negociação entre os membros do canal são alinhadas	Negociação é complicada por causa de considerações adicionais
Métodos de marketing são bem conhecidos	Marketing é complicado por vários fatores (especialmente canibalização)
Informação em tempo real disponível para rastrear o produto	Visibilidade do processo é menos transparente

Fonte: Tibben-Lembke e Rogers (2002)

Além da direção oposta de fluxo de materiais existem diferenças na estrutura do fluxo de informações. Por exemplo, na Logística direta, previsões de futuras vendas são usadas para projetar futuras necessidades e em cada nível da cadeia, informações antecipadas sobre os carregamentos são lançadas, provendo visibilidade do produto que está chegando. Em contraste, o fluxo reverso é mais reativo e com menos visibilidade. Empresas geralmente não iniciam as atividades da LR com base em planejamento e tomada de decisão, mas sim em resposta a ações de consumidores ou membros à jusante do canal.

2.2.2.2. Canais de distribuição reversos

A LR engloba as diferentes formas e possibilidades de retorno do produto após o contato com o cliente final, do consumidor ao varejista ou ao um intermediário que esteja na cadeia produtiva até o fornecedor primário da cadeia. Como se observa na Figura 2.7, Leite (2002) define duas

grandes categorias de canais de distribuição reversos: as de pós-venda e as de pós-consumo. resume com melhores detalhes o campo da atuação da LR por meio das principais etapas dos fluxos reveros nas duas áreas de atuação, observando-se sua interdependência.

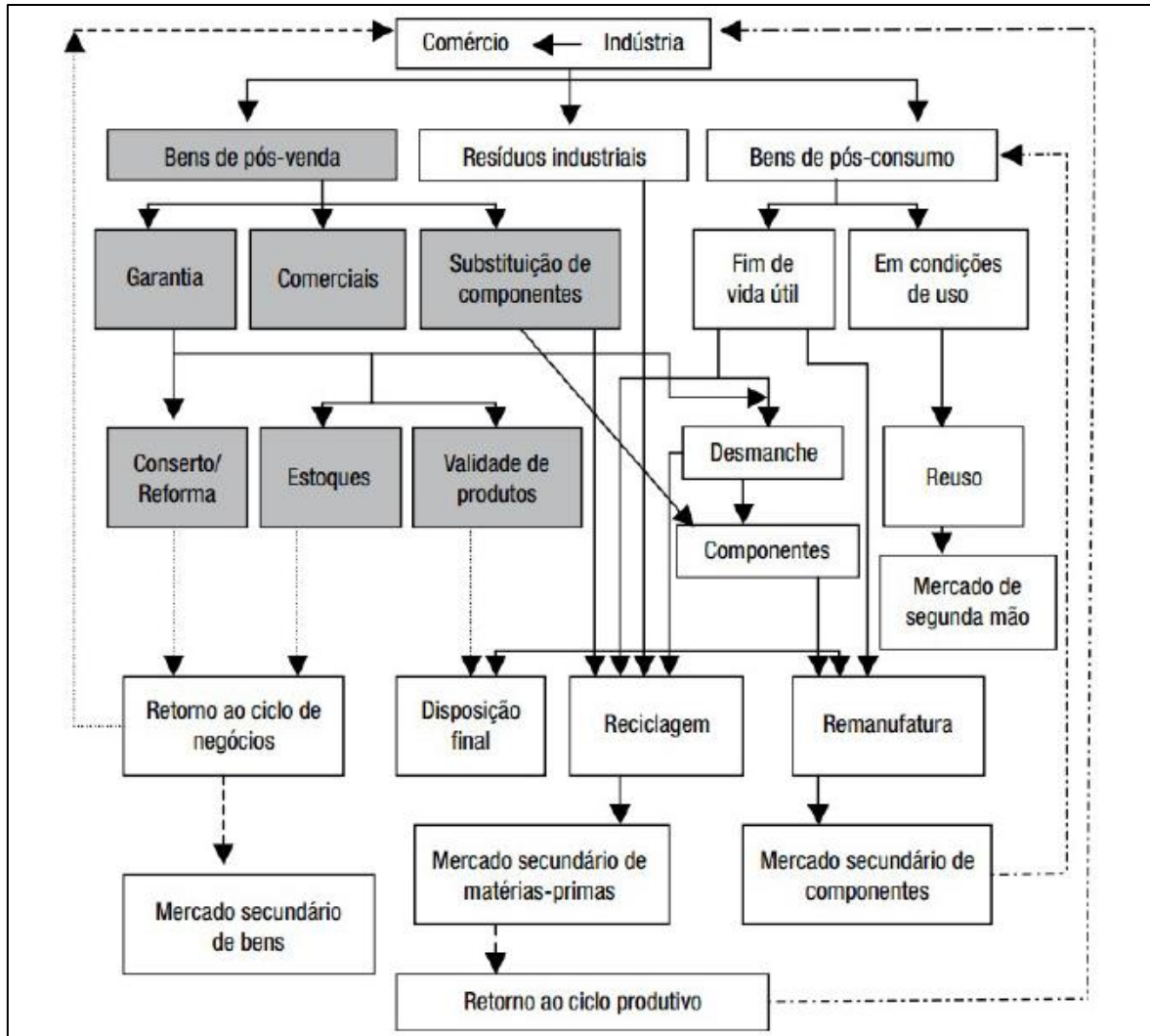


Figura 2.7: Foco de atuação da logística reversa

Fonte: Leite (2002)

A logística reversa de pós-venda se ocupa em equacionar e operacionalizar o fluxo físico e as informações logísticas que estão ligadas aos bens de pós-venda. Esses bens podem voltar sem uso ou com pouco uso, que por diferentes motivos retornam aos diferentes elos da cadeia de distribuição direta, que se constituem de uma parte dos canais reversos pelo qual fluem estes produtos. A finalidade desse canal reverso é agregar valor a um produto logístico que é devolvido por razões comerciais, erros no processamento dos pedidos, defeitos ou falhas de funcionamento no produto, avarias no transporte, entre outros motivos. Este fluxo de retorno se

estabelecerá entre os diversos elos da cadeia de distribuição direta dependendo do objetivo estratégico ou motivo de seu retorno. Segundo Campos (2006), as razões mais frequentes de retorno pós-venda são: inconformidade, defeito, não atendimento das expectativas dos clientes e as razões de pós-consumo são: obsolescência, final de vida útil e destinação final adequada.

Constituem-se bens de pós-consumo os produtos em fim de vida útil ou usado com possibilidade de utilização e resíduos industriais em geral. São bens industriais descartados pela sociedade, que tem ciclos de vida de dias ou até mesmo anos, que após o uso pelo primeiro consumidor, tornam-se produtos de pós-consumo e, se apresentarem condições de utilização, podem destinar-se ao mercado de segunda mão (reuso), sendo comercializados diversas vezes até o fim de sua vida útil.

No caso de bens de pós-consumo descartáveis, havendo condições logísticas, tecnológicas e econômicas, esses produtos são retornados através do canal reverso de reciclagem, onde os materiais constituintes são reaproveitados e se constituirão em matérias-primas secundárias, que retornam ao ciclo produtivo através do mercado correspondente, ou no caso de não haver as condições acima mencionadas, serão destinadas n os aterros sanitários, lixões e incineração com recuperação energética.

Os bens de pós-venda retornam por diferentes motivos e utilizam, em grande parte, os próprios canais de distribuição direta, enquanto que os bens de pós-consumo possuem uma organização própria que dará origem a uma cadeia de suprimento reverso diferente. Esses canais reversos de pós-consumo subdividem-se em canais reversos de reuso de bens duráveis e semiduráveis e de reciclagem de produtos e materiais constituintes.

Portanto, a logística reversa de pós-venda trata do planejamento, do controle e da destinação dos bens sem uso ou com pouco uso, que retornam à cadeia de distribuição por diversos motivos: devoluções por problemas de garantia, avarias no transporte, excesso de estoques, prazo de validade expirado, entre outros. E podem ter seus componentes ou peças reaproveitadas através do desmanche, remanufatura ou ainda ser vendidos no mercado secundário. Já a logística reversa de pós-consumo pode ser vista como a área da LR que trata dos bens no final de sua vida útil, dos bens usados com possibilidade de reutilização por meio da reciclagem e outros processos.

O foco deste trabalho é somente essa segunda área, pois é justamente ela que abrange os resíduos sólidos, os quais são abordados. Ambos precisam de coleta, consolidação, entre outras similaridades que envolvem esses dois processos.

2.2.3. Pensamento sistêmico na logística reversa

A DS possibilita a identificação das relações entre o fluxo direto e o reverso. Já na cadeia reversa, percebe-se a necessidade de entender a interação entre as diversas fases para a reinserção dos produtos pós-consumo no ciclo produtivo.

O ciclo fechado da cadeia de suprimentos (*closed-loop supply chain*) não deve conter apenas a cadeia tradicional de suprimento, mas também a Cadeia de Suprimento Reverso (*Reverse Supply Chain*). Guide e Van Wassenhove (2002) refere essa cadeia reversa como uma série de atividades requeridas para recuperar um produto usado por um consumidor. Desse modo, é perceptível a necessidade de considerar que as Cadeias de Suprimentos Reversas merecem tanta atenção quanto as cadeias de suprimento diretas (BLACKBURN ET AL., 2004). Isto é, o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Reversa (*Reverse Supply Chain Management*), deve enxergar os fluxos, serviços e informações de uma forma integrada, e isso deve manter uma relação sistêmica com a Cadeia Verde de Suprimento (*Green Supply Chain Management*).

Sob a perspectiva de *circular economy* (economia circular) *triple bottom line*, *closed-loop supply chain* (Cadeia de Suprimento em Circuito Fechado) ou *Green Supply Chain Management* (gestão da cadeia de suprimento verde), a gestão das cadeias de suprimentos a jusante e a montante formam um circuito fechado quando são administradas de um modo coordenado. Para Tibben-Lembke (2002) e De Brito et al. (2002) é de extrema importância na fase de desenvolvimento, ser levado em consideração o modo como se dará o descarte ou o reaproveitamento de peças e partes ao final do ciclo.

Como foi colocado pelo Fleischmann, esse interesse pela imagem verde da corporação corrobora a preocupação desses dois autores. Pensar no ciclo de vida do produto como o conceito que se tinha das operações tradicionais da logística, além de perder nessa acirrada concorrência, é assumir complicações legais com as crescentes legislações já existentes. Sendo a rede de LR caracterizada pelo fornecimento de produtos de pós-uso dos consumidores para

as fábricas de recuperação, no sentido contrário ao da cadeia de valor, ela faz parte primordial da rede de recuperação de produtos (FLEISCHMANN et al., 2000).

2.3. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

2.3.1. Definição, classificação e caracterização de resíduos sólidos

A Lei nº 12.305/2010, baseada na norma técnica da ABNT de 1987, define RS como:

“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (Brasil, 2010a).

Outro elemento associado e diferente a essa definição são os rejeitos, definidos pela mesma lei como: “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010a).

2.3.2. Classificação de resíduos sólidos

Há vários tipos de classificação dos RS que se baseiam em determinadas características ou propriedades identificadas e ela é relevante para a escolha da estratégia de gerenciamento mais viável. A classificação mais recorrente é trazida pela norma NBR 10004/1987 que classifica os resíduos sólidos quanto a sua periculosidade, ou seja, característica apresentada pelo resíduo em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, que podem representar potencial de risco à saúde pública e ao meio ambiente. De acordo com sua periculosidade os resíduos sólidos podem ser enquadrados conforme o disposto na Tabela 2.7.

Tabela 2.7: Classificação dos resíduos sólidos quanto à periculosidade

Tipologia de Resíduos Sólidos		Características
Classe I	Perigosos	Pelas suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para o aumento da mortalidade ou apresentarem efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.
Classe II	Não inertes	Incluem-se nesta classe os resíduos potencialmente biodegradáveis ou combustíveis.
Classe III	Inertes	Perfazem esta classe os resíduos considerados inertes e não combustíveis.

Fonte: Elaborado a partir da norma NBR 10004/1987

A Lei nº 12.305/2010, de forma parecida, no seu Artigo 13º faz esta classificação quanto à origem e quanto à periculosidade, como segue na Tabela 2.8 e 2.9.

Tabela 2.8: Classificação dos resíduos sólidos quanto à origem

Tipologia de Resíduos Sólidos		Origem
a)	Resíduos domiciliares	Os originários de atividades domésticas em residências urbanas.
b)	Resíduos de limpeza urbana	Os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.
c)	Resíduos sólidos urbanos	Os englobados nas alíneas “a” e “b”.
d)	Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	Os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”.
e)	Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	Os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”.
f)	Resíduos industriais	Os gerados nos processos produtivos e instalações industriais.
g)	Resíduos de serviços de saúde	Os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS.
h)	Resíduos da construção civil	Os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis.
i)	Resíduos agrossilvopastoris	Os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades.
j)	Resíduos de serviços de transportes	Os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira.
k)	Resíduos de mineração	Os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Fonte: Elaborado com base na Lei nº 12.305/2010

A classificação quanto à periculosidade, segundo a Lei nº 12.305/2010, faz a diferença entre resíduos perigosos e não perigosos.

Tabela 2.9: Classificação dos resíduos quanto à periculosidade

Classificação		Origem
a)	Resíduos perigosos	Aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;
b)	Resíduos não perigosos	Aqueles não enquadrados na alínea “a”.

Fonte: Elaborado a partir da Lei nº 12.305/2010

2.3.3. Caracterização dos resíduos sólidos

A Tabela 2.10 mostra que a análise dos resíduos sólidos pode ser realizada, por exemplo, segundo suas características físicas, químicas e biológicas.

Tabela 2.10: Características dos resíduos sólidos

1			
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			
	Geração per capita	Quantidade em peso de resíduos que cada habitante gera em um dia, mês ou ano.	Kg/hab/dia
	Composição gravimétrica	Percentual de cada componente em relação ao peso total dos resíduos da amostra.	%
1.2	Peso específico aparente	Massa ou densidade absoluta dos resíduos sólidos urbanos em função do volume ocupado por ele. Um valor médio utilizado como referência é de 250 kg/m. Serve para o dimensionamento da frota de coleta, de contêineres e caçambas estacionárias.	Kg/m ³ ; T/m ³
1.4	Teor de umidade	Quantidade relativa de água contida na massa dos resíduos; varia em função de sua composição, das estações e da incidência de chuvas. No Brasil ele varia entre 30 e 40%.	%
1.5	Teor de resíduo seco e orgânico		%
2			
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS			
2.1	Teor de sólidos voláteis		%
2.3	Potencial hidrogeniônico	O pH indica o teor de acidez ou alcalinidade dos resíduos. Em geral, situa-se na faixa de 5 a 7. Indica o grau de corrosividade dos resíduos coletados, servindo para estabelecer o tipo de proteção contra a corrosão a ser usado em veículos, equipamentos, contêineres e caçambas metálicas.	
2.4	Composição Química	Determinação dos teores de cinzas, matéria orgânica, carbono, nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo, enxofre e cloro, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel, gorduras.	%
Tabela 2.15: Características dos resíduos sólidos (continuação)			
	Relação Carbono/ Nitrogênio	A relação C:N indica a degradabilidade e o grau de decomposição da matéria orgânica. Quanto maior esta relação, menos avançado é o estágio de degradação. É fundamental para se estabelecer a qualidade do composto produzido.	%
2.6	Poder calorífico	Capacidade potencial dos resíduos de desprender uma certa quantidade de calor sob condições controladas de combustão. Um resíduo rico em componentes plásticos, por exemplo, tem alto poder calorífico, enquanto que um resíduo rico em matéria orgânica, úmida, tem baixo poder, necessitando, de combustível auxiliar para ser incinerado. O poder calorífico médio do lixo domiciliar se situa na faixa de 5.000kcal/kg.	BTU/lb, kcal/kg
3			
CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS			
3.1	População microbiana, agentes patogênicos, etc. O conhecimento dessas características é fundamental na fabricação de inibidores de cheiro e de aceleradores e retardadores da decomposição da matéria orgânica.		
4			
Outras características			
4.1	Compressividade	É o grau de compactação ou a redução do volume que uma massa de lixo pode sofrer quando submetida a uma pressão determinada. Submetido a uma pressão de 4kg/cm ² , o volume do lixo pode ser reduzido de um terço a um quarto do seu volume original. É importante para o dimensionamento de veículos coletores, estações de transferência com compactação e caçambas compactadoras estacionárias.	
4.2	Frota; pessoal; eficiência dos serviços; custos; gerenciamento existente, etc.		

Fonte: Elaborado com base em NBR 10.004 da ABNT, Penido Monteiro *et al.* (2001) e Obladen *et al.* (2009)

A gravimetria varia em função de fatores, como hábitos de consumo e costumes da população, clima e estação, festividades, poder aquisitivo, atividades econômicas, demografia, nível cultural e educacional, etc. A definição dos componentes da gravimetria depende do que se quer estudar e do setor. Quanto aos RSU, normalmente utiliza-se uma composição simplificada, dividida nas seguintes categorias: matéria orgânica, papel, plástico, metais vidro e outros.

O conhecimento da geração per capita é fundamental para se poder projetar as quantidades de resíduos a coletar e a dispor; dimensionamento de veículos, determinação da taxa de coleta, bem como para o correto dimensionamento de todas as unidades que compõem o sistema (PENIDO MONTEIRO et al., 2001). Já os valores e tipos de resíduos conhecidos na gravimetria são importantes o planejamento e as demais subsistemas de gerenciamento, pois qualquer que seja a sua caracterização e o conhecimento dos aspectos relativos à sua produção são elementos importantes para o planejamento correto dos serviços de limpeza pública, em todas as suas etapas. A determinação da composição física serve para mostrar as potencialidades econômicas dos RSU, e avaliar todos os tipos de materiais recicláveis, bem como sua quantidade, obtendo-se, dessa forma, um perfil dos mesmos, fornecendo informações para a escolha do melhor e mais adequado sistema de tratamento e disposição final (OBLADEN *et al.*, 2009).

2.3.4. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos

O Brasil dispõe de uma legislação ampla (leis, decretos, portarias, etc.) que visam equacionar o problema de resíduos sólidos. Sem sombra de dúvidas, a legislação mais importante nessa matéria é a Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. A Tabela 2.11 mostra a composição da lei.

Tabela 2.11: Composição da Lei nº 12.305/2010

TÍTULO I – DISPOSIÇÕES GERAIS		
Capítulo I	Do objeto e do campo de aplicação	Art. 1º ao Art. 2º
Capítulo II	Definições	Art. 3º
TÍTULO II – DA POLÍTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS		
Capítulo I	Disposições gerais	Art. 4º ao Art. 5º
Capítulo II	Dos princípios e objetivos	Art. 6º ao Art. 7º
Capítulo III	Dos instrumentos	Art. 8º
TÍTULO III – DAS DIRETRIZES APLICÁVEIS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS		
Capítulo I	Disposições preliminares	Art. 9º ao Art. 13º
Capítulo II	Dos planos de resíduos sólidos	Art. 14º ao Art. 24º
Seção I	Disposições Gerais	Art. 14º
Seção II	Do plano nacional de resíduos sólidos	Art. 15º
Seção III	Dos planos estaduais de resíduos sólidos	Art. 16º ao Art. 17º
Seção IV	Dos planos municipais de gestão integrada de res. sól.	Art. 18º ao Art. 19º
Seção V	Do plano de gerenciamento de resíduos sólidos	Art. 20º ao Art. 24º
Capítulo III	Das responsabilidades dos geradores e do poder público	Art. 25º ao Art. 36º
Seção I	Disposições Gerais	Art. 25º ao Art. 29º
Seção II	Da responsabilidade compartilhada	Art. 30º ao Art. 36º
Capítulo IV	Dos resíduos perigosos	Art. 37º ao Art. 41º
Capítulo V	Dos instrumentos econômicos	Art. 42º ao Art. 46º
Capítulo VI	Das proibições	Art. 47º ao Art. 49º
TÍTULO IV – DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS E FINAIS		
-	-	Art. 50º ao Art. 57º

Fonte: Elaborado pelo autor com base na Lei 12.305/2010

Dando seguimento aos modelos de gestão de países desenvolvidos, ela visa orientar uma nova sistemática na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, onde um dos maiores objetivos é o fechamento dos lixões e reinserção dos produtos pós-consumo, por categoria, no respectivo ciclo produtivo, por meio do tratamento e valorização.

Os resíduos envolvem diversas atividades humanas e os geradores são muitos, por isso a solução dos problemas demanda várias linhas de ação e devem incluir todos os geradores e envolvidos no processo. Por isso, logo no seu primeiro artigo, § 1º, a lei já começa por elencar quem são os *stakeholders* base da PNRS:

“Estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos” (BRASIL, 2010a).

Já em termos de competência, o Art. 10º, coloca que incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, sem prejuízo das competências desses órgãos federais e estaduais de controle e fiscalização, bem como da responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos. Ou seja, as unidades da federação aparecem também como atores preponderantes no processo de gestão dos resíduos sólidos (Tabela 2.12).

Tabela 2.12 Atores da PNRS

Stakeholders		Papel ou Competência	Artigo
Tipos geradores	Pessoas físicas	. Acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados; . “Disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução.”	Art. 35º
	Pessoas jurídicas	. Responsabilidade compartilhada, . Acordo setorial	Art.
Órgão federais	Sisnama	. Controle; . Fiscalização;	Art. 10º
	SNVS		
	Suasa		
	Sinmetro		
	Outros		
Unidades Federação	União	. Gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios; . “Organizar e manter, de forma conjunta, o Sinir, articulado com o Sinisa e o Sinima.”	Art.10º, 12º
	Estados		
	Municípios e o DF		

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da Lei nº 12.305/2010

A PNRS trouxe como princípios: a prevenção e a precaução; o poluidor-pagador e o protetor-recebedor; a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública; o desenvolvimento sustentável; a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta; a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade; a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania; o respeito às diversidades locais e regionais; o direito da sociedade à informação e ao controle social e a razoabilidade e a proporcionalidade.

Quanto aos objetivos da PNRS, eles são trazidos no Art. 7º. No geral, eles podem ser traduzidos em não geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos; destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos; diminuição do uso dos recursos naturais no processo de produção de novos produtos; intensificação de ações de educação ambiental; aumento da reciclagem no país; promoção da inclusão social; geração de emprego e renda para catadores de materiais recicláveis.

Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade, que foram colocados como um dos objetivos no Art. 7º: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, conforme mostra a Figura 2.8.

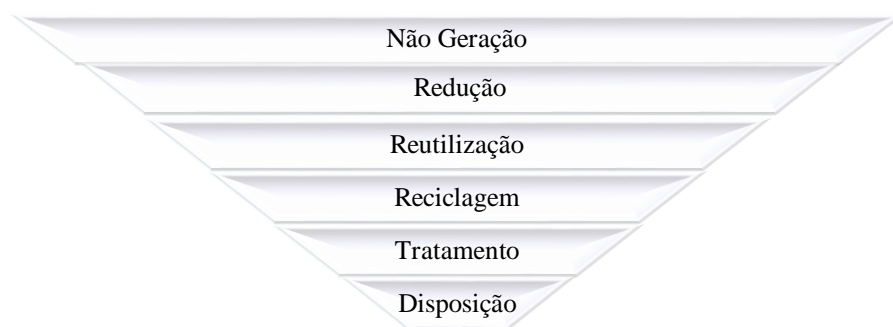


Figura 2.8: Ordem de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos

Fonte: Elaborado a partir da Lei nº 12.305/2010

Diversos são os instrumentos trazidos pela PNRS. Eles vão desde elementos de implementação de GIRS até a disponibilidade dos dados. Como se observa na listagem do Art. 8, especificamente, esses instrumentos envolvem diagnóstico da situação atual; os diversos planos a serem elaborados pelos órgãos competentes; processo de coleta seletiva, fiscalização; conscientização social, termos de acordos etc.

Em termos de planos, a PNRS estabeleceu que as entidades responsáveis deveriam elaborar e aprovar planos que definam a forma como lidará com gestão dos resíduos sólidos. São seis os planos de resíduos sólidos apontados trazidos pela Lei, como segue na Figura 2.9;

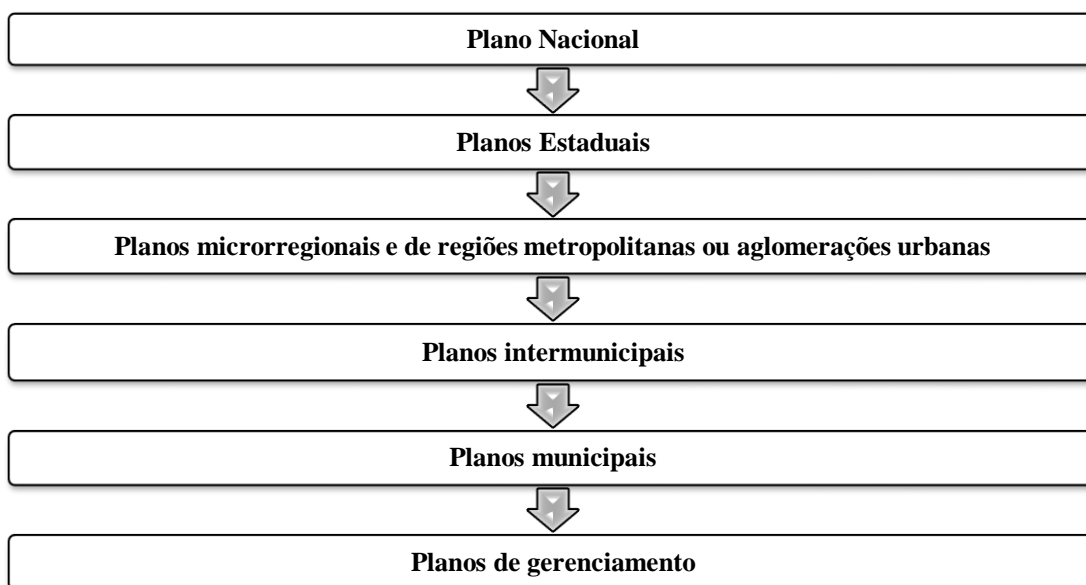


Figura 2.9: Planos da PNRS

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da Lei 12.305/2010

Entre outros, os conteúdos mínimos dos planos são: diagnóstico da situação atual; proposição de cenários; definição de metas, responsabilidades, medidas, programas, procedimentos indicadores etc.

2.3.4.1. Responsabilidade Compartilhada

Com esse marco regulatório na área de resíduos sólidos, a LR passa a experimentar uma nova fase e modelagem no Brasil. As reivindicações legais de ações que facilitem o retorno dos resíduos aos seus geradores para que sejam tratados ou reaproveitados em novos produtos

também demandaram a necessidade de os envolvidos na cadeia logística dos produtos de estabelecer um consenso sobre as responsabilidades de cada parte do fluxo direto e reverso.

Por isso a PNRS institui o princípio de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e de acordo setorial. A responsabilidade compartilhada é definida como:

“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, nos termos desta Lei” (BRASIL, 2010a).

A lei estabelece responsabilidade para cada um dos seguintes atores:



Figura 2.10: Atores da responsabilidade compartilhada

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da Lei nº 12.305/2010

2.3.4.1.1. Acordo Setorial

Um dos elementos principais da responsabilidade compartilhada é o acordo setorial, que é definido pela Lei como “ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto” (BRASIL, 2010a).

Os objetivos destes dois princípios são de: compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis; promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas; reduzir

a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais; incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade; estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis; propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade e incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental.

2.3.4.1.2. *Sistema de logística reversa*

Ainda falando da responsabilidade compartilhada, outra exigência da Lei nº 12.305/2010 é a necessidade de os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes dos seguintes produtos de estruturar e implementar Sistemas de Logística Reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos:

- ✓ Agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;
- ✓ Pilhas e baterias;
- ✓ Pneus;
- ✓ Óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- ✓ Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- ✓ Produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Portanto, na logística reversa, nos termos da lei, os sistemas de devolução são implementados principalmente por meio de acordos setoriais firmados com a indústria. Além dos produtos e seus respectivos resíduos compreendidos pela obrigatoriedade, apresentados acima, posterior e adicionalmente foram identificados também como prioritários os medicamentos e as embalagens em geral.

Para esses resíduos e outros que colocam em risco a saúde pública a lei exige a implantação de procedimentos de compra de produtos ou embalagens usados; disponibilizar postos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis; atuar em parceria com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis no caso de tratar de produtos

comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, e aos demais produtos e embalagens, considerando, prioritariamente, o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados.

2.3.4.1.3. Papeis de cada ator na gestão compartilhada

O papel de cada ator no processo logístico reverso é ilustrado na Tabela 2.13, segundo as declarações da Lei 12/305/2010:

Tabela 2.13: Responsabilidade dos atores envolvidos no sistema de Logística Reversa

Atores	Responsabilidades
Consumidores	Deverão efetuar a devolução após o uso, aos comerciantes ou distribuidores, dos produtos perigosos e de produtos ou embalagens objeto de logística reversa.
Comerciantes e distribuidores	Deverão efetuar a devolução aos fabricantes ou aos importadores dos produtos e embalagens reunidos ou devolvidos.
Fabricantes e os importadores	Darão destinação ambientalmente adequada aos produtos e às embalagens reunidos ou devolvidos, sendo o rejeito encaminhado para a disposição final ambientalmente adequada.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da Lei nº12.305/2010

Portanto, entre os pontos mais relevantes do PNRS, pode-se destacar: o encerramento dos lixões e destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos até 2014; a elaboração dos planos municipais de resíduos sólidos com o objetivo de orientar municípios e cidadãos quanto ao manejo adequado dos resíduos e a elaboração de acordos setoriais envolvendo toda a cadeia de geração e consumo, visando a implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto. Os desafios brasileiros que envolvem a implementação da Lei são apresentados no capítulo 3.

2.3.5. Pensamento sistêmico na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos

Ao longo do capítulo 2.1, discorreu-se sobre o princípio sistêmico de que o todo pode ser maior que a soma de suas partes e no capítulo 2.2 mostrou-se que a logística direta e reversa se enquadra dentro da estrutura sistêmica. Christopher (2007, 4) considera a logística direta como:

“essencialmente a orientação e a estrutura de planejamento que procuram criar um plano único para o fluxo de produtos e de informação ao longo de um negócio. O gerenciamento da cadeia de suprimentos apoia-se nessa estrutura e procura criar vínculos e coordenação entre os processos de outras organizações existentes no canal, isto é, fornecedores e clientes, e a própria organização”.

Ao ampliar essa cadeia logística até ao conceito de fluxo logístico reverso, pode-se dizer que a LR não deixa de ser também uma estrutura de planejamento que procura coordenar todos os processos envolvidos nela. Ou seja, um modelo de gestão começa desde o planejamento estratégico até o operacional. Com este capítulo, 2.3.5, partir-se-á também desse princípio sistêmico para gestão e gerenciamento dos RS. Segundo Bertalanffy (2010, 55):

“é necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferente quando estudado isoladamente e quanto tratado no todo”.

2.3.5.1. Gestão integrada de resíduos sólidos

Os termos gestão e gerenciamento geralmente ganham conotações distintas no meio dos técnicos, apesar de serem empregados também como sinônimos. Para Lima (2001), gestão é utilizado para definir decisões, ações e procedimentos adotados em nível estratégico, enquanto o gerenciamento visa à operação do sistema de limpeza urbana. Ou seja, o primeiro se refere aos elementos macro do processo e o segundo a esfera operacional do sistema. Todavia, ambos apresentam uma abordagem sistêmica.

Quanto ao primeiro termo, a Lei nº 12.305/2010 define gestão¹² integrada de resíduos sólidos como “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” e estabelece como um dos princípios “a visão sistêmica na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública”.

Gestão deve compreender o máximo reaproveitamento e reciclagem de materiais e reinserção no ciclo produtivo e, ainda, a disposição dos resíduos de forma adequada dos resíduos. Essa visão sistêmica justifica-se na medida que os serviços de manejo de resíduos sólidos, possuem caráter interdisciplinar; o que significa que possuem estreita ligação com o desenvolvimento urbano, os serviços de educação e de saúde, o meio ambiente, os recursos hídricos, as finanças

¹² Para a organização, os autores da Teoria Geral da Administração (TGA) utilizam a palavra administração, compreendido como o processo de planejar, organizar, dirigir e controlar o uso de recursos para alcançar determinados objetivos de maneira eficaz e eficiente (FAYOL, 1950; CHIAVENATO, 2011; MAXIMIANO, 2012). De modo análogo, essas funções administrativas devem aparecer na gestão dos resíduos sólidos.

públicas, a ordem econômica, o consumo e outras temáticas transversais (MONTEIRO *et al.*, 2001). A Tabela 2.14 apresenta os elementos importantes no conceito de GIRSU:

Tabela 2.14: Aspectos importantes no conceito de GIRSU

Atores envolvidos
O conceito é o da integração dos diversos atores, de forma a estabelecer e aprimorar a gestão dos resíduos sólidos, englobando todas as condicionantes envolvidas no processo e possibilitando um desenvolvimento uniforme e harmônico entre todos os interessados, de forma a atingir os objetivos propostos. O sistema deve considerar a ampla participação e intercooperação de todos os representantes da sociedade, do primeiro, segundo e terceiros setores, assim exemplificados: governo central; governo local; setor formal; setor privado; ONGs; setor informal; catadores; comunidade; todos geradores e responsáveis pelos resíduos.
Aspectos administrativos envolvidos
GIRSU contempla os aspectos institucionais, administrativos, financeiros, ambientais, sociais e técnico-operacionais e extrapola os limites da administração pública, considera o aspecto social como parte integrante do processo e tem como ponto forte a participação não apenas do setor público, mas também do setor privado e das ONGs, que se envolvem desde a fase dedicada a pensar o modelo de planejamento e a estabelecer a estratégia de atuação, passando pela forma de execução e de implementação dos controles.
Integração do processo
O conceito de gestão integrada trabalha na própria gênese do processo e o envolve como um todo. Não é simplesmente um projeto, mas um processo, e, como tal, deve ser entendido e conduzido de forma integrada, tendo como pano de fundo e razão dos trabalhos, nesse caso, os RSU e suas diversas implicações. Deve definir estratégias, ações e procedimentos que busquem o consumo responsável, a minimização da geração de resíduos e a promoção do trabalho dentro de princípios que orientem para um gerenciamento adequado.

Fonte: Elaborado a partir de Mesquita Júnior (2007, 13 e 14)

Para a elaboração do plano de gestão integrada de resíduos sólidos (PGIRSU) os autores (*op. cit.*) colocam que se deve privilegiar:

- ✓ O reconhecimento dos diversos agentes sociais envolvidos, identificando os papéis por eles desempenhados e promovendo sua articulação;
- ✓ A integração dos aspectos técnicos, ambientais, sociais, institucionais e políticos para assegurar a sustentabilidade;
- ✓ A consolidação da base legal necessária e dos mecanismos que viabilizem a implementação das leis;
- ✓ Os mecanismos de financiamento para a autosustentabilidade das estruturas de gestão e do gerenciamento;
- ✓ A informação à sociedade, empreendida tanto pelo poder público quanto pelos setores produtivos envolvidos, para que haja controle social;
- ✓ O sistema de planejamento integrado, orientando a implementação das políticas públicas para o setor.

2.3.5.2. Gerenciamento integrada de resíduos sólidos

Quanto ao segundo termo, gerenciamento de resíduos sólidos, é definido como:

“conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei” (BRASIL, 2010a).

Com foco no gerenciamento, Mesquita Júnior (2007, 14), considera que a GRSU pode ser entendida como a maneira de “conceber, implementar e administrar sistemas de manejo de resíduos sólidos urbanos, considerando uma ampla participação dos setores da sociedade e tendo como perspectiva o desenvolvimento sustentável”.

O gerenciamento múltiplo é uma das maiores dificuldades na LR já que diversos setores e atores estão envolvidos neste processo, sendo necessário intercâmbio entre as partes para garantir eficiência máxima. Apesar dos desafios, o gerenciamento integrado dos RS tem sido a forma mais eficiente encontrada para tratar do problema dos RSU, e consiste, em síntese, no envolvimento de diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil com o propósito de realizar a limpeza urbana, a coleta, o tratamento e a disposição final ambientalmente segura do resíduo, o que demanda trabalhar integralmente os aspectos sociais com o planejamento das ações técnicas e operacionais do sistema de limpeza urbana (BLUMBERG, 1999; MONTEIRO *et al.*, 2001).

Além de levar em consideração as características das fontes de geração, o volume e os tipos de resíduos, o gerenciamento integrado dos resíduos devem atender para as características sociais, culturais e econômicas e as peculiaridades demográficas, climáticas e urbanísticas locais, interligação entre as ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento das atividades do sistema de limpeza urbana, articulações no âmbito das ações de limpeza urbana com as demais políticas públicas setoriais. Nesse cenário, a participação da população ocupará papel de significativo (MONTEIRO *et al.*, 2001).

2.3.5.2.1. *Geração de resíduos sólidos*

O primeiro ponto a ser considerado no gerenciamento dos resíduos sólidos é a geração, pois as ações nas demais ações operacionais dependem da quantidade e tipologia gerada. Em termos dos fatores de geração, diversos são esses fatores e eles variam por tipo de resíduo. Por exemplo, os RSU dependem do número de habitantes da cidade ou país, crescimento populacional, do

poder aquisitivo da população, condições climáticas predominantes, nível educacional, consciência ambiental e hábitos de consumo e costumes da população (GRIPPI, 2006). Desse modo, faz-se necessário o conhecimento dessas variáveis para estimar ou projetar a quantidade gerada.

Atualmente, muitas cidades brasileiras já fazem a separação entre pequenos e grandes geradores - estabelecimentos comerciais que produzem mais que 120 litros de resíduos domésticos por dia. Quanto ao princípio norteador, segundo a PNRS, toda política de gestão e gerenciamento deve prezar pelo princípio de não geração, que demanda educação ambiental e mudança de hábitos dos consumidores.

Em muitos casos, a determinação da quantidade gerada segue a projeção de acordo com alguns modelos matemáticos, associados a dados históricos ou projeção da população, bem como população flutuante em cidades turísticas.

2.3.5.2.2. Separação e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos

O acondicionamento precede a coleta, por isso o resíduo gerado deve ser apresentado no local onde são produzidos de forma adequada e de acordo com as características dos resíduos para sua identificação, manuseio e coleta. Ou seja, a forma como o resíduo é acondicionado e ou separado impactará as etapas subsequentes. Por exemplo, a importância do acondicionamento adequado está em evitar acidentes, proliferação de vetores de doenças; minimizar o impacto visual e olfativo; reduzir a heterogeneidade dos resíduos (no caso de haver coleta seletiva) e facilitar a realização da etapa da coleta. O acondicionamento e a coleta devem ser planejados em conjunto, uma vez que os veículos de coleta devem ser adequados aos contêineres (MONTEIRO et al., 2001; BARROS, 2013).

Os padrões de acondicionamento são definidos por normas técnicas e pelo órgão gestor e variam de acordo as características do resíduo e com os estágios da estruturação da coleta seletiva. Por exemplo, os RSS seguem padrões diferenciados de separação e armazenamento, regulamentado pelas normas técnicas como ABNT NBR 7500 de 2011; entre outros. Assim como a geração, a separação correta dos resíduos depende de uma série de fatores¹³: nível de conscientização e educação da população, nível de renda, campanhas dos órgãos gestores, etc.

¹³ Aqui no DF, essas variáveis foram confirmadas por Codeplan (2017); ver capítulo 3.3.22.

Muito dos procedimentos, materiais e condições para o armazenamento adequado dos resíduos sólidos já são definidos legalmente no Brasil. Para os RSU, o acondicionamento interno (dentro do domicílio, estabelecimento, etc.) pode ser em recipiente hermético como sacos e lixeiras, e o externo em contêineres metálicos, simples, vasculável ou intercambiável, como caixa coletora ou caçamba estacionária, este muito utilizado para RCD. Cabe lembrar que o acondicionamento de resíduos está diretamente ligado ao local e momento de geração. Por isso, o acondicionamento pode ultrapassar esses meios básicos de separação, pois os resíduos não são apenas gerados em domicílios ou em espaços fechados. Em muitos casos e lugares os resíduos gerados são jogados na rua e acumulados em espaços a céu aberto, no entanto, são inúmeros os espaços públicos que possuem coletores em lugares de grande circulação.

2.3.5.2.3. Coleta de resíduos sólidos urbanos

É nesta etapa que se dá a recolha dos resíduos anteriormente acondicionados pelos geradores. Ela pode ser realizada de forma seletiva e ou convencional (coleta de resíduos misturados). A convencional é realizada por caminhões compactadores, que misturam e, conseqüentemente, deterioram alguns resíduos secos passivos de reciclagem como papeis, papelões e vidros, inviabilizando as vezes a sua comercialização, devido as condições impróprias causadas pela compactação.

Segundo a Lei nº 12.305/2010 a coleta seletiva é a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição, devendo ser implementada pelos municípios como forma de encaminhar as ações destinadas ao atendimento do princípio da hierarquia na gestão de resíduos sólidos, dentre as quais inclui a reciclagem. Normalmente ela está voltada para o recolhimento de materiais recicláveis como papéis, plásticos, vidros e metais que são separados na fonte geradora e depois vendidos ou doados para reciclagem.

Os programas de coleta seletiva são fundamentais para minimizar os impactos ambientais causados pela poluição além de contribuir com a redução dos espaços destinados aos aterros sanitários, trazendo economia para o setor público e proporcionando renda e trabalho para os catadores. Além dos benefícios inumerados na Tabela 2.15, pode-se falar ainda em estímulo à mudança de hábitos e valores no que diz respeito à proteção ambiental, conservação da vida e criação de novas práticas de separação dos resíduos. Nesse caso, não se pode esquecer que o

sucesso da coleta seletiva está associado ao nível de conscientização e participação voluntária da população, que quanto maior for menor será o seu custo de administração.

Tabela 2.15: Principais benefícios da coleta seletiva

AMBIENTAIS:
✓ Diminui a exploração de recursos naturais renováveis e não renováveis;
✓ Evita a poluição do solo, água e ar;
✓ Melhora a qualidade do composto produzido a partir da matéria orgânica;
✓ Melhora a limpeza da cidade;
✓ Possibilita o reaproveitamento de materiais que iriam para a disposição final;
✓ Prolonga a vida útil dos aterros sanitários;
✓ Reduz o consumo de energia para fabricação de novos bens de consumo;
✓ Diminui o desperdício.
ECONÔMICOS:
✓ Diminui os custos da produção, com o aproveitamento de recicláveis pelas indústrias;
✓ Gera renda pela comercialização dos recicláveis;
✓ Diminui os gastos com a limpeza urbana.
SOCIAIS:
✓ Cria oportunidade de fortalecer organizações comunitárias;
✓ Gera empregos para a população;
✓ Incentiva o fortalecimento de associações e cooperativas.

Fonte: Adaptado de Obladen et al (2009)

A Lei nº 12.305/2010 no seu Art. 35 exige dos consumidores, sempre que estabelecido sistema de coleta seletiva pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, a obrigação de acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados e disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução. Aqui se trata da modalidade de remoção porta a porta da coleta seletiva. Outras modalidades em que a coleta seletiva pode ser executada são: Postos de Coleta Voluntária (PEV), pontos estratégicos na cidade onde a população leva ou deposita algum tipo de resíduos; Postos de Coleta com Troca, o cidadão ganha algum bônus ou acumula pontos para trocar por algum bem por levar o material reciclável; Coleta realizada por catadores, realizada informalmente onde tiram o sustento do material reciclado encontrado nos resíduos sólidos domiciliares e nas ruas.

A operação de coleta envolve ciclo de compactação, manobras, normas de segurança, sinalização entre o motorista e os garis, manuseios dos contêineres, podendo evitar o derramamento dos resíduos ou do chorume na via pública.

Se o órgão responsável pela limpeza urbana define políticas para a coleta seletiva, investe em infraestrutura e em campanhas de conscientização e responsabilidade social, demonstrando interesse total em reverter a situação, estas têm que ser cumpridas por todos os participantes e

agentes envolvidos na coleta e limpeza da cidade. Para isso, o órgão local responsável deve dispor dos recursos físicos, humanos e financeiros necessários para estas se realizem e sejam cumpridas. Vale a pena investir em fiscalização e no estabelecimento de multas discriminadas.

2.3.5.2.4. Transporte de resíduos sólidos urbanos

A coleta e o transporte são realizados por meio de veículos tipo “baú” ou compactadores (15m³, 19 m³) de carregamento traseiro, com dispositivo hidráulico para basculamento automático de contêineres e munidos de mecanismos de retenção de chorume. Os veículos percorrem as residências em dias e horários específicos, normalmente não coincidentes com a coleta convencional, quando se trata da seletiva; necessita de planejamento e participação da comunidade para que depositem todo o material reciclado nos horários e dias específicos para a realização da coleta e é um sistema de custo em virtude do uso do caminhão e também dos funcionários para realizar o trabalho.

A operação de transporte orienta a remoção e transferência dos resíduos para os locais de armazenamento, processamento ou destinação final. A escolha do veículo dependerá da natureza, da quantidade de resíduos a serem coletados, da forma de acondicionamento desses resíduos, e das condições de acesso ao ponto de coleta. Cabe lembrar que o transporte de resíduos, como os perigosos, deve seguir normas específicas, além dos procedimentos normais de segurança e procedimentos.

O tempo de coleta podem variar em função do fluxo do trânsito nas áreas urbanas e em horários diurnos. Por isso recomenda-se que a coleta de lixo nas cidades seja realizada em horários de menos movimento e, preferencialmente, no período noturno, quando o tráfego é menos intenso. No entanto, a coleta noturna gera um conjunto de incômodos para a população onde passa o caminhão coletor.

Por ser um serviço oneroso, muitos estudos têm propostos modelos de roteirização para minimizar os custos de coleta dos resíduos nas áreas comerciais (exemplo, ver Melquiades, 2015). Além dos mais, alguns estudos procuram determinar os custos e os indicadores de desempenho da coleta dos RSU e procuram determinar: número médio por quilometro de percurso de coleta, número médio de contêineres servidos por veículo de coleta; quantidade média coletada; população servida por veículo de coleta; etc.

2.3.5.2.5. *Transbordo*

Caso as distâncias entre as áreas de coleta e destinação final forem demasiadamente longas é adotado a estação de transferência ou transbordo. Os caminhões de coleta, depois de cheios, fazem a descarga e retornam rapidamente para complementar o roteiro de coleta. O objetivo é que esses pontos sirvam de permuta para os veículos coletores, evitando percurso longo para os aterros, por exemplo, estudos mostram que são viáveis economicamente (USEPA, 2002). Além do mais, essas unidades viabilizam a logística do transporte dos resíduos; permite a otimização das rotas de coleta, maximizando a capacidade dos veículos de transporte e reduzindo os custos relacionados como consumo de combustível, diminuição de emissões atmosféricas; auxilia as transferências de carga para veículos de maior capacidade, diminuindo assim os custos de transporte etc.

A permanência de resíduos orgânicos e outros para incineração e compostagem deve ser mínima, devido a sua composição e facilidade de degeneração. Cabe lembrar que nem sempre esses pontos são equipados de condições mínimas de recebimento. Em muitos municípios são galpões simples, podendo em outros ser espaços a céus abertos, como acontece nos lixões.

2.3.5.2.6. *Triagem e pré-tratamento*

No Brasil, em alguns pontos de transbordo, os recicláveis passam pelo processo de triagem, lavagem (dependendo de resíduo), classificação, prensagem, enfardamento, armazenamento e envio para comercialização dos resíduos recicláveis com valor de mercado e os orgânicos para compostagem e disposição final, entre outros destinos. Esse pré-processamento, na etapa intermediária, pode se dar em pontos como associações e cooperativas de catadores ou em Unidades de Tratamento Mecânico e Biológico (UTMB), onde o tratamento dos RSU coletados combina separação mecânica e processamento biológico dos materiais como compostagem, digestão aeróbica, ressecagem e biosecagem.

Antes do emprego de qualquer tecnologia, os RS precisam de um tratamento manual, mecanizada ou semi-automática dos componentes nas usinas de triagem, depois encaminhados para reciclagem ou disposição final em aterros sanitários. Devido à falta de recursos ou tecnologias acessíveis, a triagem costuma se dar em mesas ou esteiras rolantes, por meio de separação manual. Em algumas cidades, as usinas de triagem podem dispor de eletroímãs e peneiras auxiliares no processo de separação.

2.3.5.2.7. *Destinação, tratamento e disposição final*

Existe diferença entre destinação final e disposição final. A Lei nº 12.305/2010 define destinação final ambientalmente adequada como:

“Destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos” (BRASIL, 2010a).

Isto é, esta fase relaciona-se ao tratamento; já a disposição final ambientalmente adequada é a “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos” (BRASIL, 2010a).

Outro termo utilizado nesta etapa é a recuperação que inclui as ações corretivas para conseguir a valorização dos resíduos e a redução de impactos ambientais. Reciclagem, desmanche, recuperação, compostagem são formas de tratamento. Já os resíduos que não foram utilizados devem ir para os locais reservados à sua disposição final (aterros sanitários), com garantias sanitárias, e devidamente preparados para a captação dos efluentes líquidos e gasosos.

Os lixões, depósitos de resíduos a céu aberto, tem sido uma forma de disposição final na maioria das cidades brasileiras. No entanto, a disposição inadequada dos resíduos sólidos traz sérios problemas ao ser humano e ao meio ambiente. Esta prática configura-se num dos piores impactos que podem ser causados no meio ambiente, pois a decomposição dos materiais gera substâncias altamente tóxicas que contaminam diretamente o solo, as águas, o ar e, pior de tudo, as pessoas.

Dentre muitos incômodos podemos destacar: a proliferação de vetores, que são agentes causadores e transmissores de diversas doenças, como, por exemplo, a dengue; a queima do lixo ao ar livre; a exalação de fortes odores; a contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais; e a presença indesejada de catadores. Trata-se de uma prática ilegal, cujos efeitos danosos não são controláveis e que, com o passar dos anos, apresenta custos cada vez mais elevados para adoção de medidas de controle e remediação. A continuidade dessa prática é um

verdadeiro retrocesso que deixará um efeito negativo de grandes proporções para toda a sociedade, que além de conviver com uma situação de elevação nos índices de poluição, também arcará com um aumento nos gastos com saúde e terá grande dificuldade para consolidar ações de recuperação e reciclagem dos resíduos, desperdiçando importantes recursos (ABRELPE, 2015).

Como se viu, de acordo com a PNRS, todos os lixões do Brasil deveriam ser substituídos por aterros sanitários até 2014. O grande desafio dos municípios brasileiros no momento é o como concretizar essa exigência legal. O uso de tecnologias e procedimentos ambientalmente adequadas tem o seu papel neste processo e alguns serão descritos a seguir.

As técnicas de tratamento, reciclagem e reaproveitamento dos RS variam para cada tipo de resíduo. Por exemplo, o processo de reciclagem e uso de tecnologias para o papel é diferente do utilizado em reciclagem de alumínio. Já a técnica de disposição de resíduos sólidos no solo em aterros sanitários ou industriais pode ser executada de diversas maneiras, como na forma de valas e trincheiras escavadas abaixo do nível natural do terreno e na forma de camadas que usa o perfil natural sobre o solo. Resíduos perigosos como os RSS sofrem diversos tratamentos antes da sua disposição final como inertização (tratamento para os resíduos patogênicos e infectantes antes da disposição final, em função de suas características).

A incineração, queima ou decomposição térmica de resíduos via combustão em instalações denominadas incineradores é uma tecnologia de tratamento de RSU. Apesar de algumas preocupações ambientais como a emissão de produtos tóxicos (dioxinas e furanos), ela tem algumas vantagens: reduzir o volume e a massa dos resíduos; aproveitamento simultâneo de calor para a geração de energia elétrica através de uma central termoeletrica; as cinzas restantes podem ser destinadas para aproveitamento na fabricação de peças em concreto e aplicações em pavimentação para a construção civil; esterilização dos resíduos, através da eliminação de toxicidade e patogenicidade dos resíduos, principalmente os hospitalares; redução do impacto ambiental por adotar áreas menores de sua instalação, reduzindo a possibilidade de contaminação ambiental permanente ou por acidentes, como ocorre em aterros controlados, sanitários e lixões.

Barros (2013), listou essas técnicas no seu livro e apontou que existem outras formas de tratamento térmico: pirólise (degradação térmica, entre 500 a 1000 °C, do resíduo orgânico em uma atmosfera deficiente em oxigênio produzindo como subprodutos líquidos, gás e sólidos);

plasma (um processo térmico drástico de não incineração, que usa temperatura extremamente altas entre 2000 a 3000 °C, em um ambiente carente de oxigênio para se decompor completamente os resíduos em moléculas muito simples, gerando subprodutos um gás combustível e escória inerte); micro-ondas (aquecimento que utilizam todas as partes específicas do espectro eletromagnético); autoclave (descontaminação especialmente dos RSS, com uma faixa de temperatura que variam entre 50 a 250 °C). A incineração é tecnicamente viável para PCI acima de 200 kcal/kg e inviável para PCI inferior a 1.675 kcal/kg, levando em consideração os diferentes materiais que compõe o montante a ser queimado, (EPE, 2008).

A recuperação de energia por incineração é possível por meio do aproveitamento do poder calorífico dos resíduos que gera calor para aquecimento ou geração de frio através de sistemas de resfriamento por absorção. Segundo o Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético na Destinação de Resíduos Sólidos, da ABRELPE (2013), o Brasil tem potencial para produzir mais de 280 megawatts de energia a partir do biogás capturado em unidades de destinação de resíduos sólidos. O volume seria suficiente para abastecer uma população de cerca de 1,5 milhão de pessoas.

A landfarming é um tratamento biológico na qual a parte orgânica do resíduo é decomposta pelos microorganismos presentes na camada superficial do solo. O tratamento ocorre pela mistura e homogeneização dos resíduos com a camada superficial do solo, zona arável 15 a 20 cm. Após a ação dos micro-organismos, nova camada de resíduos pode ser aplicada sobre o mesmo solo, repetindo-se o mesmo procedimento sucessivamente.

Já a compostagem é a decomposição, transformação ou recuperação biológica da fração orgânica contida no resíduo segundo a sua decomposição aeróbia (composto) e decomposição anaeróbia (composto+CH₄). Numa usina de compostagem é fundamental o controle da quantidade de resíduos processados, o que a evita a sobrecarga da tecnologia; a melhoraria nos processos de triagem, seleção dos resíduos orgânicos para compostagem e, sobretudo, de redução das quantidades de rejeitos, para a consequente melhoria operacional e redução dos custos.

O aterro sanitário, segundo a NBR 8418 da ABNT, é uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método 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 necessário. Nesta modalidade, tem-se a coleta e tratamento dos líquidos lixiviados, simultaneamente com a drenagem e queima do biogás. A drenagem de gases são tubos perfurados colocados em uma camisa de brita e que atravessa todo o aterro no sentido vertical, desde o solo até a cama superior¹⁴. Pode ser utilizado também a Biorremediação, que se trata de aceleração do processo de decomposição dos resíduos por meio da inserção de bactérias no chorume, que é recirculada na células.

As vantagens do aterro sanitário podem ser observadas quando há disponibilidade de área o aterro sanitário é geralmente o método mais econômico de disposição final; investimento inicial é pequeno se comparado a outros métodos, método completo e definitivo, gera emprego de mão-de-obra não qualificada, custo de operação é baixo se comparada a outros processos de tratamento do lixo. No entanto, as desvantagens podem ser: controle rigoroso de operações e manutenção, para manter o aterro dentro dos padrões sanitários; risco de transformar o aterro em vazadouro a céu aberto ou lixão; por falta de vontade política das administrações municipais quando se mostram resistente a investir fundos necessários para a correta operação e manutenção.

Já os aterros controlados é uma forma de disposição de RSU que tem como única vantagem em relação aos lixões, por cobrir os resíduos com uma camada de solo ao final diária, com o intuito de atenuar a proliferação de vetores de doenças. No entanto, muitos estudiosos e ambientalistas resistem em validar essa prática, pois consideram-no um “lixão controlado”.

A reciclagem é o processo de reaproveitamento dos resíduos sólidos, em que os seus componentes são separados, transformados e recuperados, envolvendo economia de matérias-primas e energia, combate ao desperdício, redução da poluição ambiental e valorização dos resíduos, com mudança de concepção em relação aos mesmos. A reciclagem, nos termos da PNRS, é o processo de transformação dos resíduos envolvendo a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação destes em insumos ou novos produtos. A referida lei definiu a ordem de prioridade de ações a ser seguida na gestão e no

¹⁴ Para esse assunto a literatura procura estudar os critérios de projeto e operação como localização, tamanho, dimensionamento, impermeabilização do solo; drenagem e destino dos gases e chorume; fatores intervenientes no processo como as características químicas e biológicas; gerenciamento; manutenção e utilização da área após encerramento das operações, etc.

gerenciamento de resíduos e incluiu a reciclagem como uma das ações a ser privilegiada (BRASIL, 2010a).

O processo de reciclagem envolve várias etapas: coleta de material ou produto, seleção do item que será reaproveitado, preparação para reaproveitamento, processo industrial e consequente reintegração do material reciclado ao processo produtivo, sob a forma de matéria-prima.

Diversidade de materiais presentes na fração de resíduos recicláveis como pneus, embalagens longa vida, pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes, embalagens de resíduos perigosos, embora representem quantidades menores comparadas aos outros materiais, vem crescendo no decorrer dos tempos devido ao desenvolvimento de tecnologias e pode constituir perigo a população caso não haja também tecnologias apropriadas e que permite para o seu reaproveitamento.

2.3.5.2.8. Reaproveitamento dos materiais

Esta fase tem a ver diretamente com a reinserção dos materiais reciclados ou remanufaturados na cadeia produtiva, como matérias-primas ou produtos acabados e finais nos mercados secundários. Segundo os princípios da PNRS, o reaproveitamento deve contemplar o reuso ou a reutilização - processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química (BRASIL, 2010a).

2.3.5.3. Princípios na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos

A PNRS, no seu Artigo 9º, diz que “na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”. Os princípios presentes na Tabela 2.16 constituem elementos primordiais no gerenciamento dos resíduos sólidos.

As diretrizes das estratégias de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos devem atender aos objetivos do conceito de prevenção da poluição, evitando-se ou reduzindo a geração de resíduos e poluentes prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública, buscando, em ordem decrescente de aplicação: a redução na fonte, o reaproveitamento, o tratamento e a disposição final.

A política dos 3Rs ou 5Rs (repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar), apresenta a vantagem de permitir a todos uma reflexão crítica do consumismo, ao invés de focar tão

somente na reciclagem. 5Rs mostra que além de reciclagem é necessário repensar a necessidade de consumo e os padrões de produção e descarte adotados, recursar possibilidades de consumo desnecessário e produtos que gerem impactos ambientais significativos; reduzir, evitando os desperdícios, consumir menos produtos, preferindo aqueles que ofereçam menor potencial de geração de resíduos e tenham maior durabilidade e retirar produtos, por meio de reaproveitamento do que está em bom estado.

A Lei de 12.305/2010 proíbe no seu Art. 47 as seguintes formas de destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos: lançamento em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos; lançamento in natura a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração; queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade e outras formas vedadas pelo poder público. Além do mais a lei dita que são proibidas, nas áreas de disposição final de resíduos ou rejeitos, as seguintes atividades: utilização dos rejeitos dispostos como alimentação; catação; criação de animais domésticos; fixação de habitações temporárias ou permanentes e outras atividades vedadas pelo poder público.

2.3.6. Modelos brasileiros na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos

2.3.6.1. Privatização dos serviços

Hoje no Brasil, a maioria dos municípios, nomeadamente os de médio e grande portes, seguem o modelo de privatização dos serviços de limpeza pública urbana, que inclui a coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos urbanos. A municipalidade contrata as empresas privadas por meio do processo licitatório¹⁵ e eles operam o sistema com os recursos próprios. Como se viu, apesar dos contratos administrativos para prestação de serviço por particulares, a PNRS exige a inserção dos catadores no sistema.

A Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, no Art. 8º estabelece que “Os titulares dos serviços públicos de saneamento básico poderão delegar a organização, a regulação, a fiscalização e a prestação desses serviços, nos termos do art. 241 da Constituição Federal e da Lei no 11.107, de 6 de abril de 2005”.

Essa delegação pode se dar por meio de concessão comum, patrocinada e administrativa, tendo também parceria público-privada. A privatização, ou quais outros modelos podem ser

¹⁵ A licitação pública é indispensável, não importando o modelo escolhido, apesar das peculiaridades de cada um.

aplicáveis de modo único ou misto, isto é, abrangendo todas as etapas da prestação do serviço ou combinado mais de um modelo para diferentes etapas, por exemplo privatização de coleta e parceria público-privada para reciclagem e disposição dos resíduos.

2.3.6.2. Consorciação¹⁶

Apesar da gestão de resíduos ser uma atividade essencialmente municipal e delimitado ao seu espaço, com o advento da PNRS, as soluções podem ser consorciadas. Segundo o Art. 11, Parágrafo único: “A atuação do Estado na forma do caput deve apoiar e priorizar as iniciativas do Município de soluções consorciadas ou compartilhadas entre 2 (dois) ou mais Municípios”.

Hoje, esse modelo é ainda pouco adotado pelos municípios. Os consórcios existentes se aplicam mais a destinação final dos resíduos em aterros, nomeadamente os de serviços de saúde. O modelo é importante para a captação de recursos federais. A Lei, no Art. 18, estabelece que:

“§ 1º Serão priorizados no acesso aos recursos da União referidos no caput os Municípios que:

I - optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos, incluída a elaboração e implementação de plano intermunicipal, ou que se inserirem de forma voluntária nos planos microrregionais de resíduos sólidos referidos no § 1o do art. 16”

O Art. 19 da Lei aponta que o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos tem como um dos conteúdos mínimos a:

“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” (BRASIL, 2010a).

2.3.6.3. Modelo de remuneração dos serviços

Em comunidades de países desenvolvidos, como o EUA, Coreia do Sul, Japão, Suíça e Bélgica, são cobrados aos residentes uma taxa para cada saco ou lata de resíduo gerado. Essas taxas são normalmente baseadas no programa *pay-as-you-throw* (PAYT), pagamento pela quantidade

¹⁶ O consórcio no Brasil é definido pela Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências, regulamentada pelo Decreto nº 6.017/2005.

gerada. De acordo experiências de Singapura, o programa pode trazer redução em até 73% dos resíduos. (Zhu, 2006).

Já no Brasil, segundo Penido Monteiro *et al.* (2001), em quase todos os municípios brasileiros, os serviços de limpeza urbana, total ou parcialmente, são remunerados através de uma taxa, geralmente cobrada na mesma guia do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), e tendo a mesma base de cálculo deste imposto, ou seja, a área do imóvel (área construída ou área do terreno)¹⁷. O IPTU pode chegar, algumas vezes, a mais de 15% do orçamento municipal; a receita proveniente da taxa de limpeza urbana ou de coleta dos RSU é sempre recolhida ao Tesouro Municipal, nada garantindo sua aplicação no setor, a não ser a vontade política. E como a receita com a arrecadação da taxa, representa apenas um pequeno percentual dos custos reais dos serviços, é necessário aporte complementar de recursos.

Viu-se anteriormente que a PNRS reforçou a ideia de o Governo Federal aplicar mais recursos no setor, por meio da criação programas e linhas de crédito, em contrapartida os municípios devem cumprir alguns requisitos da lei, como a elaboração do plano e fechamento dos lixões.

¹⁷ No ano de 2000, a Prefeitura do Rio de Janeiro abandonou essa taxa e criou a taxa de coleta de lixo, tendo como base de cálculo a produção de lixo per capita em cada bairro da cidade, o uso e a localização do imóvel.

3. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Este capítulo visa apresentar os dados sobre o diagnóstico da situação atual. A gestão de RS ainda não alcançou os objetivos estabelecidos pela PNRS e pela PFSB. Serão discutidos os avanços e entraves da gestão, segundo a visão dos principais atores: consumidores, municípios, empresas do setor, agências reguladoras e órgãos ambientais. Abordar-se-á temas como eliminação de lixões, sistema de logística reversa, coleta seletiva, planos de gestão de resíduos, entre outros.

Esta sessão é importante para o trabalho porque conhecer e diagnosticar os resíduos sólidos gerados possibilitará o melhor enquadramento da proposta a ser elaborada e a implementação das conclusões da tese para o sistema logístico reverso.

3.1. BREVE PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNDO

De acordo UNEP e ISWA (2015), por meio do relatório *Global Waste Management Outlook*, o total de geração de resíduos sólidos no mundo é cerca de 7 a 10 bilhões de toneladas por ano, sendo que os resíduos sólidos urbanos respondem por cerca de 2 bilhões de toneladas por ano. O estudo prevê um aumento da taxa de geração na Ásia e África para as próximas décadas. Já na América Latina e nos países que englobam a OECD, a geração deve atingir o seu pico até o início do século. A taxa de geração *per capita* tende a aumentar aproximadamente em 20% até o ano de 2100, devido ao aumento populacional, urbanização e desenvolvimento econômico e social.

Segundo o relatório as três fontes de resíduos que predominam na geração mundial do lixo são: resíduos da construção e demolição (36%); resíduos comerciais e industriais (32%) e resíduos sólidos urbanos (24%). Já os resíduos que vem de abastecimento de água, tratamento de esgoto, gestão de resíduos e despoluição da terra representa cerca de 5% e resíduos de geração de energia cerca de 3%.

Fatores socioculturais, climáticos e nível de renda têm afetado fortemente a quantidade e a composição da geração do lixo. A composição dos resíduos sólidos urbano varia muito entre os países e região. A fração orgânica é significativa para os países com níveis menores de renda (50 a 70% do total do lixo gerado) do que em países com níveis altos de renda (20 a 40%). A parcela de papéis na geração total dos resíduos sobe constantemente com o desenvolvimento

econômico: 7% em países de baixa renda, 19% nos países com renda média e 23% nos de alta renda. A fração de plástico é mais independente os níveis de renda, tendo um intervalo bastante limitado de 8 a 12%. A parcela de outros materiais secos recicláveis – metais, vidro, e têxteis – é relativamente baixo e variam entre 7 a 12% no total. Fluxos de resíduos sólidos urbanos contém relativamente pequenas quantidades de substâncias perigosos (menos de 1%).

O Banco Mundial (2012), no seu relatório *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*, mostra que atualmente as cidades do mundo geram cerca de 1,3 bilhões de toneladas de resíduos sólidos por ano. A previsão é que este volume aumente para 2,2 bilhões de toneladas em 2025. A taxa de geração de resíduos vai mais do que duplicar para os próximos 20 anos nos países de baixa renda. Globalmente, os custos de gestão de resíduos vão aumentar de 205,4 bilhões de dólares para cerca de 375,5 bilhões em 2025.

Dez anos atrás havia 2,9 bilhões de moradores nas áreas urbanas que geravam cerca de 0,64 kg de RSU por dia (0,68 bilhões de toneladas por ano). Hoje, estima-se que a quantidade aumentou para cerca de 3 bilhões de pessoas e que geram 1,2 kg per capita por dia (1,3 bilhões de toneladas por ano). O relatório prevê que em 2025 os moradores das áreas urbanas chegarão a 4,3 bilhões de pessoas que deverão gerar cerca de 1,42 kg/per capita/dia de RSU (2,2 bilhões de toneladas por ano).

3.2. BREVE PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

3.2.1. Resíduos Sólidos Urbanos

Os RSU tem sido uma das maiores preocupações no Brasil. O país tem despertando para resolver os problemas gerados pelas demais cadeias reversas, mas o foco ainda precisar ser eliminar os lixões. Neste tópico serão apresentados os principais aspectos que envolvem a gestão de RSU no Brasil: quantidade gerada e coletada, sistemas, iniciativas e modelos de coleta seletiva; gravimetria; custos e recursos envolvidos; destinação e disposição.

3.2.1.1. Geração de RSU no Brasil

Segundo ABRELPE (2016), a geração per capita de RSU cresceu no mesmo ritmo da taxa de crescimento populacional (0,8%), saindo de 1,062 para 1,071 kg/hab/dia. A quantidade total de geração atingiu o equivalente a 218.874 t/dia, tendo um crescimento de 1,7% em relação ao ano anterior e o que representa um aumento de mais de 12% desde 2010, quando a Lei Federal

12.305 foi publicada. A geração anual foi de aproximadamente 79,9 milhões de toneladas, um crescimento a um índice inferior ao registrado em 2014 (78,6 milhões de toneladas).

3.2.1.2. Coleta de RSU no Brasil

A coleta de RSU no Brasil em 2015 foi de 198.750 toneladas/dia, tendo um índice de 0,972 kg/habitante/dia. A coleta total per capita sofreu um aumento de 0,9% em 2015, já a variação em termos de coleta total foi de 1,8%. A quantidade de RSU coletados em 2015 cresceu em todas as regiões¹⁸, em comparação ao ano anterior. A região Sudeste continua respondendo por quase 53% do total coletado e apresenta o maior percentual de cobertura dos serviços de coleta do país. O índice de cobertura de coleta no Brasil foi de 90,8% em 2015. No entanto, deve-se notar que a comparação entre a quantidade de RSU gerada (79,9 milhões de toneladas) e o montante coletado (72,5 milhões de toneladas) resulta em 9,2% de RSU não coletados, o que equivale a cerca de 7,3 milhões de toneladas de resíduos sem coleta no país e, conseqüentemente, com destino impróprio.

3.2.1.2.1. Iniciativas de coleta seletiva de RSU

As primeiras informações oficiais sobre a coleta seletiva dos resíduos sólidos foram levantadas pela PNSB 1989, que identificou a existência de 58 programas de coleta seletiva no país. Esse número cresceu para 451, segundo a PNSB 2000, e para 994, de acordo com a PNSB 2008 (IBGE, 2010). Já os dados do IBGE, do CEMPRE e da ABRELPE sobre a coleta seletiva no Brasil são divergentes, entre si, no entanto, todos mostram uma evolução na implementação da coleta seletiva nos municípios brasileiros. CEMPRE fala em programas de coleta seletiva, algo mais estruturado, já a ABRELPE considera na pesquisa qualquer iniciativa de coleta seletiva por parte do município. De acordo com os relatórios da ABRELPE, embora seja expressiva a quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva, convém salientar que muitas vezes estas atividades resumem-se à disponibilização de pontos de entrega.

O acompanhamento do CEMPRE mostra que em 2008 esse número era de 405 municípios, o que representa 7% dos municípios, aproximadamente 14% da população, já em 2016 foi para 1055 municípios (18%). A pesquisa aponta que hoje a população atendida a programas

¹⁸ Para dados mais detalhados de cada Região e Estado, referentes a geração, coleta, recursos aplicados, disposição e outros, consultar o relatório, ABRELPE (2016) e SENIR (2016).

municipais de coleta seletiva é cerca de 31 milhões de brasileiros (15%). A evolução do programa de coleta seletiva é apresentada no Gráfico 3.1.

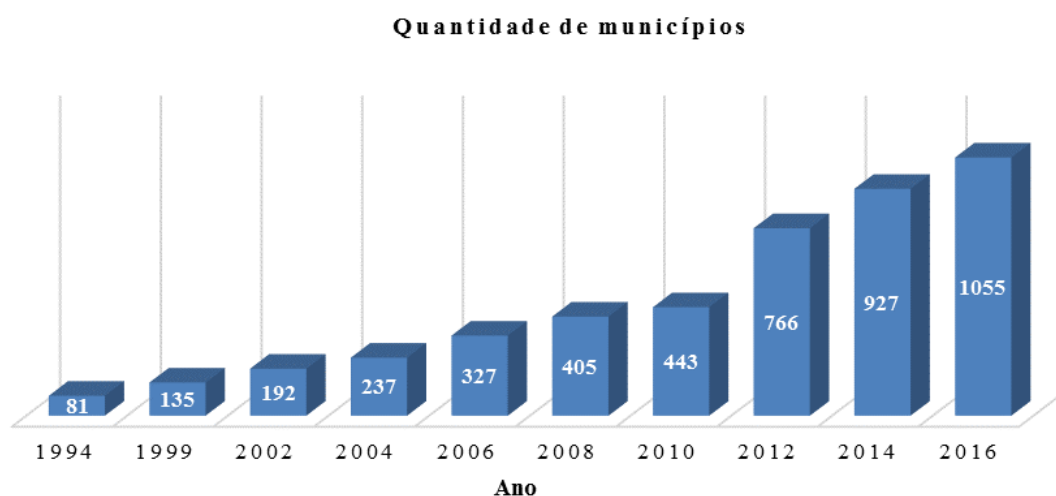


Gráfico 3.1: Municípios com coleta seletiva no Brasil

Fonte: CEMPRE (2017)

Nas pesquisas da ABRELPE a quantidade é bem maior do que a apresentada pelo CEMPRE. Os dados da ABRELPE (2016) permitiram projetar que 3.859 municípios apresentaram alguma iniciativa de coleta seletiva em 2015 (69,3), sendo que em 2014 foi de 65%. A quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva é apresentada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva

Região	Norte		Nordeste		Centro-Oeste		Sudeste		Sul		Brasil	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Sim	239	258	767	884	175	200	1.418	1.450	1.009	1.067	3.608	3.859
Não	211	192	1027	910	292	267	250	218	182	124	1.962	1.711
Total	450		1.794		467		1.668		1.191		5.570	

Fonte: ABRELPE (2016)

A assertividade de coleta seletivamente em países como EUA, Alemanha, Bélgica, Holanda e Japão mostra que “o sistema de coleta seletiva tem recebido apoio das comunidades em geral” (LEITE, 2009), o que ainda é um desafio no Brasil, devido à falta de conscientização e educação ambiental. Ainda, a coleta informal é característica em todo o país, bem como a presença de associação de catadores, por isso a exigência da PNRS de inserção deles no sistema de gestão de resíduos sólidos. Não se deve esquecer que os intermediários (sucateiros) andam em paralelo com as cooperativas de catadores.

3.2.1.2.2. Modelos de coleta seletiva no Brasil

Quanto ao tipo de coleta, CEMPRE (2017) aponta que os municípios apresentam mais de um tipo de coleta seletiva, pois a maior parte dos municípios ainda realiza a coleta por meio de PEVs (54%), Cooperativas (54%); e coleta porta-a-porta (29%).

Quanto ao agente ou natureza jurídica da entidade prestadora de serviço de coleta, CEMPRE (2017) apresenta que os municípios apresentam mais de um agente executor da coleta seletiva. A coleta seletiva dos resíduos sólidos municipais é feita pela própria Prefeitura em 51% das cidades pesquisadas; empresas particulares são contratadas para executar a coleta em 67% e praticamente metade (44%) apoia ou mantém cooperativas de catadores como agentes executores da coleta seletiva municipal. Os dados do IBGE (2010) mostram que em média a maior parte dos municípios é atendida por entidades vinculadas à administração direta do poder público (61,2). Em seguida vem empresas privadas sob o regime de concessão pública ou terceirização (34,5%) e entidades organizadas sob a forma de autarquias, empresas públicas, sociedade de economia mista e consórcios (4,3%).

3.2.1.2.3. Composição gravimétrica na coleta seletiva

Quanto a gravimetria, o Gráfico 3.2 permite visualizar de um modo geral a participação de diferentes materiais na fração total dos RSU coletados no Brasil¹⁹.

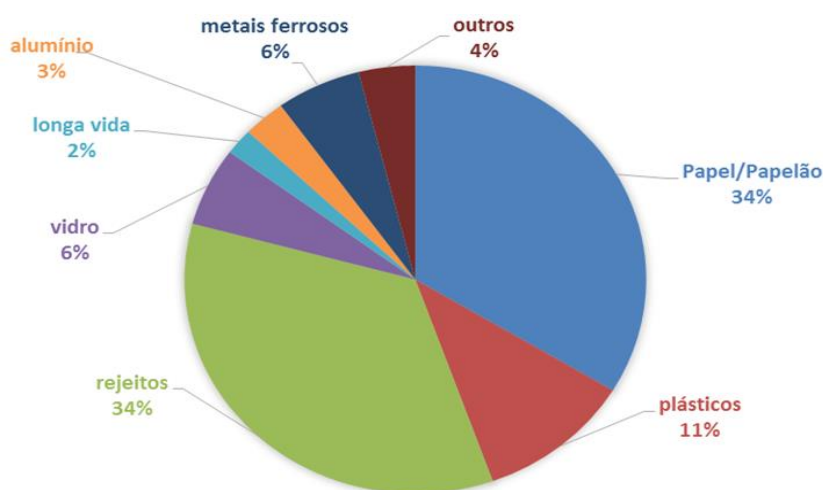


Gráfico 3.2: Composição gravimétrica dos RSU no Brasil

Fonte: CEMPRE (2017)

¹⁹ A composição varia muito de estudo, pois nem sempre utilizam a mesma metodologia (frequência, escolha da amostra e divisão das categorias). Além disso, a composição varia de cidade para cidade, uma vez que está diretamente relacionada com características, hábitos e costumes de consumo e descarte da população local.

Os rejeitos e o composto papel/papelão representam 34%4.4 da composição gravimétrica média dos RSU. O perfil dos plásticos é variado, por exemplo, 42% são PET, 23% PEAD, 14% PEBD, entre outros. Já o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012) estimou que em 2008, de um total de 183.481,50 toneladas de resíduos gerados no Brasil, o material reciclável era de 31,9%, matéria orgânica 51,4% e outros 16,7%.

3.2.1.2.4. Custos médio da coleta seletiva

Segundo CEMPRE (2017), o custo médio da coleta seletiva, por tonelada, nas cidades pesquisadas foi de R\$ 389,46²⁰. Considerando o valor médio da coleta regular de lixo, R\$ 95,00, tem-se que o custo da coleta seletiva ainda está 4,10 vezes maior que o custo da coleta convencional. No entanto, a pesquisa mostra que essa relação vem caindo ao longo dos anos.

3.2.1.3. Destinação final de RSU

O Gráfico 3.3 mostra que a disposição final de RSU em 2015 apresenta sinais de evolução e aprimoramento em relação ao ano anterior, com 58,7% dos resíduos coletados (cerca de 116.631 milhões toneladas) sendo encaminhados para aterros sanitários, que se constituem como unidades adequadas (ABRELPE, 2016).

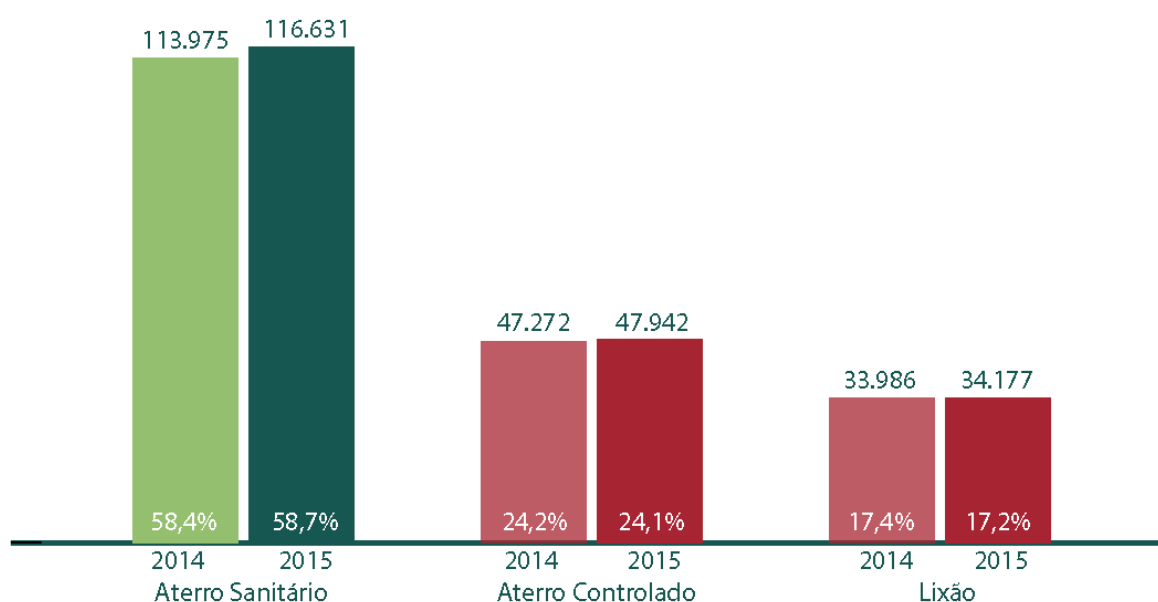


Gráfico 3.3: Disposição final de RSU no Brasil por tipo de destinação (t/dia)

Fonte: ABRELPE (2016)

²⁰ Inicialmente calculada em dólares (de US\$ 102,49) e convertida em reais a taxa de US\$ 1,00 por R\$ 3,80.

Por outro lado, registrou-se aumento também no volume de resíduos enviados para destinação inadequada (41,3%), com cerca de 34 milhões de toneladas, correspondendo 82.000 toneladas de resíduos por dia, dispostas em lixões (17,2%) ou aterros controlados²¹ (24,1%).

Como se percebe nos dados da Tabela 3.2, essa prática da disposição final inadequada de RSU ainda ocorre em todas as regiões e estados brasileiros, e 3.326 municípios (59,7%) ainda fazem uso desses locais impróprios, com elevado potencial de poluição ambiental, o que é proibido no país desde 1981, por disposição da Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6938/81).

Tabela 3.2: Quantidade de municípios por tipo de destinação adotada em 2015

Disposição Final	2015 -Regiões e Brasil						Brasil 2014
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil	
Aterro Sanitário	97	456	165	820	706	2.244	2.236
Aterro Controlado	110	504	148	646	366	1.774	1.775
Lixão	243	834	154	202	119	1.552	1.559
BRASIL	450	1.794	467	1.668	1.191	5.570	5.570

Fonte: ABRELPE (2016)

Como se observa no Gráfico 3.4, a evolução da disposição final adequada de resíduos desde a implementação da PNRS é consideravelmente lenta. Em termos brutos ficou constante (58%) ao longo dos anos.

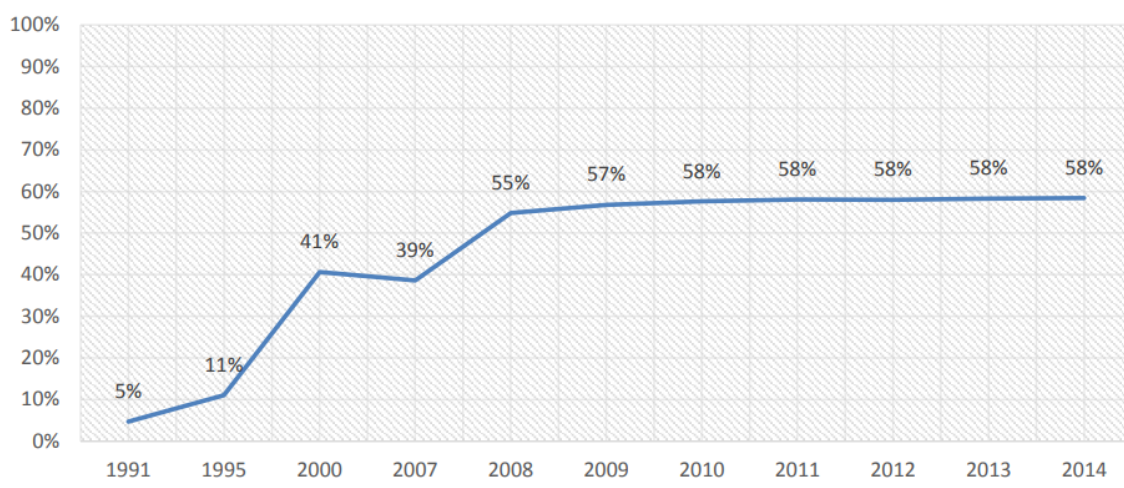


Gráfico 3.4: Evolução da disposição final adequada

Fonte: ABRELPE (2015a)

²¹ O aterro controlado, do ponto de vista ambiental pouco se diferenciam dos lixões, pois não possuem o conjunto de sistemas necessários para a proteção do meio ambiente contra danos e degradações e da saúde pública.

3.2.1.4. Recursos aplicados e o mercado de limpeza pública urbana

Conhecer os custos unitários da disposição final dos resíduos é um desafio, pois as bases de dados existentes não contemplam essa questão em sua pesquisa ou quando o fazem consideram o preço agrupado, não sendo possível fazer uma avaliação do tipo de serviço executado. Essa limitação das bases de dados pode ser reflexo da fragilidade que os gestores municipais têm em identificar os custos envolvidos no manejo (BRASIL, 2012).

Segundo ABRELPE (2016), o total, os recursos aplicados pelos municípios em 2015 para fazer frente a todos os serviços de limpeza urbana no Brasil foram, em média, de cerca de R\$10,15 por habitante por mês, o que representa um aumento de 1,7% em relação a 2014.

No entanto, segundo o estudo “Estimativa dos Custos para Viabilizar a Universalização da Destinação Adequada de Resíduos Sólidos no Brasil”, o setor requer investimentos em infraestrutura da ordem de R\$ 11,6 bilhões até 2031 e cerca de R\$ 15 bilhões por ano para garantir o desenvolvimento de um sistema de gestão de resíduos tal como previsto pela Lei 12.305/2010, com atendimento das metas publicadas no PNRS. Por outro lado, a estimativa é que o país tem um prejuízo de R\$ 4 bilhões por ano em virtude da contaminação ambiental causada pelos lixões e um custo adicional de R\$ 1,5 bilhões para os serviços de saúde, necessários para custear o tratamento das doenças causadas pela disposição inadequada de resíduos (ABRELPE, 2015a).

A geração de empregos diretos no setor de limpeza pública também registrou ligeiro aumento e atingiu 353,4 mil postos formais de trabalho no setor, sendo 149.985 públicos e 203.441 privados. Por tratar-se de serviços que demandam a utilização de mão de obra intensiva, o número de empregos diretos no setor demonstra a sua relevância na geração e manutenção de postos formais de trabalho, que cresceu nos anos anteriores. O setor tem movimentado considerável volume de recursos, 27,5 bilhões de reais em 2015, demonstrando a sua relevância no cenário econômico do país (ABRELPE, 2016).

3.2.2. Reciclagem no Brasil

A reciclagem foi inserida na PNRS como uma das ações prioritárias no princípio da hierarquia na gestão de resíduos. O relatório da ABRELPE (2016), mostra que três setores industriais - alumínio, papel, plástico - possuem considerável participação nas atividades de reciclagem no

país e, a despeito da defasagem temporal na divulgação de dados, têm apresentado a evolução anual dos índices. Esses setores “confirmam a importância econômica de alguns casos de canais de distribuição reversos de pós-consumo” (LEITE, 2009).

Dentre os resíduos em destaque, Brasil tem maior taxa de reciclagem em latinhas de alumínio e plástico PET. Dados mais recentes mostram que, em 2013, o Brasil reciclou 486 mil toneladas de alumínio, correspondente a 33,7% do consumo doméstico registrado no período, o que garante ao país uma posição de destaque, em eficiência no ciclo de reciclagem de alumínio, cuja média mundial em 2013 foi de 30,7%. As latas de alumínio para envase de bebidas merecem destaque nas atividades de reciclagem de alumínio. O Brasil vem mantendo a liderança mundial nesse segmento específico, tendo atingido, em 2012, o índice de 97,9%, que corresponde a 260 mil toneladas recicladas (ABRELPE, 2015b).

Quanto ao papel, em 2015, a produção de papel no Brasil foi cerca de 10,3 milhões de toneladas, sendo que em 2002 era de 7,8 milhões. Já quanto a reciclagem, em 2015, o Brasil registrou uma taxa de recuperação de 63,4%, com crescimento de aproximadamente 4% em relação ao ano anterior (ABRELPE, 2015b).

Segundo ABIPLAST (2015) a indústria brasileira de reciclagem mecânica de plásticos era constituída 481 empresas em 2007 e passou para 1084 em 2014. O Gráfico 4.17 apresenta a evolução da indústria de reciclagem mecânica de plásticos no Brasil de 2003 a 2012, comparando a quantidade total de plástico pós consumo descartada no Brasil com a reciclagem de plástico pós consumo registrada.

Dentre os diversos tipos de plásticos utilizados, os dados disponíveis indicam que a reciclagem de PET apresenta uma curva crescente e que em 2012 atingiu o patamar de 58,9. Os dados de 2016 apresenta uma relativa queda nos anos de 2014 (313 mil toneladas) e 2015 (274 mil toneladas). Muitos dos materiais que poderiam ser reciclados no Brasil ainda são destinados a aterros e lixões. Só o plástico representa 13,5% do total de resíduos sólidos gerados, e é o principal produto reciclável enterrado ao invés de ter a destinação correta da reciclagem (IPEA, 2012).

Segundo os dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do MTE, a quantidade de empregos gerados em 2014 no setor foi de 10.189. A taxa média de crescimento de empregos

no setor de reciclagem é de 12,3% a.a. o que mostra que esse setor está em franca expansão, colaborando para geração de empregos e inserção social. (ABRIPLAST, 2015). Segundo a fonte, 88% das empresas de reciclagem são micro e pequenas, com menos de 50 empregados, o que pode demonstrar a necessidade de um maior crescimento do setor de reciclagem no Brasil²².

3.2.3. Consolidação do diagnóstico da situação atual no Brasil

Viu-se que os municípios são responsáveis pela coleta, transporte e destinação dos RSU, RCD e RSS, de forma direta ou indireta, isto é, terceirização por meio de contratos licitatórios. De uma maneira geral, os resultados consolidados no Panorama 2015 demonstram que os municípios brasileiros vêm conquistando importantes avanços na gestão de resíduos sólidos, mas ainda convive com deficiências consideráveis que precisam ser superadas o quanto antes possível (ABRELPE, 2016). As principais conclusões e recomendações trazidas pelo relatório são resumidas na Tabela 3.3.

Percebe-se que leis e boas intenções não são suficientes para estimular mudanças e promover o desenvolvimento do setor. Uma das grandes necessidades imediatas para o sistema de gestão de resíduos sólidos seja adequadamente implementado e operado é disponibilização e alocação de recursos econômicos no volume necessário para atender a demanda apresentada. A implementação de políticas para alcançar as metas da PNRS requer investimentos em muitas frentes de ação, capacitação e promoção em educação, porém, como já foi apontada anteriormente, não é a realidade para a grande maioria das cidades brasileiras, que convivem com problemas sérios de recursos e de gestão.

Segundo ABRELPE (2015b), as razões econômicas surgem como forte justificativa para o atraso registrado, uma vez que atualmente a gestão de resíduos é totalmente dependente da combalida situação financeira dos municípios, cujos recursos estão legalmente comprometidos com outras rubricas orçamentárias. Daí a necessidade de identificação de fontes perenes e exclusivas de recursos para gestão integrada dos resíduos sólidos municipais. Para a associação,

²² Quanto ao setor vidreiro, desde 2008, não se dispõem de dados sobre a reciclagem no Brasil. A reciclagem de vidros no país concentra-se amplamente no segmento de embalagens. Os dados disponíveis mostram que os índices de reciclagem de vidro apresentaram uma evolução continuada, registrando 47% em 2008 (7,1 milhões de toneladas). Além de ausência de dados, as principais dificuldades encontradas pela grande maioria dos municípios neste processo são informalidade do processo; carência de soluções de engenharia com visão social; alto custo do processo na fase de coleta, etc (ABRELPE 2012; ABIVRIDO, 2017).

a maneira mais adequada para prover recursos continuados para o setor de limpeza urbana é a cobrança dos serviços pelos municípios. Porém, impõe-se que os instrumentos escolhidos sejam corretamente dimensionados, implementados de maneira transparente e cobrados com eficiência. É preciso que o governo federal, secundado pelos governos estaduais, disponibilizem os recursos adequados e criem instrumentos que propiciem aos municípios cumprir os ditames legais em toda a sua amplitude e com perenidade assegurada.

Tabela 3.3: Consolidação do diagnóstico da situação atual no Brasil

Geração
<ul style="list-style-type: none"> - A geração de RSU em 2015 continuou a aumentar, tanto em termos per capita e absolutos (1,7%), apesar do crescimento populacional ser menor (0,8%) e PIB retrair (3,8%). - Esse aumento na geração é inferior aos percentuais registrados em anos anteriores e reflete os hábitos sociais desenvolvidos na última década, em que o modelo de consumo passou a incluir um grande volume de materiais descartáveis, um padrão que não foi alterado pela crise econômica.
Coleta
<ul style="list-style-type: none"> - Os serviços de coleta mantiveram praticamente o ritmo de universalização observado anteriormente e alcançaram uma cobertura nacional de mais de 90%. - As diferenças regionais, porém, ficaram mais latentes pois, enquanto as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste apresentam índice de cobertura de coleta de RSU superior a 90%, as regiões Norte e Nordeste ainda estão com uma cobertura próxima de 80%.
Disposição final
<ul style="list-style-type: none"> - Na disposição final, os avanços percebidos pelo setor ainda não são suficientes para reduzir o volume total de RSU que são encaminhados para locais inadequados. Em termos percentuais houve uma melhora relativa de 0,3%, porém em termos absolutos cerca de 30 milhões de toneladas de resíduos foram dispostas em lixões e aterros controlados, uma quantidade que é 1% maior do que o montante registrado em 2014. - Mais de 3.300 Municípios ainda fazem uso de unidades irregulares para destinação dos resíduos coletados.
Recursos
<ul style="list-style-type: none"> - As prefeituras aplicaram, em média, pouco mais de R\$ 10 por habitante por mês nos serviços de limpeza pública, face a arrecadação limitada, normalmente os gastos chegando a 70% com o pessoal. No entanto, vale registrar que houve redução de 1,5% na quantidade de empregos gerados por empresas privadas, que sofreram com condições econômicas adversas e enfrentaram altos índices de inadimplência durante o ano. - É indispensável garantir a governança do setor e assegurar recursos específicos, que se mostram extremamente necessários para viabilizar o aprimoramento das infraestruturas e operações adequadas à uma gestão integrada e sustentável de resíduos. Sem isso, os avanços continuarão a acontecer em ritmo demasiadamente lento.
Coleta seletiva
<ul style="list-style-type: none"> - As iniciativas municipais de coleta seletiva vêm aumentando paulatinamente (70% em 2015), observado em todas as regiões do país. O aumento das iniciativas em municípios das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste foi bastante considerável, enquanto que nas regiões Sul e Sudeste mais de 85% dos municípios implementaram ações nesse sentido, um índice superior à média nacional.
Reciclagem
<ul style="list-style-type: none"> - Os índices de reciclagem no Brasil não apresentaram o mesmo avanço. Em alguns setores houve até mesmo redução do total efetivamente reciclado, em comparação com índices registrados anteriormente. - Ações ainda são incipientes e toda a cadeia da reciclagem sofre com a ausência de um sistema de gerenciamento integrado para superação dos gargalos existentes.

Fonte: Elaborado pelo autor com base na ABRELPE (2016)

Pode-se concluir que a implantação da destinação final adequada dos resíduos sólidos urbanos e rejeitos no Brasil, estabelecida para ocorrer até agosto de 2014 pela Lei 12.305/2010, ainda não aconteceu. Ainda é significativo a quantidade de resíduos destinados inadequadamente. Um dos instrumentos para atendimento da meta de disposição final ambientalmente adequada dos

rejeitos prevista na Lei, consiste na implantação de sistemas de coleta seletiva que propiciem o recolhimento dos resíduos, no mínimo, em duas frações: secos e úmidos. Tais sistemas deveriam estar disponíveis e em funcionamento em todo o país, porém não é essa a situação que se verifica a partir dos dados apresentados, os quais demonstram que muitos municípios não contam com iniciativas de coleta seletiva.

A vontade política é decisiva também para resolver os grandes desafios brasileiros na gestão de resíduos. Como se sabe, a Lei 12.305/2010 estabelece no seu Art. 54º que os prazos para adequação da destinação final de resíduos estabelecidos pela PNRS deveriam vencer em agosto de 2014, no entanto, o objetivo não foi alcançado, fazendo com que ainda seja registrada a utilização de lixões em todas as regiões do país, inclusive na capital do país.

Para piorar ainda mais esse cenário, o pleito de prorrogação dos prazos ganhou novo impulso com a aprovação de um projeto de lei no Senado Federal, em 2015, que se encontra em debate na Câmara dos Deputados. Se assim for, as capitais e municípios de região metropolitana terão até 31 de julho de 2018 para acabar com os lixões. Os municípios de fronteira e os que contam com mais de 100 mil habitantes, com base no Censo de 2010, tem o prazo até 2019. Já as cidades que têm entre 50 e 100 mil habitantes terão até 31 de julho de 2020. E os municípios menores, com menos de 50 mil habitantes, têm até 31 de julho de 2021 para acabar com os lixões.

Ou seja, as metas não foram atingidas e ainda o Brasil tem um longo caminho a percorrer, mas observa-se que avanços vem sendo paulatinamente implementados ao longo dos últimos anos. É importante destacar que o grau de conscientização dos municípios para com os termos da PNRS já atingiu um nível de maturidade bastante elevado, porém vários entraves para a aplicação da lei na prática ainda são notados.

Enquanto que os municípios reclamam que os prazos iniciais foram inexequíveis, os ambientalistas alegam que a prorrogação do prazo pode não surtir efeito, já que essa prorrogação não veio até agora acompanhada de ferramentas para que as cidades façam seus planos. E isso vai ao encontro do que foi colocado no início - falta de instrumentos técnicos nos municípios para elaborar o plano e recursos para aplicação dos mesmos, o que poderá afetar negativamente o cumprimento da lei.

Quanto aos acordos setoriais, a Lei nº 12.305/10 tornou obrigatória a implantação de sistemas de logística reversa, trazendo dentre suas disposições uma relação de produtos e setores, para os quais tais sistemas devem ser disponibilizados, no entanto, alguns setores contam com ações estruturadas para retorno dos materiais descartados e outros não.

Em termos dos recursos, face a terceirização dos serviços, aos reclamos da PNRS e, nos últimos anos, a crise econômica, os municípios brasileiros tem enfrentando graves problemas na remuneração dos serviços, pois o modelo de cobrança do serviço adotado pelos municípios é insustentável economicamente.

Como se viu, o plano de gestão de resíduos sólidos é um elemento preponderante nesse processo todo, no entanto, nem mesmo o governo federal conseguiu debater e aprovar o Plano Nacional de Resíduos Sólidos²³. De acordo com a lei, a cada quatro anos é preciso fazer a revisão, o que deveria ser feito no ano passado. Caso for publicado o plano no formato de 2012, já tem meta defasada.

A PNRS exige também, desde 2012, dos estados e municípios planos municipais e estaduais para ter acesso a recursos da União para a gestão dos resíduos, no entanto a maioria dos municípios não têm esses planos. O diagnóstico hoje é que dos 5.569 municípios existentes no país mais o DF, apenas 2.325 possuem seus respectivos PGIRS, correspondendo a 52,4% da população total estimada pelo IBGE em 2015 (MMA, 2015).

Ainda é verdade que com relação ao tratamento do lixo, tem-se instaladas no Brasil algumas unidades de compostagem/reciclagem. Essas unidades utilizam tecnologia simplificada, com segregação manual de recicláveis em correias transportadoras e compostagem em leiras a céu aberto, com posterior peneiramento. Muitas unidades que foram instaladas estão hoje paralisadas e sucateadas, por dificuldade dos municípios em operá-las e mantê-las convenientemente. As poucas usinas de incineração existentes, utilizadas exclusivamente para incineração de resíduos de serviços de saúde e de aeroportos, em geral não atendem aos requisitos mínimos ambientais da legislação brasileira. Outras unidades de tratamento térmico

²³ O Governo Federal teve 180 dias para elaborar uma versão preliminar do plano nacional, o que foi feito. O texto, em seguida, tramitou nos conselhos de Meio Ambiente, Cidades, Saúde e Recursos Hídricos, mas emperrou após ser encaminhado para integrantes do Conselho Nacional de Política Agrícola. Como o conselho não apreciou o plano, ele não seguiu para decreto. A versão preliminar é de agosto de 2012.

desses resíduos, tais como autoclavagem, microondas e outros, vêm sendo instaladas mais frequentemente em algumas cidades brasileiras, mas os custos de investimento e operacionais ainda são muito altos (IBAM, 2001).

Até aqui tentou-se mostrar os avanços e desafios do Brasil no cumprimento da Lei que instituiu a PNRS. Portanto, os avanços caminham a passos lentos. Como se viu inúmeras ainda são os desafios para a efetivação do objetivo inicial da lei que é o fechamento dos lixões, devido as características diferenciadas dos municípios; falta de recursos nos municípios; falta de mecanismos de financiamentos da parte do Governo e vontade política. O crescimento da geração de resíduos, a complexidade da composição do lixo urbano e a destinação final são os principais problemas que continuam a demandar grande parte da atenção das autoridades e da sociedade (SILVA FILHO, 2017).

3.2.4. Necessidade de quebrar paradigmas

Não se pode continuar a utilizar métodos exclusivamente convencionais nos processos de coleta, transporte e no tratamento dos resíduos, como lixões ou mesmo aterros sanitários. Novas soluções de gestão de resíduos devem ser adotadas, com o objetivo de direcionar melhor os recursos públicos, que resultem em melhorias para as cidades brasileiras ao otimizar a coleta e movimentação de resíduos, incrementem a economia e produzam melhor inserção social dos catadores, conforme ditames da lei que instituiu a PNRS.

A concentração urbana acelerada e o aumento do poder aquisitivo da população brasileira, que resultam em maior volume de resíduos, impõem que é fundamental buscar os estágios que os outros países desenvolvidos já alcançaram na gestão dos resíduos sólidos urbanos. Por exemplo, apesar do Brasil dispor de uma extensa territorialidade, é urgente o fechamento dos aterros a céu aberto, porque eles geram impacto negativo na qualidade de vida da população e do meio ambiente.

Diante dessa situação observa-se que é necessário realizar uma série de ações que tenha como objetivos atender a todas essas necessidades e traçar medidas que contemple:

- ✓ Contratação de pessoas qualificadas para realizar o planejamento do setor, gerenciar e operar o sistema sob uma visão moderna e holística, com conhecimentos de logística reversa e urbana;

- ✓ Investimentos para realização de projetos de infraestrutura e superestrutura que viabilize o alcance das metas em todas as regiões do país;
- ✓ Estruturação de um sistema de informação integrado e único que coordene as ações de todos os agentes que atuam de forma formal e informal na cadeia logística de resíduos sólidos e, que permita a troca de experiência e de participação da comunidade;
- ✓ Estruturação de uma rede logística reversa com as devidas unidades produtivas que minimize os custos de coleta e transporte de resíduos sólidos, assim como da capacidade instalada e, que seja capaz de reduzir o volume de resíduos sólidos destinados aos aterros sanitários;
- ✓ Sistema para controlar e fiscalizar se as diferentes organizações públicas e privadas estão cumprindo com a implementação de um plano de resíduos sólidos, assim como, se estão dando um retorno adequado a seus produtos pós-consumo;
- ✓ Sistema para controlar e fiscalizar as empresas terceirizadas que realizam os serviços de coleta domiciliar e transporte as unidades produtivas e aterros sanitários;
- ✓ Sistema para coordenar, articular, controlar e fiscalizar todas as unidades produtivas organizadas em cooperativas ou em organizações não governamentais ou informais que trabalham com os resíduos sólidos;
- ✓ Estudos para gerir cadeias logísticas reversas que tragam retornos econômico, financeiro, social e ambiental à sociedade e ao meio ambiente;
- ✓ Incentivos aos centros de pesquisas para desenvolvimento e inovação de novos produtos utilizando resíduos sólidos urbanos e rurais;
- ✓ Incentivos aos setores industriais, de serviço e outros para utilização de matéria-prima vinda da reciclagem, recuperação e transformação dos resíduos urbanos e rurais;
- ✓ Incentivos à população para promover e consolidar os programas de coleta seletiva;
- ✓ Programas de capacitação para todos os atores da cadeia logística reversa;
- ✓ Campanhas de conscientização;
- ✓ Entre outras.

3.3. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO DISTRITO FEDERAL

3.3.1. SLU e os demais atores ligados aos RSU

A Figura 3.1 mostra que os principais atores que compõe o setor de gestão de resíduos sólidos no DF podem divididos em geradores, gestores públicos, empresas terceirizadas (operadores), organizações sociais, catadores, intermediadores ou atravessadores e empresas de reciclagem.

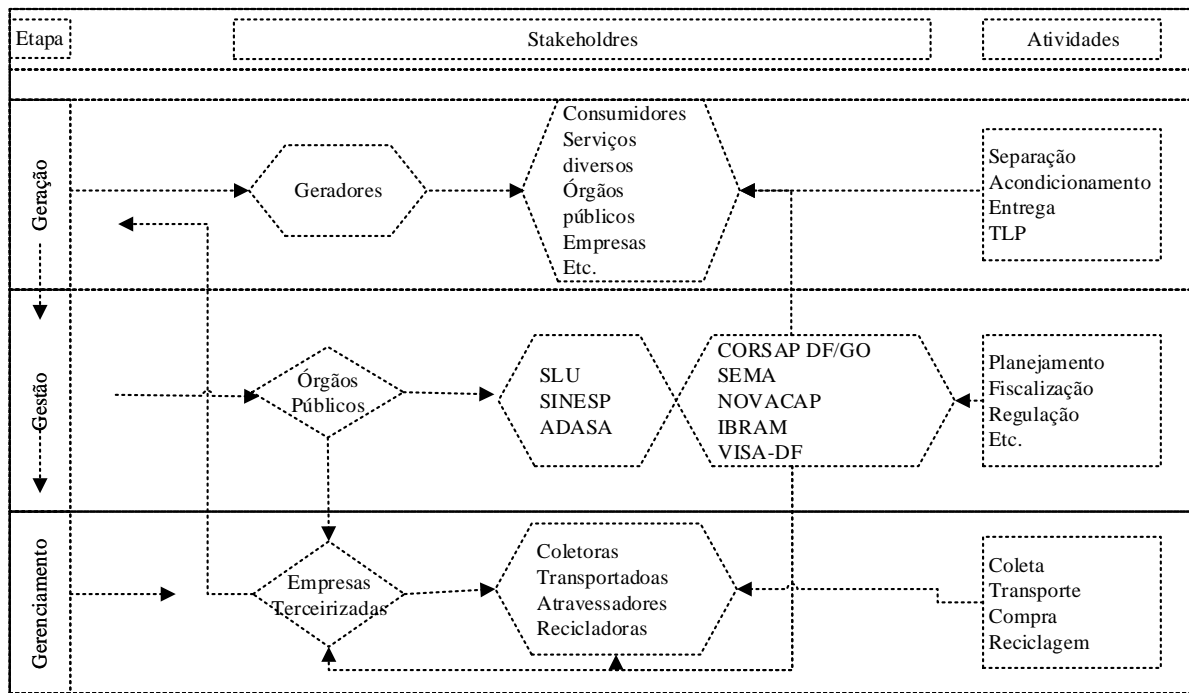


Figura 3.1: Principais atores envolvidos do sistema

Fonte: Elaborado pelo autor

No âmbito macro, o DF faz parte do CORSAP - DF/GO, Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos e das Águas Pluviais da Região Integrada do Distrito Federal e Goiás, cuja proposta é de promover a gestão associada e ambientalmente adequada dos resíduos sólidos das águas pluviais na região, além de viabilizar a coleta seletiva, a reciclagem e a destinação final dos resíduos não reciclados.

Direta e indiretamente, os principais atores públicos que envolvem a gestão de resíduos sólidos no DF são: Secretaria de Estado de Infraestrutura e Serviços Públicos (SINESP), Serviço de Limpeza Pública Urbana (SLU), ADASA, AGEFIS, Secretaria do Meio Ambiente (SEMA), IBRAM, Agência de Vigilância sanitária do DF (VISA-DF); Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP); Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central (CODEPLAN).

Segundo as informações disponíveis no site do SLU (2013), o órgão foi uma das primeiras instituições ambientalistas criada no DF, pelo Decreto Nº 76, de 03 de agosto de 1961. A Lei nº 5.275, de 24 de dezembro de 2013, no Art. 2º, define que o SLU tem como missão promover o gerenciamento dos serviços de limpeza pública, contribuindo para a qualidade de vida da população com sustentabilidade ambiental.

A Política Distrital de Resíduos Sólidos foi estabelecida pela Lei N° 5.418, de 24 de novembro de 2014, o qual dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre os procedimentos, as normas e os critérios referentes à geração, ao acondicionamento, ao armazenamento, à coleta, ao transporte, ao tratamento e à destinação final dos resíduos sólidos no território do DF, visando ao controle da poluição e da contaminação, bem como à minimização de seus impactos ambientais.

Entre os serviços prestados, podemos destacar: coleta convencional de RSU, coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos, coleta manual e transporte de entulhos, coleta mecanizada e transporte de entulhos, varrição manual de vias e logradouros, varrição mecanizada de vias, lavagem de vias, lavagem de monumentos e equipamentos urbanos; pintura manual e mecanizada de meio-fio; catação manual de papéis e plásticos em áreas verdes; transferência de rejeitos; tratamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos; remoção de animais mortos em vias públicas; compostagem de resíduos orgânicos; educação ambiental e mobilização social para o manejo dos resíduos sólidos e serviços diversos (SLU, 2017).

3.3.2. Panorama dos RSU no DF

3.3.2.1. Geração e gravimetria

A Tabela 3.4 mostra que em 2015 foram geradas 4.653 toneladas de RSU por dia, o que equivale a uma taxa de geração de 1,565 kg/habitante/dia, muito acima da média nacional (1,071).

Tabela 3.4: Geração e coleta de RSU no DF

Ano	População total	RSU gerado (t/dia)
2014	2.852.372	4.522
2015	2.914.830	4.653

Fonte: ABRELPE (2016)

A Tabela 3.5 apresenta a caracterização gravimétrica dos RSU que são coletados no DF, por meio da análise da coleta seletiva e da coleta convencional; sendo que 53,56% e 23,32% dos resíduos respectivamente são recicláveis.

Tabela 3.5: Gravimetria por tipo de coleta

Porção	Coleta convencional (%)					Coleta seletiva (%)				
Materiais recicláveis	37,0	31,9	23,3	28,7	30,2	-	-	53,6	61,6	57,6
Matéria orgânica	42,0	51,4	37,2	48,3	44,7	-	-	13,0	14,2	13,6
Outros resíduos e rejeitos	21,0	16,7	39,5	23,0	25,1	-	-	33,4	24,2	28,8
	PDR SDF 2008	IPEIA 2012	SLU 2016	SERE NCO 2016	Média	SLU 2008	IPEIA 2012	SLU 2016	SERE NCO 2016	Média

Fonte: PDSBGIRS (2016)

Cabe lembrar que esse percentual variou de cidade em cidade e na modalidade de coleta. Por exemplo, na coleta seletiva, a RA de Águas Claras apresentou maior percentual de recicláveis (85%), enquanto a RA da Estrutural com 38% apresentou o menor percentual de recicláveis. No quesito material orgânico, a RA do Lago Sul apresentou maior percentual desse material na coleta seletiva, 35%. Já a RA do Gama não apresentou representatividade do material orgânico (0%) durante as análises realizadas com as amostras dos caminhões provenientes da coleta seletiva. Com relação à presença de rejeito, Brazlândia foi a RA que obteve maior percentual (51%) e Águas Claras com o menor, 6% (JUCÁ, 2015).

Na coleta convencional, o percentual de maior representatividade do material orgânico foi para a RA do Lago Norte (72%) e com menor representatividade percentual, a RA de Ceilândia com 7%. Com relação ao material reciclável mensurado na coleta convencional, Samambaia apresentou maior percentual com 53% e o Lago Norte o menor percentual com 9%. Os rejeitos também foram contabilizados nesta coleta, a RA de Ceilândia sendo com maior predominância (74%) e Asa Sul com 14%.

3.3.2.2. Sistema de coleta

O serviço de coleta no DF abrange a coleta (convencional e seletiva) de RS domiciliares e de varrição; coleta manual e mecanizada de entulho; coleta dos RSS. Como mostra a Tabela 3.6, a coleta dos resíduos domiciliares e comerciais, dos resíduos da limpeza urbana e pequenos volumes de entulho é realizada por duas empresas em lotes (bairros de abrangência). Percebe-se ainda que o Lote I, onde estão inseridos os bairros mais nobres do DF, tem o maior percentual de coleta (convencional 50% e seletiva 53%).

Tabela 3.6: Coleta convencional e seletiva no DF

Lotes		Empresa	Percentual populacional (%)	Percentual Coleta (%)
Coleta convencional				
I		Sustentare	47	50
II		Valor Ambiental	29	32
III		Valor Ambiental	24	18
Coleta seletiva				
I	Asa norte, Asa Sul, Cruzeiro, Sudoeste, Octogonal e SIG.	CGC	15	53
II		Valor Ambiental	27	13
III		Quebec	24	4
IV	Taguatinga, Ceilândia, Águas Claras, Vicente Pires, S.C.I.A.; Park way (Qd 03, 04 e 05)	Valor ambiental	34	30
Coleta seletiva inclusiva	Samambaia, Brazlândia, Santa maria, Candangolândia e Núcleo Bandeirante	4 cooperativas		

Fonte: SLU (2017)

O Sistema de coleta seletiva de RSU no DF foi estabelecida em 2014, nas 31 RA, divididas em quatro lotes. Já a coleta seletiva, que estava sendo prestada em 31 RA em 2015, foi reduzida para 23 RA no início de 2016 e no final do mesmo ano, estavam sendo atendidas apenas as 14 maiores RA do DF sendo 9 por meio de contrato com empresa terceirizada e 5 por meio de contrato com 4 cooperativas e as associações de catadores de materiais recicláveis. Hoje, o projeto de coleta seletiva se encontra em reformulação de forma a atender inicialmente a todas as RA e áreas que possuem a capacidade de oferecer melhor qualidade no material disponibilizado para a coleta seletiva (SLU, 2016 e 2017). Até junho de 2017, a coleta seletiva estava presente em 18 e suspensa em 12 regiões.

Quanto a cobertura da coleta, a Tabela 3.7 mostra que a quantidade coletada (4.561 toneladas/dia) praticamente se igualou a quantidade gerada de resíduos sólidos, o que é confirmada pelo IBGE (2010), pois segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, DF apresenta taxa alta de cobertura (de 98%).

Tabela 3.7: Geração e coleta de RSU no DF

Ano	População total	RSU gerado (t/dia)	Resíduo coletado	
			Kg/hab/dia	T/dia
2014	2.852.372	4.522	1,551	4.423
2015	2.914.830	4.653	1,565	4,561

Fonte: ABRELPE (2016)

O Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal de 2016, apresenta que em 2015 foi gerada, só de RSU, 2.878 toneladas/dia, em que a coleta convencional respondeu por 2.694 toneladas/dia e a seletiva por 184 toneladas/dia. A quantidade coletada média per capita foi de 0,86 kg/dia. Ainda apresenta que, foi destinada no aterro do Jóquei 2.621 t/dia de RSU e 6.258 t/dia de RCC (SLU, 2016).

Tabela 3.8: Quantidade de RS no DF

	Unidade	Ano			Comparação 2015 / 2016 (%)
		2014	2015	2016	
Coleta convencional	Tonelada	844.186	843.217	818.771	-2,9
Coleta seletiva	Tonelada	48.586	57.496	48.673	-15,35
Total coletado	Tonelada	892.772	900.713	867.444	-3,69
Projeção da população	-	2.883.559	2.914.830		
Ao ano / habitante	Quilograma	309	309		
Ao mês / habitante	Quilograma	26	26		
Ao dia / habitante	Quilograma	0,86	0,86		
Catação de resíduos	Hectare	190.573	143.878	150.975	+4,93
Coleta RSS	Tonelada	2.800	2.466	2.217	-10,1
RSU processados em usinas de tratamento	Tonelada	220.456	209.121	229.054	+9,53
Transferência de resíduos	Tonelada x Km	14.081.692	14.773.167	14.782.791	+0,03
Resíduos domiciliares aterrados	Toneladas	856.571	887.220	839.055	-6,44

Fonte: SLU (2016)

Segundo SLU (2017), a taxa de domicílios com coleta seletiva regular²⁴ é cerca de 49%. A Tabela 3.9 apresenta a relação entre o número populacional de cada RA e a quantidade gerada de RDO por mês. Em 2014, foram coletados 50.182.000 kg, enquanto que 2015 este quantitativo atingiu 57.495.600 kg. Houve, portanto, uma melhoria mesmo que pequena da eficiência da coleta seletiva. As cidades que tiveram a coleta seletiva mantida são exatamente as que possuem melhores índices de materiais recicláveis enquanto que aquelas em que a coleta seletiva foi temporariamente suspensa os índices de materiais recicláveis são menores.

No que tange ao envolvimento da população, a pesquisa da CODEPLAN (2017) aponta que 59,1% dos domicílios declaram separar o lixo. Quando se observa a distribuição por grupos de renda, a probabilidade é maior no de maior renda. Já em termos dos principais problemas apontados pelas pessoas no sistema de coleta foram: falta de informação (25,7%); não

²⁴ A taxa de domicílios com coleta seletiva regular foi encontrada através do somatório dos domicílios cobertos pela coleta seletiva dividida pelo total domicílios do DF multiplicado por 100.

cumprimento de horário (22,3%); coleta de catadores e garis que deixam o local sujo (12,5%) e falta de containers e danificados (5,3%). A existência desses problemas operacionais tende a reduzir bastante a avaliação negativa dos entrevistados.

Tabela 3.9: Coleta de RSU por RA em 2015

No	RA	RSU (ton/mês)	População estimada (2015)
1	Plano Piloto	11687	231.894
2	Taguatinga	8570	224.618
3	Ceilândia	11015	471.279
4	Samambaia	4099	231.457
5	Gama (S)	3183	139.716
6	SCIA/Estrutural	1542	37.528
7	Aguas Claras	2300	127.716
8	Guará	2741	131.877
9	Planaltina	3087	189.571
10	Recanto das Emas	2299	139.968
11	Santa Maria	2209	128.007
12	Sobradinho II	1936	102.709
13	São Sebastião	1913	102.703
14	Sudoeste/Octogonal (V)	1697	55.282
15	Lago Sul	1505	32.711
16	Jardim Botânico	1250	27.168
17	Riacho Fundo I	806	39.076
18	Itapoã	1033	63.234
19	Vicente Pires	968	76.836
20	Brazlândia	1373	53.175
21	SIA	853	1.874
22	Sobradinho I	1259	66.788
23	Cruzeiro	779	32.963
24	Paranoá	771	47.813
25	Núcleo Bandeirantes (S)	762	24.858
26	Park Way	707	20.712
27	Riacho Fundo II	805	40.979
28	Lago Norte	1121	36.059
29	Candagolandia	618	17.609
30	Varjão	302	9.700
31	Fercal	168	8.948

Fonte: Abreu (2016)

3.3.2.3. Transporte dos resíduos sólidos

O transporte dos RS no DF, segue o modelo de sistema de coleta por lotes. Como se percebe na Figura 3.2, são transportados resíduos pegos da coleta (convencional e seletiva) de resíduos sólidos domiciliares e de varrição; coleta manual e mecanizada de entulho; coleta dos RSS. A coleta convencional foi ao longo dos anos destinada diretamente ao lixão, às duas unidades de Tratamento Mecânico-Biológico (TMB) ou ainda às quatro unidades de transbordo; mas com a inauguração do Aterro Sanitário de Brasília a destinação dos rejeitos passou a ser ali.

O SLU atende a diversas demandas para a varrição, limpeza, recolhimento, transporte e destinação final dos resíduos gerados em vários eventos que ocorrem em todo o DF. São eventos de natureza pública, privada, religiosos, festas institucionais, entre outros. Em 2015, o SLU realizou a limpeza e remoção de resíduos destinados à triagem ou ao Lixão da Estrutural em 271 eventos e recolheu 493 toneladas de resíduos. Em 2016, houve uma alteração na apuração do apoio do SLU a eventos, incluindo todas as participações, inclusive as de apoio a ações de governo como combate à dengue, derrubadas de invasões, eventos institucionais, como aniversário das cidades, datas comemorativas etc. No total foram 1.132 participações em que foram recolhidas 19.658 toneladas de resíduos.

O estudo do SLU (2016a) mostrou alguns problemas envolvendo horário e rota dos caminhões no transporte dos resíduos. As rotas e horários de coleta são disponibilizados para a população por cada empresa contratada, e apresentados no site do SLU. A partir dessas informações a equipe técnica planejou o cronograma e selecionou os caminhões. Os horários e rotas disponibilizados apresentaram algumas inconsistências que causaram dificuldades durante a execução das atividades, dentre elas destacam-se:

- a) Algumas das RA selecionadas apresentaram choques de horários entre elas, não sendo possível, em alguns casos, repetir exatamente a mesma rota;
- b) A não conformidade das rotas e horários disponibilizados no site do SLU/DF com relação ao que a empresa iria realizar, levando a equipe a reformular novo cronograma, atrasando as análises;
- c) Alguns caminhões quebraram no momento da coleta da rota escolhida, sendo substituídos por caminhões de outras rotas, sem aviso prévio à equipe técnica e, provavelmente, com presença de amostragem de resíduos da rota não correspondente conforme programado;
- d) A quebra dos caminhões e substituição por outro, sem aviso prévio, também levou a equipe técnica a não poder se basear pela placa dos caminhões;
- e) Interlocução entre as áreas operacionais do SLU/DF e com a empresa. Em alguns casos houve troca de procedência do caminhão no momento da pesagem pelo balanceiro e a placa registrada era correspondente de outra rota, sem aviso da empresa ao balanceiro;
- f) A ausência dos Planos de Coleta elaborados pela empresa e que contratualmente, não são disponibilizados ou cumpridos de forma a tornar mais eficiente os serviços, principalmente para a coleta seletiva, geraram incerteza quanto à rota que realmente estava sendo analisada.

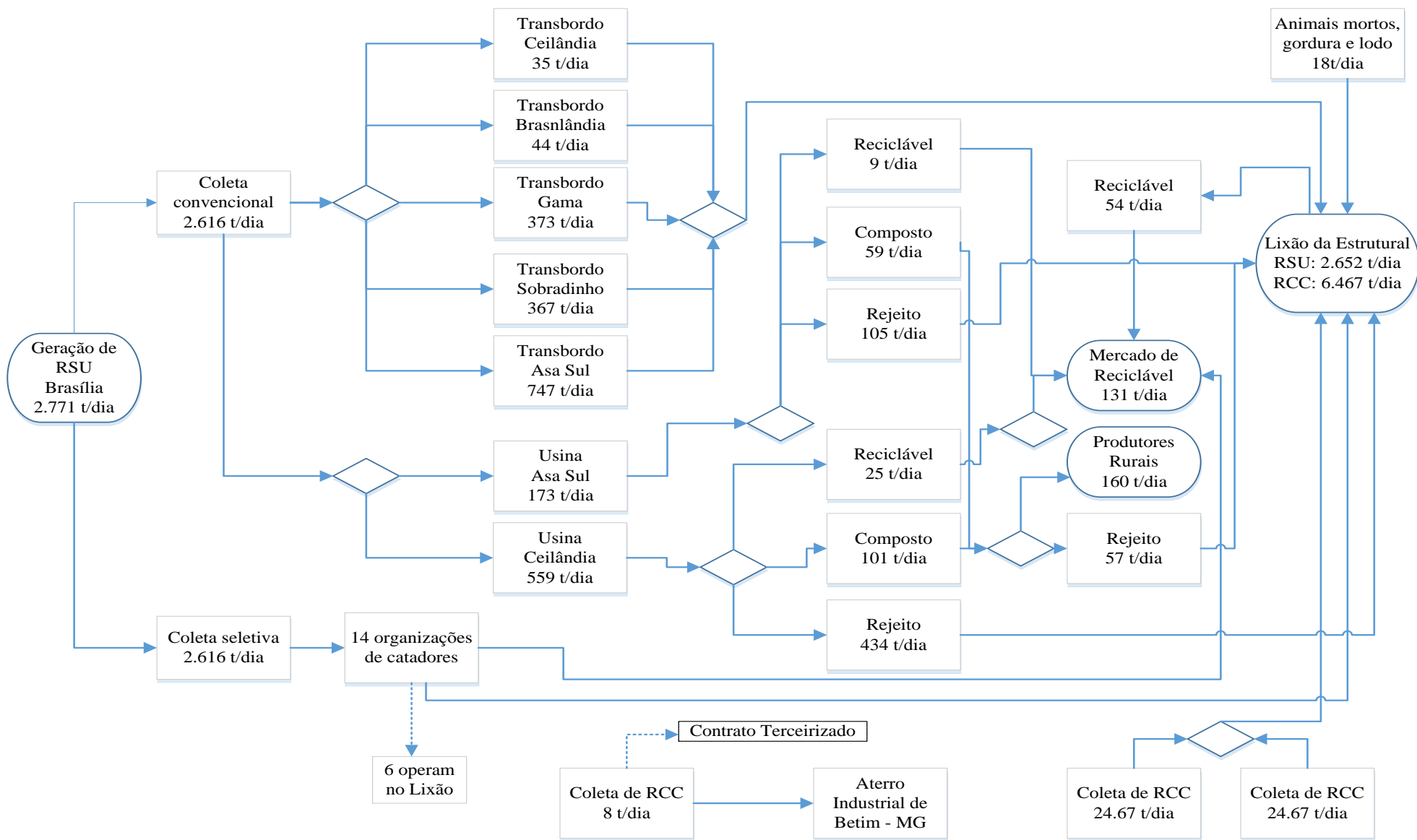


Figura 3.2: Fluxo de RSU no DF

Fonte: SLU (2017)

3.3.2.4. Transbordo, processamento e destinação dos resíduos sólidos

Antes da inauguração do aterro, depois de transportados, os resíduos seguem diretamente ao Lixão da Estrutural e resto processamento nas Usinas de Ceilândia e Asa Sul. Nas unidades de transbordo de Brazlândia e Sobradinho, nas UTMB's Asa Sul e Ceilândia são realizadas também atividades de triagem por organizações de catadores. Em 2016, foram 229.054 toneladas processadas, uma média mensal de 19.088 toneladas. Já o total transbordado nas quatro unidades (Asa Sul, Brazlândia, Ceilândia, Gama e Sobradinho) foi de 449.208 toneladas, uma média mensal de 37.434 toneladas.

Quanto a destinação, a ABRELPE (2016) apresenta que os RSU gerados no DF foram destinados ao aterro controlado²⁵:

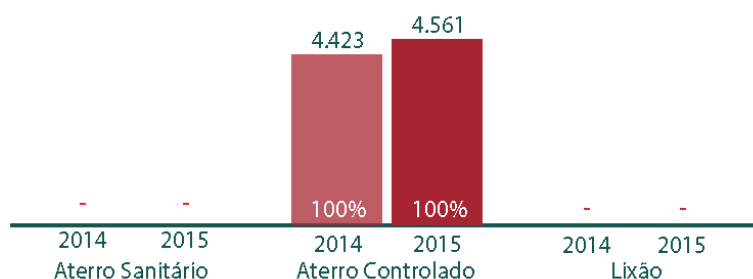


Gráfico 3.5: Destinação Final de RSU no DF (t/dia)

Fonte: ABRELPE (2015)

Até o início da operação do Aterro Sanitário de Brasília, no mês de janeiro de 2017, a área na Estrutural recebeu a totalidade dos resíduos da coleta domiciliar. Segundo o relatório de atividades do SLU de 2016, 830.055 toneladas de resíduos foram depositadas no local em 2015.

Como mostrou a Figura 3.2, em 2016 foram coletadas, em média, pelo SLU 2.616 t/d de resíduos domiciliares e assemelhados e dispostas no Aterro Controlado do Jóquei em média 2.652 t/d. Dos resíduos coletados, 318 t/d, correspondendo a 11%, foram dispostas diretamente no Aterro Controlado do Jóquei, enquanto 1.435 t/d, correspondendo a 55%, passaram por cinco unidades de transbordo situadas em Brazlândia, no Gama, em Sobradinho, na Asa Sul e no P-Sul na Ceilândia, onde os resíduos foram transferidos dos caminhões compactadores para carretas, visando à redução dos custos de transporte. Outras 732 t/d, correspondendo a 27%,

²⁵ Como se percebe, o relatório da ABRELPE (2016), considerou a destinação 100% dos resíduos ao “aterro controlado”, isto é, o lixão do Jóquei. Ultimamente a SLU tem tomados algumas medidas, de modo a associar o lixão a um “aterro controlado”, no entanto, por questões técnicas, os ambientalistas e pesquisadores recusam em aceitar essa nomenclatura. Com a inauguração do aterro sanitário em janeiro de 2017, a partir dessa data os dados referentes a destinação terá outra configuração, diferentemente dos apresentados nos últimos anos.

foram processadas nas duas UTMB para a retirada de materiais recicláveis secos, como papel, papelão, plásticos etc. e matéria orgânica para a compostagem. Das quantidades processadas nessas unidades, foram aproveitadas 34 t/d de recicláveis e 159 t/d de composto orgânico.

Não há empresas de reciclagem no DF, no entanto, o indicador Taxa de recuperação dos resíduos coletados²⁶ atingiu de 8,92% em 2016, apesar das grandes dificuldades enfrentadas nos contratos de prestação de coleta seletiva, e atrasos na construção de Instalações IIRR. O indicador “Taxa de disposição final em aterro sanitário” atingiu 1%, devido à decisão governamental de inauguração do aterro em 2017. Alimentos com data de validade vencida gerados em supermercados foram destinados a aterros sanitários localizados fora do DF.

Por meio da coleta seletiva foram recolhidas, em média, 155 t/d, que foram destinadas a 14 organizações de catadores, sendo que seis delas se encontram no Aterro Controlado do Jóquei em área específica para esta finalidade. Ao todo foram encaminhadas para a reciclagem 131 t/d, sendo que, em média, 34 t/d foram originadas das usinas TMB, 54 t/d provenientes das organizações de catadores que trabalham diretamente no maciço do Aterro Controlado do Jóquei e 43 t/d das oito organizações que atuam em espaços específicos, como nas Usinas TMB, em galpões próprios ou cedidos por órgãos do GDF. Considerando que 184 t/dia foram encaminhados para a reciclagem, 6,4% do total de resíduos coletados no DF foram destinados à coleta seletiva. Comparado ao quantitativo de 6% coletado seletivamente em 2014 houve um acréscimo de 0,4%.

Portanto, em função de trabalhos contratados pelo SLU, em 2016 deixaram de ir para o Aterro Controlado do Jóquei 290 t/d de resíduos, correspondendo a 10,5% do total de resíduos coletados no DF. No entanto, com o significativo aumento do desemprego no DF, grande parte dos resíduos coletados e comercializados por catadores avulsos deixa de ser contabilizado neste processo (SLU, 2017). Quanto ao valor médio pago para a coleta seletiva em 2014 de R\$ 204,00 houve uma redução de R\$ 17,53 por tonelada coletada correspondendo a 8,6%. (SLU, 2016).

²⁶ A taxa de resíduos sólidos reciclados e recuperados foi encontrada pelo somatório do material reciclado triado mais o somatório do composto orgânico produzido dividido pelo total dos resíduos sólidos domiciliares coletados vezes 100.

3.3.2.4.1. Compostagem no DF

O sistema de tratamento de resíduos sólidos urbanos no DF teve início com a inauguração da usina de tratamento mecânico biológico e compostagem dinamarquesa, em 1963, na Asa Sul, com capacidade de processamento de 100 toneladas/dia. Em 1972, ela teve a capacidade ampliada com a construção de mais duas linhas de processamento, aumentando seu potencial para 250 toneladas/dia. Em 1985, foi inaugurada outra usina de tratamento, francesa, no Setor P-Sul em Ceilândia, com capacidade de processamento de 600 toneladas/dia. No ano de 2000, deu-se uma reforma e adaptações das instalações e equipamentos das duas usinas, melhorando a eficiência dos equipamentos e aumentando a capacidade de processamento da usina da Asa Sul, além de concentrar todo o sistema de compostagem nos pátios da usina de Ceilândia. Até o momento da pesquisa, as duas unidades encontravam-se em funcionamento, sendo que na Asa Sul de forma bastante precária e no P-Sul obtendo manutenção de seus equipamentos e tem melhorado o processo operacional inclusive da compostagem em pátios impermeabilizados.

Em 2016, das quantidades processadas nas UTMB foram aproveitadas 34 toneladas/dia de recicláveis e 159 toneladas/dia de composto orgânico. A produção de composto orgânico nas duas usinas foi de 49.900 toneladas. Uma porção do composto produzido é vendido e outra, substancial, é doada para agricultores familiares cadastrados pela Emater, outros vendidos. O decreto nº 37.135, de 24/02/2016, que alterou o §1º, do art. 5º do Decreto nº 35.166, de 17/02/2016, estendeu a doação do composto orgânico, em até 90 toneladas anuais, também aos produtores rurais patronais. Até esta data, apenas os produtores rurais com declaração de aptidão ao Pronaf, DAP ou carteira de produtor familiar, tinham direito à doação. Esta medida contribuiu para dar vazão ao estoque de composto orgânico então existente nos pátios de compostagem da usina de tratamento de resíduos sólidos do P-Sul. (SLU, 2017). Esses resultados são significativos, na medida que hoje no Brasil ainda são poucas as experiências em compostagem em cidades de grande porte na valorização de orgânicos.

3.3.2.4.2. Lixão da Estrutural

A região da Estrutural é utilizada desde a década de 1960 para depósito de lixo. O aterro ocupa aproximadamente 200 hectares, está próximo ao Parque Nacional de Brasília e a cerca de 20 quilômetros da Esplanada dos Ministérios. Em processo de desativação, está a 15km da Praça dos Três Poderes, centro das decisões políticas do país e coração da capital da República. É considerado o maior lixão a céu aberto na América Latina e segundo do mundo, ficando atrás

apenas do Lixão de Jacarta, na Indonésia (ISWA, 2014). A diferença é que a população de Jacarta é seis vezes maior do que a do DF.

O depósito improvisado nasceu praticamente com Brasília. Passados quase 60 anos, o espaço acumula 40 milhões de toneladas de detritos. O maciço - nome técnico para a parte central onde é disposto o lixo domiciliar - tem 55m de altura. O trabalho insalubre e as condições precárias impõem aos catadores de lixo uma rotina de vulnerabilidades sanitárias e de saúde. O descarte de resíduos, entre eles os tóxicos, como bateria de carro e de celular e pilha, expõe os trabalhadores a riscos (SLU, 2015). A Tabela 3.10 apresenta a quantidade de RSU, RCD, entre outro, depositada nos últimos anos:

Tabela 3.10: Quantidade de RSU e RCD depositados no Jóquei entre 2009 e 2015

Ano	Quantidade (toneladas)
2009	759.517,82
2010	776.208,70
2011	820.359,75
2012	816.594,41
2013	822.438,22
2014	856.571,37
2015	887.220,10

Fonte: SLU (2015)

Considerando que 184 t/dia foram encaminhados para a reciclagem, 6,4% do total de resíduos coletados no DF foram destinados à coleta seletiva. Comparado ao quantitativo de 6% coletado seletivamente em 2014 houve um acréscimo de 0,4%. Quanto ao valor médio pago para a coleta seletiva em 2014 de R\$ 204,00 houve uma redução de R\$ 17,53 por tonelada coletada correspondendo a 8,6%. (SLU, 2016).

Até inauguração do aterro sanitário, o lixão recebia a totalidade dos resíduos da coleta domiciliar no DF que são dispostos diretamente no solo. Excetuam-se os resíduos dos serviços de saúde, eletroeletrônicos e pneumáticos.

O lixão já tinha ordem para ser encerrado em 2011. Em 2014, o Tribunal de Justiça (TJDFT) do Distrito Federal acatou o pedido do Ministério Público do DF (MPDFT) de multar em R\$ 1 milhão o Serviço de Limpeza Urbano (SLU) por não ter fechado o lugar nesta época. Em outro processo, o SLU também foi condenado a pagar multa de mais de R\$ 9 milhões, e a empresa

Valor Ambiental de R\$ 4 milhões. Porém, o governo informou que o adiamento era devido aos atrasos nas obras do aterro sanitário, e com isso, não era havia outra forma de processar o resíduo recolhido. Assim, o executivo também conseguiu adiar o pagamento das multas.

O processo de desativação teve início em 2015, com a criação de um grupo de trabalho formado por diversos órgãos, que tem como finalidade elaborar e executar o plano de intervenção que visa ao encerramento das atividades irregulares. Desde então, várias medidas foram adotadas. Mas, o Plano de Erradicação das Irregularidades existentes no lixão não teve a atuação que seria necessária. A articulação dos diferentes órgãos entre si e com os catadores de materiais recicláveis tem sido um desafio e há necessidade de sua retomada (SLU, 2017).

No dia 10 de maio de 2017, o governo do DF anunciou a desativação definitivamente até outubro do lixão da estrutural, de acordo com o decreto. Está em andamento o Termo de Referência para contratar o projeto de recuperação ambiental da área por meio de um empréstimo do Banco Interamericano de Desenvolvimento.

3.3.2.4.3. Aterro Sanitário de Brasília

De acordo com as informações da SLU (2017), localizado entre as Regiões Administrativas de Samambaia e de Ceilândia, o aterro foi projetado no ano de 2012. O projeto foi contratado pelo Programa Brasília Sustentável, vinculado à Adasa, com financiamento do Banco Interamericano de Desenvolvimento.

A extensão total do aterro é de aproximadamente 760.000 m² ou 76 ha, sendo que a área de interferência para implantação do ASB é de aproximadamente 490.000 m² ou 49 ha. Esse espaço contempla as áreas de disposição de rejeitos (320.000 m² ou 32 ha) e de apoio administrativo e operacional, o poço de recalque de chorume para a Estação de Tratamento de Esgoto Melchior, operada pela Caesb e a área para disposição emergencial de resíduos de serviços de saúde.

Adjacente ao ASB existe uma gleba prevista para a ampliação do aterro de aproximadamente 600.000 m² ou 60 ha. A primeira etapa, com 110 mil metros quadrados, custou R\$ 44 milhões aos cofres públicos. Projeta-se receber uma média diária de 2,7 mil toneladas de rejeitos.

Com essas duas glebas, a dimensão total do aterro passa a ser de aproximadamente 1.360.000 m² ou 136 ha. O projeto prevê a segmentação da disposição de rejeitos no Aterro Sanitário de Brasília em quatro etapas. A Tabela 3.11 sistematiza a área de cada etapa, sua capacidade de recebimento de rejeitos e sua vida útil estimada.

Tabela 3.11: Etapas da construção do Aterro Sanitário de Brasília

Etapa	Área (m²)	Capacidade (t)	Vida Útil (anos)
Etapa 1	110.000	1.872.000	3,1
Etapa 2	122.000	1.990.000	3,2
Etapa 3	88.000	1.596.000	2,6
Etapa 4 – Coroamento	-	2.672.000	4,4
Total	320.000	8.130.000	13,3

Fonte: SLU (2017)

Para a estimativa da vida útil das etapas foi considerada a demanda mensal média da ordem de 51.000 toneladas de resíduos. Essa estimativa considera, ainda, recalques conservadores da ordem de 20% e peso específico médio dos resíduos de 1,00 tf/m³, resultando em uma vida útil inicial do empreendimento de aproximadamente 13,3 anos. Considerando a capacidade total de recebimento de rejeitos informada no projeto, 8.130.000 toneladas, e a demanda mensal de rejeitos gerada atualmente de 75.000 t/m, a vida útil do aterro seria de aproximadamente 108 meses, ou seja, 9 anos.

Ainda considerando essa demanda, a Etapa 1 do Aterro receberia rejeitos por aproximadamente 25 meses, ou seja, 2 anos e 1 mês. Visando o encerramento das atividades irregulares existentes no lixão, o SLU está implantando o Aterro Sanitário de Brasília – ASB, que se situa entre as Regiões Administrativas de Ceilândia e Samambaia. Para atender ao processo de recebimento, triagem, prensagem, enfardamento e comercialização dos resíduos, o SLU está propondo a reforma de duas e construção de outras duas Instalações de Recuperação de Resíduos, e a Secretaria de Meio Ambiente, com recursos do BNDES, propondo a construção de outras três, além da implantação de uma central de comercialização destes materiais.

Para a execução do projeto das unidades de apoio operacional e administrativo, bem como das obras de urbanização da área do Aterro Sanitário de Brasília foram celebrados convênios com a Novacap e com a Caesb. Para implantar e operar a Etapa 1 do Aterro Sanitário de Brasília, o SLU lançou em 2014 uma licitação, que foi vencida por um consórcio de três empresas.

Por enquanto, ali é depositado cerca de um terço da produção diária de lixo do DF, que vem das usinas de tratamento do SLU no P Sul (Ceilândia) e na Asa Sul (Plano Piloto) e das áreas de transbordo de Brazlândia e de Sobradinho. A construção está dividida em quatro etapas. Apenas rejeitos são depositados no local, que não conta com a presença de catadores, já que o material encaminhado para ele não é mais passível de reciclagem.

3.3.2.4.4. Centro de triagem e demais infraestruturas

Segundo SLU (2017), para dar continuidade ao processo de recebimento, triagem, prensagem, enfardamento e comercialização dos resíduos recicláveis, o órgão está contratando a reforma de duas e construção de outras duas IRR, e a SEMA, com recursos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), irá contratar a construção de outras três e a implantação de uma central de comercialização de materiais recicláveis. Enquanto isso, o SLU já começou a alugar galpões para integrar os catadores. Prevê que as centrais terão capacidade de processamento de até 191 toneladas de resíduos sólidos por dia.

Outra estrutura que vem sendo trabalhada pelo SLU é o chamado Papa Entulhos, sendo prevista a instalação de cerca de 60 unidades. A definição do número de Papa Entulhos necessários baseou-se na distância máxima de 5 km entre um e outro, o que significa um deslocamento máximo de 2,5 km pelos usuários.

3.3.2.5. Inserção dos catadores no sistema

Foi identificado em 2015, um total de 33 organizações de catadores atuando em diversas cidades do DF, com cerca de 3.263 catadores declarados. Embora mantenham a denominação de associações e cooperativas, ressalta-se que várias delas não atuam dentro dos princípios do associativismo e do cooperativismo.

Em maio de 2016 foi firmado contrato com quatro organizações de catadores para a coleta seletiva em partes de cinco Regiões Administrativas, a saber: Brazlândia, Candangolândia, Núcleo Bandeirante, Samambaia, Santa Maria. Este processo se deu por meio de chamada pública no sítio eletrônico do SLU, com a apresentação das regiões, das localidades e das condições de prestação dos serviços. As organizações de catadores receberam apoio da Secretaria Adjunta de Desenvolvimento Social por meio do Instituto de Estados

Socioeconômicos (Inesc), contratado para este fim com recursos do Ministério do Trabalho pelo programa Pró-Catador. Esta é uma inovação da qual não se tem conhecimento de precedentes no Brasil (SLU, 2017). Seguindo as diretrizes da lei, o governo pretende incorporar os catadores de materiais recicláveis de forma produtiva, adequada e segura nos centros de triagem, especialmente a inauguração do aterro sanitário e a intenção de fechar o lixão da estrutural em outubro de 2017.

Atualmente, 900 catadores credenciados junto ao governo recebem ajuda de custo de R\$ 300 mensais e com o processo de desativação do lixão e implementação dos centros de triagem, o material que pode ser reaproveitado será vendido pelas próprias cooperativas a usinas de reciclagem, no DF ou em outros estados. Para cada tonelada vendida, o governo do DF pretende repassar mais R\$ 92 às centrais de triagem, como bônus de compensação ambiental.

3.3.2.6. Lei dos grandes geradores

Um avanço na gestão dos RSU no DF trata-se da Lei nº 5.610, de 16 de fevereiro de 2016, que dispõe sobre a responsabilidade dos grandes geradores de resíduos sólidos não perigosos e não inertes, excetuando, resíduos sólidos industriais, de serviços de saúde e de saneamento básico, da construção civil e de demolição.

A lei disciplina o gerenciamento dos resíduos sólidos não perigosos e não inertes produzidos por grandes geradores. O Art. 2º, estabelece que são equiparados aos resíduos sólidos domiciliares os resíduos não perigosos e não inertes que sejam produzidos por pessoas físicas ou jurídicas em estabelecimentos de uso não residencial e que cumulativamente tenham: I natureza ou composição similares àquelas dos resíduos sólidos domiciliares; II volume diário, por unidade autônoma, limitado a 120 litros de resíduos sólidos indiferenciados (aqueles não disponibilizados para triagem com vistas à reciclagem ou para compostagem).

A vinculação dessa lei é importante porque um dos prejuízos da SLU é a coleta e destinação de resíduos gerados por essas entidades que tem a obrigação de dar destino certo aos seus resíduos, como é o caso das instituições públicas, rodoviárias, feiras, aeroporto, etc. Por exemplo, como segue na Tabela 3.12, só em 2015 o SLU realizou a limpeza e remoção de resíduos em 271 eventos e recolheu 493 toneladas de resíduos que foram destinados à triagem pelas organizações de catadores ou ao Aterro Controlado do Jóquei (SLU, 2016).

Tabela 3.12: Estimativa da Geração dos grandes geradores

Polos geradores				
Quantidade indiferenciáveis (litros/dia)	Quantidade de polos	Quantidade média considerada indiferenciáveis (70%)		Porção recicláveis considerada (30%) em toneladas
[120l, 1000l]	100	200 l	44000 l	18,84 ton
[1000l, 2000l]	650	1500 l	975.000 l	41,01 ton
>2000l	200	2500 l	500.000 l	214,28 ton
Grandes eventos				
Quantidade de eventos que resíduos recicláveis foram coletados	Quantidade coletada (t/ano)	Quantidade média gerada por evento (t/ano)		
271	493	1,82		

Fonte: Informações obtidas pelo autor e SLU (2016)

A lei considera grandes geradores: as pessoas físicas ou jurídicas que produzam resíduos em estabelecimentos de uso não residencial, incluídos os estabelecimentos comerciais, os públicos e os de prestação de serviço e os terminais rodoviários e aeroportuários, cuja natureza ou composição sejam similares àquelas dos resíduos domiciliares e cujo volume diário de resíduos sólidos indiferenciados, por unidade autônoma, seja superior ao previsto no art. 2º, II.

O decreto foi publicado dentro do prazo previsto, no segundo semestre de 2016, assim como as instruções normativas orientadoras do novo modelo a ser implantado e a definição dos preços públicos quando os serviços forem executados pelo SLU. Considerando o grande número de grandes geradores do DF, o grupo de trabalho do GDF optou por iniciar os trabalhos pelos maiores, sendo que os 500 estabelecimentos que respondem por boa parte dos resíduos indiferenciados gerados já foram visitados mais de uma vez pela AGEFIS (SLU, 2017).

A prestação de serviços pelo SLU aos grandes geradores ou às empresas por eles contratadas é remunerada pelo pagamento de preços públicos definidos em normas de regulação editadas pela ADASA. Contudo, não haverá ônus ao grande gerador quando o SLU prestar serviços de coleta, transporte e destinação final de materiais recicláveis separados na origem. O site da dispõe de um sistema onde os grandes geradores e os prestadores de serviço devem cadastrar.

3.3.2.7. Custos e receitas

Para a realização dos serviços sob sua responsabilidade, o SLU executou em 2016 (o orçamento realizado) R\$ 456.426.890,00. Um aumento de 5% em relação a 2015, menor do que a inflação no período, que foi de 6,28%.

Em 2016 foram pagos despesa de exercício anterior, assim como aconteceu nos anos anteriores (2014 e 2015). Em 2016 foi realizado o valor de R\$ 72.931.375,84 com pessoal cedido a outros órgãos do GDF, cujo pagamento retornou à folha do SLU a partir de janeiro de 2015, por força da Ação Direta de Inconstitucionalidade, interposta pelo Ministério Público do Distrito Federal, em desfavor da Lei 5.276/2013, que extinguiu a Carreira de Gestão de Resíduos Sólidos.

Em função do pagamento de servidores do SLU prestando serviços em outros órgãos, o Quadro de Detalhamento de Despesas de 2016, que apresenta o valor empenhado, considerou a despesa efetiva da limpeza urbana em 2016 de R\$ 495.849.555,80. Como mostra o Gráfico 3.6, as despesas com a limpeza subiram de 78% para 80%, correspondendo a um aumento de 2%. Já as obras tiveram um aumento de sua participação de 1% para 2%.

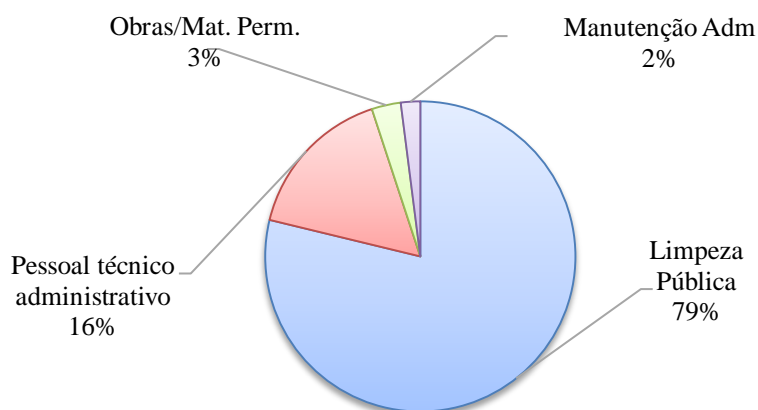


Gráfico 3.6: Divisão do orçamento do SLU em 2015

Fonte: SLU (2016)

O custo médio per capita da limpeza urbana e de manejo dos RSU gira em torno de R\$150, como mostra a Tabela 3.13. A Tabela 3.14 apresenta os principais custos dos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos em 2016:

Tabela 3.13: Custo médio per capita da limpeza urbana e do manejo dos RSU

Ano	Despesas do SLU	Projeção da População	Total
2014	443.347.285	2.883.559	154
2015	436.375.993	2.914.830	150
2016	495.849.555,80	2.977.216	153

Fonte: ABRELPE (2016)

Tabela 3.14: custos dos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos

Serviço		Total (em R\$)	Percentual (%)
Coleta	Coleta seletiva	8.888.780,90	2,4
	Coleta convencional de RSU	74.188.198,52	20,3
	Coleta mecanizada de entulhos	21.447.731,86	5,9
	Coleta manual de entulhos	1.496.605,37	0,4
	Coleta de resíduos de saúde	3.351.871,76	0,9
	Remoção animais mortos	849.167,18	0,2
	Catação de papéis	19.144.131,87	5,2
Varrição	Varrição manual de vias	120.476.877,63	33,0
	Varrição mecanizada de vias	2.027.491,71	0,6
Lavagem e pintura	Lavagem de vias	2.348.122,04	0,6
	Lavagem de monumentos	2.374.976,26	0,7
	Pintura de meios-fios	4.155.963,67	1,1
Outros serviços	Serviços diversos	35.661.423,76	9,8
Operação	Transferência de resíduos	11.940.635,60	3,3
	Operação das duas usinas	13.216.895,15	3,6
	Operação do Lixão da Estrutural	19.135.890,20	5,2
Destinação	Compostagem de resíduos	1.319.734,71	0,4
	Aterramento dos resíduos	22.636.657,94	6,2
Total		R\$ 364.661.156,13	100 %

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de SLU (2017)

Percebe-se que do total dos valores pagos para os serviços de limpeza urbana e manejo de RS, o serviço de coleta responde por 33,5% dos custos; varrição (33%); operação (12,1%). A coleta convencional tem tido uma porção maior do que a seletiva.

Como se vê na Tabela 3.15, o custo da coleta convencional de 843.217 toneladas de resíduos sólidos no ano de 2015 foi de R\$72.727.157, implicando um valor médio de R\$ 86,25 por tonelada coletada e transportada. De acordo com SLU (2016b), o sistema de coleta contratado (pago por tonelada e não por rota) não incentiva a distinção dos resíduos recicláveis no momento da coleta pelos caminhões. Os coletores em grande maioria recolhem os sacos com os materiais seletivos e material orgânico²⁷.

Comparado ao valor médio pago para a coleta em 2014 de R\$ 77,00 houve um aumento de 10,7% correspondente à inflação no período. Já o custo da coleta seletiva de 57.496 toneladas no ano de 2015 foi de R\$ 10.721.134, implicando um valor médio (área urbana e rural) de R\$ 186,47/t, como se observa na Tabela 3.16.

²⁷Atualmente o pagamento do serviço é por peso, no entanto, o SLU pretende rever esse modelo e pagar por trecho, o que demandará sistemas de monitoramento, já que nem sempre as empresas percorrem todo o trajeto definido. Há caso que o pagamento é um valor global, previamente estabelecido entre as partes.

Tabela 3.15: Comparativo custo coleta convencional

Coleta Convencional (resíduos indiferenciados)				
Unidade	2014	2015	Diferença	Percentual de aumento
Quantidade (T)	844.186	843.217	-969	-0,11%
Custo Unitário (R\$)	77,00	86,25	9,25	10,7%

Fonte: SLU (2016)

Considerando que 184 t/dia foram encaminhados para a reciclagem, 6,4% do total de resíduos coletados no DF foram destinados à coleta seletiva. Comparado ao quantitativo de 6% coletado seletivamente em 2014 houve um acréscimo de 0,4%. Quanto ao valor médio pago para a coleta seletiva em 2014 de R\$ 204,00 houve uma redução de R\$ 17,53 por tonelada coletada correspondendo a 8,6%.

Tabela 3.16: Comparativo custo coleta seletiva

Coleta seletiva				
Unidade	2014	2015	Diferença	
Quantidade (T)	47.944	57.496	9.552	17%
Custo Unitário Médio (R\$)	204,00	186,47	-17,53	-8,6%

Fonte: SLU (2016)

O custo por tonelada do aterramento dos resíduos foi de 27,64 reais, como demonstra a Tabela 3.17. Cabe ressaltar que o atual modelo de pagamento dos contratos de coleta se dá por peso do resíduo coletado, no entanto, o SLU anunciou que partir dos novos contratos, em outubro, será realizado por rota e não mais por peso, o certamente, deverá diminuir o custo de coleta.

Tabela 3.17: Custo do aterramento dos resíduos

	Custo anual (R\$)	Custo por tonelada (R\$)
Total	22.636.657,94	-
Média	1.886.388,16	27,64

Fonte: SLU (2017)

No que diz respeito às despesas de manutenção da autarquia, o relatório do SLU (2016) apresenta que a receita com a arrecadação da TLP que deveria cobrir os custos com o manejo dos RSU (coleta, transporte, transbordo e tratamento dos resíduos e a disposição dos rejeitos em aterro) não é suficiente. O SLU, para custear suas despesas, tem como recursos as seguintes fontes:

- ✓ 100 – Ordinário Não Vinculado
- ✓ 114 – Taxa de Limpeza Pública (TLP)
- ✓ 220 – Diretamente Arrecadados (Preços Públicos)
- ✓ 420 – Diretamente Arrecadados – Exercício Anterior
- ✓ 217 – Alienação de Bens Móveis
- ✓ 417 – Alienação de Bens Móveis – Exercício Anterior

Historicamente, a arrecação com a TLP tem aumentado a cada ano, no entanto, o órgão afirma que a TLP tem arrecadado um valor bastante inferior à execução dos serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos. Em 2015, o valor executado para a coleta, manejo, transbordo, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos foi de R\$ 178.130.235,00, enquanto o valor arrecadado via TLP foi de R\$ 144.913.853, ou seja, 41,19% a menos do que a receita de anos anteriores. Já o valor realizado em 2016 – R\$ 160.242.057,97 inclui R\$ 4.810.115,00 oriundos da ADASA, repassado por meio de descentralização orçamentária.

3.3.2.8. Recursos humanos e o quadro técnico

A força de trabalho da Limpeza Urbana SLU DF é composta por 4.834 funcionários, sendo que 17% é do quadro de servidores administrativos próprio e terceirizados e 83% do quadro operacional terceirizado (61% de garis, na coleta, varrição e tratamento). O último concurso público no órgão foi realizado em 1990 e devido a terceirização do serviço, SLU cedeu funcionários, de baixa qualificação técnica, a outros órgãos. O órgão precisa de uma readequação e até mesmo solicitação de retorno, no caso dos profissionais cedidos. Os servidores concursados foram contratados originalmente para a execução de serviços operacionais. Como esses serviços não são mais realizados por servidores próprios e há a necessidade de desenvolvimento de planejamento, modernização e aperfeiçoamento dos mecanismos de controle, é preciso realizar novo concurso público para atender às demandas da autarquia.

3.3.2.9. Contratos e convênios

Para a execução das atividades sob a responsabilidade do SLU desde 2014, o número de contratos e convênios tem sofrido aumentos significativos: em 2014 eram 27, em 2015, 43 e em 2016 foram 75. Nos dois primeiros anos da atual gestão houve um acréscimo de 48 novos contratos e convênios em relação a 2014, sendo que três convênios realizados junto à Novacap

para a execução das obras do ASB e um contrato para a realização das obras necessárias à erradicação das atividades ilegais do Aterro Controlado do Jóquei. Tais obras se referem às instalações para a recuperação dos resíduos a serem utilizadas pelos catadores e às reformas dos acessos ao Aterro Controlado do Jóquei (SLU, 2017).

Em 2016 o SLU tinha 24 contratos vigentes ligados à gestão do órgão, 6 de obras realizadas por meio de convênios firmados pelo SLU, Novacap e a Caesb, 10 de obras, 1 para aquisição de equipamentos e mobiliários, 3 para contratação de terceirizados, 7 para os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e 5 para a coleta seletiva dos resíduos recicláveis. Os contratos e convênios que estiveram vigentes em 2016 estão especificados e relacionados a seguir, mesmo os que tenham encerradas suas vigências no próprio exercício. As informações foram classificadas por categoria, a fim de facilitar a identificação e análise dos dados apresentados (SLU, 2017).

3.3.2.10. Equipamentos, veículos e maquinários

O serviço de limpeza pública urbana inclui equipamentos, veículos e maquinários, entre eles carros utilitários usados na fiscalização dos serviços, e operacionais, como reboques, retroescavadeiras, empilhadeiras, caminhão roll-on, cavalo mecânico e carretas, entre outros. A Tabela 3.18 mostra a quantidade de alguns equipamentos e maquinários (próprios da SLU e de terceirizados). que o DF contou em 2016.

Tabela 3.18: Equipamentos, veículos e maquinários utilizados pelo sistema

Equipamentos e maquinários	Qtd.	Equipamentos e maquinários	Qtd.
Carro de apoio e fiscalização	27	Varredeira	3
Trator esteira	10	Pá carregadeira	4
Caminhão trucado	8	Pá mecânica	18
Caminhão compactador	163	Caçamba toco	25
Caminhão gaiola	1	Caçamba trucada	62
Caminhão baú	24	Cavalo mecânico e carretas	28
Caminhão roll-on	2	Reboque	2
Caminhão munk (papa lixo)	3	Escavadeira hidráulica	2
Caminhão pipa	9	Carreta para chorume	4
Ônibus	48	Máquina de pintura meio fio	2

Fonte: SLU (2017)

3.3.2.11. Sistema de informação e controle

No DF, ainda é incipiente um sistema de informação. No entanto, a Diretoria de Modernização e Gestão Tecnológica tem estabelecido como meta tornar o SLU capaz de gerenciar os serviços

prestados e realizar fiscalizações mais eficazes através da tecnologia até 2018. Segundo o relatório de 2017, o SLU investiu na equipe de TI e está investindo na aquisição de sistemas. Caso concretizado, isso será útil, por exemplo, para rastrear o resíduo do ponto de coleta até o local de destinação, evitando custos com destinação clandestina; pesagem online; rastreamento de frota e varrição; de cadastramento dos transportadores etc.

Com a implantação de todos os sistemas, o SLU será capaz de gerir todos os seus serviços de forma mais confiável e segura. Isso se dará através da integração de todos os dados em banco de dados para geração de relatórios para análise das gerências, pagamentos e acompanhamento pela sociedade, tornando o órgão cada vez mais transparente e capaz de oferecer serviço de qualidade à população.

No entanto, segundo SLU (2017), para o acompanhamento das atividades de limpeza urbana e do manejo dos resíduos sólidos urbanos foi desenvolvido no próprio SLU um sistema de controle mais efetivo das medições dos contratos, mesmo antes de se concluir o processo de contratação de um sistema de informatização geral dos serviços. A necessidade de um sistema de controle se verifica em casos como cadastro de empresas, quantitativos dos resíduos gerados, coletados, transportados e destinados; mapeamento; controle em tempo real, etc.

Segundo SLU (2017) a aquisição das novas balanças e o desenvolvimento do sistema informatizado de monitoramento/acompanhamento das pesagens e das rotas das coletas realizadas permite ao SLU o controle mais eficaz das medições e um domínio efetivo em relação à prestação dos serviços contratados.

3.3.2.12. Consolidação do diagnóstico no DF

Entre os desafios e metas estabelecidas no Planejamento Estratégico do SLU para 2017 têm-se: conclusão e aprovação do Plano Distrital de Saneamento Básico e do Plano Distrital de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos (atingido); operação do Aterro Sanitário de Brasília dentro de todas as exigências legais (atingido); construção de duas IRR e a reforma de outras 2 existentes; implantação dos sete Papa Entulhos contratados em 2016 e construção de mais cinco cujos recursos estão previstos até o final de 2017; conclusão de reformulação da coleta seletiva para todo o DF até o final de 2017; implantação do sistema de recuperação dos custos pelos

serviços prestados aos grandes geradores etc. A Tabela 3.19 resume os principais avanços e desafios na gestão de resíduos no DF.

Tabela 3.19: Principais avanços e desafios do DF na gestão de Resíduos sólidos

Avanços
Institucional
Intenção de reestruturação do corpo técnico da SLU;
Legislação
Existência de leis importantes, com destaque recente da aprovação da lei dos grandes geradores;
Planejamento
Elaboração do Plano Distrital dos Resíduos Sólidos;
Infra-estrutura
Existência de áreas para a construção das ATTRs, isto é, já foram definidas junto a NOVACAP; Previsão de inauguração e início da operação do primeiro aterro sanitário do DF em outubro;
Operacional
Existência de coleta seletiva; Intervenções realizadas no lixão, como por exemplo, a implementação da cerca, retirada e proibição da presença dos veículos e caçambas estranhas à operação do aterro; aperfeiçoamento da drenagem dos gases com os tubos para queima e da drenagem do chorume para a recirculação no maciço.
Fiscalização
Diferentemente dos outros estados, o DF conta com um órgão de fiscalização centralizada, o que ajuda no processo de fiscalização dos resíduos no espaço público urbano;
Outros
Instalação do CONLURB; o que permite uma maior participação social no processo. Aplicação da lei dos grandes geradores, consequentemente, definição dos preços públicos para a devida cobrança;
Desafios
Institucional
Reestruturação organizacional da SLU; Melhoria do quadro técnico da SLU, o que envolve melhoramento da capacidade técnica e gerencial, por meio da contratação ou aquisição pública de novos funcionários e capacitação interna dos mesmos; Minimizar a sobreposição de papéis entre os diferentes órgãos do governo; Maior diálogo e articulação entre os órgãos estatais envolvidos no processo;
Legislação
Cumprimento da legislação e das normas técnicas; Regulamentação por meio de novas legislações distritais;
Infra-estrutura
Concretização dos PEVs; áreas de transbordo, etc.
Operacional
Fechamento definitivo do lixão da Estrutural, o que envolve a eliminação de todos os procedimentos ilegais que ocorre no local; Gestão eficiente dos contratos, o que envolve melhoria na elaboração também dos termos de referência; Aperfeiçoamento do modelo de coleta seletiva e área de abrangência; Construção e implantação dos Pontos de Entrega de Pequenos Volumes; ATTRs,
Fiscalização
Fiscalização mais efetiva dos contratos de prestação dos serviços; Fiscalização das empresas privadas, por meio de sistema informacionais e de monitoramento; Melhoria no sistema de controle da prestação dos serviços de limpeza urbana e o manejo dos resíduos pelas empresas licitadas;
Outros
Inserção dos catadores no processo, mediante as diretrizes da PNRS; Criação de condições para o aproveitamento dos materiais recicláveis no DF; Conscientização ambiental da população, por meio de políticas concretas de educação ambiental, o que envolve campanhas nos grandes meios de comunicação social e também políticas educativas nas escolas;

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a Lei, Art. 6º, Parágrafo III, um dos princípios da PNRS deve ser “a visão sistêmica, na gestão dos resíduos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica e de saúde pública”. Uma análise sistêmica da gestão dos resíduos sólidos no DF permite dizer que os problemas a serem enfrentados pelo sistema são: falta de diálogo intersetorial; inexistência de um modelo de ressarcimento ao poder público pela coleta dos resíduos realizados pela SLU; infraestruturas inadequadas, falta um órgão que atue na elaboração de políticas e fiscalização da logística reversa; ausência de diagnóstico setoriais; falta de incentivo fiscal; ausência de cadeias de responsabilização; necessidade de um diagnóstico de cada setor, não há rastreabilidade dos resíduos; falta de integração dos órgãos do governo; falta o cumprimento do horário de coleta seletiva; ausência de fiscalização das empresas coletoras; programa de educação ambiental para a separação adequada dos materiais recicláveis; inexistência de pontos para entregas voluntárias.

É necessário também criação de infraestruturas adequadas; políticas de incentivos fiscais, definição de responsabilidade, integração dos órgãos; criação de instrumentos para permitir a efetiva fiscalização; a cobrança devida pelos serviços prestados e definição de penalidades claras, nomeadamente para as empresas licitadas e prestadoras de serviços públicos; credenciamento de empresas para participar de leilões para recebimento de resíduos especiais (inservíveis - patrimônio do órgão); campanhas educativas periódicas; modernização da tramitação dos processos, revisão de modo de gestão para sistematizar e simplificar os processos, falta de sistemas para o monitoramento dos planos; falta de técnicos para análise e acompanhamento da elaboração e aplicabilidade desses planos nas instituições privadas etc.

4. PROPOSTA DO SISTEMA LOGÍSTICO REVERSO

Ao longo deste capítulo, com base no pensamento sistêmico, na metodologia de Dinâmica de Sistema, no referencial teórico, na Lei nº 12.305/2010 e na realidade delimitada para a pesquisa, será apresentado o modelo conceitual proposto para gestão integrada de resíduos sólidos urbanos e, conseqüentemente, a destinação final adequada, compreendendo os processos que envolvem o planejamento, operação e controle do sistema.

Num primeiro momento, são expostos os elementos que compõem o Sistema Logístico Reverso (SLR) e as suas diversas interações, por meio do desenho dos subsistemas no DLC; num segundo momento esses elementos são apresentados no DFE.

4.1. DEFININDO OS COMPONENTES DO SISTEMA

Quanto ao pós-consumo, viu-se que a LR engloba sistemicamente diferentes atores, etapas e processos na destinação ambientalmente adequada dos RSU. Sendo assim, o SLR proposto neste trabalho compreende o conjunto de objetivos, atores, recursos, processos e instrumentos coordenado por um órgão responsável pela gestão e, conseqüentemente, a destinação final adequada de RSU. A coordenação diz respeito a GIRSU para o atingimento do objetivo primordial proposto pelo sistema - destinação final adequada de RSU. A Figura 4.1 ilustra os principais elementos que compõem o SLR.



Figura 4.1: Componentes do SLR

Fonte: Elaborado pelo autor

Esses elementos definem questões importantes como objetivos de prestação do serviço de coleta, transporte, tratamento e destinação final; atores e responsáveis pela prestação desses

serviços; atribuições; tipos de recursos necessários e a forma pagamento da remuneração dos serviços; necessidade de regulação e controle da prestação do serviço.

A Figura 4.2 apresenta os componentes do SLR no Modelo de Input - Transformação – Output. As entradas para o SLR são os recursos, gestão e gerenciamento o processo de transformação e as saídas compreendem os objetivos do sistema. O SLR conta com diversos atores e todos os demais componentes são definidos pelos instrumentos.

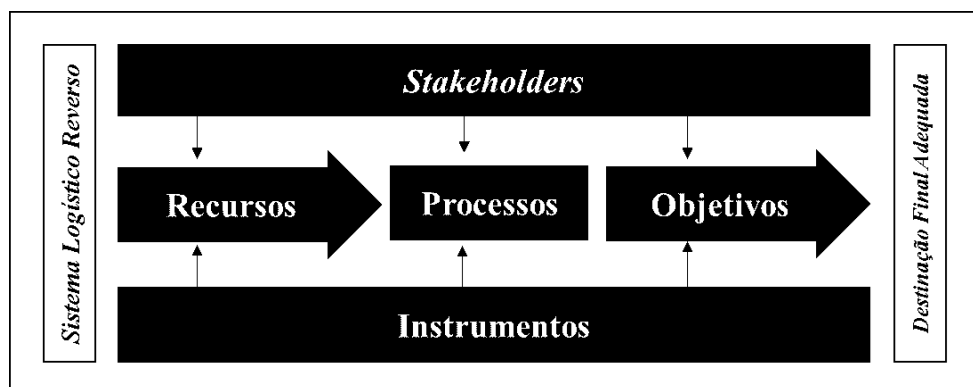


Figura 4.2: Componentes do SLR no modelo input – transformação - output

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.1. Objetivos

Hopeman (1977, 41) considera que a tomada de decisão num sistema é central ao processo de gerenciamento. Ela reque muito mais do que a simples escolha de um curso de ação entre muitas alternativas, pois quando vista sistemicamente, ela envolve um número de outros fatores. Para começar, é necessário considerar, na prática da tomada de decisão, a estrutura em que a decisão será tomada, sendo que o “objetivo” é o “elemento mais importante da estrutura do sistema”.

Num sistema, os objetivos compreendem as saídas e podem traduzir os diversos interesses das partes envolvidas, muito deles convergentes e divergentes. Cabe lembrar que os resultados podem ser também negativos, como acontece nos sistemas de gestão de resíduos, onde há destinação inadequada dos resíduos.

No caso dos resíduos, os interesses são diversos, sendo eles econômicos, sociais e ambientais, devendo obedecer aos princípios da sustentabilidade. A Figura 4.3 mostra que as saídas do SLR se dividem em duas categorias: (1) serviço de coleta e (2) produtos pós-consumo. Assim como acontece com o *output* da maioria dos tipos de operações, o objetivo do SLR se traduz num

composto de produtos e serviços. Os resultados do serviço de coleta são vistos ou percebidos e os materiais recicláveis estocados²⁸.

Esses dois resultados da operação ou gerenciamento estão ligados, primeiramente, a prestação dos serviços de limpeza pública urbana e, posteriormente, ao fornecimento de produtos recicláveis a serem tratados, transformados e reinseridos na cadeia produtiva, dentro da visão do *closed loop supply chain* ou logística verde. De acordo com a PNRS, os resíduos sólidos são materiais que precisam de destinação final ambientalmente adequada.

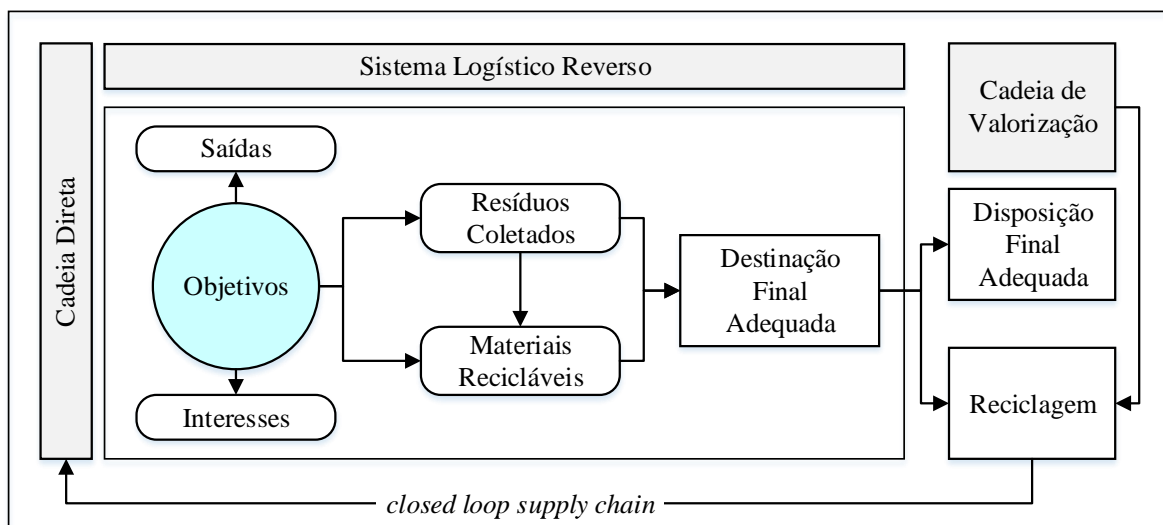


Figura 4.3: Objetivos do SLR

Fonte: Elaborado pelo autor

Na prática, essas duas saídas macros são inseparáveis, na medida em que o serviço de limpeza pública urbana deve visar não apenas a coleta dos RSU, mas também a destinação final adequada desses resíduos, no qual está inserida o primeiro objetivo do SLR. Isso implica em dizer que o objetivo fim de dar a destinação final adequada dos RSU inclui o serviço de coleta, que, por sua vez, resultará em materiais recicláveis a serem destinados para tratamento e reaproveitamento. Ou seja, destinação final desdobra em outros objetivos, que desencadeia todo o processo posterior a geração. Essa relação é apresentada, inicialmente e de forma simplificada, na Figura 4.4.

²⁸ Slack (2009) coloca que todos os processos existem para produzir produtos e serviços, embora produtos e serviços sejam diferentes, a distinção entre eles pode ser sutil. A diferença mais óbvia seja em relação à tangibilidade: geralmente, os produtos são tangíveis, estocáveis e os serviços intangíveis e de menor validade menor.

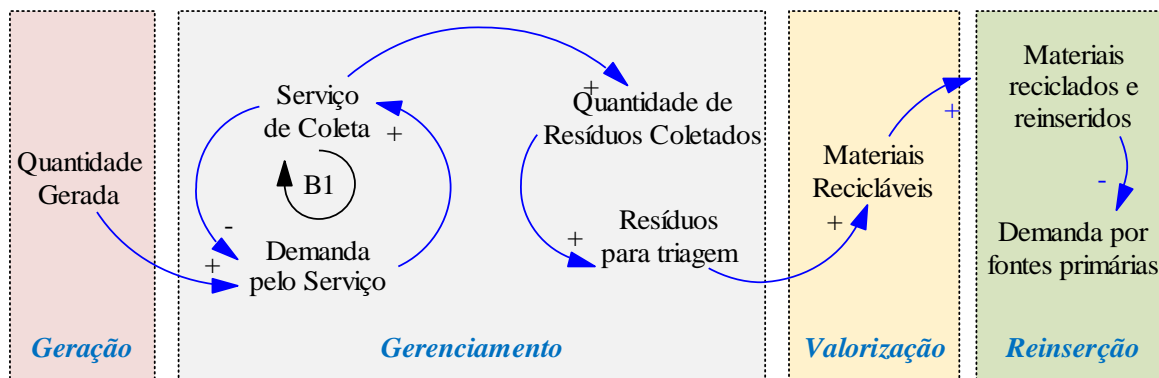


Figura 4.4: Relação entre os objetivos e serviços do sistema

Fonte: Elaborado pelo autor

Percebe-se que quanto maior a quantidade gerada, maior a demanda pelo serviço de coleta e triagem, que por sua vez, se existirem e executados de forma eficiente, implicará em maiores quantidades de materiais recicláveis disponíveis para reciclagem e posteriormente inseridos novamente no mercado. Os objetivos do SLR são norteados pelos “objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos” e a “ordem de prioridade” “na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos”: “não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010a).

Ainda, a Lei 7.404/2010, no seu Art. 38 estabelece que “os geradores de resíduos sólidos deverão adotar medidas que promovam a redução da geração dos resíduos, principalmente os resíduos perigosos, na forma prevista nos respectivos planos de resíduos sólidos e nas demais normas aplicáveis” (BRASIL, 2010a). Cabe aos geradores diminuir a quantidade gerada, no entanto, o órgão gestor deve criar incentivos e políticas à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços. Já a reciclagem é da responsabilidade de outros atores, no entanto, o gerador influencia a quantidade gerada, dependendo da separação dos resíduos. Ou seja, esses princípios apresentam relações entre si. Portanto, a implementação dessas prioridades, demanda a elaboração de estratégias e estabelecimento de metas para todos os atores.

Ou seja, os objetivos devem se relacionar com as metas a serem estabelecidas no Plano de gestão integrada dos resíduos sólidos. Enquanto o primeiro atende a conceitos gerais esperados, segundo os princípios norteadores, o segundo apresenta números a serem alcançados e os prazos. Levando em consideração as diretrizes da PNRS, o SLR deve definir as metas expostas na Tabela 4.1. Os objetivos do SLR são definidos dentro das diretrizes dos instrumentos legais,

podendo ser federais, estaduais e municipais ou distritais, como segue no próximo tópico, 4.1.2. De igual modo, deve acontecer com a definição dos indicadores de desempenho, que traduz o alcance dos objetivos.

Tabela 4.1: Metas a serem definidas no SLR

Metas	Índice
✓ Redução de geração dos resíduos sólidos,	%
✓ Universalização do serviço de coleta (acesso de todos os domicílios);	%
✓ Reutilização dos materiais servíveis;	%
✓ Destinação dos produtos recicláveis para reciclagem, entre outras,	%
✓ Redução da quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;	%
✓ Compostagem dos resíduos orgânicos;	%
✓ Aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de RSU;	Mw
✓ Eliminação de lixões;	Unidade
✓ Áreas de lixões recuperadas;	
✓ Recuperação de gases de aterro sanitário (Potencial em Mw);	% ou unid.
✓ Cobertura do serviço de coleta;	Mw
✓ Serviço de coleta seletiva e sua ampliação;	%
✓ Inclusão e fortalecimentos dos catadores;	%
✓ Desenvolvimento de atividades de educação ambiental;	-
✓ Etc.	-

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.2. Instrumentos

Os instrumentos compreendem os mecanismos legais e normativos que vão se basear na definição de cada um dos demais elementos e subsistemas do SLR. Eles correspondem a regulação do sistema. A Figura 4.5 apresenta quatro categorias. A primeira diz respeito as leis (federais, estaduais e municipais) dos resíduos sólidos e os assuntos relacionados; a segunda inclui os diversos tipos de planos, anteriores ao plano municipal, e que são expressos na forma de lei; a terceira abrange todas as normas técnicas e resoluções e a quarta inclui outros instrumentos legais, como acordos setoriais, por exemplo.

Quanto as Leis, a Figura 4.6 apresenta a relação das principais legislações federais, que devem nortear as legislações de esferas inferiores e servir de diretrizes para as leis municipais, da qual está mais próximo o SLR. Essas leis apontam as políticas nacionais, dispõem sobre os princípios, objetivos, instrumentos, responsabilidades etc.

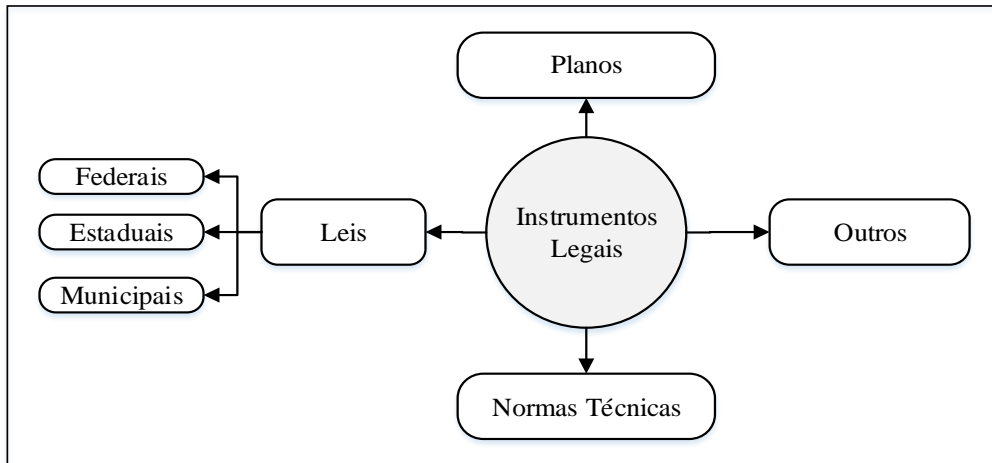


Figura 4.5: Classificação dos instrumentos legais e normativos

Fonte: Elaborado pelo autor

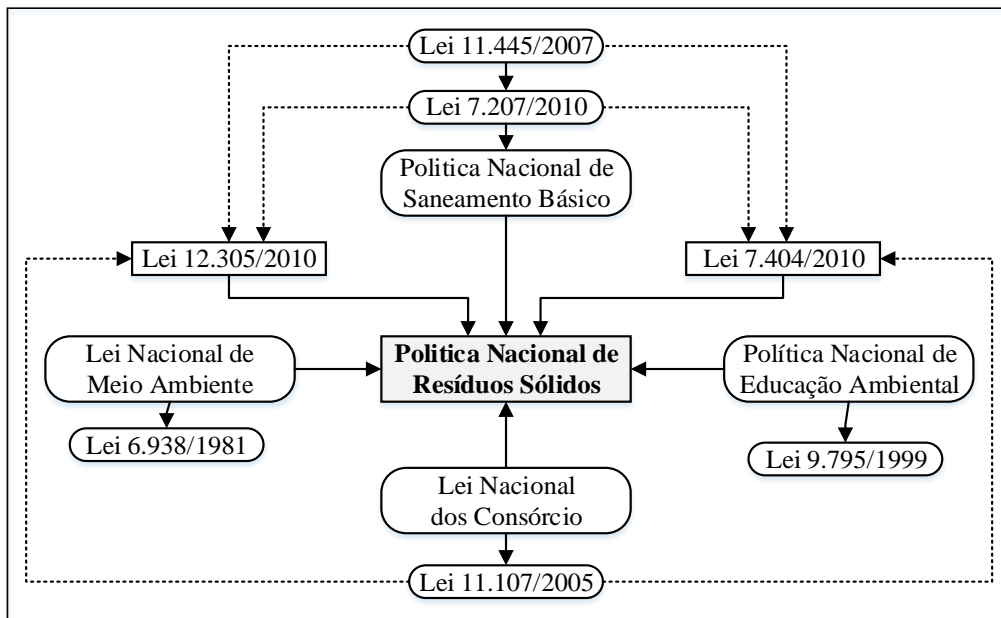


Figura 4.6: Integração das leis federais ao PNRS

Fonte: Elaborado pelo autor

A PNRS e as respectivas leis conexas, apontadas na Figura 4.6, devem orientar a publicação de leis estaduais e leis municipais, especialmente os planos, como demonstrado na Figura 4.7. Os documentos básicos do processo de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos são os planos. Todos eles devem interagir com outros planos, como o Plano de Saneamento Básico, que são parte integrantes desses. É nos planos de gestão e gerenciamento integrado de resíduos sólidos que é estabelecido o conjunto de procedimentos pela qual são coordenadas as atividades de cada um dos componentes do sistema.

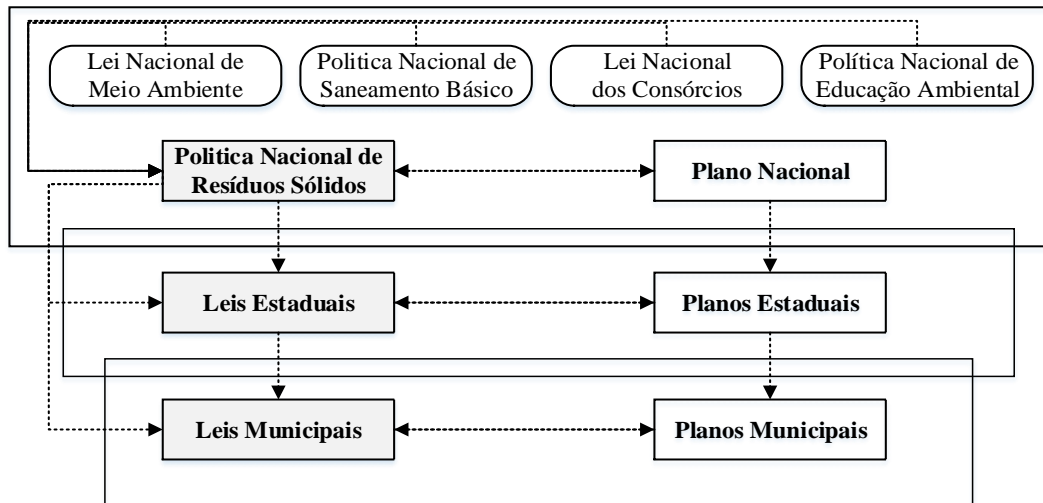


Figura 4.7: Integração das leis e planos federais, estaduais e municipais

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 4.8 apresenta os instrumentos legais e normativos, em detalhes, nomeadamente as categorias Normas técnicas, Planos e Outros. O SLR deve levar em consideração todas as diretrizes trazidas nesses instrumentos, pois o gerenciamento legal e ambiental dos resíduos sólidos também depende deles.

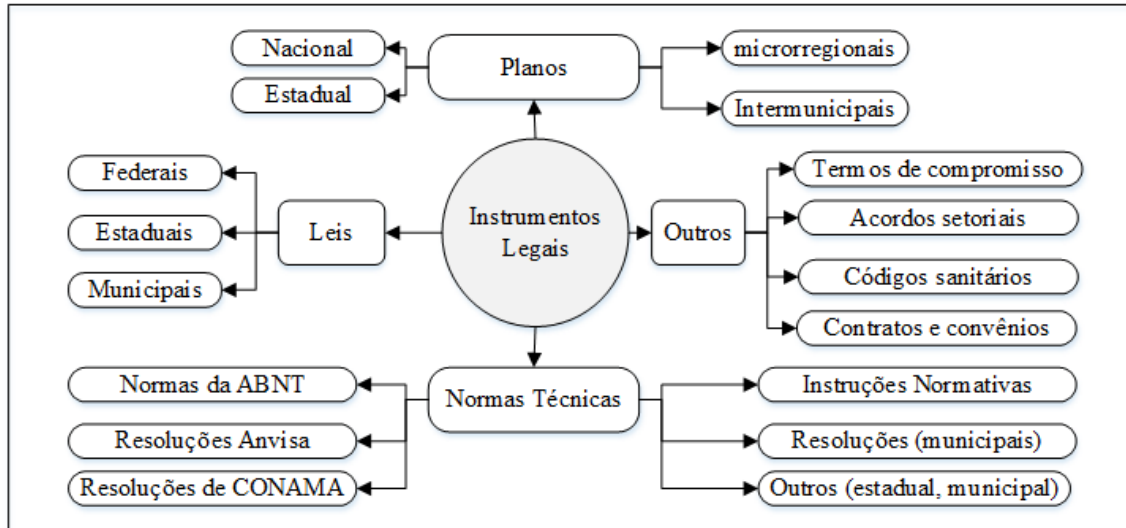


Figura 4.8: Instrumentos legais e normativos em detalhes

Fonte: Elaborado pelo autor

As Normas Técnicas são também requisitos legais aplicáveis na gestão e gerenciamento dos RSU; eles podem advir de órgãos reguladores nacionais (Normas da ABNT, Resoluções da Anvisa e Resoluções CONAMA) ou municipais (instruções normativas, códigos sanitários e portarias municipais).

Quanto aos Outros instrumentos legais, alguns deles podem ter alcance tanto nacional quanto municipal. São eles: acordos setoriais; termos de compromissos; contratos, convênios, termos de Parceria Público-Privada (PPP), firmados entre os titulares dos serviços públicos, os operadores, órgãos de apoio e iniciativa privada etc.

A PNRS define acordo setorial como “ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto” (BRASIL, 2010a). Quanto aos acordos setoriais e termos de compromisso, a Lei 12.305/2010, no Art. 34, estabelece que:

“Os acordos setoriais ou termos de compromisso referidos no inciso IV do caput do art. 31 e no § 1º do art. 33 podem ter abrangência nacional, regional, estadual ou municipal. § 1º Os acordos setoriais e termos de compromisso firmados em âmbito nacional têm prevalência sobre os firmados em âmbito regional ou estadual, e estes sobre os firmados em âmbito municipal” (BRASIL, 2010a).

O SLR deve considerar todas essas leis, pois é indispensável na destinação final adequada dos resíduos sólidos ater para as normas e leis de forma conjunto, considerado todas as etapas. E todos esses instrumentos devem ser conhecidos e de fácil acesso para todos os envolvidos na gestão e gerenciamento dos RSU.

4.1.3. Stakeholders

Os *stakeholders* ou atores do SLR compreendem todas as partes interessadas e envolvidas, tendo cada uma delas responsabilidades e papéis a cumprir para o bom funcionamento e atingimento dos objetivos do sistema. De acordo com a Lei 12.305/2010:

“Estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos” (BRASIL, 2010).

O Art. 25 diz que “O poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos e das diretrizes e demais determinações estabelecidas nesta Lei e em seu regulamento” (BRASIL, 2010a). O enfoque sistêmico da PNRS aparece na exigência de participação de todos os envolvidos: cidadãos, o setor público, o setor empresarial e as organizações de catadores.

A Figura 4.9 apresenta a relação dos sujeitos (geradores, poder público e iniciativa privada) e as relações entre os atores de primeira camada no SLR, representadas pelas setas. O órgão gestor relaciona-se com todos os atores.

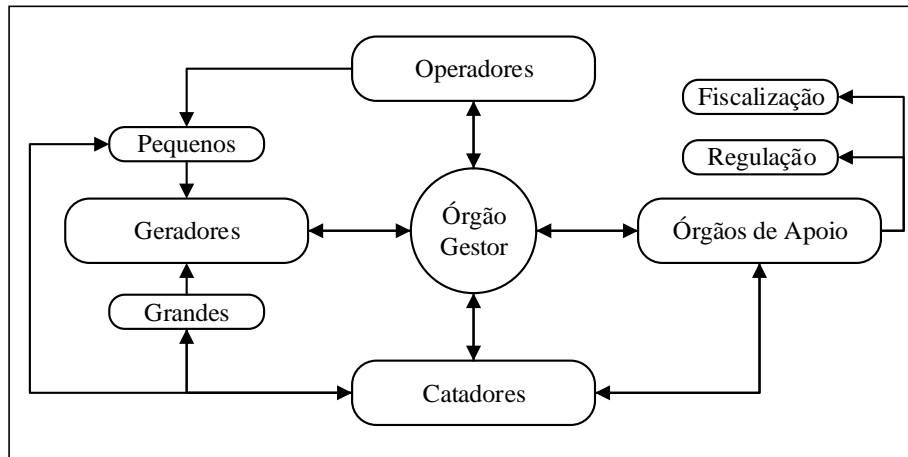


Figura 4.9: Fluxos entre os *stakeholders* da primeira camada

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.3.1. Órgão Gestor

O Órgão Gestor é o principal ente público municipal para o SLR, quem é o titular dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e que apresenta maior interação, com todos eles. A entidade gestor cabe-lhe planejar o sistema, promover a infraestrutura e oferecer o serviço de coleta e destinação final. Segundo o Art. 26 da Lei 12.305/2010:

“O titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos é responsável pela organização e prestação direta ou indireta desses serviços, observados o respectivo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, a Lei nº 11.445, de 2007, e as disposições desta Lei e seu regulamento” (BRASIL, 2010a).

Ainda, em termos de competência, o Art. 10º, coloca que incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, sem prejuízo das competências desses órgãos federais e estaduais de controle e fiscalização, bem como da responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos. Portanto, cabe-lhe a disponibilidade dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos adequado às demandas de geração, coleta, transporte, triagem e disposição final.

4.1.3.2. Geradores

Como se observa na Figura 4.10, as tendências atuais das legislações dos grandes municípios brasileiros, permite classificar os geradores, incluindo os usuários de serviços, em pequenos e grandes geradores, dependendo dos limites da quantidade gerada/dia de estabelecido em cada município²⁹.

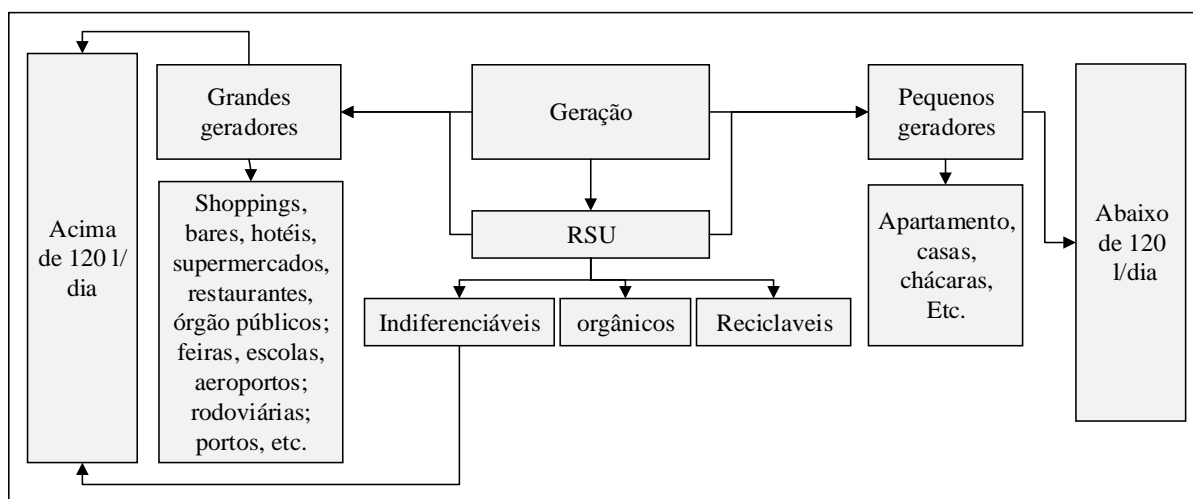


Figura 4.10: Tipologia de geradores de resíduos sólidos urbanos

Fonte: Elaborado pelo autor

Os *stakeholders* aqui se dividem entre pequenos e grandes geradores, ambos contribuem com recursos financeiros para custear os processos do sistema e ambos com papéis bem delimitados pelos instrumentos legais.

4.1.3.2.1. Pequenos Geradores

A geração dos pequenos geradores inclui residentes e pequenos negócios (estes que produzem resíduos indiferenciáveis abaixo de 120 l/dia). A Lei 12.305/2010, no Capítulo III, traz algumas disposições sobre responsabilidades de cada categoria. Aos geradores de resíduos domiciliares, cabe-lhes “acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados” e “disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução” (BRASIL, 2010a). A mesma Lei, no Art. 28, estabelece que “o gerador de resíduos

²⁹ Para os efeitos desta tese, foi considerada como grande gerador de RSU aquele que produz acima de 120 litros de resíduos indiferenciados por dia, como definido no DF e outros municípios grandes. Noutros termos, podem ser considerados grandes geradores os que produzem resíduos sólidos perigosos e inertes, resíduos sólidos industriais, de serviços de saúde e de saneamento básico, da construção civil e de demolição. De igual modo cabe-lhes a responsabilidade pelos resíduos gerados.

sólidos domiciliares tem cessada sua responsabilidade pelos resíduos com a disponibilização adequada para a coleta ou, nos casos abrangidos pelo art. 33, com a devolução” (BRASIL, 2010a). Já foi dito que a separação dos resíduos é importante para as demais etapas de gerenciamento, o que torna o papel dos geradores extremamente importante.

4.1.3.2.2. Grandes Geradores

São considerados grandes geradores as pessoas físicas ou jurídicas que produzam resíduos em estabelecimentos de uso não residencial, incluídos os estabelecimentos comerciais, os públicos e os de prestação de serviço e os terminais rodoviários e aeroportuários, cuja natureza ou composição sejam similares àquelas dos resíduos domiciliares e cujo volume diário de resíduos sólidos indiferenciados, por unidade autônoma, ultrapasse 120 litros/dia. Junto a essa categoria, estão os promotores de eventos de qualquer natureza em espaços públicos que gerem resíduos. Da mesma forma que os grandes geradores são responsáveis pela implementação e operacionalização integral do plano de gerenciamento de resíduos sólidos, aprovado pelo Órgão gestor, esses devem destinar adequadamente os resíduos sólidos gerados nesses eventos.

4.1.3.3. Órgãos de Apoio

Os órgãos de apoio são todas as demais entidades públicas no qual o órgão Central está subordinado, faz parte ou se relaciona. Ou seja, esses têm alguma competência ou papel a cumprir na gestão integrada de resíduos sólidos urbanos, quer seja, regulação, fiscalização ou outros. Aqui se encaixam, as secretarias, órgãos de vigilância, regulador, fiscalizador, etc.

4.1.3.4. Catadores

A categoria dos catadores representa as pessoas que se dedicam à catação, à recuperação e venda de materiais recicláveis retirados do fluxo de resíduos sólidos (ruas, lixão), e tendem a ser empreendedores independentes ou associados de alguma cooperativa ou associação. Eles integram o sistema por meio de coleta de materiais recicláveis; processamento dos resíduos coletados por eles e dos resíduos coletados pelo Serviço público de coleta. Eles caracterizaram por muito tempo a informalidade no setor de reciclagem, no entanto, com o advento da Lei 12.305/2010, a PNRS exigiu a incorporação da categoria no sistema de gestão de resíduos sólidos e beneficia os órgãos públicos e empresas pela sua inserção.

A Lei 7.404/2010, que regulamenta a PNRS, no Título V, estabelece as formas e as condições de participação dos catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos. A Tabela 4.2 apresenta os dizeres da Lei.

Tabela 4.2: Participação dos catadores segundo a PNRS

Artigos	Participação
Art. 40	O sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos e a logística reversa priorizarão a participação de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis constituídas por pessoas físicas de baixa renda.
Art. 41	Os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos definirão 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.
Art. 42	As ações desenvolvidas pelas cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis no âmbito do gerenciamento de resíduos sólidos das atividades relacionadas no art. 20 da Lei nº 12.305, de 2010, deverão estar descritas, quando couber, nos respectivos planos de gerenciamento de resíduos sólidos.
Art. 43	A União deverá criar, por meio de regulamento específico, programa com a finalidade de melhorar as condições de trabalho e as oportunidades de inclusão social e econômica dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.
Art. 44	As políticas públicas voltadas aos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis deverão observar:
	I - a possibilidade de dispensa de licitação, nos termos do inciso XXVII do art. 24 da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para a contratação de cooperativas ou associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
	II - o estímulo à capacitação, à incubação e ao fortalecimento institucional de cooperativas, bem como à pesquisa voltada para sua integração nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; e
	III - a melhoria das condições de trabalho dos catadores.
	Parágrafo único. Para o atendimento do disposto nos incisos II e III do caput, poderão ser celebrados contratos, convênios ou outros instrumentos de colaboração com pessoas jurídicas de direito público ou privado, que atuem na criação e no desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, observada a legislação vigente.

Fonte: Transcrito da Lei 7.404/2010

A remuneração pela contratação das cooperativas e associações pode se dar por tonelada de resíduos coletados, recebidos, triados e comercializados, não possuindo vínculo trabalhista com o Município, mas sim com as suas cooperativas ou associações. Em algumas cidades, essas organizações assumem o gerenciamento das Unidades de Triagem ou nas unidades próprias de separação.

4.1.3.5. Operadores do setor privado

Nos modelos de serviços terceirizados de coleta e transporte, o que predomina no Brasil, cabe ao órgão municipal contratar as empresas operadoras, estes que recebem pelo serviço de coleta e transportes dos resíduos. A coleta dos grandes geradores cabe a eles decidirem, inclusive contratar cooperativas ou associações de catadores. Sendo assim, os operadores do SLR são todos as empresas prestadoras de serviços, contratadas pelo órgão gestor, são os agentes

responsáveis pela coleta, transporte dos RSU, podendo ser entidades vinculadas à administração direta do poder público, empresas privadas sob o regime de concessão pública ou terceirização ou entidades organizadas sob a forma de autarquias, empresas públicas, sociedade de economia mista e consórcios. A Figura 4.11 apresenta as relações com a inserção dos atores de segunda camada: União, Estado, fabricantes, comerciantes, atravessadores e recicladoras.

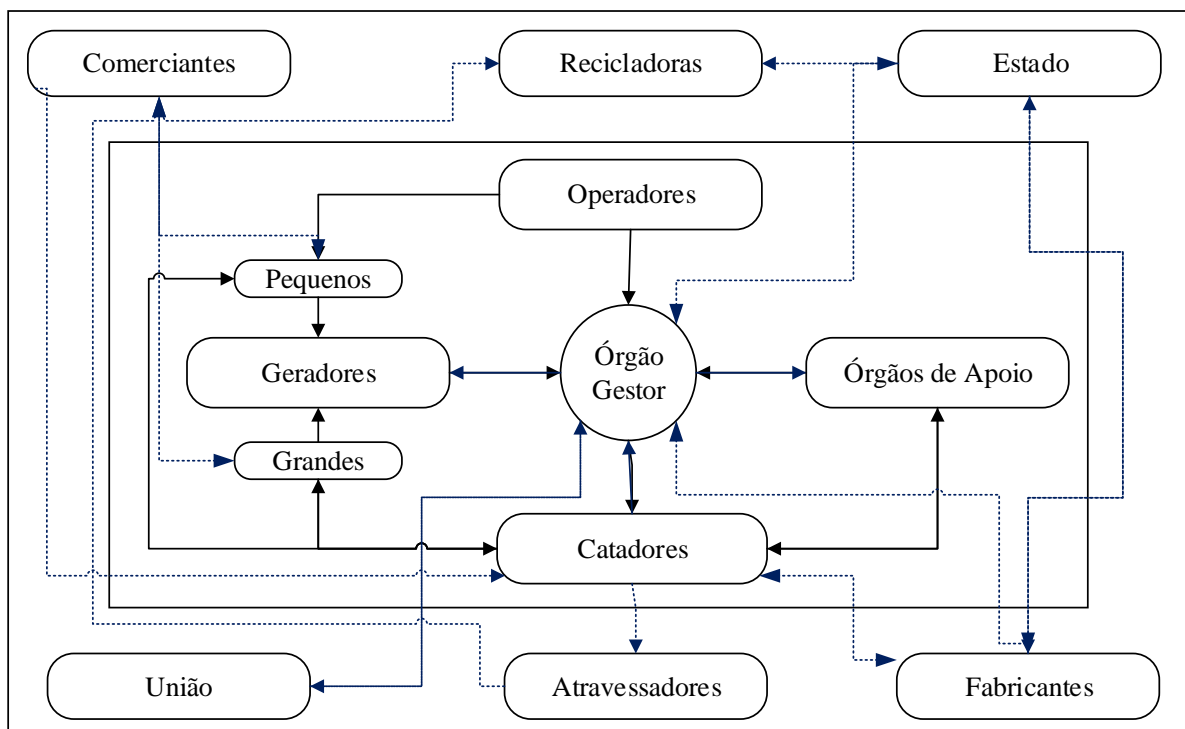


Figura 4.11: Fluxo entre os stakeholders, incluindo os de segunda camada

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.3.6. União

Segundo as disposições do Art. 4º da PNRS, cabe ao Governo Federal, “isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares” a aplicação dos princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo. Por meio do Ministério do Meio Ambiente, cabe-lhe articular a PNRS com as demais políticas, apontadas na Figura 4.6 e fazer cumprir a Lei e criar condições para o seu cumprimento.

4.1.3.7. Estados

Aos Estados, a Lei 12.305/2010, no Art. 11º, determina que incumbe a eles:

I - 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, nos termos da lei complementar estadual prevista no § 3º do art. 25 da Constituição Federal;

II – controlar e fiscalizar as atividades dos geradores sujeitas a licenciamento ambiental pelo órgão estadual do Sisnama.

Parágrafo único. A atuação do Estado na forma do *caput* deve apoiar e priorizar as iniciativas do Município de soluções consorciadas ou compartilhadas entre 2 (dois) ou mais Municípios” (BRASIL, 2010).

4.1.3.8. Fabricantes e comerciantes

A PNRS estabelece que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes são os principais responsáveis pela estruturação e implante do sistema de logística reversa e efetivação dos acordos setoriais e termos de compromissos firmados, mediante o retorno dos produtos listados no Art. 33 e os demais estendidos posterior a Lei, independentemente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos. A Tabela 4.3 apresenta as obrigações estabelecidas pela Lei 7.404/2010, no seu Art. 33.

Tabela 4.3: Participação dos fabricantes, importadores e comerciantes segundo a PNRS

Inciso	Participação
§ 3º	Sem prejuízo de exigências específicas fixadas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS, ou em acordos setoriais e termos de compromisso firmados entre o poder público e o setor empresarial, cabe aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes dos produtos a que se referem os incisos II, III, V e VI ou dos produtos e embalagens a que se referem os incisos I e IV do caput e o § 1º tomar todas as medidas necessárias para assegurar a implementação e operacionalização do sistema de logística reversa sob seu encargo, consoante o estabelecido neste artigo, podendo, entre outras medidas:
	I - implantar procedimentos de compra de produtos ou embalagens usados;
	II - disponibilizar postos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis;
	III - atuar em parceria com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, nos casos de que trata o § 1º.
§ 4º	Os consumidores deverão efetuar a devolução após o uso, aos comerciantes ou distribuidores, dos produtos e das embalagens a que se referem os incisos I a VI do caput, e de outros produtos ou embalagens objeto de logística reversa, na forma do § 1º.
§ 5º	Os comerciantes e distribuidores deverão efetuar a devolução aos fabricantes ou aos importadores dos produtos e embalagens reunidos ou devolvidos na forma dos §§ 3º e 4º.
§ 6º	Os fabricantes e os importadores darão destinação ambientalmente adequada aos produtos e às embalagens reunidos ou devolvidos, sendo o rejeito encaminhado para a disposição final ambientalmente adequada, na forma estabelecida pelo órgão competente do Sisnama e, se houver, pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos.
§ 7º	Se o titular do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, por acordo setorial ou termo de compromisso firmado com o setor empresarial, encarregar-se de atividades de responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes nos sistemas de logística reversa dos produtos e embalagens a que se refere este artigo, as ações do poder público serão devidamente remuneradas, na forma previamente acordada entre as partes.

Fonte: Transcrito da Lei 7.404/2010

4.1.3.9. Recicladoras

A indústria de reciclagem é composta por diversos tipos de recicladoras, dependendo do tipo do material. A infraestrutura, tecnologia empresa e capacidade de reciclagem variam também com uma série de fatores, por exemplo, porte da empresa, Estado, local de instalação (distância da fonte de matéria-prima), etc.

4.1.3.10. Atravessadores

Os atravessadores ou intermediários englobam todos os comerciantes de materiais recicláveis; são eles que compram os materiais já separados, normalmente das cooperativas e associações dos catadores ou diretamente dos catadores e vendem as empresas recicladoras que comumente ficam distantes dos pontos de compra. Eles são os que estabelecem os preços dos materiais recicláveis aos catadores.

4.1.3.11. Consolidação

Portanto, todos os atores listados, incluindo a sociedade civil e as organizações não governamentais têm papel importante a cumprir. Sendo assim, é fundamental fazer uma análise criteriosa das competências e obrigações de cada uma das partes interessadas e envolvidas no SLR, garantir o cumprimento dos requisitos estabelecidos para cada ator e garantir a adesão de todos na gestão e gerenciamento dos resíduos.

As Tabelas 4.4 e 4.5 apresentam uma consolidação dos papéis preponderantes para cada ator, dentro dos parâmetros legais e normativos. Na tabela, a coluna Direção do Fluxo indica as interações, é representado por um número. Por exemplo, “Separar e acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados” relaciona-se diretamente com as funções do órgão gestor (2) e dos operadores (5).

No setor público, a intersectoriedade, isto é, a interação institucional, entre o Órgão gestor e os Órgão de apoio é fundamental.

É possível que os instrumentos legais apresentam indefinições, inconsistências, sobreposições e conflito de competências e atribuições, no entanto, é necessário equacionar essas falhas e estabelecer objetivamente as competências e responsabilidades de cada ator envolvido no SLR.

Tabela 4.4: Responsabilidades, papéis e competências dos atores

Nº	Stakeholders	Direção do Fluxo
1	Geradores	
1.1	Pequenos geradores	
	✓ Separar e acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados;	2, 5
	✓ Disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução.	3
	✓ Pagar a Taxa de Limpeza Pública (TLP);	2
1.2	Grandes geradores	
	✓ Responsabilizar pelo gerenciamento adequado de toda a cadeia dos seus resíduos;	2
	✓ Elaborar e disponibilizar ao Poder Público, sempre que solicitado, plano de gerenciamento de resíduos sólidos, nos termos da lei;	2
	✓ Celebrar contratos com empresas ou cooperativas para gerenciamento adequado;	4
	✓ Fazer o cadastramento no sistema de grandes geradores do órgão gestor, na forma e no prazo do regulamento; informando o prestador de serviços responsável por cada uma das etapas do gerenciamento dos resíduos gerados;	2
	✓ Separação dos resíduos gerados;	4,5
	✓ Regularizar as pendências junto aos órgãos e empresas;	2,3
	✓ Remunerar mediante o pagamento de preços públicos a prestação de serviços de coleta;	2,4,5
	✓ Fornecer todas as informações solicitadas pelo Poder Público referentes à natureza, ao tipo, às características e ao gerenciamento dos resíduos produzidos;	2,3
	✓ Permitir o acesso de agentes do Poder Público às suas instalações para verificar o atendimento aos requisitos desta Lei e das normas pertinentes;	2,3
	✓ Promover a segregação na origem dos resíduos sólidos similares aos resíduos domiciliares nos termos das normas legais, regulamentares e contratuais e do seu plano de gerenciamento;	2,4,5
	✓ Observar as normas pertinentes para acondicionamento e apresentação dos resíduos para coleta.	2,3
	✓ Ressarcir integralmente o Poder Público pelos gastos decorrentes das ações empreendidas com vistas a minimizar ou cessar o dano lesivo ao meio ambiente ou à saúde pública relacionado ao gerenciamento inadequado dos resíduos ou rejeitos;	2
1.3	Promotores de eventos de qualquer natureza em espaços públicos que gerem resíduos	
	✓ Assegurar a limpeza urbana da área de realização do evento;	2
	✓ Promover o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos gerados e arcar com os ônus dele decorrentes;	2
	✓ Promover a segregação na origem dos resíduos sólidos similares aos resíduos domiciliares nos termos das normas legais, regulamentares e contratuais;	2
	✓ Encaminhar para a triagem com vista à reciclagem os resíduos passíveis de reciclagem;	5
	✓ Encaminhar para a disposição final em aterro sanitário os resíduos não passíveis de reciclagem.	2
2	Órgão gestor	
	✓ Elaborar o Plano de Gestão Integrada de Resíduos;	2,3
	✓ Definir as metas a curto, médio e longo prazo do Plano;	1,2
	✓ Orientar as políticas públicas do setor;	2,3,4,5
	✓ Disponibilizar aos grandes geradores ou às empresas por eles contratadas os serviços de tratamento e disposição final;	1.2;
	✓ Responsabilizar pela prestação de serviços de coleta, transporte e destinação final de materiais recicláveis separados na origem por grande gerador;	1.1
	✓ Disponibilizar, no seu sítio eletrônico, a relação dos grandes geradores e dos prestadores de serviços cadastrados;	1.2
	✓ Integrar o setor informal (catadores) por meio do processo de encerramento do lixão;	5
	✓ Desenvolvimento de recursos humanos, por meio de treinamento e formação;	2
	✓ Criar e aumentar programas educativos e do impacto das campanhas de conscientização	1

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas pesquisas

Tabela 4.5: Responsabilidades, papéis e competências dos atores (continuação)

Nº	Stakeholders	Direção do Fluxo
3	Órgãos de Apoio	
3.1	Órgão Regulador	
	✓ Criação de normas de regulação	1,2,4,5
	✓ Estabelecer o preço público dos serviços prestados aos grandes geradores;	1.2
3.2	Órgão Fiscalizador	
	✓ Visitar e vistoriar estabelecimento, e os grandes geradores no geral;	1.2
	✓ Fiscalizar o sistema de produção e forma de descarte dos resíduos;	1
	✓ Notificar e atuar as irregularidades;	1
	✓ Advertir e multar os infratores;	1
	✓ Embargar e suspender as atividades;	1.2
	✓ Lavrar auto de infração e instaurar processo administrativo;	1.2
	✓ Impor sanções por descumprimento dos atos regulatórios e contratuais.	1
4	Operadores logísticos	
	✓ Realizar a coleta, transporte e destinação final de materiais recicláveis separados na origem por grande gerador;	1,2
	✓ Otimizar o sistema de coleta e transporte de resíduos;	1,2
5	Cooperativas ou associações de catadores	
	✓ Fazer o cadastramento no sistema de grandes geradores do órgão gestor;	2
6	Poder Executivo	
	✓ Tipificar, por meio de decreto, as infrações e as sanções aplicáveis;	1,2,3,4,5
	✓ Dispor sobre os infratores e sobre o processo administrativo fiscal;	1,2,3,4,5
	✓ Incentivar mercados para resíduos e recicláveis;	5
	✓ Criar iniciativas e incentivos para atrair investimento do setor privado;	5
	✓ Fornecer um conjunto de produtos financeiros (empréstimos, subsídios e instrumentos de co-financiamento);	4,5
	✓ Fortalecer a colaboração e as parcerias público-privadas por meio de arranjos institucionais;	4,5 4,5
	✓ Apoiar o desenvolvimento de mercado nacional de produtos e materiais reciclados, por meio da promoção da concorrência, transparência e fortalecimento do empreendedorismo em diferentes níveis;	4,5
	✓ Apoiar à criação de economias de escala pela exigência de regionalização como condição prévia para o financiamento de projetos;	2,5
	✓ Integrar os catadores de lixo nos sistemas formais de coleta e separação;	
7	Outros	
7.1	Parceiros públicos e privados (PPA) Agências internacionais	
	✓ Ajudar nos financiamentos internacionais para a gestão de resíduos sólidos	2,4,5,6

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas pesquisas

4.1.4. Recursos

Os recursos compreendem as entradas do sistema. A Tabela 4.6 apresenta a sua classificação, em termos de tipologia, procedência e do processo de transformação; podendo ser recursos humanos, financeiros, materiais, tecnológicos e de infraestrutura. Eles são obtidos junto a diversas fontes fornecedoras que fazem parte do SLR, isto é, os *stakeholders*. Por isso quanto a procedencia, seguindo o princípio da PNRS de “poluidor-pagador”, o sistema é financiado pelos geradores e o poder público e privado. Os elementos de entrada como informações do processo de gerenciamento e controle podem ser originários tanto do ambiente externo para o processo quanto do ambiente interno, advindos dos fluxos de realimentação.

Tabela 4.6: Classificação dos recursos

Nº	Descrição	
1	Quanto a tipologia	
1.1	Humanos	Aqueles que operam, mantêm, planejam e administram o sistema. Estes definem as estratégias e políticas para a o setor. São composto por quadro de funcionários e servidores próprios e terceirizados, como garis, técnicos; gestores, etc;
1.2	Financeiros	Recursos vindos dos pequenos, grandes geradores e do poder público, como Taxa de Limpeza Pública (TLP); Pagamentos dos serviços; Recurso Ordinário Não Vinculado; Recurso Diretamente Arrecadados (Preços Públicos); Recurso Alienação de Bens Móveis
1.3	Tecnológicos	Computadores; tecnologias e sistemas de informação e georreferenciais; etc
1.4	Equipamentos	Máquinas, prensas, balanças, empilhadeiras; pás carregadeira e mecânicas; etc.
1.5	Recipientes	Contêineres, caçambas
1.6	Veículos	Caminhões diversos; veículos coletores e compactadores; retroescavadeiras; reboques, tratores cavalo mecânico; carretas; reboque, escavadeira, etc.
1.7	Instalações	São infraestruturas que representa os componentes físicos para recepção dos resíduos. São eles aterros sanitários, pontos de armazenamento e triagem; prédios, esteiras, terrenos, PEVs ou ecopontos; incineradoras, estações de tratamento mecânico e biológico, etc.
2	Quanto a procedência	
2.1	Pequenos geradores	Taxa de Limpeza Pública (TLP)
2.2	Grandes geradores	TLP, Pagamentos dos serviços
2.3	Poder público	Recurso Ordinário Não Vinculado Recurso Diretamente Arrecadados (Preços Públicos) Recurso Alienação de Bens Móveis Recursos da União
2.4	Agências de fomento	Todas as demais instituições e órgãos de fomento (nacionais ou não) que ajudam com financiamentos.
3	Quanto ao processo de transformação	
3.1	Transformados	Resíduos sólidos e dados
3.2	Transformadores	Recursos humanos; Instalações;

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, os recursos são utilizados para operacionalização do serviço de coleta, conduzir as atividades do sistema ou processamento dos resíduos sólidos em materias recicláveis. Eles podem ser classificados em recursos transformadores e transformados. Segundo Slack (2009), “os recursos transformados são os recursos que são tratados, transformados ou convertidos de alguma forma”. No SLR, são os compostos de resíduos sólidos e informações.

Os recursos transformadores tem a ver com o conjunto de *inputs* que agrupa os recursos de transformação. Esses são os recursos que agem sobre os recursos transformados: instalações (prédios, equipamentos, terreno e tecnologia do processo de produção); funcionários (aquele que opera, mantêm, planejam e administram a produção (SLACK, 2009). No SLR, incluem os elementos físicos como infra-estruturas para acondicionamento, coleta, transporte,

transferência, reciclagem, recuperação, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos - pontos de triagem; ecopontos; aterros sanitários; incineradoras, etc. Todos os recursos são importantes e a sua aplicação exige levantamento das necessidades e planejamento. Para a gestão e gerenciamento de RSU é mister recursos humanos capazes de planejar e executar os planos de ação e aprimorar o sistema de gestão de resíduos sólidos.

4.1.5. Processos

O componente Processos no sistema deve envolver particularidades de gestão e gerenciamento como articulação do órgão gestor com os demais órgãos públicos e atores; planejamento, operação do sistema (serviço de Limpeza Pública Urbana), controle e monitoramento das atividades, serviços e operações.

Em termos de operação, associada as etapas de gerenciamento, os processos definidos nesta pesquisa se convertem em subsistemas de geração, acondicionamento de resíduos, coleta ou transporte; transbordo; tratamento e destinação final, por meio de reaproveitamento no ciclo produtivo ou a disposição final ambientalmente adequada. Sendo assim, os processos do SLR têm a ver com as operações e atividades executadas em cada etapa de gerenciamento dos RSU, como mostra a Figura 4.12.

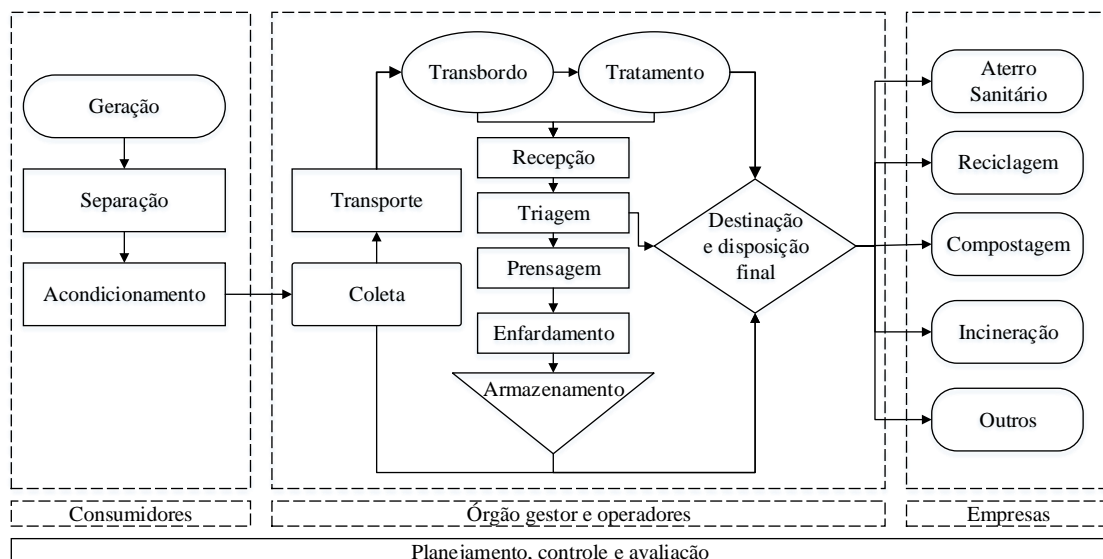


Figura 4.12: Processos do SLR

Fonte: Elaborado pelo autor

Slack (2009) coloca que operações que processam materiais podem transformá-los, alterar sua localização, mudar sua posse e estocá-los. No SLR, os resíduos são coletados no ponto de

geração ou acondicionamento; transportados para os centros de transbordo e triagem, posteriormente comercializados e transformados pelo processo de reciclagem. De acordo com os objetivos definidos e os instrumentos legais já discutidos, as diretrizes para o SLR é a priorização da reciclagem dos materiais recicláveis, este que demanda os processos de triagem, especialmente. Portanto, a definição dos processos também é balizada pela lei e normas técnicas.

A Figura 4.13 relaciona as etapas (de geração, gestão e gerenciamento) com os *stakeholders* e as atividades exigidas em cada etapa. Os processos ligados a etapa de Geração e que envolvem as atividades de separação e acondicionamento dos resíduos cabe aos geradores. Já os órgãos públicos (central e de apoio) cabe-lhes responsabilizar pelo planejamento, regulação e fiscalização do sistema. E, as atividades ligadas ao gerenciamento e processamento dos materiais recicláveis ficam sob a responsabilidade de atores privados.

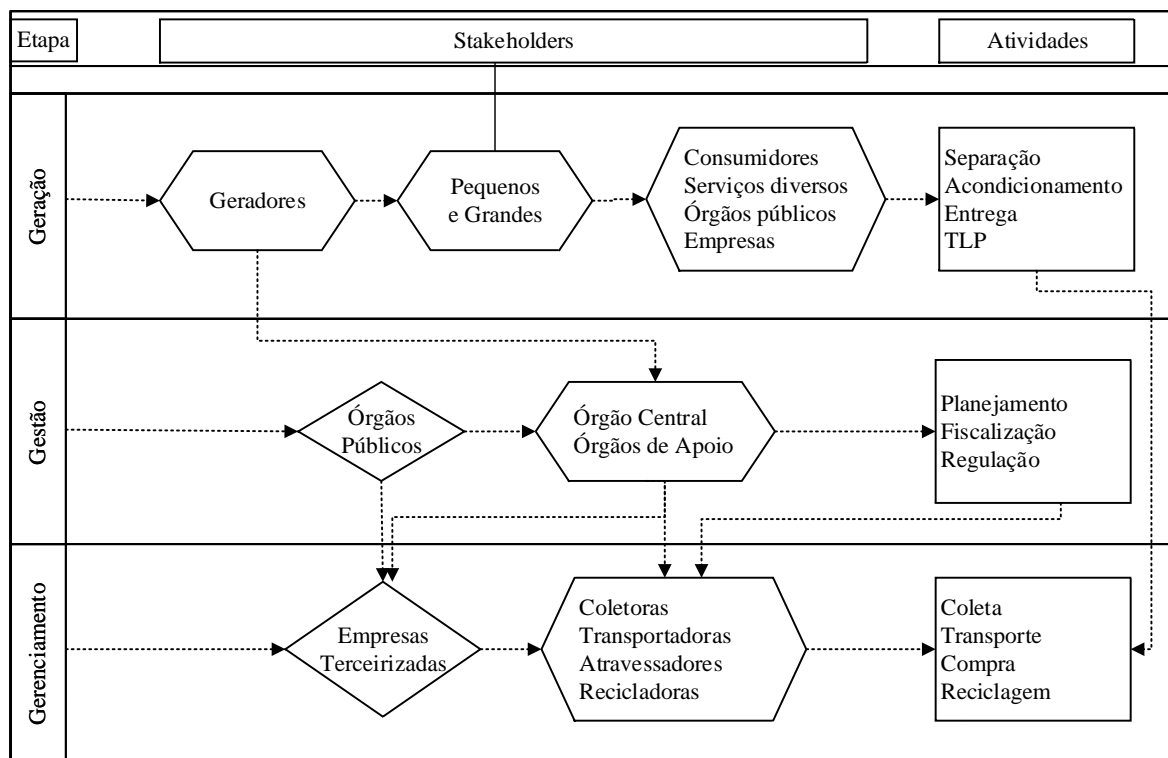


Figura 4.13: Relacionando etapas, stakeholders e atividades

Fonte: Elaborado pelo autor

O sistema dos RSU, em termos de processos, é o produto de interação dos seus subprocessos. Por exemplo, a caracterização dos resíduos gerados é a condição prévia importante para a definição dos aspectos técnico-operacionais de coleta, ou seja, conhecer os resíduos sólidos é o

ponto de partida para planejar a coleta; um dos fatores determinantes para um quantitativo elevado de rejeito é a separação inadequada dos resíduos disponibilizados para a coleta seletiva, o que sugere uma deficiência de mobilização social; a coleta seletiva é essencial para a estruturação dos demais subsistemas de tratamento e disposição adequada, etc.

Os demais processos do SLR têm a ver com o planejamento, controle e avaliação. O processo de planejamento é fundamental para o atingimento dos objetivos do sistema, ele permite conhecer a capacidade do sistema e dimensionar os recursos necessários para o seu bom funcionamento, entre outras necessidades. Já a avaliação e controle permitem mensurar e acompanhar o andamento do processo e os resultados do sistema.

4.1.5.1. Planejamento

Muitas das falhas que acontecem na gestão de RSU, são devidas a falta de planejamento. Por isso o planejamento periódico e sua reavaliação são imprescindíveis para os demais processos do SLR. A função planejamento estabelece as saídas, traduzidos nos objetivos de desempenho do sistema e nos planos, de ações e operações, para atingir os resultados a serem alcançados. Ela compreende definição de metas e objetivos, bem como indicadores de desempenho.

Quanto aos resíduos, viu-se anteriormente que de acordo com a PNRS, todos os entes da federação devem ter um plano integrado de gestão de resíduos sólidos. Para o SLR, o plano relacionado é o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. A Tabela 4.7 apresenta o conteúdo mínimo a ser definido no plano, de acordo com o Art. 19 da PNRS.

A PNRS coloca que para a elaboração do plano é necessário o diagnóstico da situação atual, o que demanda dados e informações sobre os resíduos sólidos; definição de procedimentos operacionais, indicadores de desempenho, metas, programas, responsabilidades quanto à sua implementação e operacionalização, etc. É neste documento que aparecem os componentes definidos para o SLR, trazendo os objetivos do sistema e as responsabilidades, por exemplo.

Em todo planejamento logístico, é importante conhecer a quantidade de RSU que a população de uma determinada região urbana gera por tipo de material e por localização geográfica. E responder a uma série de questionamentos tais como: quais desses materiais podem ser reciclados, que quantidade representam? Compensa a implantação de uma fábrica? Precisa-se

de uma rede logística separada para os RSU recicláveis? Quantas estações de coleta são necessárias? Quantos centros de triagem? Qual deve ser o dimensionamento do aterro sanitário? Os RSU não utilizados podem ser aproveitados energeticamente? Quantos veículos são necessários para a coleta? Quantos para o transporte entre as unidades produtivas? Etc

Tabela 4.7: Conteúdo mínimo para o PMGIRS

Parágrafo	Conteúdo
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 de que trata o § 1o do art. 182 da Constituição Federal 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 nos termos do art. 20 ou a sistema de logística reversa na forma do art. 33, observadas as disposições desta Lei e de seu regulamento, bem como as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
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 e observada a Lei nº 11.445, de 2007;
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 de que trata o art. 20, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS e demais disposições pertinentes da legislação federal e estadual;
VIII -	Definição das responsabilidades quanto à sua implementação e operacionalização, incluídas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos sólidos a que se refere o art. 20 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, observada a Lei nº 11.445, de 2007;
XIV -	Metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados 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, respeitado o disposto no art. 33, 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 de que trata o art. 20 e dos sistemas de logística reversa previstos no art. 33;
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.

Fonte: Lei 12.305/2010

A resposta a esta série de perguntas só será respondida por meio de estudos da demanda, de gravimetria e de outros estudos necessários e complementares para desenhar a rede logística reversa. Daí a importância dos aspectos do diagnóstico apresentado no capítulo anterior e cobrados no plano pela Lei 12.305/2010.

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos funciona como o plano estratégico para o órgão gestor, tendo um horizonte temporal de longo prazo (20 a 30 anos). O planejamento estratégico deve considerar as metas e diretrizes do plano nacional e estadual, acordos setoriais e os seus princípios. Já o planejamento operacional é da incumbência dos operadores do subsistema de coleta e transporte (roteirização), processamento, destinação e disposição. Para atingir a gestão integrada dos RSU é preciso também planejar e modelar a rede de LR que atenda às necessidades de uma região urbana e que cumpra com as metas impostas no plano estratégico.

4.1.5.2. Controle e avaliação

Segundo Hopeman (1977, 31), associado ao fluxo de entradas e saídas está o conceito de feedback e controle. “Da mesma maneira como o projeto de sistema implica em objetivos e plano, assim sua operação bem-sucedida implica em controles”. Por isso, recomenda-se o desenvolvimento de um sistema de controle operacional em conjunto com o órgão gestor e de fiscalização e o desenvolvimento de um sistema de informação gerencial que facilite o registro de informações e o acompanhamento de indicadores de desempenho do SLR. O fluxo de informações conecta diretamente as necessidades de planejamento e monitoramento dos fluxos de materiais a circular na cadeia.

A avaliação dos resultados consiste numa avaliação macro, onde se compara os objetivos planejados e os atingidos - saídas como a destinação final adequada. No nível micro, tem-se o controle da operação, que consiste em avaliar o desempenho operacional, comparação dos objetivos micros nos seus diversos subsistemas ou processos. São exemplos dos objetivos da operação, a rota e o horário de coleta.

A avaliação, macro (desempenho ambiental) e micro (desempenho operacional), se dá por meio de indicadores ou objetivo de desempenho. Viu-se que um dos conteúdos mínimos do Plano Municipal é o estabelecimento de “indicadores de desempenho operacional e ambiental dos

serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos” (BRASIL, 2010a). Ainda no planejamento, esses indicadores devem ser estabelecidos e reavaliados ao longo do tempo, de forma a espelhar da melhor maneira possível a eficácia dos processos conduzidos para o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

O monitoramento do processo de gerenciamento de resíduos sólidos deverá ser conduzido através da criação desses indicadores, vinculados a resíduos (quantitativos, qualitativos e financeiros), fundamentais para a avaliação do desempenho das empresas operadoras do sistema, para a mensuração dos ganhos ambientais e para a criação de metas e objetivos futuros; garantindo, assim, a melhoria contínua do desempenho ambiental.

Para as operações, as medições dos indicadores selecionados devem ser guardadas por períodos de tempo determinados e comparadas periodicamente. É importante sempre fazer uma análise crítica dos resultados das medições de acordo com resultados históricos e/ou esperados para cada indicador. Por isso, do ponto de vista da avaliação e monitoramento dos processos, deve-se ter dados suficientes e confiáveis para avaliar os serviços, e os dados de controle existentes devem ser repassados ao órgão gestor pelas empresas contratadas. Por exemplo, sem o sistema estruturado de avaliação e monitoramento da coleta seletiva, índices importantes como o de geração de rejeitos e recicláveis não podem ser calculados.

A Tabela 4.8 mostra os parâmetros relacionados a confiabilidade e a qualidade do serviço de coleta (regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos); operação em si, custos, etc.

Tabela 4.8: Indicadores de desempenho na limpeza e no manejo dos resíduos sólidos

Denominação do indicador	Unidade de medida
✓ Taxa de cobertura do serviço de coleta	%
✓ Índice de cobertura de coleta em relação à média nacional	%
✓ Quantidade coletada per capita em relação à população	Kg / (habitante-dia)
✓ Taxa de Recuperação dos resíduos coletados	%
✓ Taxa de disposição final em aterro sanitário	%
✓ Custo unitário de coleta	R\$
✓ Incidência de despesas do município com o manejo de RSU	%
✓ Despesa per capita do município com manejo de RSU em relação à população	R\$/habitante
✓ Taxa de terceirização do serviço de coleta em função da quantidade coletada	%
✓ Incidência do custo de coleta em relação ao custo total do manejo de RSU	%
✓ Massa recuperada per capita de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à população	kg / 1.000 habitantes

Fonte: Elaborado com base no SNIS (2017)

Os tomadores de decisão devem atuar no processo de acordo com as informações de controle e avaliação, especialmente quando os resultados (micro e macro) se desviarem do desejado. Esta função busca aperfeiçoar o nível de desempenho atual do sistema para novos níveis, da prestação do serviço; operação e destinação final.

Em parte, informação à sociedade e aos atores públicos federais, se trata de uma saída do sistema, pois por se tratar de uma gestão colaborativa, o processo de controle e avaliação se dá por meio do sistema informacional, fiscalização, prestação de contas e controle social. A Lei 12.305/2010, Art. 33, § 8º, estabelece que “Com exceção dos consumidores, todos os participantes do sistema de logística reversa manterão atualizadas e disponíveis ao órgão municipal competente e a outras autoridades informações completas sobre a realização das ações sob sua responsabilidade.” (BRASIL, 2010a).

O Art. 12 salienta que “A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios organizarão e manterão, de forma conjunta, o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir), articulado com o Sinisa e o Sinima.” Por fim, no Parágrafo único desse artigo a Lei diz que:

“Incumbe aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios fornecer ao órgão federal responsável pela coordenação do Sinir todas as informações necessárias sobre os resíduos sob sua esfera de competência, na forma e na periodicidade estabelecidas em regulamento” (BRASIL, 2010a).

Sendo assim, face as exigências legais e a necessidade de controle e avaliação, o SLR deve contar com um Sistema de Informação e Controle Eletrônico (SICE) que tenha dados coletados e sistematizados, unificados e disponíveis para os demais atores do sistema, de modo a promover comunicação entre os atores públicos e demais atores do sistema (Figura 4.14). O SICE, bem como os sistemas nacionais já existentes, deve apresentar informações precisas acerca de quanto, dos tipos e dos destinos dos resíduos sólidos gerados.

O sistema de informação, a ser controlado pelo Órgão Gestor, deve ser estruturado de modo a conter as informações fornecidas pelo Operadores; Órgãos públicos competentes, articulando, assim, com os demais sistemas de informação. Ou seja, ele deve ser um canal direto de comunicação com a população e com toda a rede logística reversa, para a gestão integrada dos

RSU. Os registros do SLR devem ser utilizados na avaliação de indicadores de desempenho para avaliar a eficiência e eficácia na gestão e operação do sistema, já que na avaliação é importante definir os Indicadores de Desempenho para os processos e objetivos.

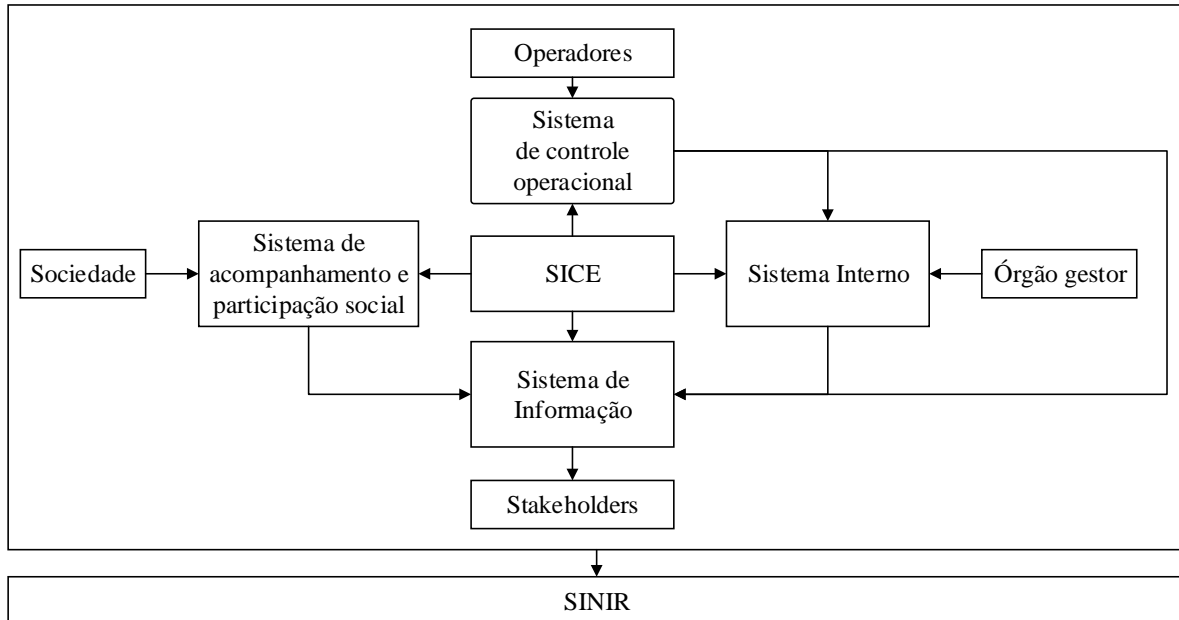


Figura 4.14: SICE

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base nas finalidades dispostas pela Lei 7.404/2010 para o SINIR, A Tabela 4.9 apresenta as finalidades do SICE para o SLR.

Tabela 4.9: Finalidades do Sistema de informação e controle eletrônico

- ✓ Coletar e sistematizar dados relativos à prestação dos serviços públicos e privados de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos;
- ✓ Promover o adequado ordenamento para a geração, armazenamento, sistematização, compartilhamento, acesso e disseminação dos dados e informações;
- ✓ Classificar os dados e informações de acordo com a sua importância e confidencialidade, em conformidade com a legislação vigente;
- ✓ Disponibilizar estatísticas, indicadores e outras informações relevantes, inclusive visando à caracterização da demanda e da oferta de serviços públicos de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos;
- ✓ Permitir e facilitar o monitoramento, a fiscalização e a avaliação da eficiência da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos nos diversos níveis;
- ✓ Possibilitar a avaliação dos resultados, dos impactos e o acompanhamento das metas dos planos e das ações de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos nos diversos níveis;
- ✓ Informar a sociedade sobre as atividades realizadas na implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos;
- ✓ Disponibilizar periodicamente à sociedade o diagnóstico da situação dos resíduos sólidos no município, por meio do Inventário Municipal de Resíduos Sólidos;
- ✓ Etc.

Fonte: Elaborado a partir do Art. 71 da Lei 7.404/2010

Por meio do sistema informacional, fluxos informacionais precisos das características, gravimetria dos resíduos, quantidades coletadas, transportadas, processadas e enviadas a reciclagem e aterro; recursos financeiros utilizados e/ou necessários; devem ser bem controlados e avaliados, pois quanto maior e melhor as entradas de dados e informações melhor é o desempenho do SLR, já que menor é a incerteza, por exemplo.

Para as operações, o sistema informativo deve conter o sistema para o acompanhamento das atividades de limpeza urbana e do manejo dos resíduos sólidos urbanos, de rastrear o resíduo do ponto de coleta até o local de destinação, evitando custos com destinação clandestina; pesagem online; rastreamento de frota e varrição; de cadastramento dos transportadores; de controle mais efetivo das medições dos contratos, por meio de desenvolvimento do sistema informatizado de monitoramento/acompanhamento das pesagens e rastreamento das rotas das coletas realizadas; de controle mais eficaz das medições e um domínio efetivo em relação à prestação dos serviços contratados; informações relacionadas aos indicadores de mobilização e comunicação social, etc.

No diagnóstico apresentado para o DF, viu-se que a necessidade de um sistema de controle se verifica em casos como cadastro de empresas, quantitativos dos resíduos gerados, coletados, transportados e destinados; mapeamento; controle em tempo real etc. É importante a integração de todos os dados em um banco único para geração de relatórios que seja capaz de possibilitar análise das gerências, pagamentos e acompanhamento pela sociedade (por meio do sistema informatizado de registro de reclamações ou solicitações dos cidadãos), tornando o Órgão gestor cada vez mais transparente e capaz de oferecer serviço de informação de qualidade à população.

4.1.6. Consolidação dos componentes do SLR e suas interações

Como se mostrou no Capítulo 2.1, um sistema é composto por elementos, interconexões (fluxos físicos e ou fluxos de informações) e propósitos (MEADOWS, 2000). A Figura 4.15 apresenta, os elementos do SLR consolidado, e as suas diversas interações, juntamente com a cadeia direta, aqui denominada do Sistema Logístico Direto (SLD).

O SLR engloba diferentes tipos de RSU, infra-estruturas, veículos, planos e subsistemas de controle e informação para a coleta e destinação final adequada dos resíduos. A interação do

conjunto de elementos que compõe o sistema que permite os resíduos sólidos gerados cheguem ao destino certo requerido pela lei. Segundo o modelo de *input* – transformação – *output*, os elementos e interações do SLR podem ser consolidados conforme a Figura 4.16.

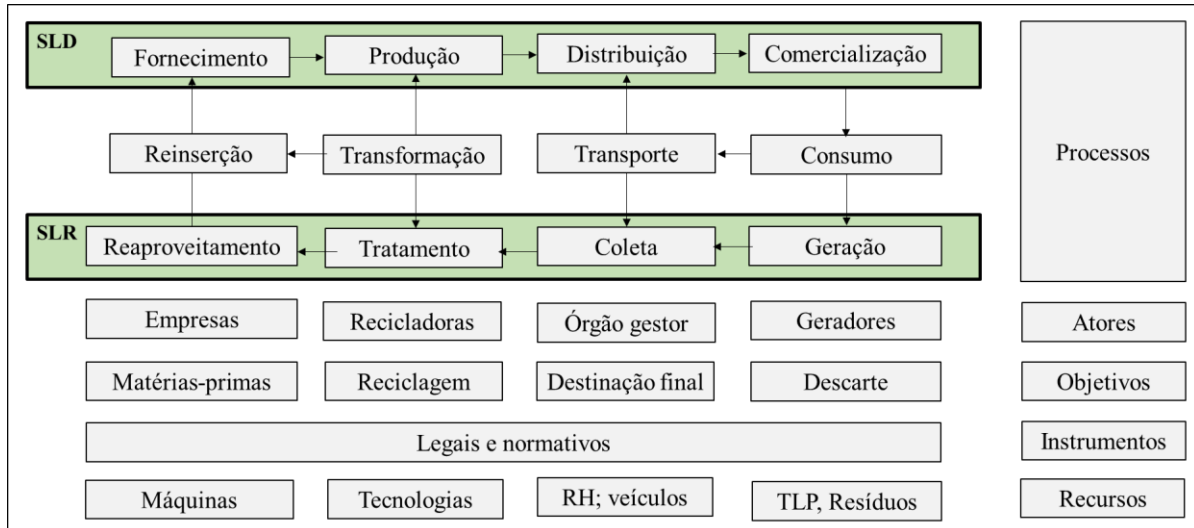


Figura 4.15: Relação dos componentes do SLR

Fonte: Elaborado pelo autor

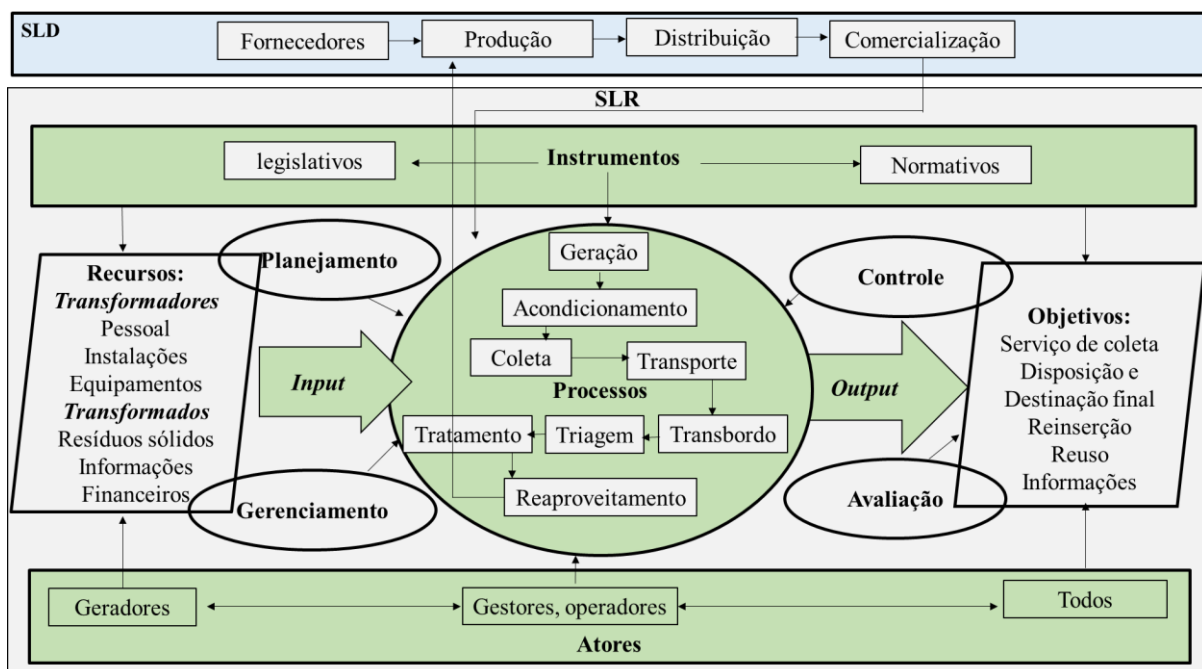


Figura 4.16: Modelo input – transformação – output para o SLR

Fonte: Elaborado pelo autor

A GIRSU não deve apenas tomar decisões ou operacionalizar o sistema em si, o que acontece muito na prática. Ela deve compreender todas as demais funções organizacionais,

manejo de resíduos sólidos, no planejamento, gerenciamento, controle e fiscalização. Num segundo momento, traduziu-se as principais variáveis qualitativas num modelo de DFE.

4.2.1. Diagramas de Laço Causal

Este tópico visa apresentar a modelagem conceitual do SLR, por meio de DLC, com os seus respectivos ciclos de realimentação, fluxos e interações, baseado nas principais variáveis que influenciam os diversos aspectos dos RSU, já discutidos no Capítulo 2. Além das variáveis já estabelecidas na literatura, levou-se em conta as demandas e diretrizes legais trazidas pela Lei 12.305/2010, o marco legal para os resíduos sólidos.

O SLR é formado pelos subsistemas que foram delimitados no componente Processo, contendo diversos diagramas e as principais variáveis de decisão, dividido em fluxos positivos e negativos. Quando necessários, são apresentados detalhes em termos quantitativos, o que é melhor percebido nos DFE.

4.2.1.1. Subsistema de Geração

4.2.1.1.1. Variáveis determinantes na quantidade gerada

Viu-se anteriormente que a caracterização socioeconômica, demográfica, entre outras, é importante para a gestão e gerenciamento dos RSU e que a geração de resíduos sólidos envolve fatores diferenciados por tipo de resíduos. A Figura 4.18 mostra as variáveis³⁰, de primeira ordem, associadas a esse processo de caracterização e mostra as interferências mútuas entre os fatores relacionados a questão da geração de RDO. Percebe-se que o *loop* de quantidade gerada dos RSU considera três grandes variáveis: número da população, geração per capita e nível de renda. Ou seja, o tamanho de população (influenciados pelas variáveis de crescimento e diminuição), seus hábitos e padrões de consumo, associados ao Nível de renda, são determinantes pela quantidade gerada de RSU. Quanto maior a população e o nível de renda, maior a quantidade gerada (em termos per capita).

³⁰ Quanto a apresentação das variáveis para o modelo, em alguns casos fez-se necessário apresentar (1) as variáveis secundárias, por exemplo, para População têm-se Natalidade e Mortalidade e (2) a relação entre as variáveis exógenas como é o caso de Renda versus Natalidade. Isso justifica-se na medida que essas relações podem afetar diretamente a variável endógena em análise (Geração) ou as exógenas.

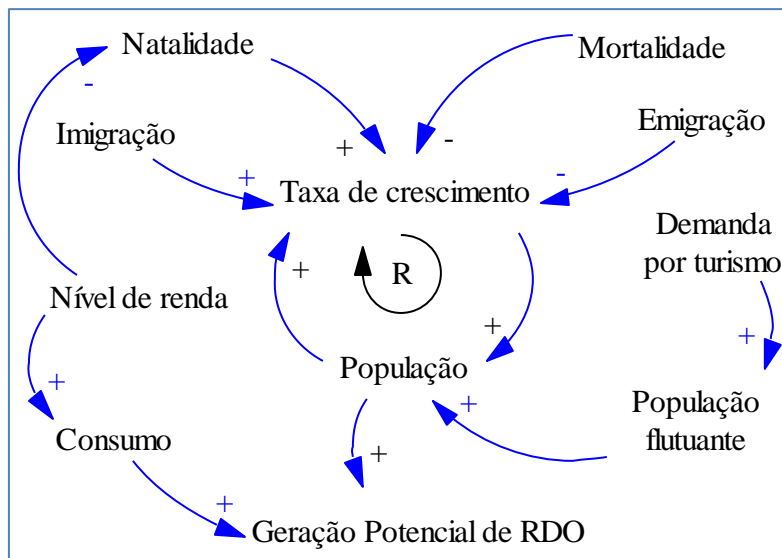


Figura 4.18: Variáveis determinantes na geração de RDO

Fonte: Elaborado pelo autor

A relação exponencial do R1 é dada entre a taxa de crescimento populacional e a quantidade de população ao longo dos anos. A variável Taxa de crescimento tem uma relação positiva com as taxas brutas de Natalidade ao longo dos anos e negativa com as taxas de Mortalidade.

Para o DF, Jucá (2015) ressalta que a elevada geração de resíduos pode ser justificável considerando a elevada concentração populacional, como é o caso das RA de Taguatinga e Ceilândia e em alguns casos, pelos elevados índices de desenvolvimento sócio econômico, caso do Plano Piloto, Lago Norte e Lago Sul. Abreu (2016, 53) corrobora essa relação ao dizer que “a geração per capita de resíduos é diretamente proporcional à renda. Assim, as regiões com maior renda, geralmente apresentam maior consumo e conseqüentemente maior geração de resíduos, especialmente os resíduos secos, que devem ser coletados seletivamente”.

De acordo com a Figura 4.19, a quantidade gerada abrange duas grandes categorias (grande e pequeno geradores), divididos em tipologias de resíduos: recicláveis, orgânicos e indiferenciados. Sendo assim, a quantidade total potencial gerada de RSU compreende os Resíduos Domiciliares (RDO)³¹ e os Resíduos dos Grandes Geradores (RGG).

³¹ A quantidade gerada de RDO foi dada no modelo em função da população, que pode ser calculado pelo número de residências e a quantidade dos agregados familiares. Para a simplificação e melhores cálculos da quantidade gerada dos resíduos domiciliares, o Número de Residências equivale a variável População no modelo.

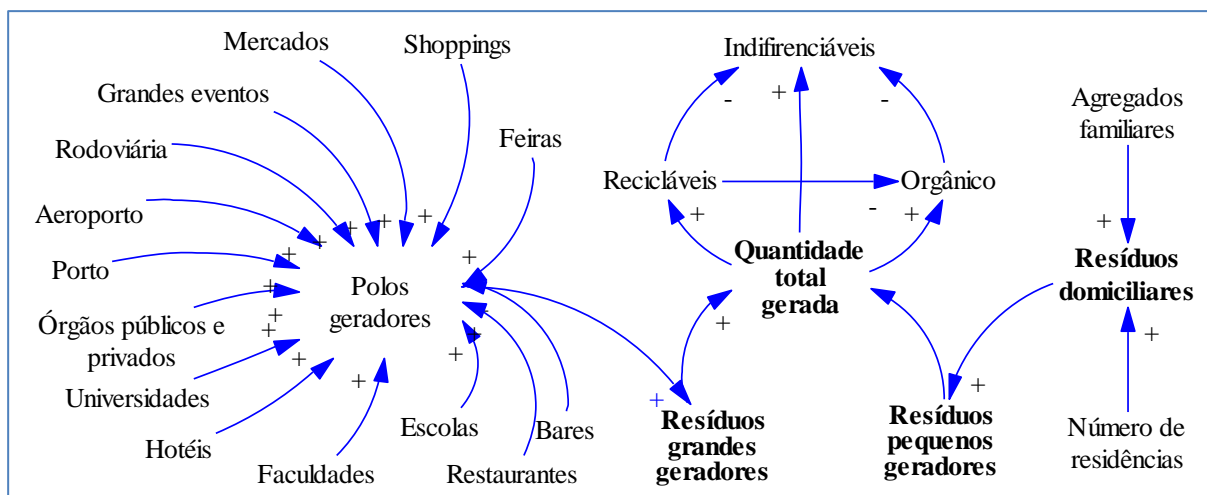


Figura 4.19: Tipologia de geradores e de resíduos sólidos urbanos

Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda na Figura 4.19, percebe-se que em termos de gravimetria dos RSU gerados, quanto maior a composição de recicláveis menor será a porção orgânica e dos indiferenciáveis.

4.2.1.1.2. Influência do princípio de não geração, redução e reutilização

Os hábitos de consumo estão diretamente ligados a cultura e ao nível de renda da população, podendo eles serem mudados pela conscientização ambiental. A Figura 4.20 mostra a influência desta variável na quantidade gerada dos RDO. Remetendo-se a Figura 4.5, viu-se que de acordo com um dos princípios norteadores dos objetivos do SLR, são necessárias políticas de não geração de resíduos sólidos. Por isso, ao atender o primeiro princípio do sistema, o de não geração, a conscientização ambiental, dependendo das políticas e campanhas educacionais, vai influenciar a quantidade potencial de geração e os hábitos de consumo. Viu-se também que outro princípio tem a ver com a reutilização dos materiais em condições de uso.

Apesar de não ser inserido no modelo, é importante ressaltar que a conscientização empresarial pode indiretamente diminuir a quantidade gerada dos resíduos por meio de redução de embalagens, adoção da filosofia do *ecodesign* dos produtos, etc. Em muitos casos a durabilidade e as questões associados ao design do produto podem também influenciar, mesmo que em menor grau ou de forma sutil, a geração de resíduos. Por exemplo, a obsolescência programada induz ao maior consumo e conseqüentemente a quantidade gerada.

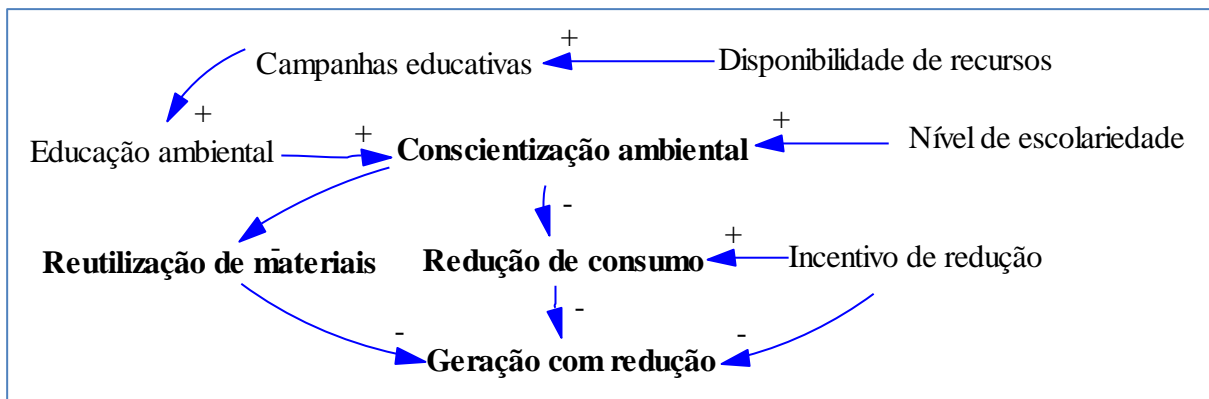


Figura 4.20: Aplicando o princípio de não geração e redução

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.1.2. Subsistema de separação

Aos geradores de resíduos domiciliares, cabe-lhes “condicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados” e “disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução” (BRASIL, 2010a). Já se mencionou que a separação dos resíduos é importante para os demais processos do sistema, o que torna o papel dos geradores, nessa primeira etapa, extremamente importante; o engajamento e comprometimento da população com a coleta seletiva é fator primordial. Sendo assim, da perspectiva dos geradores, a adesão e efetivação da coleta seletiva está diretamente relacionada com a separação dos resíduos. O DLC da Figura 4.21 resume as principais variáveis que envolvem a segregação dos RSU e apresenta três loops balanceados (B2 e B3, B4).

Assim como acontece com a Geração, as variáveis como Nível de renda e Conscientização ambiental afetam a separação dos resíduos e, conseqüentemente, a coleta seletiva. Como mostrou Codeplan (2017), os elementos ligados aos serviços de coleta como a existência de serviço de coleta e informação à população, esse serviço influencia positivamente a separação dos resíduos. Variáveis como Educação ambiental, através de campanhas educativas e outros meios, são determinantes para a Conscientização ambiental e, conseqüentemente, a Separação dos resíduos na fonte de origem. Percebe-se que o Nível de renda está diretamente ligado a Conscientização ambiental e a Separação, são diretamente proporcionais.

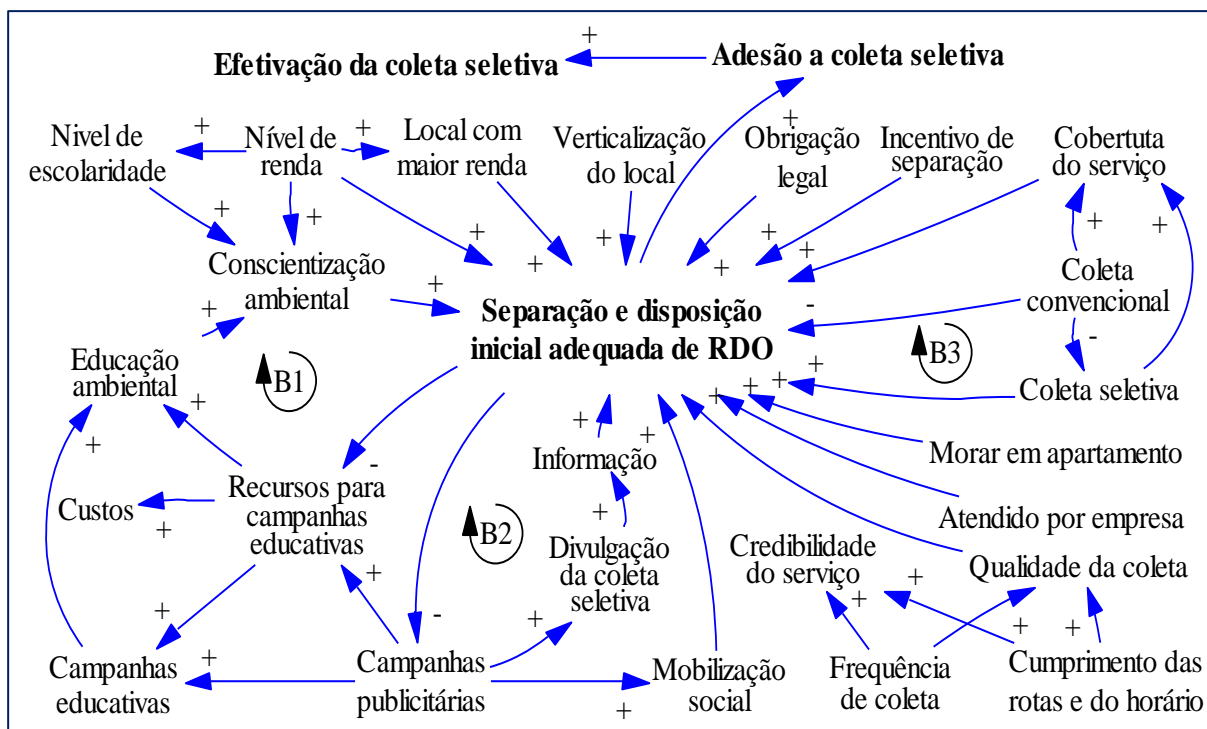


Figura 4.21: Variáveis preponderantes para a separação dos resíduos

Fonte: Elaborado pelo autor

A pesquisa (*op. cit.*) também mostrou que local ou área de residência e perfis de renda distintos apresentam propensões diferentes a realizar a coleta: morar em uma RA do Grupo 3 (renda média baixa) reduz 37% a chance do domicílio separar os resíduos. No Grupo 4 (renda baixa) esta queda é ainda maior, há 53% a menos de probabilidade de alguém deste grupo separar os resíduos do que alguém que vive em uma RA do Grupo 1 (renda alta). No DF, as RA diferem muito entre si nas suas infraestruturas e nas suas características populacionais, demográficas e socioeconômicas, o que se reflete na quantidade e tipo de resíduos gerados em cada uma delas.

Como mostra o Gráfico 4.22, dos 1.933 cidadãos que aceitaram participar da pesquisa, 59,1%³² dos domicílios declararam separar os resíduos. No entanto, estes percentuais variam de acordo com o tipo de organização responsável pela coleta, pois aqueles que têm o resíduo coletado por empresas separam mais, 68,1%, ao passo que os indivíduos atendidos por cooperativas ou sem atendimento o fazem em menor proporção, dos atendidos por cooperativas, 48,9% separam e, entre os não atendidos, 50,6% informaram não fazer a separação. Isso demonstra que a própria qualidade do serviço de coleta afeta outras variáveis, às vezes não consideradas.

³² Um percentual que pode ser considerado de médio a alto, já que cerca de 85% dos brasileiros sequer tinham acesso à coleta em 2016, segundo CEMPRE (2017).

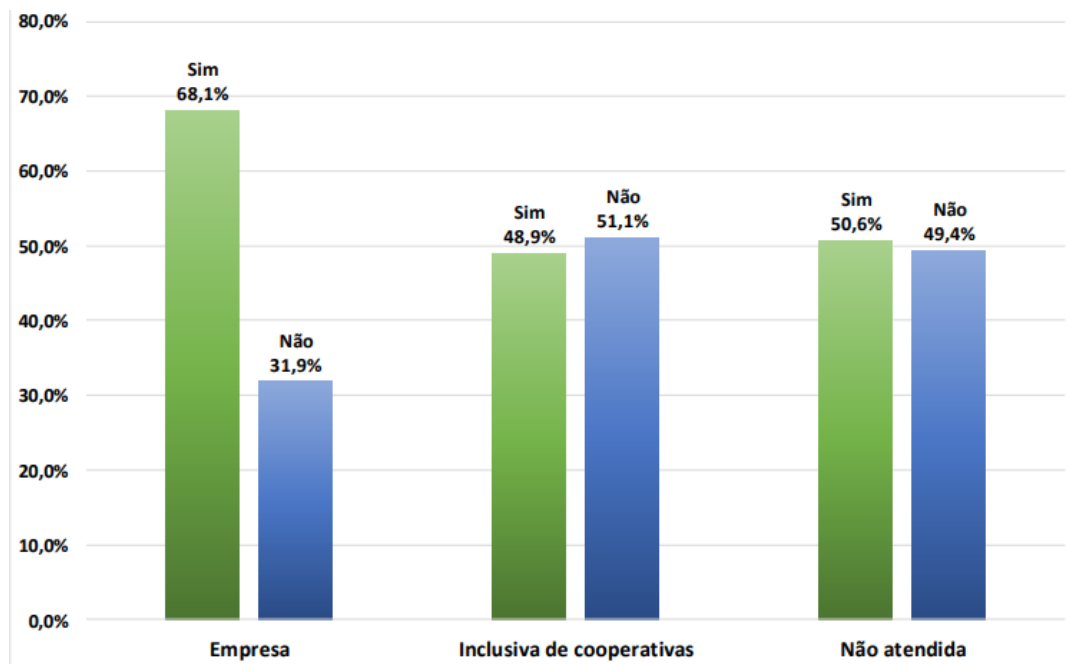


Figura 4.22: Separação de resíduo para reciclagem, por tipo de coleta

Fonte: Codeplan (2017)

É interessante observar, no entanto, que o comportamento de separação associado ao tipo de coleta por cooperativas é diferente entre os grupos de renda 2 e o grupo 3. Os de menor renda (grupo 3) separam mais – 52,9% – que os de maior renda (grupo 2) – 38,7%. Entre aqueles que contam como empresas ou cooperativas, ou seja, excluindo os não atendidos, o grupo de menor renda (grupo 4) é o que menos separa o lixo, apenas 16,7%, curiosamente seguido do grupo de maior renda (grupo 1), que separa somente 28,8%. Estes dois grupos não são atendidos por cooperativas. Domicílios atendidos por empresa tendem a ter maior probabilidade de separar. Domicílios atendidos por cooperativas têm redução 42% na chance de o domicílio separar os resíduos. Este valor é muito próximo a domicílios em regiões não atendidas.

É interessante observar, no entanto, que o comportamento de separação associado ao tipo de coleta por cooperativas é diferente entre os grupos de renda 2 e o grupo 3. Os de menor renda (grupo 3) separam mais – 52,9% – que os de maior renda (grupo 2) – 38,7%. Entre aqueles que contam com empresas ou cooperativas, ou seja, excluindo os não atendidos, o grupo de menor renda (grupo 4) é o que menos separa o lixo, apenas 16,7%, curiosamente seguido do grupo de maior renda (grupo 1), que separa somente 28,8%. Estes dois grupos não são atendidos por cooperativas. Domicílios atendidos por empresa tendem a ter maior probabilidade de separar. Domicílios atendidos por cooperativas têm redução 42% na chance de o domicílio separar os resíduos. Este valor é muito próximo a domicílios em regiões não atendidas.

A existência de Coleta seletiva tende a impactar positivamente a separação dos resíduos, pois quando há conhecimento da interrupção ou inexistência do serviço os geradores tendem a reclamar e a desencorajar na separação. De igual modo, quanto maior a taxa de Cobertura do serviço de coleta, quer convencional ou seletiva, maior é a probabilidade de separação, pois os geradores são encorajados com a percepção da existência do serviço. Quanto ao tipo de domicílio, a pesquisa (*op. cit.*) mostrou que quem mora em apartamento tende a ter maior probabilidade de separação do lixo, no entanto, quando se controla o tipo de coleta, a probabilidade de um domicílio em apartamento fazer separação do lixo não há diferença estatística de uma casa. Casa em condomínio tem a menor probabilidade, mas incluindo todos os controles, estes ficam estatisticamente parecidos.

Além da existência do serviço, informações a respeito podem influencia positivamente a separação dos resíduos, nomeadamente a divulgação da programação de coleta. E isso está diretamente ligada a informação da legalidade de separação, pois a PNRS responsabiliza os consumidores pela disponibilização adequadamente dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução. De acordo Art. 9º do Decreto 7.404/2010, “a coleta seletiva dar-se-á mediante a segregação prévia dos resíduos sólidos, conforme sua constituição ou composição” e que:

“O sistema de coleta seletiva deve ser implantado pelo titular do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos com, no mínimo, a separação de resíduos secos e úmidos e, progressivamente, ser estendido à separação dos resíduos secos em suas parcelas específicas, segundo metas estabelecidas nos respectivos planos de resíduos” (BRASIL, 2010b)

Os três *loops* (B2, B3 e B4) apresentados no subsistema de separação são de balanceamento. O primeiro, mostra que o índice de separação, depende da conscientização ambiental, este que depende da educação ambiental e que por sua vez depende dos recursos disponíveis. Isso quer dizer que investir nas campanhas educativas vai diminuir, com o tempo, a necessidade de recursos para esse fim. De igual modo, o *loop* B3 tende a ter um balanceamento ao longo do tempo, pois os custos previstos com as campanhas publicitárias para informação de coleta seletiva impulsiona a separação e vão diminuindo na medida que as políticas surtirem efeitos. O *loop* B4 relaciona a separação com os dois tipos básicos de coleta: quanto maior a Coleta seletiva, maior a separação e menor a coleta convencional, *ceteris paribus* as demais variáveis.

4.2.1.3. Subsistema de acondicionamento

O subsistema de acondicionamento dos resíduos tem a ver com a disposição inicial dos resíduos até o ponto de armazenamento, após a etapa de geração e separação, no local previamente definido pelos órgãos competentes e quando, no próprio prédio, no local indicado. Assim como acontece na etapa de separação, os geradores devem acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos gerados. Ou seja, o acondicionamento também envolve a separação dos resíduos na hora de disposição. Não jogar os resíduos no recipiente errado é tão importante quanto a separação que se dá anteriormente. Por outro lado, é exigente que os locais de acondicionamento e os recipientes sejam corretamente identificados. Segundo o Art. 28º da PNRS, “o gerador de resíduos sólidos domiciliares tem cessada sua responsabilidade pelos resíduos com a disposição adequada para a coleta ou, nos casos abrangidos pelo art. 33, com a devolução”.

O acondicionamento pode ser dividido em interno e externo, isto é, o primeiro tem a ver com a manutenção dos resíduos dentro do domicílio até a sua disposição externa nos contêineres localizados na área externa ao domicílio. Quando se trata de apartamentos, o externo pode abranger o armazenamento dentro do prédio e fora do mesmo. As situações do tipo de disposição diferem, no entanto, para prédios acima de dois andares e mais modernos, há locais de acondicionamento para cada andar. Nesses casos, os zeladores são encarregados de levar esses resíduos para fora do prédio.

Todos esses dois tipos de coleta devem seguir procedimentos para o acondicionamento e disponibilização adequada dos resíduos gerados pelos órgãos do serviço de limpeza pública urbana e manejo de resíduos sólidos, respeitando as normas, leis e boas práticas de gestão.

A capacidade de armazenamento depende da disponibilidade do local (espaço no prédio e na área externa) e do tamanho dos recipientes. A Figura 4.23 mostra que a quantidade não armazenada em contêineres (dado pela variável Outro tipo de armazenamento) pode se constituir um armazenamento inadequado, na medida que esses resíduos são jogados nas vias públicas. Por isso, a necessidade A quantidade de contêineres necessária dependente da capacidade do recipiente (tonelada/m³) e da quantidade a ser armazenada, dependendo do índice de containerização (percentual de uso de contêineres numa cidade).

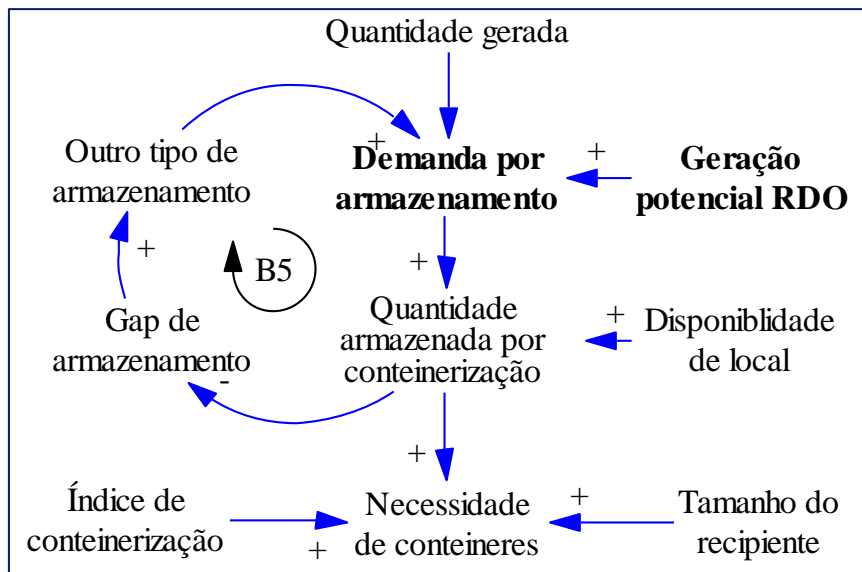


Figura 4.23: Fatores influenciadores do armazenamento

Fonte: Elaborado pelo autor

Em termos da qualidade do material, é importante que existam condições mínimas de instalações nos pontos externos de acondicionamento para que certos tipos de resíduos sejam preservados nomeadamente nas épocas da chuva. Em muitas cidades e pontos, as caçambas são destampadas e não apresenta cobertura que proteja os resíduos de intempéries climáticas. Além de outros tipos de receber resíduos, como os perigosos, esses pontos costumam ser focos de coleta dos catadores, mau cheiro, poluição visual, etc.

4.2.1.4. Subsistema de coleta

A Figura 4.24 apresenta o fluxo geral de materiais no subsistema de coleta, diferenciada por tipo de coleta dos RSU. A denominação *pick up* tem a ver com coleta realizada pelo pessoal da varrição nas ruas, que normalmente é levada junto a coleta convencional. A coleta seletiva e convencional é realizada pelo poder público por meio de empresas contratadas (operadores privados) e associações de cooperativas, quando houver.

A coleta informal é aquela que é feita por catadores autônomos nos locais de armazenamento e consiste em pegar dos contêineres os materiais recicláveis. Esses carrinheiros e catadores avulsos têm importante influência na coleta seletiva de recicláveis, no entanto, suas atividades na maioria das vezes antecipam-se aos serviços regulares de coleta seletiva, interferindo diretamente na qualidade do material recolhido, visto que na coleta informal são retirados dos sacos de lixo os materiais mais nobres como latas de alumínio e papelão. A catação de materiais

de melhor qualidade por catadores informais, afeta as organizações de catadores, visto a evidente redução da qualidade e quantidade de material proveniente dos serviços regulares da coleta seletiva (SERENCO, 2017).

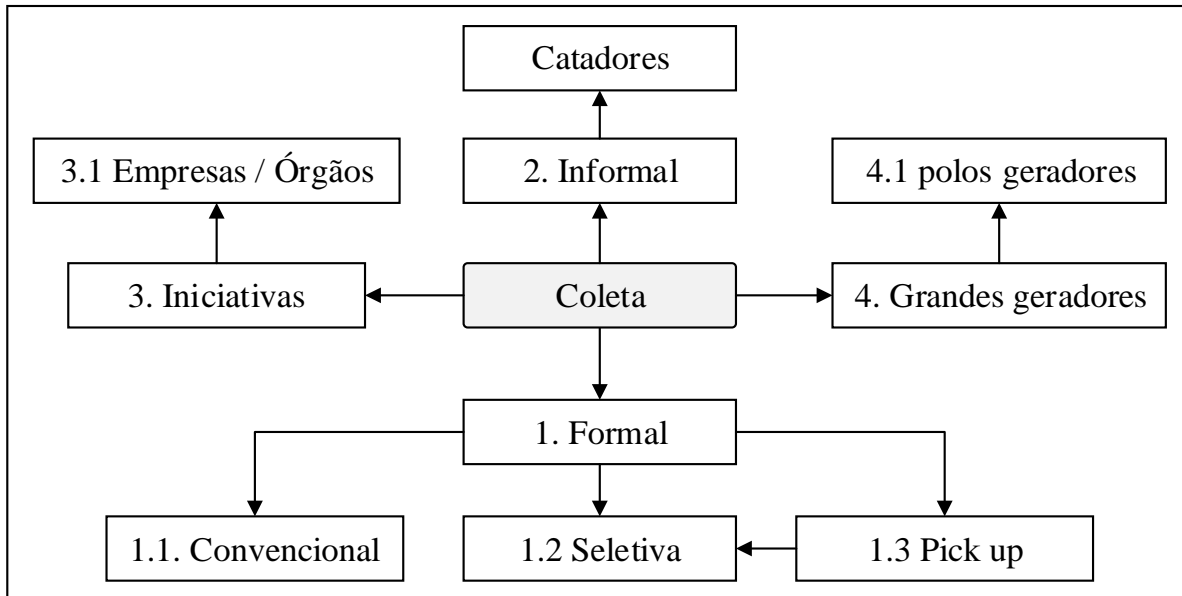


Figura 4.24: Tipos de resíduos coletados

Fonte: Elaborado pelo autor

A coleta por iniciativas é promovida pelos órgãos da administração pública, por meio do programa A3P. E por fim, a coleta realizada para os grandes geradores é da responsabilidade de cada polo gerador; cabendo-lhes escolher os agentes de coleta.

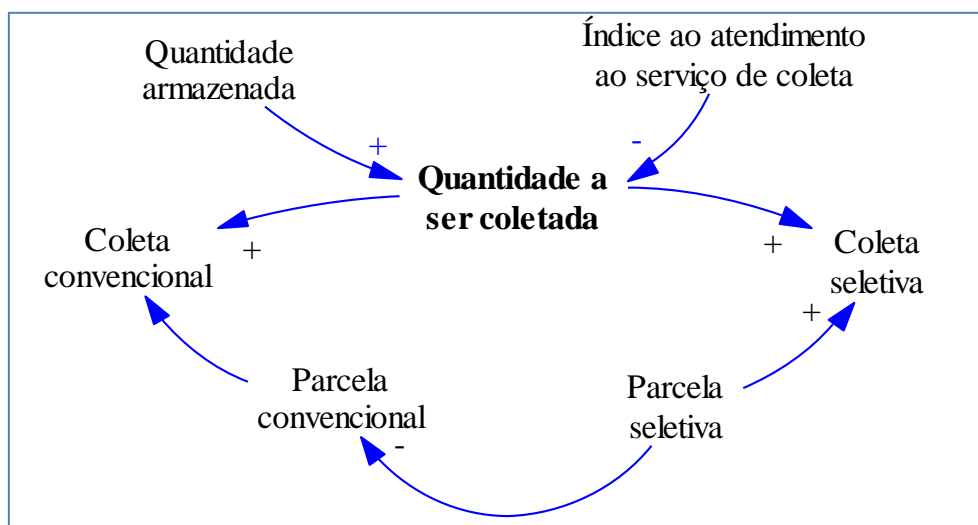


Figura 4.25: Quantidade disponível para a coleta de RDO

Fonte: Elaborado pelo autor

Em termos de RDO, a Figura 4.25 mostra que a quantidade a ser coletada depende da quantidade armazenada e da taxa de atendimento ao serviço de coleta, pois nem sempre os sistemas atingem a 100% da sua região de abrangência, por exemplo, devido as dificuldades encontradas nas áreas rurais e de difícil acesso.

4.2.1.5. Subsistema de transporte

A Figura 4.26 mostra a demanda por dimensionamento de transporte.

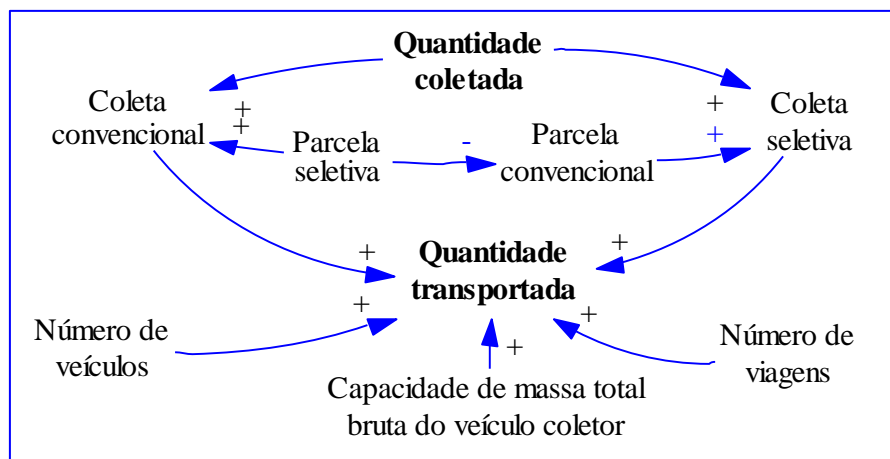


Figura 4.26: Influência das variáveis no transporte dos resíduos

Fonte: Elaborado pelo autor

Percebe-se que a quantidade coletada vai gerar o número de veículos necessários para a coleta, dependendo da capacidade e do número de viagens, entre outros fatores. Aqui também é necessário se preocupar com a roteirização dos veículos coletores, especificamente para o plano operacional do sistema.

4.2.1.6. Subsistema de transbordo e triagem

A Figura 4.27 mostra que os resíduos coletados são transportados para locais de transbordo, podendo ser também pontos de processamento. Para esta tese, delineou-se que os resíduos da coleta convencional deveriam ser direcionados para o processamento nas UTMB, no entanto, devido aos altos custos da infraestrutura e pouca disponibilidade dessa tecnologia nos municípios brasileiros, esses resíduos devem passar por processo alternativo de processamento, desde que não seja, ilegais, como enterramento nos lixões. Normalmente, a coleta convencional é enviada para triagem com a coleta seletiva nas cooperativas de catadores. Como é mostrado em detalhes, no DFE para este subsistema (ver tópico 4.2.2.6), as opções de processamento vão

dependem da realidade de cada município. A tendência é que os centrais de triagem públicos sejam ocupados pelos catadores, de modo a cumprir as exigências legais quanto a integração.

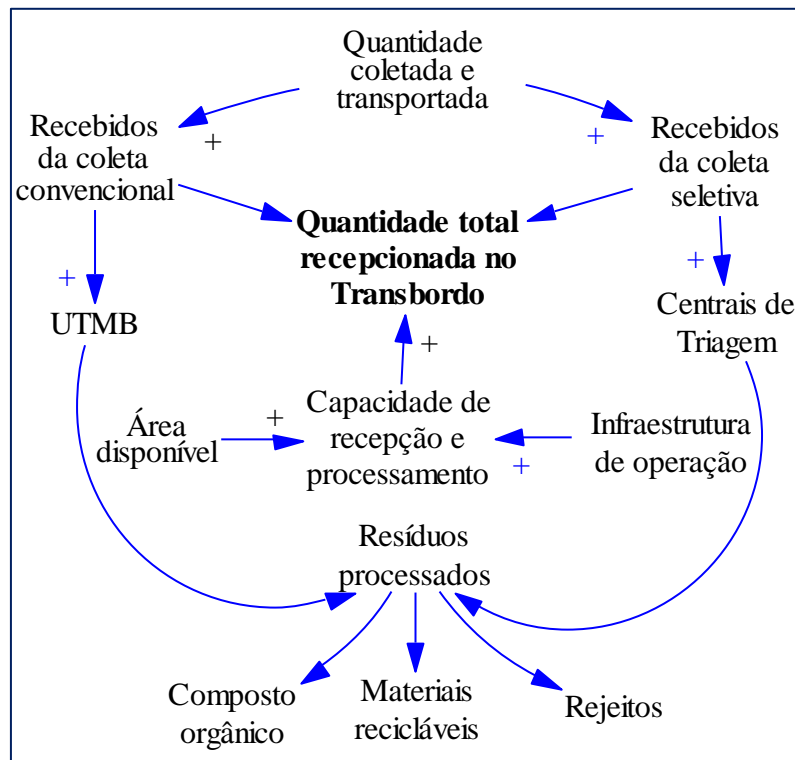


Figura 4.27: DLC de processamento dos resíduos

Fonte: Elaborado pelo autor

Quando direcionados para as organizações dos catadores, os resíduos devem ser processados, retirando o material seco e a fração orgânica indo para a compostagem e, o que sobra, que é o rejeito, para o aterro sanitário. E quando a capacidade de recepção e ou processamento é limitada, os demais resíduos que não passaram por tratamento costumam ser destinados ao lixão, já que, na maioria das vezes, quando se adota esse modo de processamento, não se tem outros modos.

Cabe ressaltar que a triagem depende da separação na fonte, quantidade coletada e disponibilidade de tecnologia. De acordo com Abreu (2016, 14) “a separação e disposição inadequadas e insuficientes dos materiais recicláveis pela população para a coleta seletiva nos horários previstos, além de reduzir a recuperação de materiais, certamente contribuiu para aumentar a geração de rejeitos”.

Cabe salientar que o processo de triagem dos materiais antecede a política de destinação dos resíduos, pois se a política for reciclagem maior é a sua necessidade, caso contrário, se tratando de incineração e geração de energia, menor será a sua necessidade.

4.2.1.7. Subsistema de destinação e disposição final

Relembrando os objetivos representados na Figura 4.3, a figura a seguir apresenta os mesmos em termos de destinação e disposição final. Viu-se que é da responsabilidade dos órgãos municipais coletar os RSU, cumprindo assim o primeiro objetivo do sistema, isto é, a geração de resíduos domiciliares gera a demanda pelo serviço de coleta. Antes da PNRS (e mesmo hoje depois da sua publicação), a grande parte dos resíduos eram destinados aos lixões, no entanto, de acordo com essa lei, é mister acabar com esses lugares inapropriados de destinação e também reduzir a quantidade de resíduos recicláveis enviados aos aterros sanitários, procurando aumentar a sustentabilidade socioambiental e econômica do sistema. A capacidade do aterro sanitário vai depender da redução da geração de rejeitos, respectivamente, da melhoria da coleta seletiva e aumento da compostagem dos orgânicos.

Sendo assim, é necessário do SLR o cumprimento da segunda parcela do seu objetivo: destinação e disposição final dos resíduos, o que incorpora o subsistema de tratamento por meio da triagem dos resíduos, como mostrado na Figura 4.28.

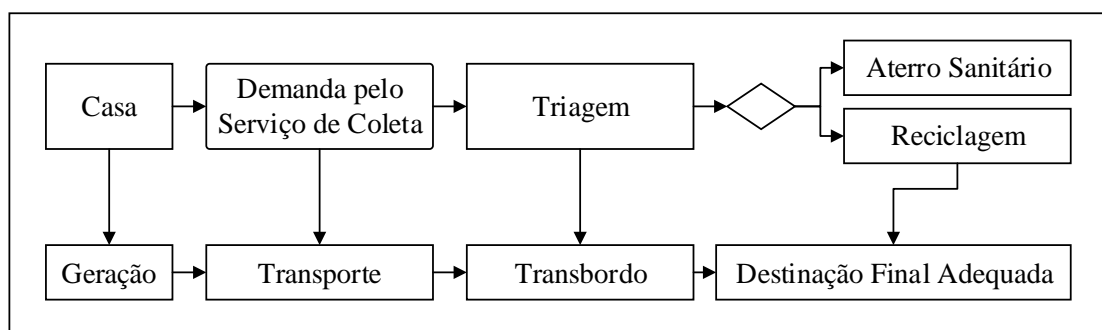


Figura 4.28: Destinação e disposição final

Fonte: Elaborado pelo autor

Como se vê na Figura 4.29, a etapa final do SLR, se encarada de forma legal e adequada, deve compreender a reciclagem e a disposição dos rejeitos, o que está ligada as diversas tecnologias e tipos de tratamentos e recuperação de resíduos sólidos: reciclagem, compostagem, remanufatura, disposição final em aterro sanitário etc.

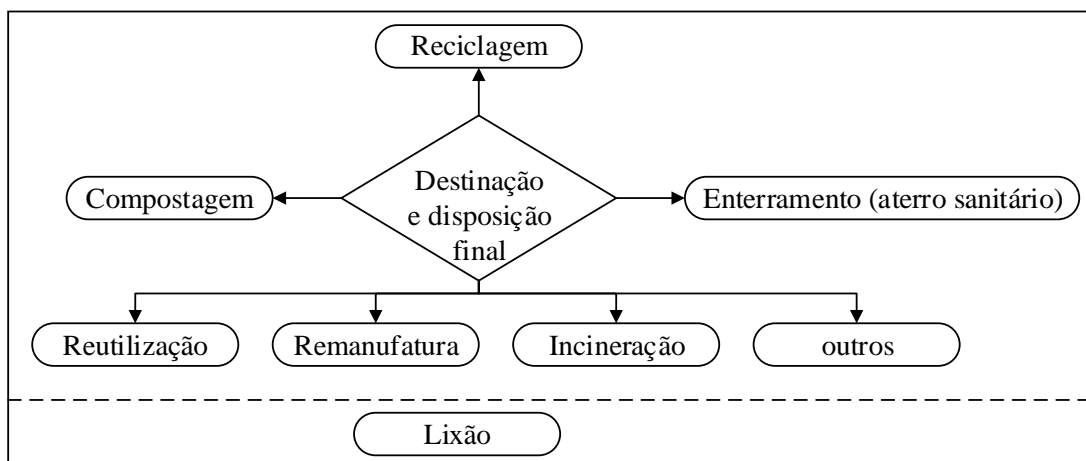


Figura 4.29: Tipos de destinação e disposição final

Fonte: Elaborado pelo autor

Considerando os tipos de destinação adotados para a tese, o DLC do subsistema é apresentado como desenhada na Figura 4.30. Observa-se que a quantidade enviada ao lixão e ao processamento apresenta uma relação negativa, diretamente inversa, isto é, quanto maior a porção do primeiro, menor será a do segundo, e vice-versa.

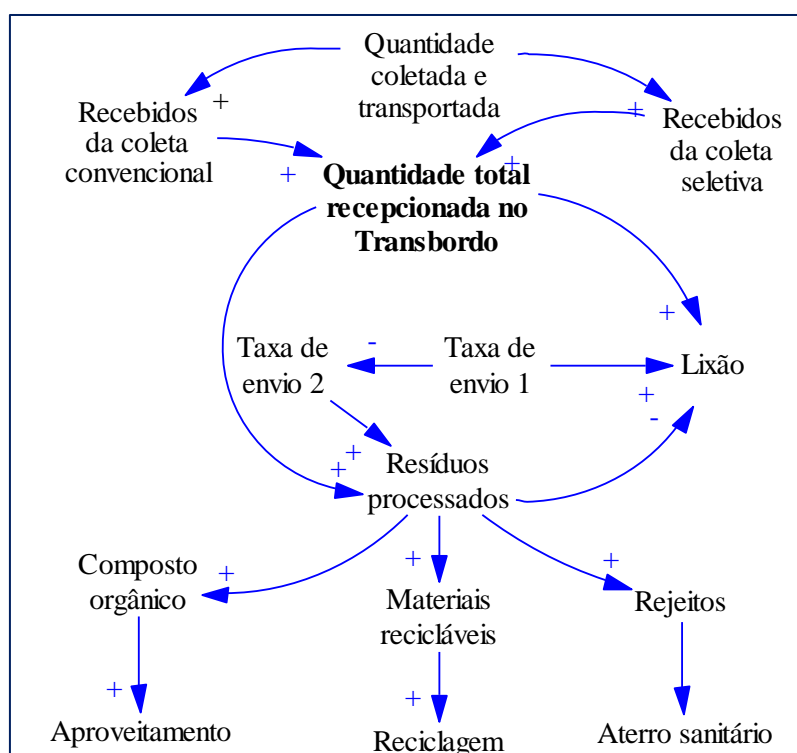


Figura 4.30: DLC de destinação e disposição final

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2. Diagrama de Fluxo e Estoques

Este tópicos visa consolidar no DFE, as variáveis apresentadas anteriormente no DLC³³, aqui detalhados em termos quantitativos. De igual modo que DLC, a ferramenta do DFE permite apresentar os fluxos dentro do subsistema e as interações entre eles, por meio de relação direta e ou por ciclos de realimentação.

4.2.2.1. Subsistema de geração

De acordo com o DLC apresentados na Figura 4.19, o tamanho de população, nível de renda, associados aos seus hábitos e padrões de consumo são determinantes na quantidade gerada de RSU. O DFE da Figura 4.31 representa o subsistema de geração, a partir da variável população e a geração per capita.

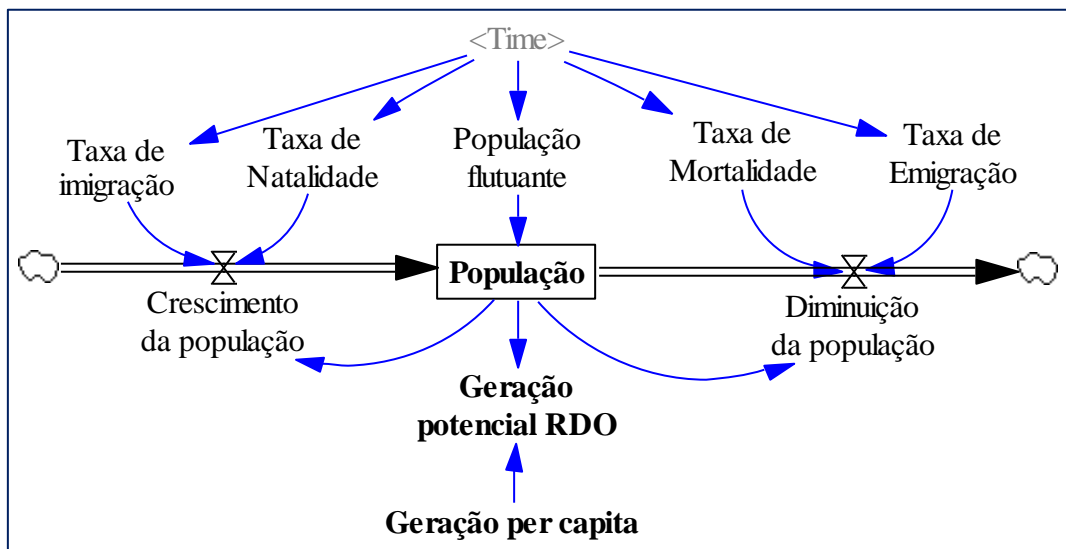


Figura 4.31: Subsistema de geração considerando População e Geração per capita

Fonte: Elaborado pelo autor

Percebe-se que para calcular a Geração potencial é necessário levantar a quantidade gerada do local dos anos anteriores, a partir de estimativas e amostragens da série histórica. A estimativa da quantidade potencial gerada depende especialmente da geração per capita, dada em kg/habitante/dia e do tamanho da população, que varia em função da taxa de crescimento populacional.

³³ Como já explicada, nem todas as variáveis apresentadas no DLC serão incluídas no DFE.

Simplificando o diagrama anterior, a Figura 4.32 apresenta o DFE definitivo que foi considerado para a validação. Nesse novo diagrama, considera-se a taxa de crescimento populacional³⁴ dada ao longo dos anos pelos órgãos nacionais ou estaduais que fornecem informações estatísticas e geográficas.

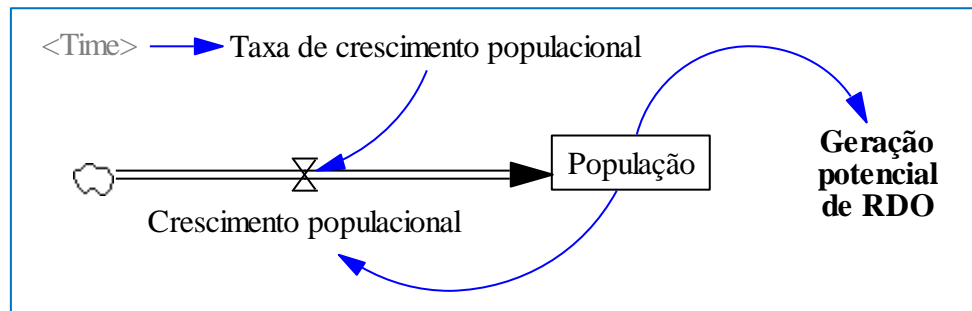


Figura 4.32: Subsistema de geração considerado

Fonte: Elaborado pelo autor

A variável Geração potencial de RDO, ao invés de considerar a Geração per capita, pode também ser calculada por meio de uma função, a ser encontrada na correlação entre a variável dependente e as independentes. A equação matemática a seguir mostra as variáveis:

$$\gamma = \alpha + \beta x_1, \beta x_2, \dots, \beta x_n + \varepsilon \quad (4.3)$$

Onde:

γ : Geração potencial de RDO;

α : Ponto de intercepção da regressão;

β : Coeficiente angular da regressão;

x_1 : Variável população

x_2 : Variável renda

x_n : Outras variáveis independentes que a serem consideradas e que apresentam correlação.

ε : Erros

Como a equação da geração potencial futura é projetada em cima da quantidade de resíduos coletados nos anos anteriores ou no período de tempo razoável disponível, novamente percebe-

³⁴ A taxa de crescimento do IBGE já inclui as taxas brutas de natalidade e mortalidade, por meio de modelos matemáticos que buscam modelar o crescimento populacional, pelo método logístico, mínimo quadrados e exponencial. Para mais informações desses modelos consultar nota técnica do IBGE ou Barros (2012), capítulo 3.

se a importância de disponibilidade de uma série histórica ou dados significativos que permitam fazer as correlações acima.

Cabe ressaltar que durante esse processo de encontrar as correlações, a qualidade do modelo deve ser observada. Ele deve ser compatível com os postulados da literatura, isto é, deve descrever e explicar adequadamente o fenômeno sob análise; capaz de explicar os dados observados, cuja relação ele determina; os parâmetros estimados deverão ser exatos no sentido de aproximar-se tanto quanto possível dos verdadeiros parâmetros estruturais; capaz de gerar previsões satisfatórias de valores futuros da variável dependente (KOUTSOYIANNIS, 1977 *apud* MATOS, 2000).

O diagrama do fluxo metodológico da Figura 4.33 descreve as etapas importantes a serem consideradas no momento de encontrar o modelo para a geração dos resíduos.

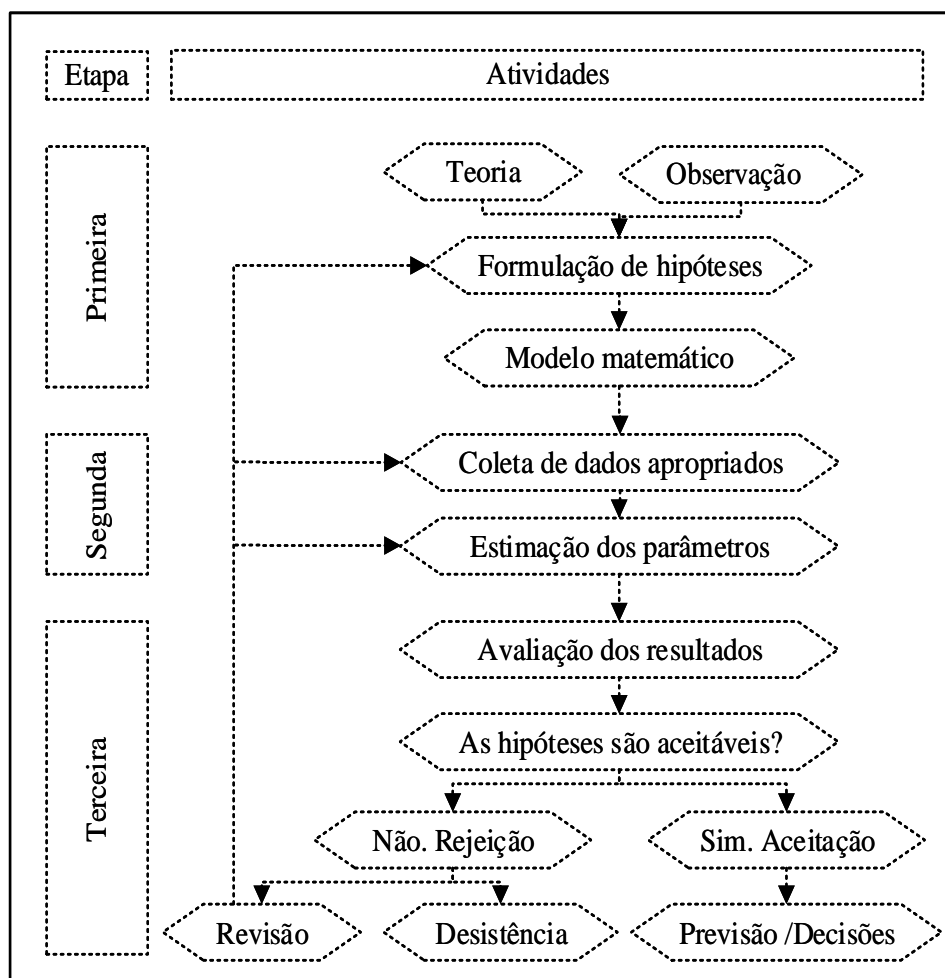


Figura 4.33: Diagrama do fluxo metodológico para modelo matemático

Fonte: Adaptado de Matos (2000)

A metodologia deve primeiro formular hipóteses sobre o comportamento da realidade, as quais são derivadas diretamente de uma teoria, observado direta do mundo e/ou de estudos publicados. Em seguida, reunir essas hipóteses num modelo matemático. Na segunda etapa, coletam-se ou reúnem-se os dados estatísticos e se estimam parâmetros com a utilização de um método apropriado. O terceiro estágio compreende a avaliação mediante a utilização de critérios derivados da teoria ou outro raciocínio *a priori*, além de outros de natureza estatística e econométrica.

As hipóteses aceitáveis são aquelas que, no confronto com os dados, além de consistentes com o raciocínio formulado *a priori*, oferecem alguma confiabilidade ou significância para que sejam úteis (MATOS, 2000).

O total de resíduos sólidos gerados, considerando a geração dos dois tipos de geradores discutidos no item 4.1.3.2, é calculada de acordo com o DFE da Figura 4.34.

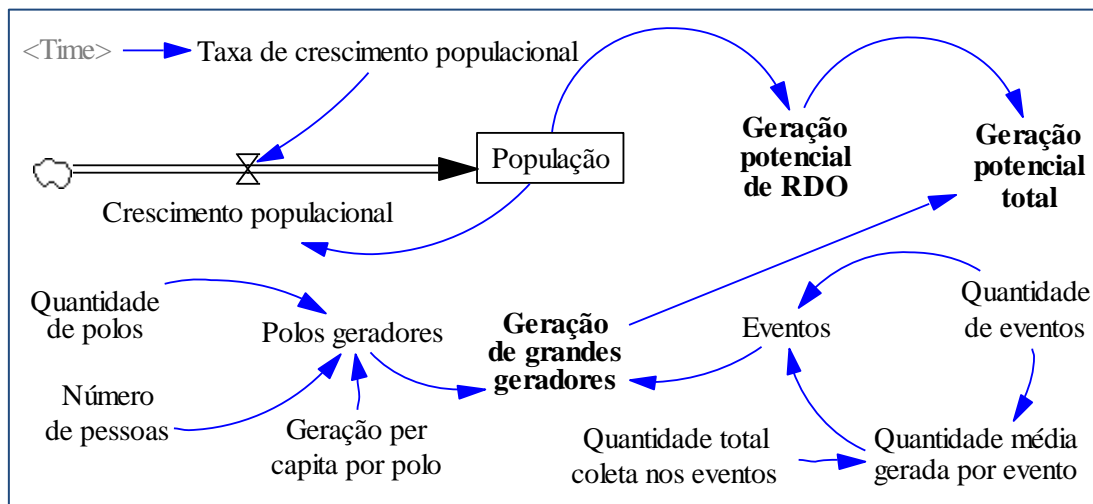


Figura 4.34: Geração potencial total

Fonte: Elaborado pelo autor

Tendo em conta o DLC Figura 4.19, a quantidade dos RGG é dada pelo somatório dos polos geradores de resíduos, isto é, dos estabelecimentos e instituições que compõe este grupo de geração, como segue na Fórmula 4.1:

$$RGG = \sum PG1, PG2, \dots, PGn \quad (4.1)$$

Onde:

RGG: Quantidade gerada dos grandes geradores;

PG1: Polos geradores de estabelecimentos e instituições;

PG2: Polos geradores de grandes eventos;

PGn: Outros polos a considerar.

Já a determinação da quantidade de cada polo é dada em função do número de pessoas que visitam, trabalham ou frequentam o polo, como indicada pela seguinte expressão:

$$GP = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (4.2)$$

Onde:

GP: Quantidade gerada do polo;

x1: Pessoas que visitam, trabalham ou frequentam o polo;

x2: Carga atraída pelo polo;

xn: Outros fatores a incluir.

A Fórmula 4.3 apresenta o somatório das duas quantidades por tipo de geração (RDO e RGG).

$$GPT = \sum Y, (x_1 \cdot n_1 \cdot qpc + x_2 \cdot qme) \quad (4.3)$$

Onde:

GPT: Geração potencial total de RSU;

Y: Geração potencial de RDO;

x1: Quantidade dos polos geradores;

n1: Número de pessoas que trabalham ou frequentam o polo;

qpc: Geração per capita média dos polos;

x2: Quantidade de eventos;

qme: Geração média por evento.

4.2.2.1.1. Geração com redução

Viu-se que um dos princípios da PNRS é a não geração dos resíduos e que um dos conteúdos mínimos exigidos para os planos são os programas e ações de educação ambiental que

promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos. Isto requer, por exemplo, dos atores públicos o desenvolvimento de programas de conscientização e de incentivo à população para o engajamento nos programas de coleta seletiva, por meio de mecanismos que tragam benefícios e ganhos, como bônus, descontos, dentre outros. Com isso, espera-se que a efetividade dessas medidas se traduz numa redução da quantidade gerada como mostra o DFE da Figura 4.35.

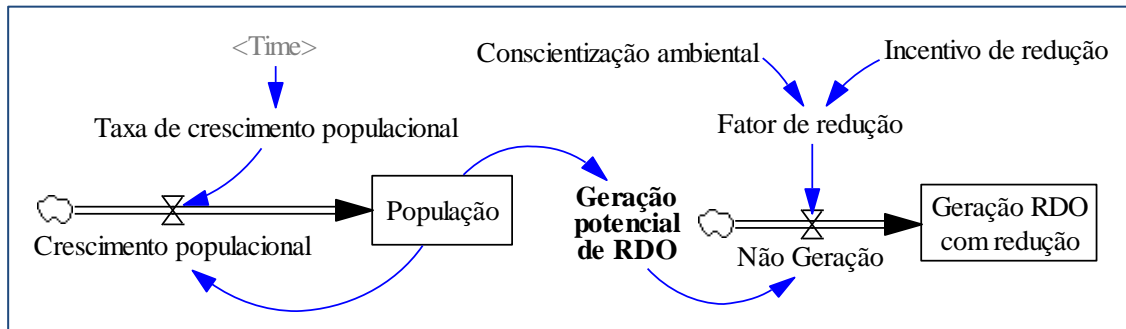


Figura 4.35: Geração potencial de RDO com redução

Fonte: Elaborado pelo autor

Portanto, a quantidade dos resíduos gerados com redução depende da relação entre o número da População e a Geração per capita (se dada por esta variável) e do Fator de redução, influenciadas positivamente pelas políticas de incentivo à redução e as campanhas de conscientização ambiental.

4.2.2.2. Subsistema de separação

Mostrou-se que os subsistemas são inter-relacionados e que impactam umas às outras. Por exemplo, um dos fatores determinantes para um quantitativo elevado de rejeitos ou fração orgânica na coleta seletiva é a separação inadequada dos resíduos disponibilizados, ou é devido a deficiências em alguns dos fatores elencadas no DLC da Figura 4.21 e representados no DFE da Figura 4.36. Sendo assim, quanto melhor é a separação dos resíduos na fonte (maior índice de separação), menos é a porção de recicláveis na coleta convencional e menos é porção orgânica na coleta seletiva. A separação impactará positiva ou negativamente o processo de triagem, ou pelo menos facilitará o processo na etapa final.

No diagrama, a taxa de atendimento aos serviços de coleta de resíduos, isto é, o Índice de cobertura da área rural e urbana (dada em percentagem) tem um impacto direto na quantidade de resíduos não coletados por problemas de universalização dos serviços de coleta.

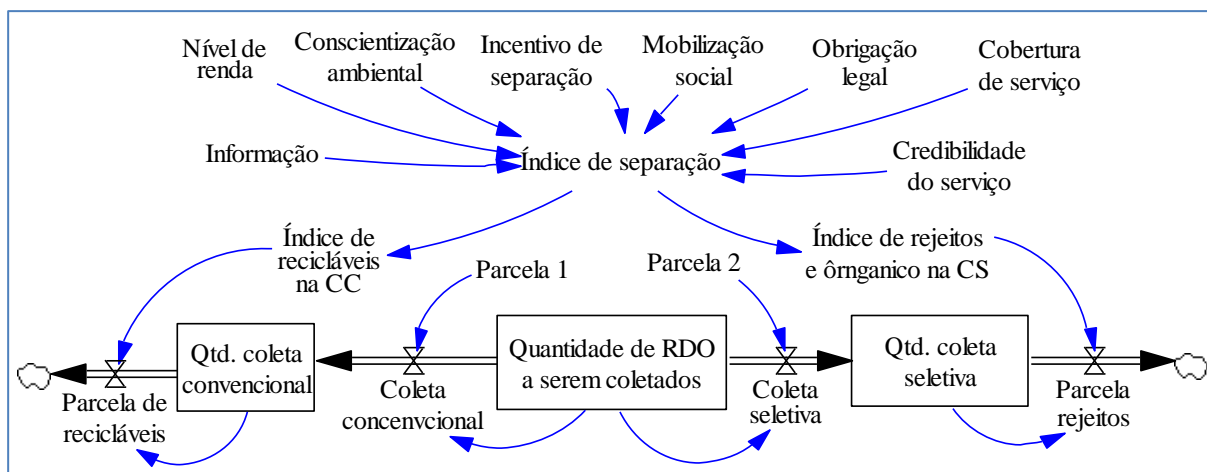


Figura 4.36: Índice de separação

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim como acontece com a variável Geração potencial de RDO, o índice de separação dos resíduos pode ser dado em uma função de correlação, considerando as variáveis independentes. A equação matemática a seguir mostra as variáveis:

$$ISep = \alpha + \beta x_1, \beta x_2, \dots, \beta x_n + \varepsilon \quad (4.4)$$

Onde:

ISep: Índice de separação;

α : Ponto de intercepção da regressão;

β : Coeficiente angular da regressão;

x_1 : Conscientização ambiental

x_2 : Índice de separação

x_n : Outras variáveis independentes a serem consideradas a partir da Figura 4.21.

ε : Erros

Além do mais, é importante frisar que a separação adequada deve acompanhar a disposição inicial, isto é, acondicionamento correto dos resíduos, de acordo com as orientações do órgão gestor ou empresas de coleta. Isso implica em dizer que um índice de separação de 100% ainda vai depender da colocação adequada ou não dos resíduos nos contêineres divididos em secos e orgânicos.

4.2.2.3. Subsistema de Acondicionamento

Considerando o DLC da Figura 4.23, o DFE do subsistema de acondicionamento é representado da seguinte forma:

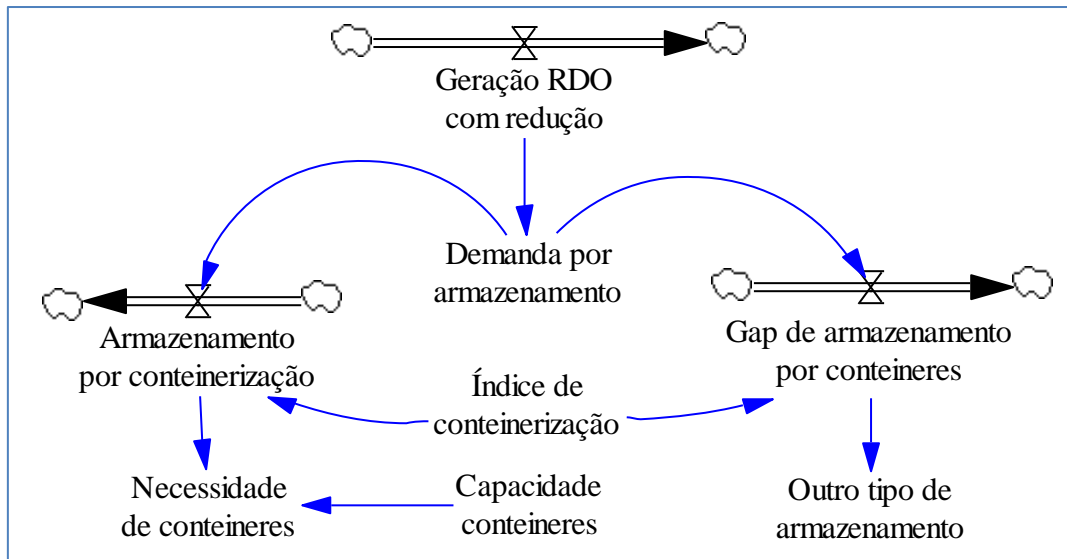


Figura 4.37: DFE de armazenamento

Fonte: Elaborado pelo autor

Percebe-se que o *Gap de armazenamento por contêineres*, resíduos dispostos nas vias públicas, por exemplo, depende do *Índice de containerização*. Quando esse índice for de 100%, o *gap* desaparecerá, pois a quantidade total gerada será armazenada em contêineres. Em cada local, deve-se dimensionar a *Necessidade de contêineres* de acordo com a quantidade gerada e capacidade do recipiente; lembrando que o acondicionamento alternativo não deve permitir a disposição inadequada de resíduos nas vias públicas, especialmente nos períodos da chuva.

4.2.2.4. Subsistema de coleta

O subsistema de geração e coleta estão diretamente relacionados, pois o planejamento e controle operacional do subsistema de coleta depende da quantidade estimada da geração dos resíduos sólidos e da composição dos resíduos de cada região, como se percebe na Figura 4.38.

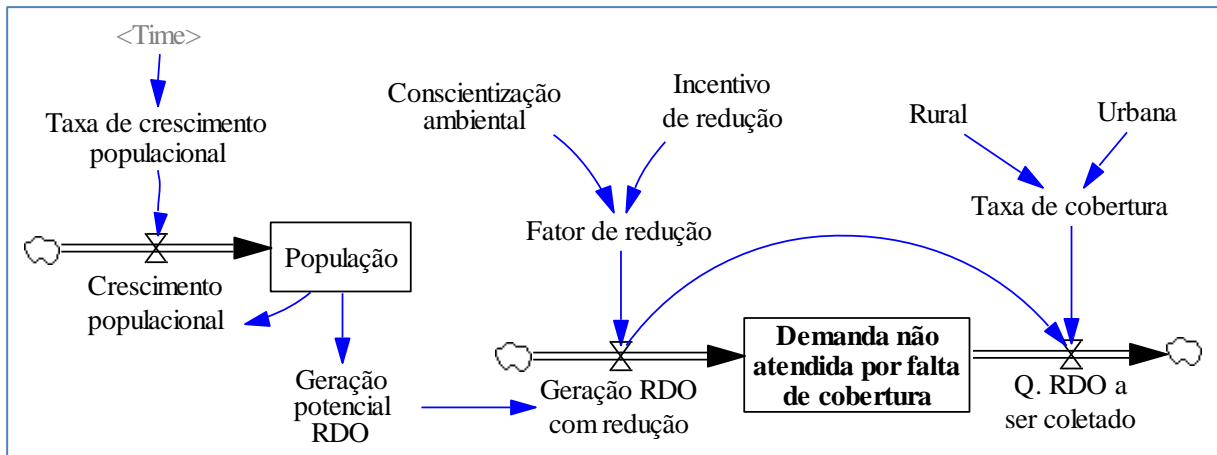


Figura 4.38: Índice de cobertura

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 4.39 mostra que a coleta, dividida em seletiva e convencional, destinadas, respectivamente aos resíduos recicláveis secos e materiais orgânicos e rejeitos. Além desses dois tipos de coleta, foi considerado no modelo a fração dos materiais recicláveis deixados nos Pontos de Entrega Voluntária (*Q. PVE*) e a coleta de recicláveis (*Q. coleta autônoma*) realizada por catadores nos contêineres estacionados nos locais de armazenamentos externos.

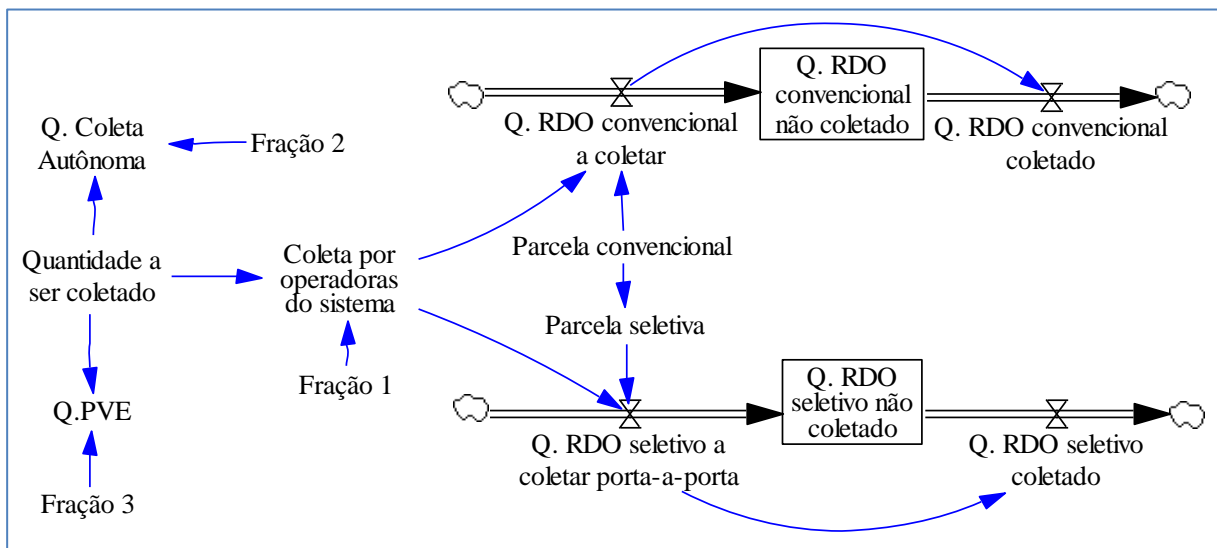


Figura 4.39: DFE de coleta seletiva e convencional

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2.5. Subsistema de transporte

O DFE do subsistema de transporte é apresentado na Figura 4.40, onde o transporte dos resíduos sólidos é diferenciado pelos tipos de coleta (seletiva e convencional). Percebe-se que nem toda

a quantidade gerada e ou disponível para a coleta é transportada pelas operadoras do sistema, já que uma fração dos resíduos são levados pelos catadores e uma outra porção disposta em PEV. Os resíduos dispostos nesses pontos podem ser também coletados por essas empresas, no entanto, em momentos diferentes, por isso se fez essa diferença no modelo.

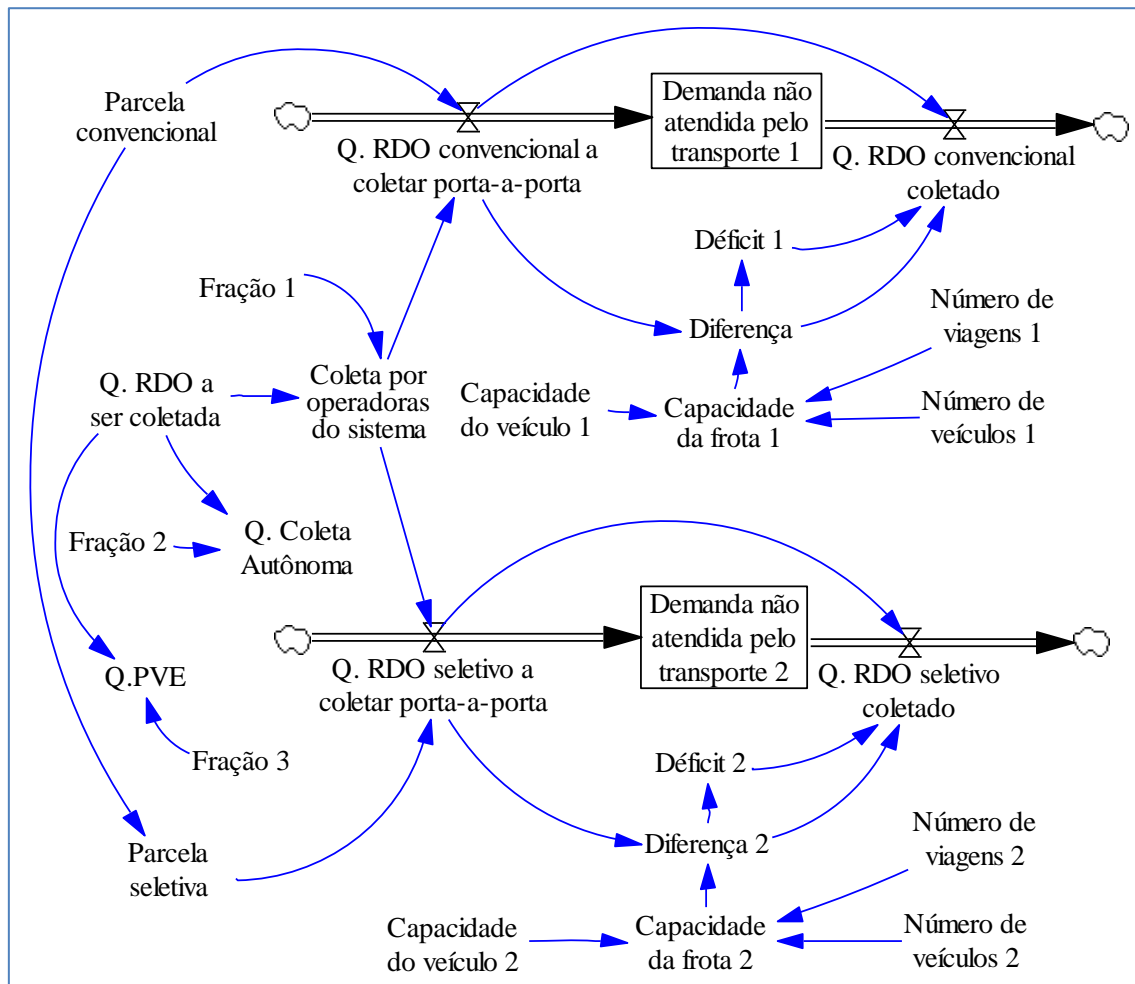


Figura 4.40: DFE do subsistema de transporte

Fonte: Elaborado pelo autor

A *Capacidade da frota 1 e 2* dizem respeito a capacidade bruta de atendimento ao serviço de coleta, que pode ser dada em função do *Número de veículos 1 e 2*, Capacidade de coleta de cada veículo (*Capacidade do veículo 1 e 2*) e *Número de viagens 1 e 2*. Percebe-se que as variáveis são iguais ambas as coletas, o que não quer dizer que os valores sejam iguais. Por exemplo, a coleta convencional tende a ser mais pesada, considerando igual a capacidade do veículo coletor.

O número de veículos e de viagens 1 e 2 pode ser obtido por meio de observação dos dados disponibilizados pelas empresas de coleta e dependendo da confiabilidade desses dados, pode-se fazer um tratamento estatístico para calcular esses valores, dada em função de variáveis como tempo de coleta, extensão da área, localização dos pontos de transbordo, densidade habitacional³⁵.

Tendo uma capacidade satisfatória, toda a quantidade coletada é transportada, no entanto, se o sistema não conseguir atender a demanda por coleta e transporte, é gerado um *gap*, isto é, um déficit de coleta que impactará o Estoque denominado Demanda não atendida pelo transporte 1 e 2, o que requer medidas adicionais para a resolução do problema.

Note-se que a quantidade não coletada deve ser somada ao montante a ser transportada posteriormente. Se considerar que a quantidade que sobra, deve ser coletado, pressupõe-se que se acumula e não sai do local de armazenamento-origem e em algum momento a operadora de transporte terá que coletar esse resíduo nesses pontos. Esse é um pressuposto básico, porque sabe-se que se esse resíduo não é coletado a curto prazo, pode-se agregar a aqueles valores de resíduos dispostos inadequadamente. De modo a analisar separadamente o impacto de um possível déficit da frota, considerou-se uma variável que vai acumulando esse déficit por dia, não entrando nos processos subsequentes.

4.2.2.6. Subsistema de transbordo, triagem e processamento

Depois de coletados, os resíduos são encaminhados aos pontos de transbordo ou triagem, para o processamento (instalações públicas ou municipais), quando não deixados diretamente nas organizações de catadores ou nos lixões.

4.2.2.6.1. Fluxo convencional

Depois de transportados até o ponto de transbordo, dependendo da capacidade de recepção deste local, a Q. RDO convencional coletado (com a sua porção orgânica, reciclável e de rejeito) apresenta dois fluxos possíveis no modelo: (1) seguimento para o lixão ou (2) seguimento para a UTMB. A quantidade encaminhada vai depender da Taxa de envio 1, quanto maior o

³⁵ Diversos são os métodos utilizados na Literatura para o dimensionamento da frota. Para maiores detalhes sobre modelos de transporte e roteirização consultar bibliografia específica.

percentual para uma opção, menor será para a outra. A Figura 4.41 apresenta o fluxo convencional dos resíduos que passam nas UTMB.

A parcela de resíduos (dada pela Taxa de envio 1) encaminhados para a UTMB é recebida de acordo com a capacidade da unidade. Depois de processados, isto é, triados de acordo com a classificação (rejeitos, orgânicos e recicláveis), essas três parcelas seguem respectivamente, para aterro sanitário, compostagem e processamento final (prensagem, enfardamento e armazenamento), os dois últimos processos ainda no local.

Assim como visto anteriormente com o transporte e outros processos a serem descritos, em todos esses três fluxos, a capacidade (de recepção na UTMB; de recepção no aterro e para compostagem; de compostagem; do lixão e de processamento) é determinante para o processamento dos resíduos e maximização ou minimização do objetivo final do sistema. Em todos eles, uma capacidade menor do que o fluxo na etapa anterior gera um déficit, contabilizados como materiais ou resíduos em espera. Como já se ressaltou anteriormente, essa parcela não dá seguimento nos fluxos subsequentes, demonstrando necessidade de reparar os gargalos do sistema. Essa colocação vale também para o fluxo dos resíduos da coleta seletiva, representado na Figura 4.42.

4.2.2.6.2. Fluxo seletivo

O fluxo seletivo é dividido em dois outros fluxos de triagem: (1) nas centrais públicas e ou (2) nas organizações de catadores (cooperativas e associações). Percebe-se que das quatro frações de resíduos deste fluxo, apenas a quantidade coletada pelos catadores (Q. Coleta Autônoma) vai diretamente para as organizações dos catadores, o resto (Q. RDO seletivo coletado, Q. PEV e Q. Grandes Geradores) são recebidas no transbordo ou mesmo nas centrais de triagem, divididas em duas categorias de instalações de processamento: público e privado.

Ressalta-se que, dependendo do município ou local, a parcela reciclável de resíduos dos grandes geradores pode ser coletada pelas empresas licitadoras contratadas pelo órgão gestor, junto com os RDO, sem custo, diferentemente da matéria indiferenciada.

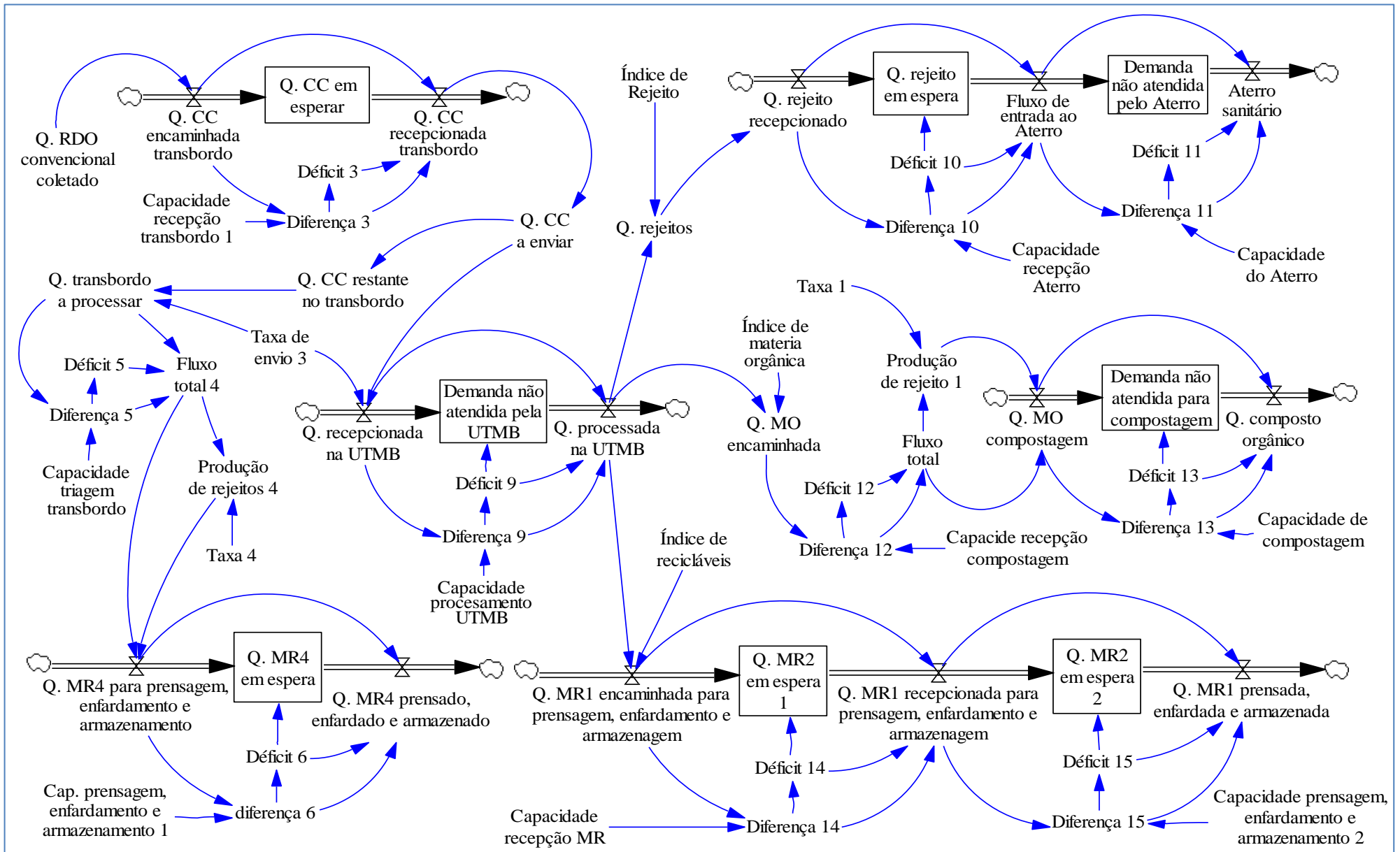


Figura 4.41: DFE para o subsistema de transbordo e triagem, na coleta convencional

Fonte: Elaborado pelo autor

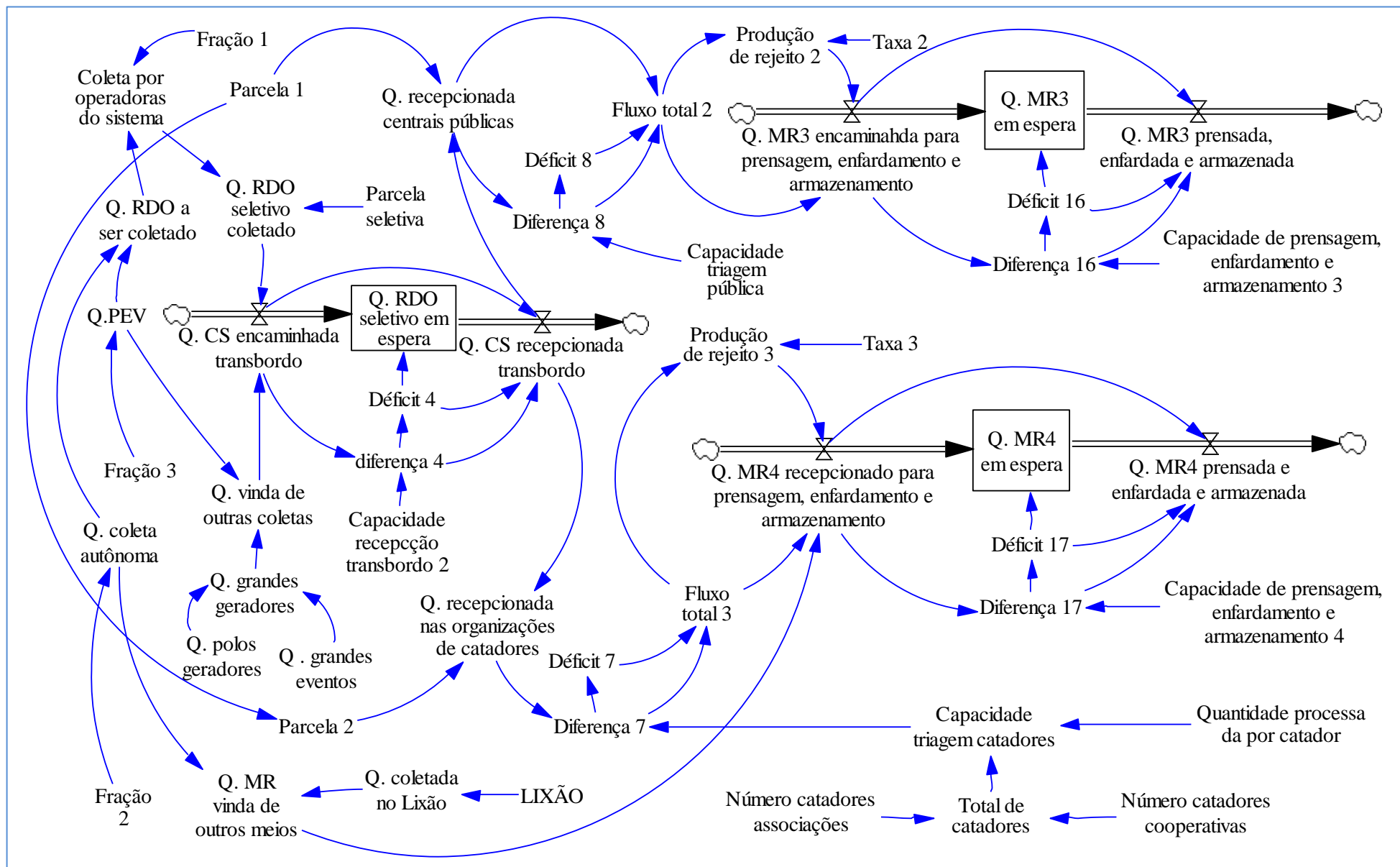


Figura 4.42: DFE para o subsistema de transbordo e triagem, na coleta seletiva

Fonte: Elaborado pelo autor

Viu-se que a PNR exige a inclusão social, isto é, a inserção dos catadores no sistema de gestão dos resíduos sólidos, em qualquer etapa da cadeia logística reversa, incluindo a capacitação e treinamento. Sendo assim, uma das opções de encaminhamento apresentada na Figura 4.42, é para as organizações de catadores. A capacidade de processamento desses locais de triagem é dada pela quantidade de catadores e a quantidade processada por catador. O número total de catadores é dado pela soma de número de organizações de catadores (cooperativas e associações) e o número de cooperados e associados em cada uma das organizações.

Ainda quanto aos catadores, ressalta-se que apesar de uma parcela dos materiais recicláveis (Q. coletada no lixão) virem da catação dos catadores nesse local inapropriada, a integração, que é legal, exige o fim dessa prática, o que não quer dizer que o modelo não deveria considerá-lo, já que é uma realidade ainda presente na maioria dos municípios brasileiros.

É também exigido pela lei que essas unidades apresentem condições mínimas de trabalho e capacidade de recepção e triagem dos materiais, assim como deve acontecer nas centrais públicas. E, em ambos os casos, após a triagem os resíduos são classificados em grupos de materiais recicláveis (plástico, papel e papelão; vidro e metais), prensados, enfardados e armazenados, para posterior envio para reciclagem.

4.2.2.7. Subsistema de destinação e disposição

Viu-se que o primeiro objetivo do SLR é a coleta dos resíduos sólidos gerados, no entanto isso não é suficiente para uma gestão eficaz dos RSU, os mecanismos legais, discutidos no capítulo 4.1.2, exigem também uma destinação e disposição final adequada dos resíduos coletados. Para isso, o DFE da Figura 4.43 mostra, num primeiro momento, que a quantidade gerada é coletada por meio das duas coletas (convencional ou seletiva), podendo existir uma das duas, isto, depende da parcela de cada coleta, em termos percentuais do valor total coletado.

A primeira medida para o cumprimento da PNRS e, conseqüentemente, atingimento do segundo objetivo do SLR é a inserção da coleta seletiva no sistema. Sabe-se que mesmo com a coleta convencional é possível adquirir materiais recicláveis, no entanto, se esse tipo de coleta chegar a eficiência máxima, não deverá existir materiais recicláveis nesse tipo de coleta. Por isso considera-se que é fundamental que o sistema priorize a coleta seletiva para os resíduos secos e recicláveis e convencional para os resíduos orgânicos. E, por outro lado, melhorar a separação

e disposição inicial, já que não deve haver parcela orgânica na coleta seletiva e nem recicláveis na coleta convencional.

O DFE, em análise, apresenta a possibilidade de que uma parte das quantidades coletadas, por coleta convencional (*Q1. enviada ao lixão*) ou seletiva (*Q2. enviada ao lixão*), seja destinada de forma inadequada, apesar de serem proibidas pelas legislações, de modo a retratar a realidade dos 3.326 municípios (59,7%) que ainda fazem uso desses locais inapropriados, inclusive o DF, até 2017. Isso demonstra que quando o percentual de envio for de 100% para ambos, o sistema não estará atingindo o segundo objetivo, apesar de ainda restarem outras parcelas que vão para as organizações de catadores em forma de coleta seletiva (*Q. coleta autônoma* e a *Q. coletada no lixão*). Como já ressaltado anteriormente, estas duas práticas não são recomendáveis.

As formas de destinação e disposição final, legais e ilegais, apresentadas nesta tese são variadas, com ressalvas para eliminação definitiva das opções ilegais, como é o caso de lixões. De modo a atender os objetivos e princípios estabelecidos para o SLR, os resíduos sólidos devem ser coletados e destinados adequadamente, podendo ser encaminhados para UTMB ou centrais de triagem, para posterior processamento e envio para reciclagem e disposição final (no caso dos rejeitos) em aterros sanitários. A primeira opção de destinação adequada compreende a parcela pré-tratada nas UTMB. Percebe-se que o processo de compostagem, bem como o de triagem da coleta seletiva, gera ainda outra parcela de rejeitos, que devem ser enterrados nos aterros sanitários.

Como saída do processo final, a destinação e disposição final adequada é retratada na Figura 4.43 como sendo a soma das toneladas dos materiais recicláveis (1, 2 e 3) e os rejeitos enterrados nos aterros sanitários. Os materiais recicláveis, que constituem o objetivo fundamental para o SLR, são fracionados nas seguintes categoria: plástico; papel e papelão; vidros; metais e outros.

Deve-se lembrar que a PNRS incentiva a implementação de planos de recuperação de resíduos, incluindo a possibilidade de geração de energia (incineração), não considerados no modelo, por falta de dados para posterior validação.

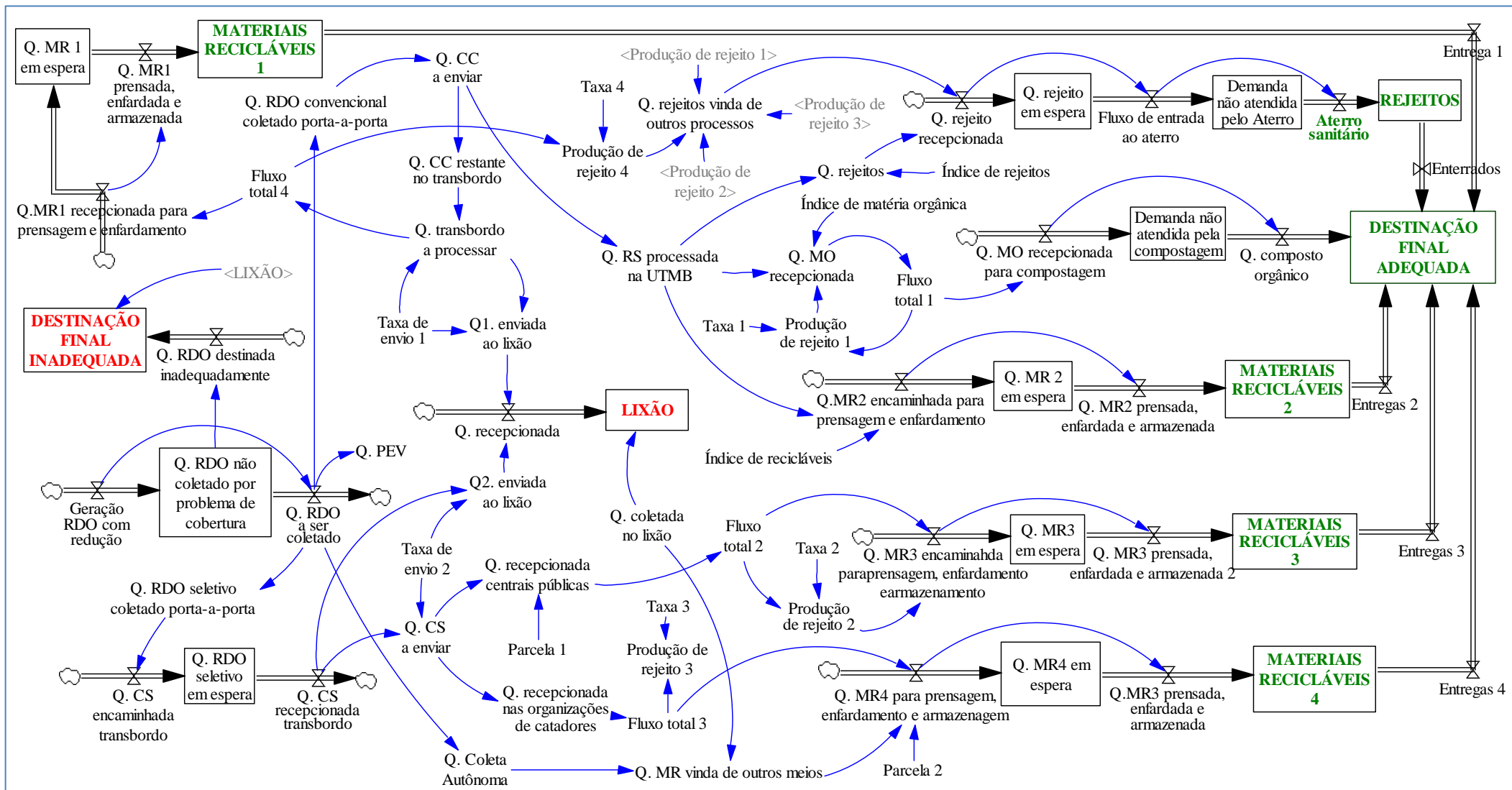


Figura 4.43: DFE para o subsistema de destinação e disposição final

Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto a destinação inadequada, o diagrama da Figura 4.43 mostra que a primeira parcela inadequada tem a ver com o índice de cobertura, quando há problema de universalização do serviço. Esses resíduos podem ser queimados a céu aberto, de forma inadequada, e lançados diretamente na natureza ou vias públicas. Associado a isso, o maior fator de destinação e disposição inadequada tem a ver com os lixões a céu aberto, gerando problemas ambientais.

Cabe ressaltar que como os estoques acumulam os eventos passados (STERMAN, 2000), o estoque dos resíduos nos lixões vai se acumulando ao longo dos anos, caso medidas de extinção e recuperação não forem tomadas. E como todos os atrasos (*delays*) envolvem estoques, a situação sempre exige medidas reparadoras de demandas atuais e do passado. Como se viu, uma das metas do plano de gestão integrada de RSU é “Áreas de lixões recuperadas”.

4.2.2.7.1. Benefícios relacionados a destinação e disposição final

O diagrama da Figura 4.44 exemplifica algumas externalidades (positivas e negativas) que podem ser calculadas, em termos econômicos, a partir de uma destinação e disposição final adequada ou não dos resíduos sólidos. O ganho financeiro da destinação adequada é dado no modelo inicialmente pela quantidade do composto vendido e dos materiais recicláveis vendidos para a reciclagem. Num segundo plano, pode-se calcular a quantidade de emissões evitadas com a destinação final adequada. Já o valor para a destinação inadequada pode ser calculado em função das emissões de poluentes para a atmosfera, custo com doenças diretamente ligado com a má disposição; gastos com as áreas contaminadas etc.

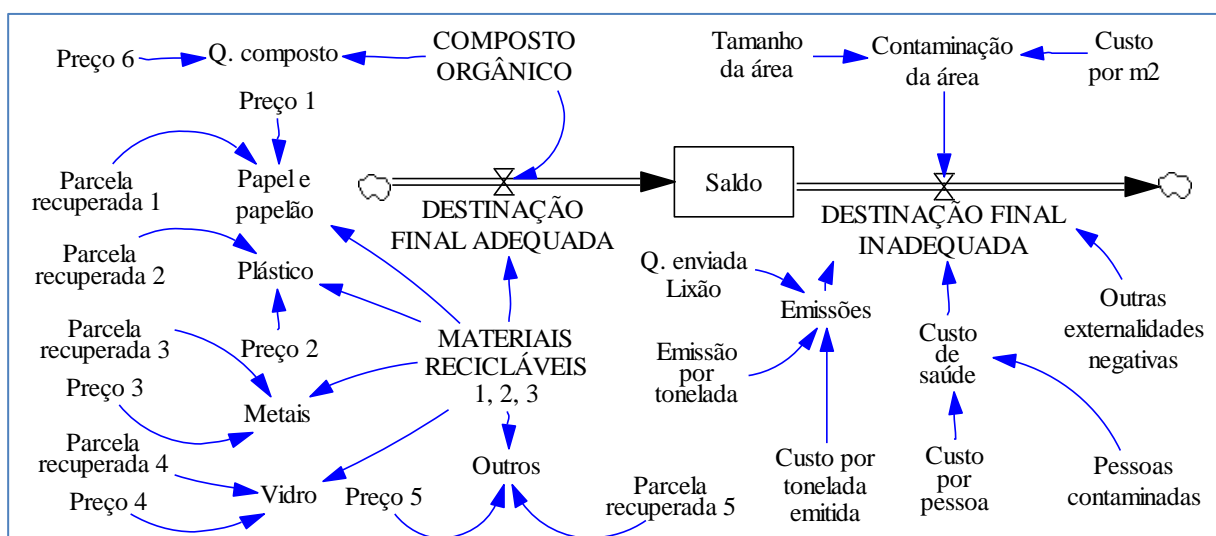


Figura 4.44: Externalidades positivas e negativas de acordo com a destinação

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2.8. Receitas e despesas do sistema

Como exemplificado no item 3.3.2.8, o sistema de gestão dos RSU é na maioria dos casos oneroso para o município e apresenta déficit constante, devido à escassez de recursos e limitação nas receitas. A Figura 4.45 apresenta as fontes de receitas e as formas de despesas levantadas na pesquisa, retratando a realidade do DF. Em muitos casos a única fonte garantida de receita é a TLP, já as despesas são diversas (pessoal, obras, custos com coleta, transporte, processamento, disposição, etc).

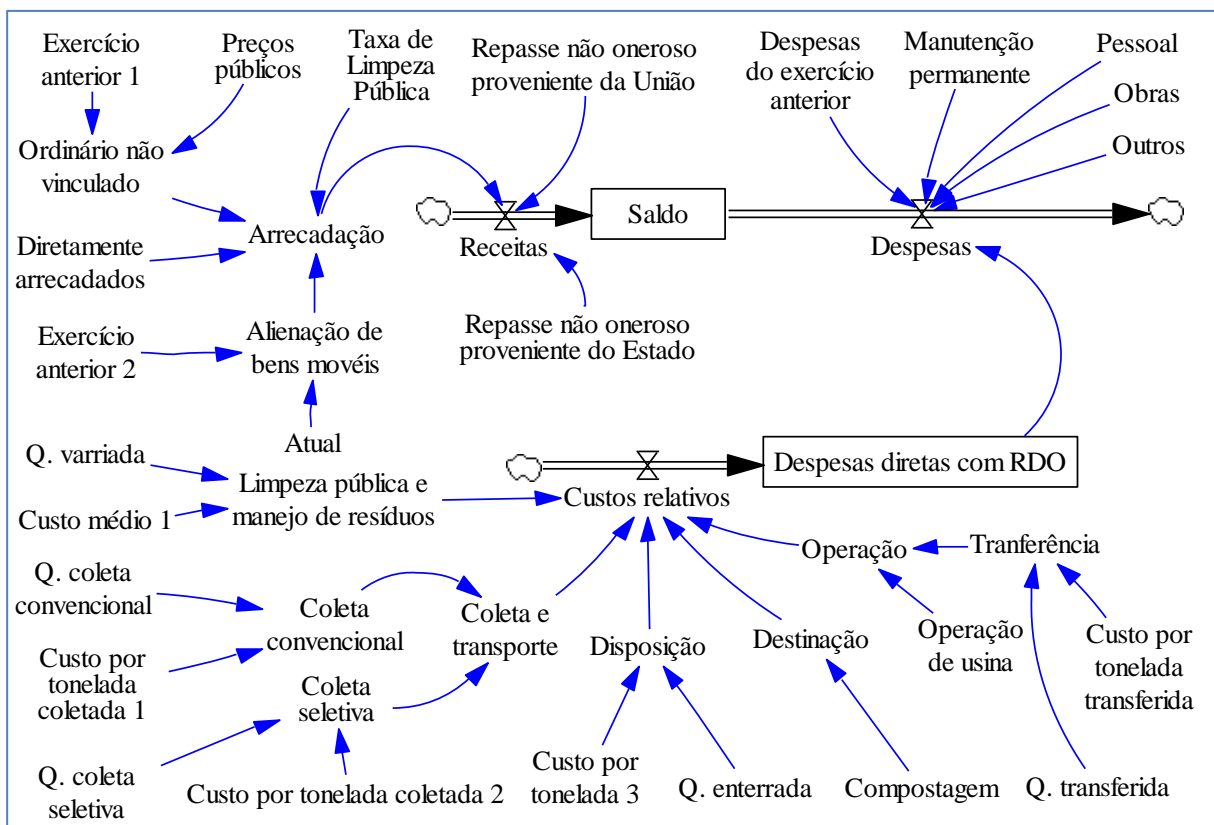


Figura 4.45: Receitas e despesas

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2.9. Consolidação dos subsistemas do modelo

Viu-se que a geração dos resíduos, com os seus fatores influenciadores, é o ponto de partida para as demais etapas do sistema. Já o subsistema de coleta e triagem tem uma grande influência na quantidade do material que pode ser reciclado, recuperado ou reutilizado. E, dessa forma, serem reintegrados ao ciclo produtivo, reduzindo assim, a quantidade de resíduos sólidos encaminhados para o aterro sanitário, preservando o seu tempo útil e os recursos naturais.

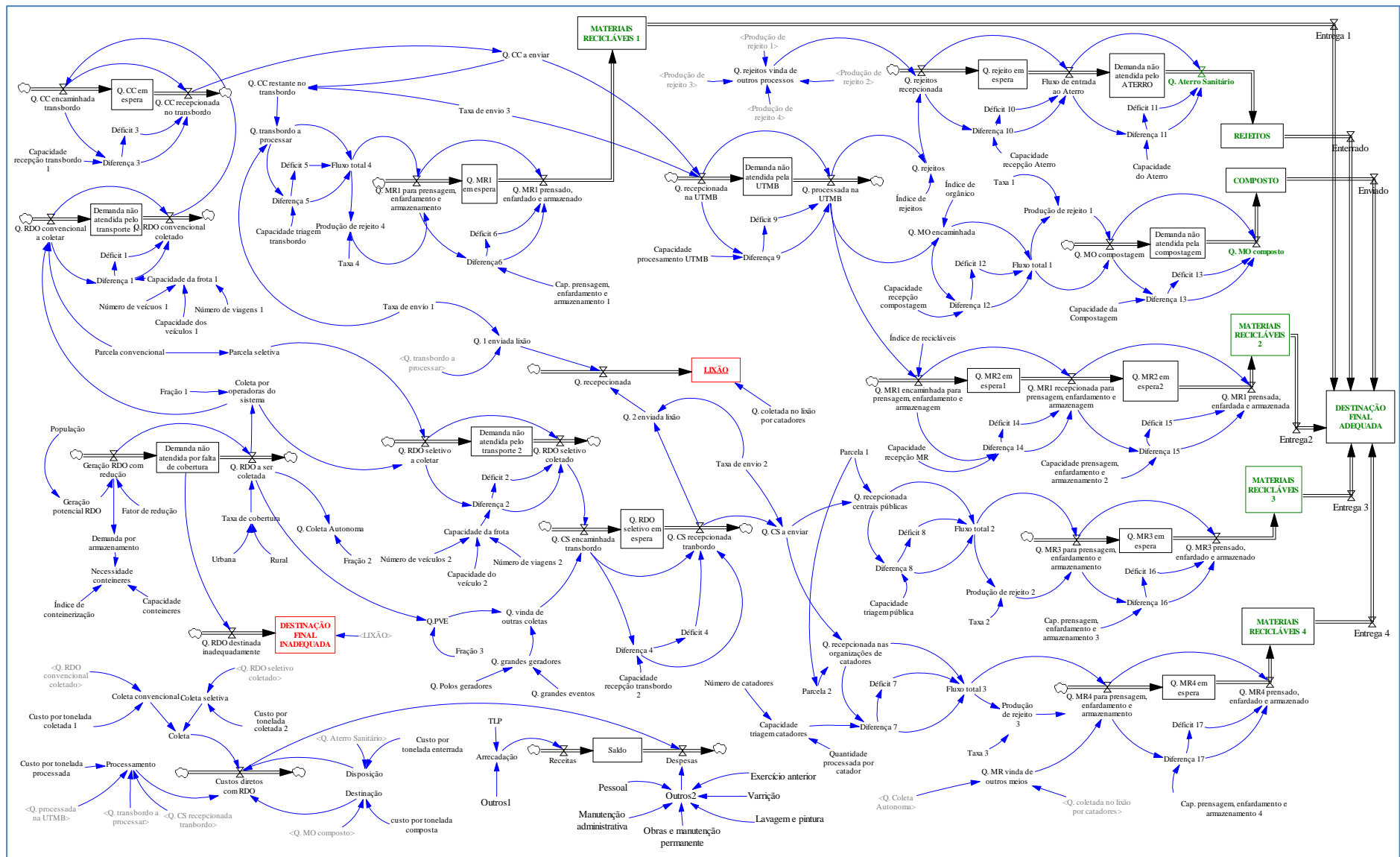


Figura 4.46: DFE consolidado para o SLR

4.3. VALIDAÇÃO DO SISTEMA LOGÍSTICO REVERSO

A validação do SLR consiste em testar as concordâncias entre o comportamento dos subsistemas e do mundo real, no caso simular o modelo com os dados coletados no local da pesquisa. A literatura apresenta diversos testes e classificações de validação. Para esta tese foi utilizada, na primeira fase da validação, do modelo conceitual, artigos científicos que utilizaram DS para levantar as variáveis básicas pertinentes aos RSU; validação nominal por meio de utilização de professores e colegas da área para definição das variáveis importantes dos fluxos e os respectivos testes.

Em cada tópico, primeiramente serão apresentados os padrões gráficos de referência, já que os testes de comportamento, em específico, são baseados neles (STERMAN, 2000). Em seguida, vem a descrição dos testes realizados. Os testes qualitativos consistem na verificação de estrutura e dos parâmetros, já os testes quantitativos têm a ver com teste de comportamento³⁶.

Quanto a verificação da estrutura, pode-se ver que os diagramas foram construídos em cima dos subsistemas descritos anteriormente, no item 2.3.5.2 (gerenciamento integrado dos resíduos sólidos), exemplificados no item 3.3.2 (por meio do Panorama dos RSU no DF) com dados reais coletados no sistema do DF e ratificados num dos cinco componentes proposto para o SLR – processos. Isto quer dizer que a estrutura proposta para SLR, no que tange aos diagramas, tem menos chances de contradizer o conhecimento que se teve sobre o sistema real. E isso permite que muito dos resultados obtidos no modelo podem ser comparados ou confrontados diretamente com a realidade, em que as soluções propostas podem ser aplicadas para logo realizarem a comprovação e os ajustes no modelo (QUADRAT-ULLAH, 2005)³⁷.

A Verificação de Parâmetros (*Parameter Verijication*) visa verificar a validade dos parâmetros ou constantes utilizados no modelo e compará-los com o conhecimento real que se tem deles, para determinar se eles correspondem conceitual e numericamente à realidade, bem como para determinar se eles foram apropriadamente estimados. Nesta tese, por exemplo, a determinação

³⁶ Os testes de validação estrutural (*Structural Validity Tests*) objetivam verificar a confiabilidade da estrutura do modelo, já que eles confirmam ou não se a estrutura foi corretamente identificada; comparam a estrutura do modelo com a estrutura do sistema real. E como esse teste não determina por si só a validade do modelo, os testes de comportamento (*Behavioral Validity Tests*) são necessários. Estes servem para identificar se o comportamento gerado pelo modelo é comparado com o comportamento observado ou esperado do sistema real (STERMAN, 2000).

³⁷ Teste de Validade Confrontado (*Face Validity Test*).

da entrada principal - quantidade gerada de RDO - por meio da função de regressão mostrou-se coerente com os dados coletados. Em termos das constantes, procurou-se trabalhar com números reais diretamente coletados e fornecidos pelos órgãos públicos responsáveis pela estatística dos resíduos. Por fim, cabe ressaltar que para os efeitos de validação, não se considerou todos os elementos apresentados nos fluxos, em alguns casos devido a indisponibilidade de dados. E em alguns momentos considerou-se valores aproximados para variáveis considerados e que estavam com parâmetros faltosos³⁸.

4.3.1. Geração de resíduos sólidos

Para a validação do subsistema de geração apresentada no DFE da Figura 4.31, a estimativa e a projeção da Geração potencial de RDO foi associada a variável População, e calculada seguindo a função de regressão encontrada a partir da Tabela 3.12. Primeiramente, foi calculada e projetada a população do DF para o período de tempo considerado no modelo (2015 a 2030). No *software vensim*, o estoque População foi dada pela integral da variável Crescimento populacional e somada a população inicial, do ano base. Já o Crescimento populacional ao longo dos anos varia em função da População e da Taxa de crescimento populacional. As taxas anuais de crescimento da população (de 2015 a 2030) foram pegadas no IBGE (2017) e depois inserido por meio da variável auxiliar e interna denominada *<time>*, tipo “with Lookup”, As Graph, como mostra a imagem a seguir:

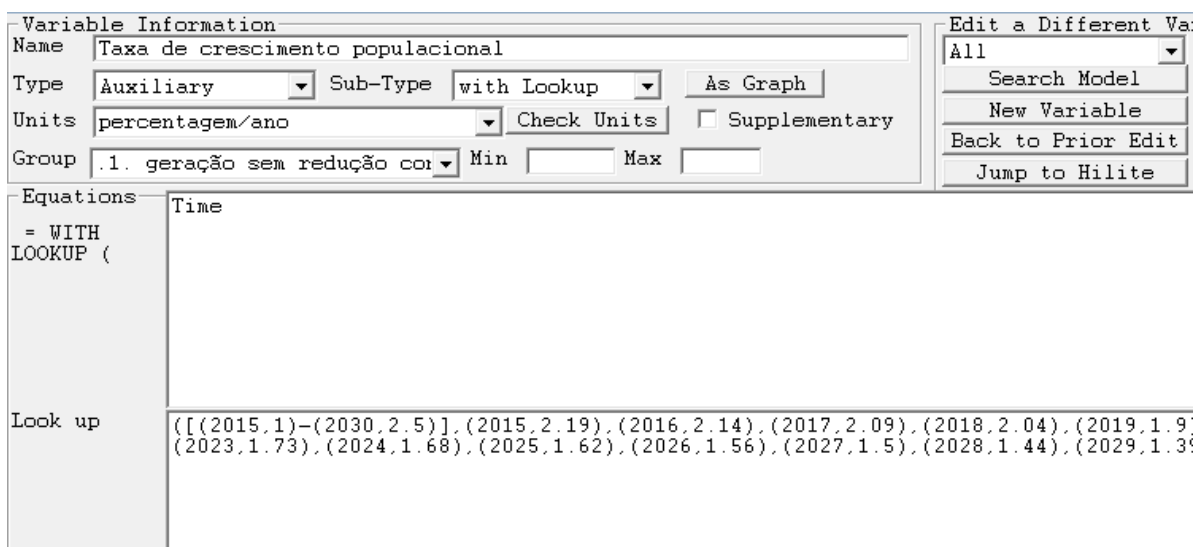


Figura 4.47: Visual da variável <time>, tipo “with Lookup”, As Graph, no vensim

Fonte: Elaborado pelo autor

³⁸ As variáveis e valores de entrada no vensim são apresentados no Apêndice D, na dúvida de valores consultá-lo.

O padrão gráfico de referência para as taxas anuais de crescimento da população teve o comportamento do Gráfico 4.1. Percebe-se uma leve descontinuidade entre os anos de 2018 e 2020:

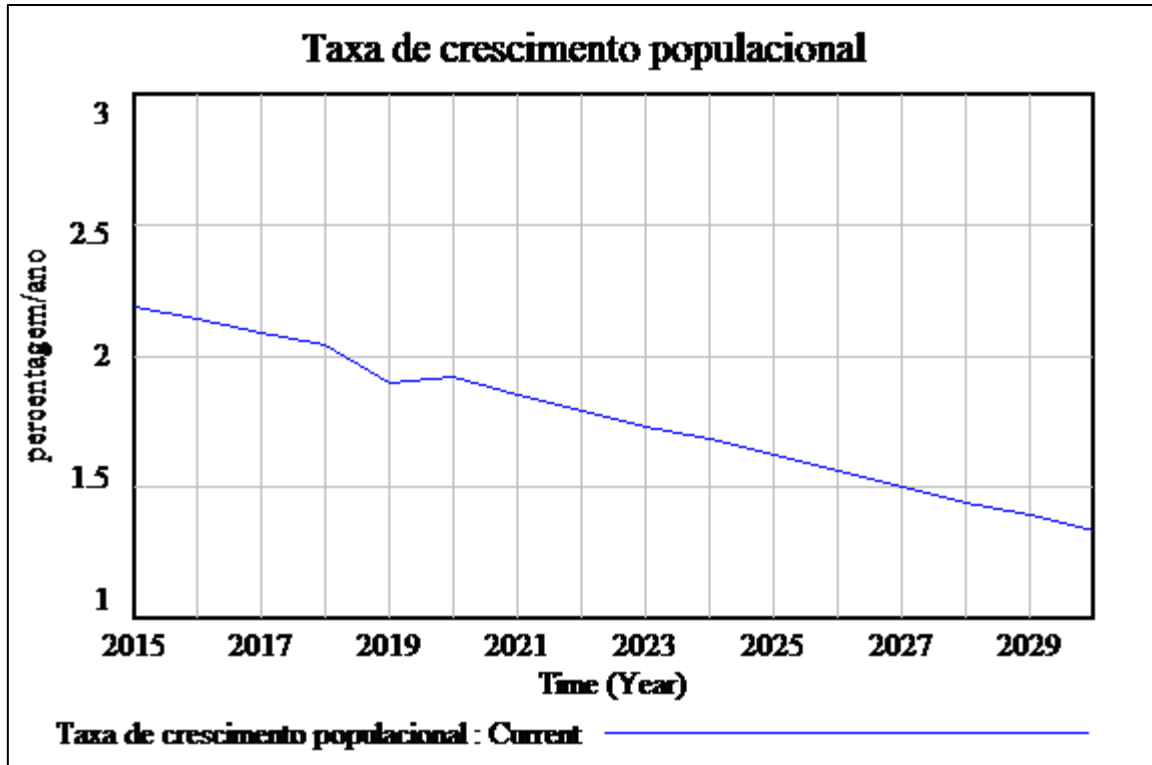


Gráfico 4.1: comportamento da taxa de crescimento populacional

Fonte: Elaborado pelo autor

Considerando essas taxas anuais, o Crescimento populacional foi calculada no *vensim* a partir da Fórmula 4.4 e apresenta o comportamento do Gráfico 4.2.

$$CP = p \cdot tcp / 100 \quad (4.5)$$

Onde:

CP: crescimento populacional;

p: população;

tcp: taxa de crescimento populacional;

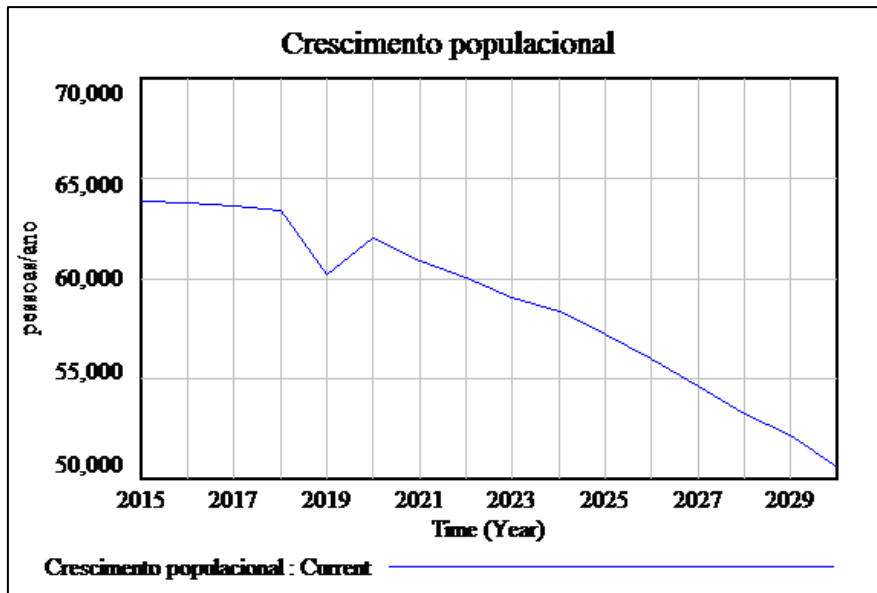


Gráfico 4.2: Evolução do crescimento populacional

Fonte: Elaborado pelo autor

Seguindo o comportamento das taxas, o crescimento populacional projetado para o DF ao longo dos anos vai se dando de forma decrescente. Com o acréscimo desses quantitativos no estoque População, que contém a população inicial de 2.914.830 pessoas (IBGE, 2017), esta variável apresenta o comportamento típico do ajuste do nível de estoques (Reforço - R), isto é, um incremento exponencial de primeira ordem, em função de um incremento permanente na variável de entrada, Crescimento populacional.

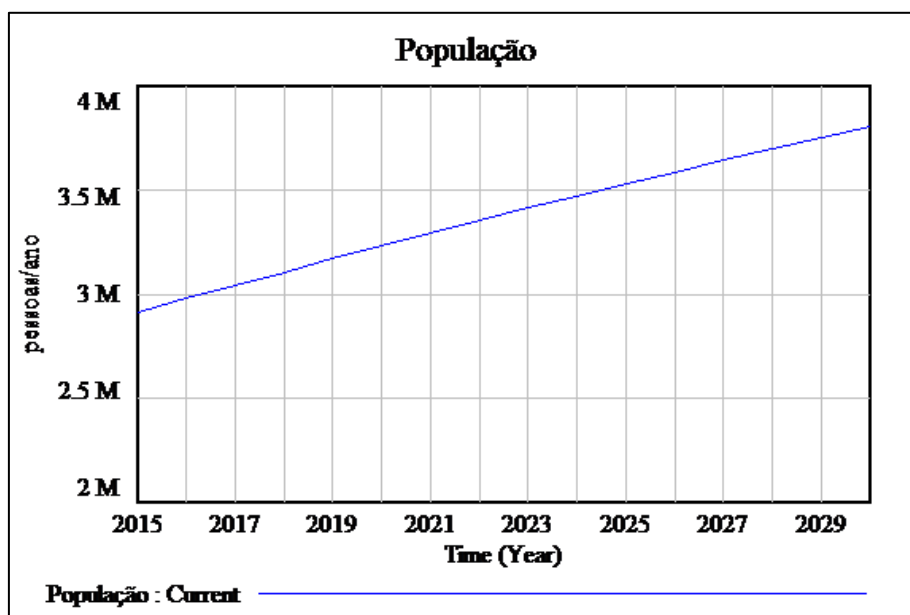


Gráfico 4.3: Projeção da população no DF

Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo os dados do IBGE (2017), a população do DF em 2015 era de 2.914.830 e em 2030 será de 3.773.409. Comparado com a projeção feita, como mostra a Figura 4.32, o valor é o mesmo em 2015 e será de 3.803.010 em 2030, diferença mínima de 0,778%.

Time (Year)	"População"	População
2015	Runs:	2.91483e+006
2016	Current	2.97866e+006
2017		3.04241e+006
2018		3.10599e+006
2019		3.16936e+006
2020		3.22957e+006
2021		3.29158e+006
2022		3.35248e+006
2023		3.41249e+006
2024		3.47152e+006
2025		3.52984e+006
2026		3.58703e+006
2027		3.64298e+006
2028		3.69763e+006
2029		3.75087e+006
2030		3.80301e+006

Tabela 4.10: Time table down da População no Vensim

Fonte: Elaborado pelo autor

Para analisar a Geração potencial de RDO, plotou-se os dados (população e geração de resíduos), a partir dos dados da Tabela 3.9, obtendo o Gráfico 4.4.

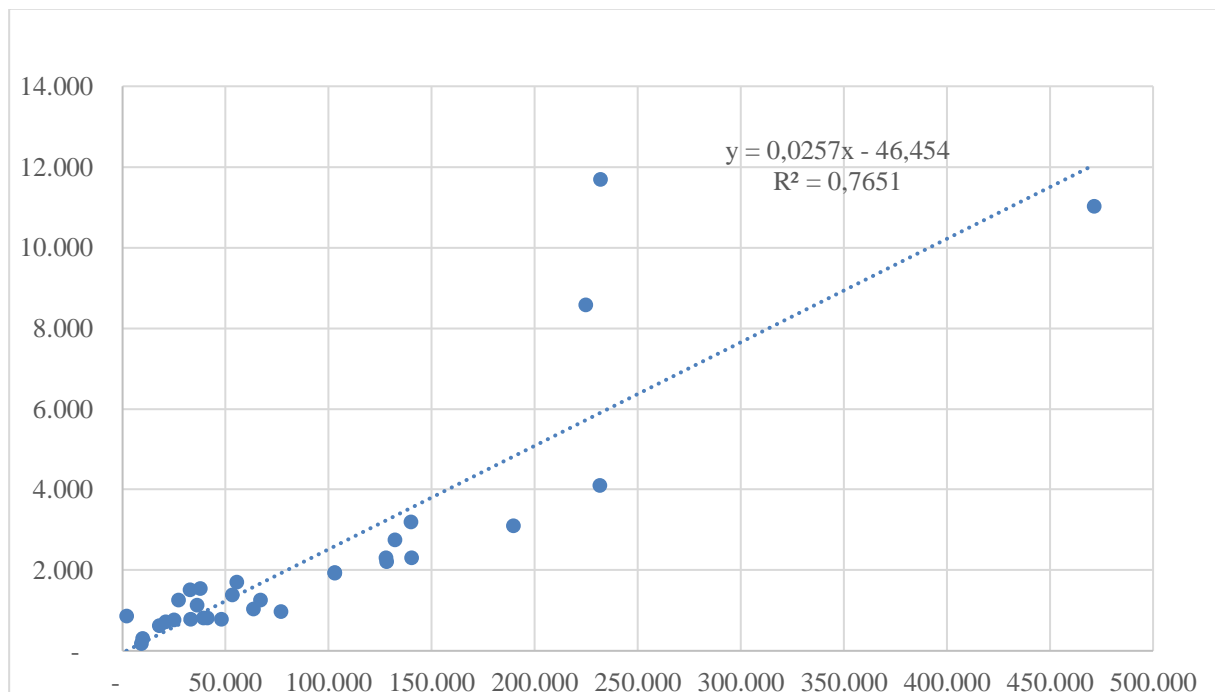


Gráfico 4.4: Função para Geração potencial de RDO

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 4.11, apresenta o resumo dos resultados da função de regressão, mostrando uma boa correlação entre a variável dependente (quantidade de resíduo gerado por região administrativa por mês) com a variável independente (população de cada região administrativa. Praticamente existe uma relação direta, aumenta a população cresce a quantidade de resíduo gerado, a variável independente consegue explicar o comportamento de geração de resíduos na região de estudo. O total de observações foi de 31 correspondente ao número de regiões administrativas do DF.

O teste t-Student a um nível de confiança de 98% mostrou que o coeficiente da variável independente é significativo, o valor obtido de 9,71 é maior que o valor crítico 2,15 (bicaudal da distribuição t-Student) e o nível de confiança foi de 100%. O teste F também mostrou que a equação é estatisticamente significativa, o valor F obtido de 94,48 é maior que o valor crítico 6,062 da distribuição de probabilidade de F.

Tabela 4.11: Resumo dos resultados da função regressão

<i>Estatística de regressão</i>								
R múltiplo	0,874721442							
R-Quadrado	0,765137601							
R-quadrado ajustado	0,757038898							
Erro padrão	1409,273444							
Observações	31							
ANOVA								
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>			
Regressão	1	187635317,8	1,88E+08	94,4765555	1,25233E-10			
Resíduo	29	57595497,52	1986052					
Total	30	245230815,4						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Interseção	-46,4543187	354,524834	-0,13103	0,89665429	-771,5390181	678,6303808	-771,5390181	678,6303808
Variável X 1	0,025661234	0,00264007	9,719905	1,2523E-10	0,020261684	0,031060784	0,020261684	0,031060784

Fonte: Elaborado pelo autor

A função de Geração potencial de RDO, então pode ser representada pela seguinte equação matemática: $-46,454 + 0,0257x \text{ População } x 12$, para a geração anual. O Gráfico 4.5, apresenta a projeção da quantidade gerada.

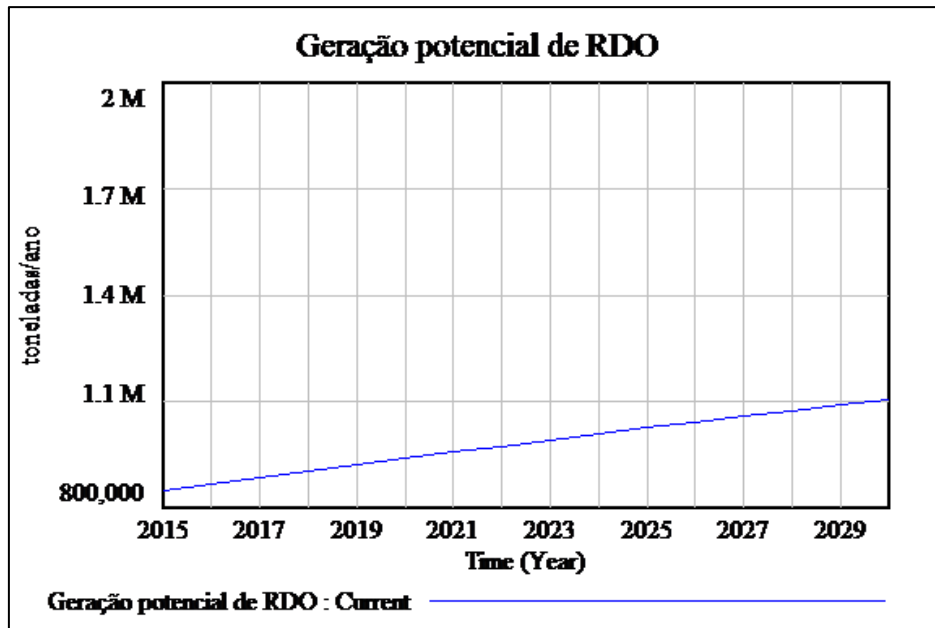


Gráfico 4.5: Comportamento da Geração potencial de RDO

Fonte: Elaborado pelo autor

A relação direta entre a população e a quantidade gerada de RDO é mostrada no Gráfico 4.6, quanto maior a população, maior a geração dos resíduos. Com base nos dados do SLU (2016), a geração per capita de RDO em 2015 foi de 0,86 Kg/hab.dia, próximo de 0,82 simulado no modelo.

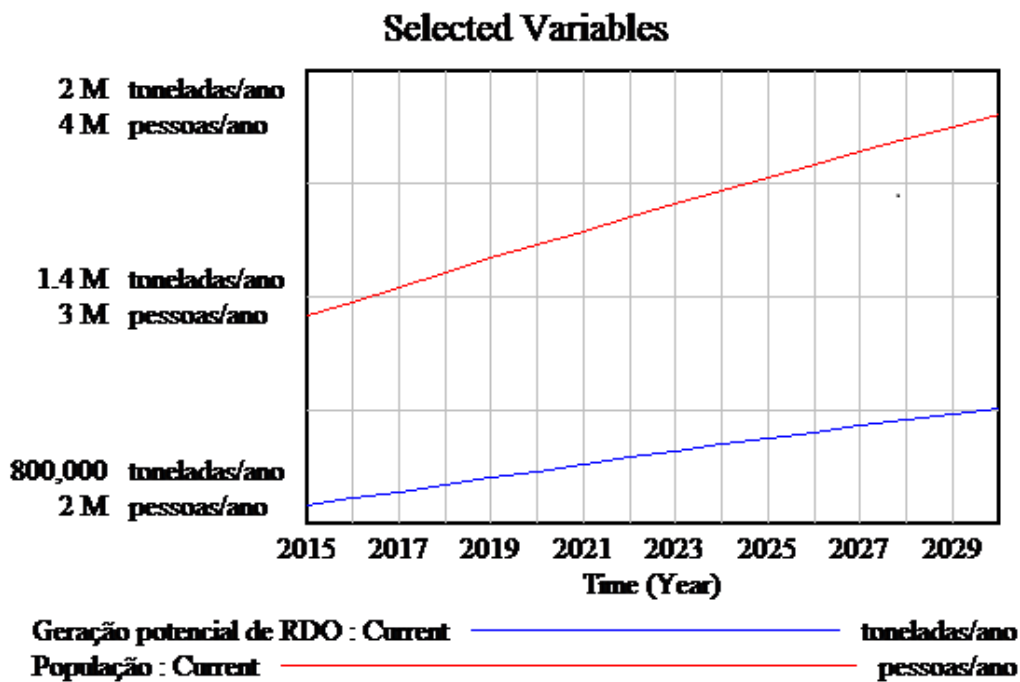


Gráfico 4.6: Relação entre Geração potencial de RDO e População

Fonte: Elaborado pelo autor

O Gráfico 4.7 apresenta a Geração potencial total (RDO e RGG). Os dados estimados dos grandes geradores foram pegos na Tabela 3.15 e entraram como constante ao longo dos anos. Deve-se lembrar que a composição dos resíduos dos polos geradores neste caso é quase na totalidade de resíduos indiferenciáveis e cabe-lhes, mediante a lei dos grandes geradores, dar a destinação final adequada. A quantidade considerada no sistema foram de 274,13 toneladas/dia.

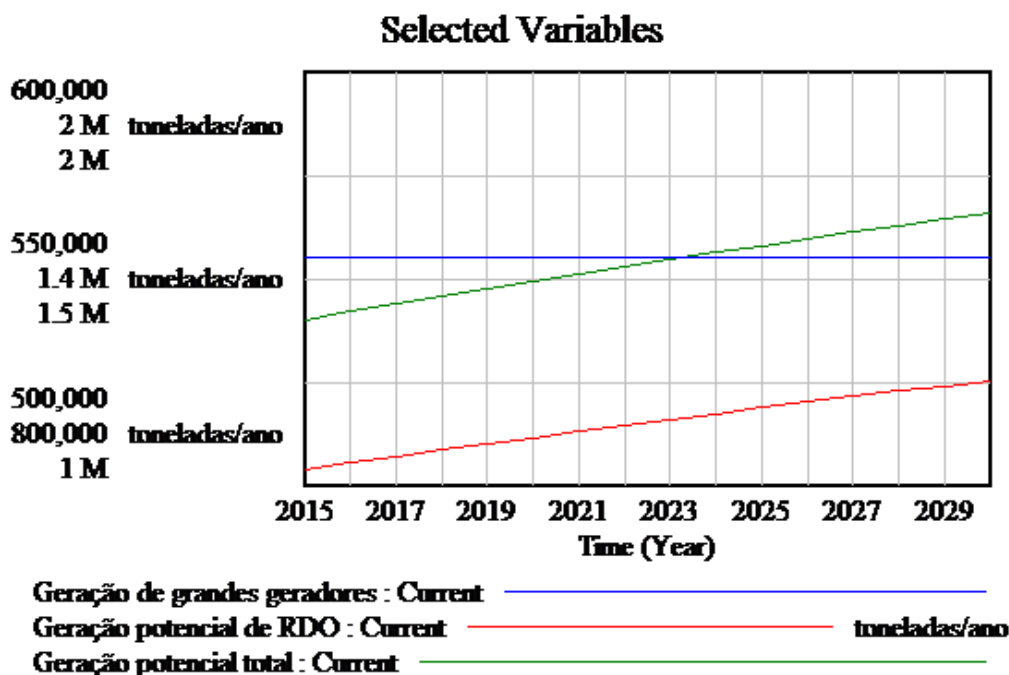


Gráfico 4.7: Geração potencial total

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.1.1. Geração com o fator de redução

Como já mencionado, os sistemas tendem a ter um balanceamento entre entrada e saída. No caso, considerando a quantidade gerada como estoques fica limitada aos tomadores de decisão influenciar a não geração dos resíduos. Isso se deve a inflexibilidade de variáveis independentes como o tamanho e o crescimento populacional. Sendo assim, as medidas de contenção ou adaptação devem abranger os subsistemas subsequentes e não estritamente a Geração. Ou seja, pelas suas características de geração, os RSU são dados aos sistemas de gestão e gerenciamento. O que implica em concluir que as variáveis apresentadas no diagrama são poucos passíveis de controle, a ponto de conter a geração. Daí a sua dependência intrínseca de variáveis como tamanho da população e nível de renda, poucas sensíveis de restrição.

Mesmo assim, deve-se levar em conta as medidas de contenção ainda na fase de Geração, pois é necessário aplicar o princípio de não geração, redução e reutilização. O sistema deve diminuir

paulatinamente o percentual de geração dos resíduos. No DF, o Plano Distrital de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2017) estabeleceu como uma das metas implantar programa para a redução da geração per capita de resíduos, com meta de 0,5% ao ano em conjunto com secretarias afins.

O Gráfico 4.8 mostra o impacto que esta medida teria na quantidade geração, se realmente implementada, e dentro das hipóteses assumidas. Considerou-se o fator de redução como a soma do impacto da política de conscientização (0,2%) e do incentivo a redução (0,3). Assumiu-se que esse último teria maior impacto e que o seu efeito é imediato (a partir do primeiro ano) e que seria ascendente, ao contrário da primeira media que teria um *delay* maior (resposta a partir do segundo ano) e com efetividade até o ano de 2026, mantendo constante a partir de então. Na realização de uma medida ou tomada de uma decisão, as decisões podem não afetar imediatamente o estado do sistema ou os efeitos podem não ser percebidos instantaneamente ou leva tempo para medir e relatar alguma coisa.

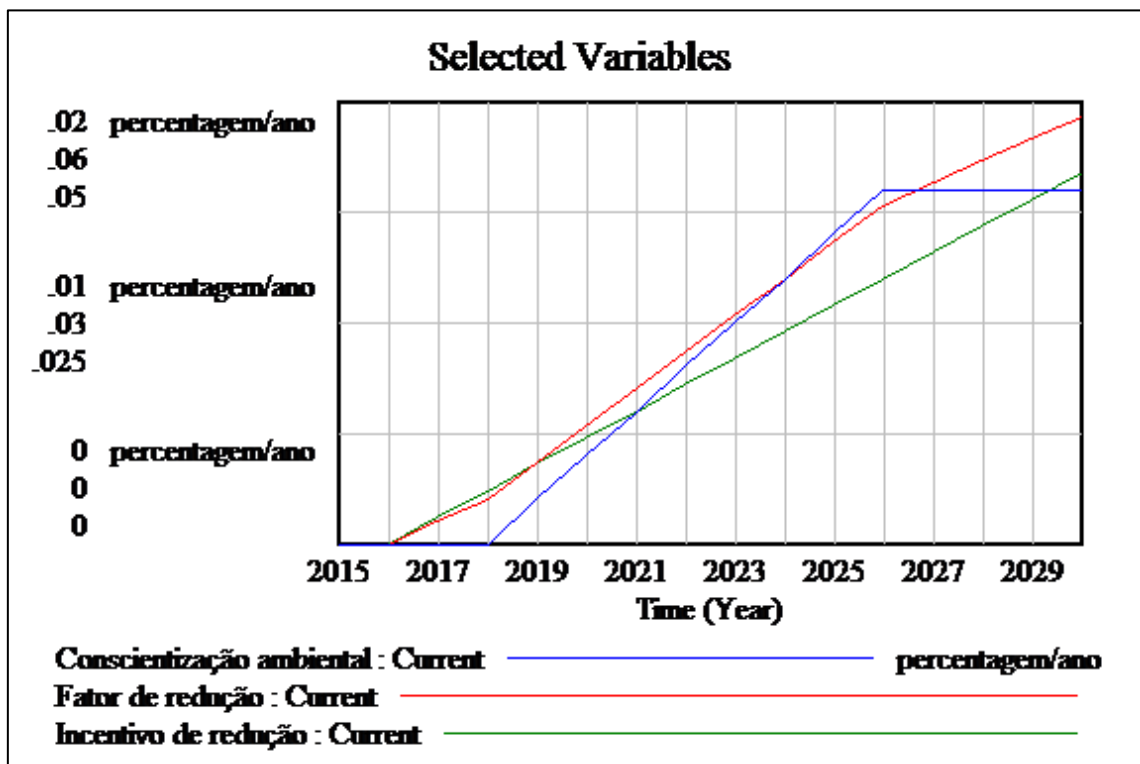


Gráfico 4.8: Comportamento do fator de redução

Fonte: Elaborado pelo autor

O efeito com *delay* do fator de redução na quantidade gerada é apresentada no Gráfico 4.9.

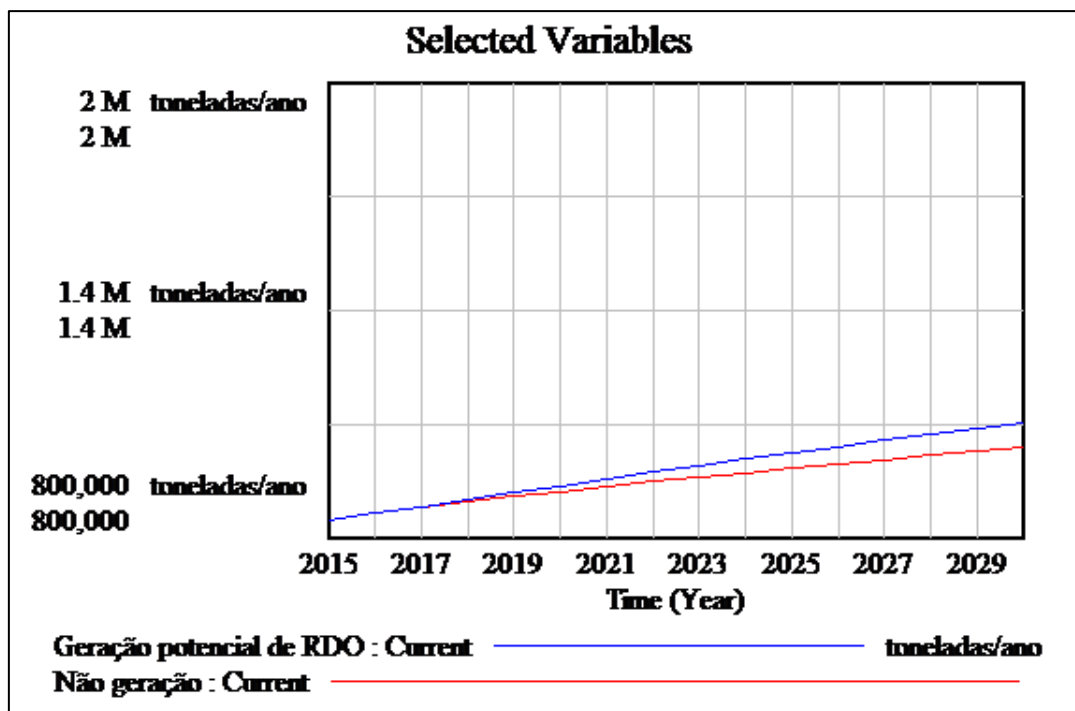


Gráfico 4.9: Comportamento da Geração com o fator de redução

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.2. Coleta de resíduos sólidos

Para efeitos operacionais e de modo a calcular e dimensionar a quantidade a ser coletada, transportada e processada, os valores para esses processos foram dados em termos diários, num período de 30 dias.

Sendo assim, começando com o subsistema de coleta, com base nos DFE da Figura 4.38 e 4.39, a quantidade demandada pelo serviço de coleta é igual à quantidade gerada, após aplicada o fator de redução (0,00139% ao dia³⁹): 2.495,45 toneladas/dia. Como a taxa total de cobertura (rural e urbana) é de 98%, esse valor cai para 2.445,55 toneladas. Ou seja, os demais 2%, não cobertos pelo sistema, são acumulados no estoque denominado *Q. RDO não coletado por problema de cobertura*.

A evolução dessa quantidade durante um mês é representada no Gráfico 4.10. Ela sai de 49,9089 toneladas no primeiro dia para 1.497,27 toneladas ao final de um mês, mais do que a metade da quantidade demanda para a coleta durante um dia.

³⁹ De modo simples, considerado do fator de redução anual de 0,5% ao ano.

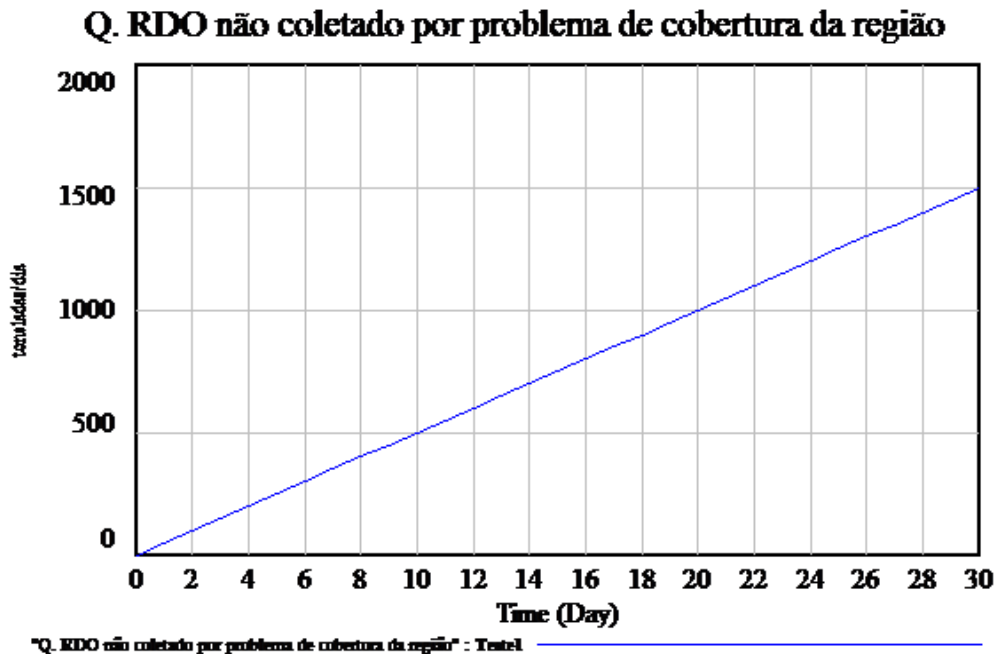


Gráfico 4.10: Demanda não atendida por problema de cobertura

Fonte: Elaborado pelo autor

A coleta convencional no DF representa 93,7% da totalidade coletada, conseqüentemente, a coleta seletiva 6,3% (JUCÁ, 2015, ABREU, 2016). Os dados apresentados na Tabela 3.9 e 3.10 e na Figura 3.2 giram em torno disso (5,93% e 5.9%). Com esses percentuais inseridos no modelo, do montante de 2.445,55 toneladas/dia, apenas 152,53 toneladas são coletadas diariamente pela coleta seletiva.

Além dessas duas modalidades de coleta, realizada por operadoras do sistema, foi indicado no diagrama que existem outras quantidades (*Q. coleta autônoma* e a *Q. PEV*) que são coletadas de outras maneiras ou momentos. Nota-se que para a inclusão delas no modelo, considerou-se que ambas são retiradas da *Q. RDO a ser coletado*. Assumiu-se valor 0 para *Q. PEV*, já que essa política ainda não é praticada no DF⁴⁰ e valor 0,01⁴¹ para a *Fração 2, relacionada a Q. coleta autônoma*. Esse 1% trata de uma fração ilustrativa, apenas para efeitos de simulação do modelo, já que se desconhece a quantidade de resíduos retirada pelos catadores nos contêineres estacionados nas vias públicas. A quantidade gerada no modelo foi de 24,4555 toneladas/dia.

⁴⁰ Com exceção de pontos de entregas específicas para resíduos volumosos em algumas RA.

⁴¹ Informação colhida informalmente junto a alguns catadores informais mostram que em média eles colhem 3 toneladas de materiais recicláveis por mês. Estimou-se que existem 240 catadores no DF que fazem essa catação.

4.3.3. Transporte de resíduos sólidos

De acordo com o diagrama da Figura 4.40, a quantidade transportada de resíduos domiciliares ($Q. RDO$ convencional coletado e $Q. RDO$ seletivo coletado) depende da quantidade disponível para coleta ($Q. RDO$ convencional a coletar e $Q. RDO$ seletivo a coletar) e da *Capacidade da frota 1 e 2*, respectivamente.

Para atribuir valores as essas três variáveis relacionadas a *Capacidade da Frota 1 e 2*, considerou-se, primeiramente, a realidade brasileira de que a coleta municipal (*Coleta por operadoras do sistema*), quer seja ela convencional ou seletiva, é realizada por caminhões compactadores de carregamento traseiro, 19m³ de capacidade⁴², regulados em meia pressão e providos de sistema de retenção de chorume.

Em segundo lugar, considerou-se a diferença existente entre a massa coletora dos veículos da coleta seletiva e da convencional. De acordo com as especificações técnicas⁴³, um caminhão de 19m³ leva em torno de 350 kg/m³ (equivalente a 6,65 toneladas/viagem) na coleta convencional, já para a coleta seletiva esse valor cai para 3,8 toneladas/viagem. O estudo de Abreu (2016) para o DF, considerou-se que os caminhões compactadores para coleta seletiva teriam uma carga média de 3,5 toneladas por viagem, com uma carga média de 180kg/ m³. Pegando essas duas médias, considerou-se um valor aleatório, *RANDOM UNIFORM (3.5, 3.8, 1)*, para *Capacidade do veículo 2*, da coleta seletiva.

Em terceiro lugar, considerou-se que os caminhões trabalhariam em 2 turnos, realizando em média 2 viagens por turno, segundo as indicações de Abreu (2016) para a coleta seletiva no DF. Assumiu-se esses mesmos valores para a coleta convencional.

Em quarto lugar, procurou-se definir a frota necessária para cada coleta. A Tabela 3.18 mostra que a frota de caminhões compactadores no DF é de 163 veículos, no entanto, o relatório não estabeleceu quantos são utilizados para cada tipo de coleta. Para efeitos de cálculo, dividiu-se a frota de acordo com o percentual de cada coleta, ficando, assim, a coleta convencional com 153 veículos e a coleta seletiva com 10 veículos.

⁴² Os caminhões compactadores mais utilizados apresenta capacidade de 15m³ e 19 m³

⁴³ Informação acolhida junto ao SLU.

O resultado final de todos esses parâmetros de transporte é apresentado no Gráfico 4.11 a 4.15. Considerando o número de viagens e as capacidades estabelecidas para os veículos coletores, a *Capacidade da frota 1*, para a coleta convencional, deu 2142 toneladas/dia. Já a *Capacidade da frota 2*, para a coleta seletiva, apresentou valores aleatórios entre 140 e 150 toneladas/dia, como mostra o Gráfico 4.11.

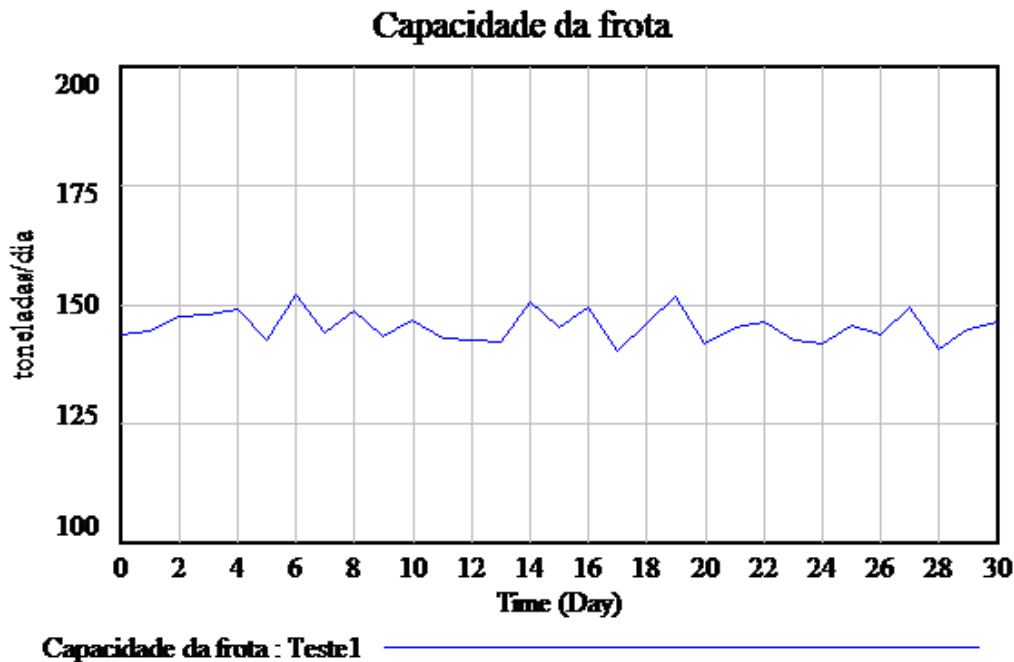


Gráfico 4.11: Capacidade frota 2, transporte de coleta seletiva

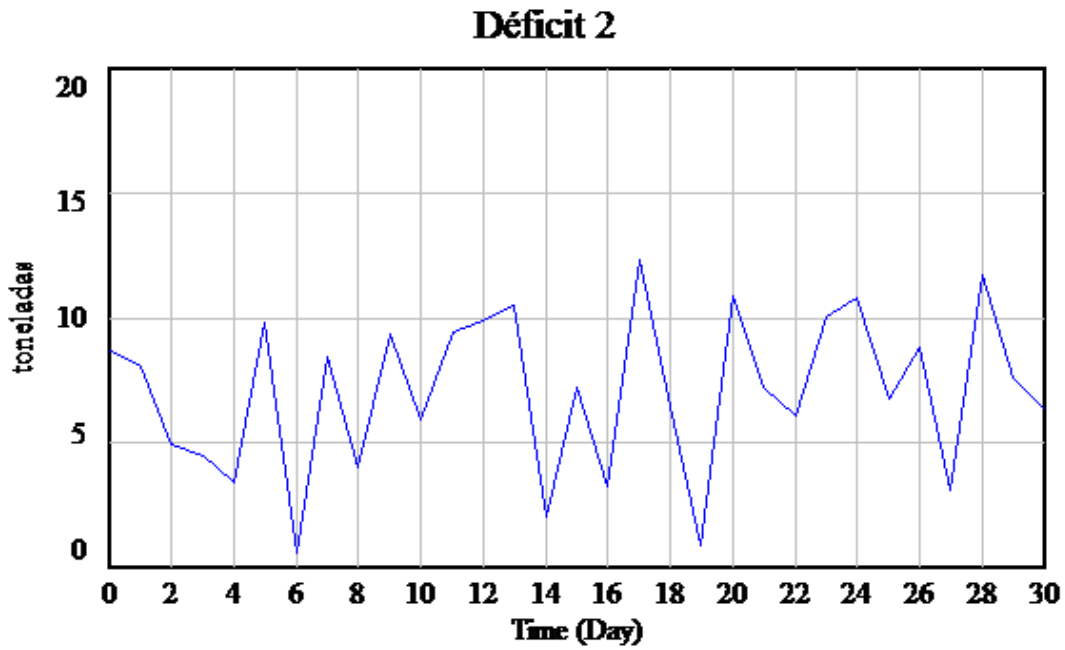
Fonte: Elaborado pelo autor

Percebe-se que a *Capacidade da frota (1 e 2)* é insuficiente face a demanda para ambas as coletas, o que gera um déficit (acumulativo) de 126,562 toneladas diários para a coleta convencional e um déficit menor e volátil⁴⁴ para a coleta seletiva, como mostra o Gráfico 4.12.

Seguindo a lógica dos dados apresentados nos dois últimos gráficos, os Gráficos 4.13 e 4.14 mostram o comportamento da demanda não atendida por problemas de transporte para cada fluxo, ao longo de um mês. Percebe-se que a quantidade não coletada vai se acumulando a cada dia⁴⁵.

⁴⁴ O Valor volátil é influenciado pela função randômica colocada na *Capacidade do veículo 2*.

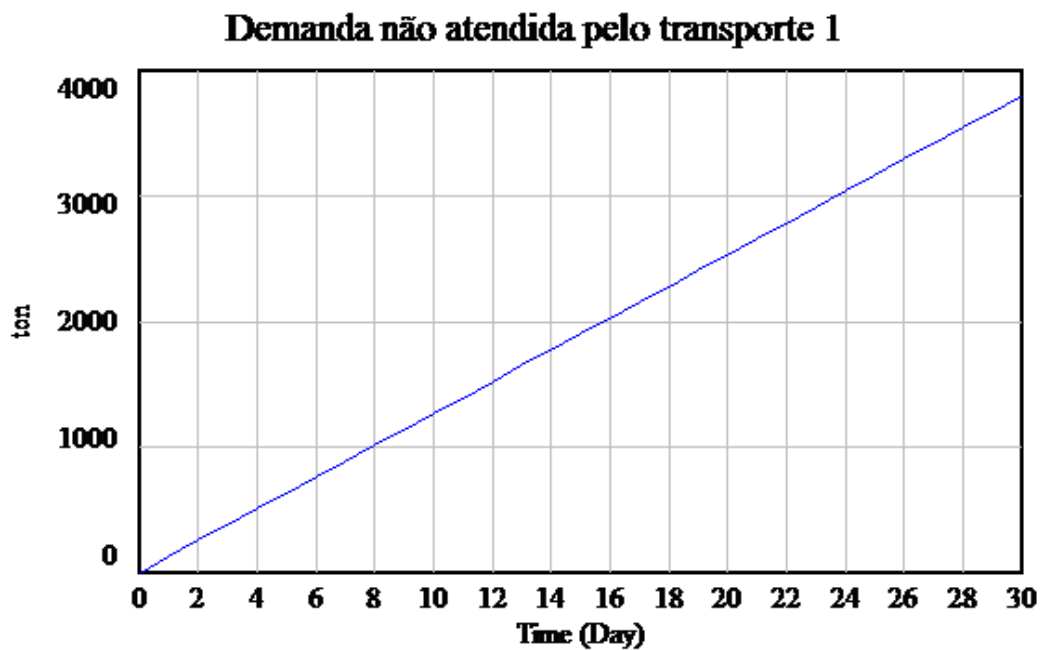
⁴⁵ No modelo, qualquer estoque entra como a variável *level*, o que causa o efeito acumulativo.



Déficit 2 : Teste1

Gráfico 4.12: Déficit no transporte para a coleta seletiva

Fonte: Elaborado pelo autor



Demanda não atendida pelo transporte 1 : Teste1

Gráfico 4.13: Demanda não atendida por problema de transporte 1

Fonte: Elaborado pelo autor

Demanda não atendida pelo transporte 2

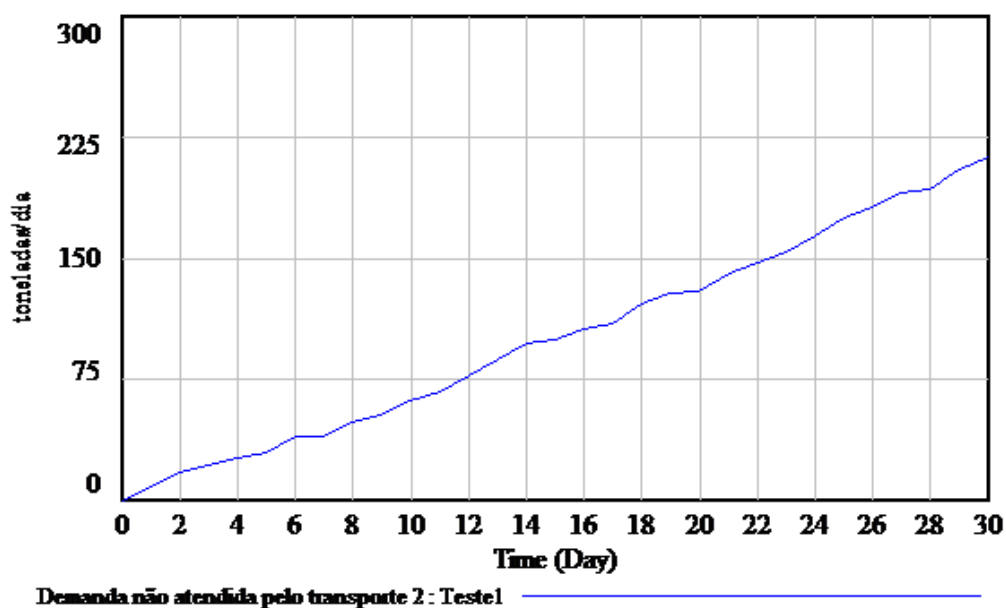


Gráfico 4.14: Demanda não atendida por problema de transporte 2

Fonte: Elaborado pelo autor

Comparando essas duas quantidades, o Gráfico 4.15 mostra que a quantidade não coleta por problema de transporte (proporcionalmente a quantidade total de cada fluxo) é bem maior na coleta convencional, chegando a 3.796,85 toneladas ao fim de um mês.

Selected Variables

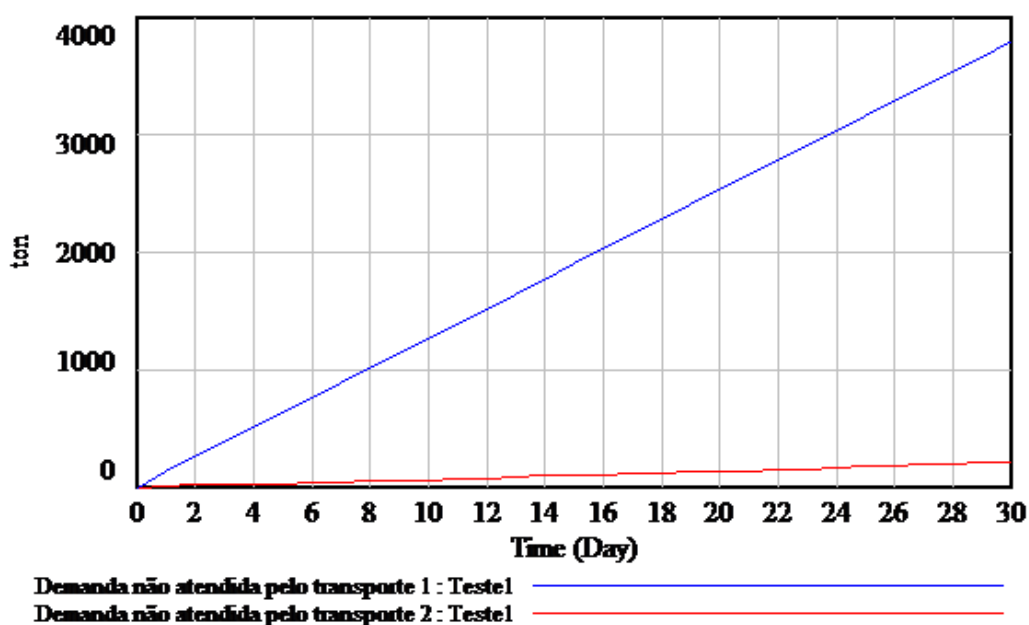


Gráfico 4.15: Demanda não atendida por problema de transporte (1 e 2)

Fonte: Elaborado pelo autor

Já foi mencionado que, objetivando analisar a capacidade do sistema e de modo a diagnosticar a capacidade a ser aumentada, a quantidade de RDO dessas duas demandas não atendidas não dá sequência aos processos posteriores. Sendo assim, para calcular apenas os valores coletados considerou-se a diferença entre cada demanda pela coleta (*Q. RDO convencional a coletar* e *Q. RDO seletivo a coletar*) e as respectivas capacidades (*Capacidade da frota 1* e *Capacidade da frota 2*). No modelo, o valor do *Déficit* (1 e 2) é dado pelo valor da *Diferença* (1 e 2).

Para o arranjo final desses cálculos, utilizou-se a função *IF THEN ELSE*⁴⁶ para a *Q. RDO convencional coletado* (*IF THEN ELSE (Diferença 1 > 0, "Q. RDO convencional a coletar", "Q. RDO convencional a coletar" - Déficit 1)*) e a *Q. RDO seletivo coletado* (*IF THEN ELSE (Diferença 2 > 0, "Q. RDO seletivo a coletar", "Q. RDO seletivo a coletar" - Déficit 2)*). Por exemplo, no caso da *Q. RDO convencional coletado*, foi calculado primeiramente a *Diferença 1* que consiste em confrontar a capacidade da frota com a quantidade de resíduos convencionais gerados nesse dia (*Capacidade da frota 1 - "Q. RDO convencional a coletar"*) e depois o *Déficit 1* (*IF THEN ELSE (Diferença 1 < 0, Diferença 1 * (-1), 0)*).

Caso haja diferença negativa, significa que a quantidade de resíduos gerados a serem coletados é maior que a capacidade da frota, esse valor é representado na variável *Déficit*. Nesse caso, vão ficar resíduos que não serão coletados. Esse valor permite saber as deficiências que se tem quanto a frota veicular. No modelo preferiu-se acumular esse valor em uma variável e não fazer suposições sobre o que acontece na realidade sobre esse resíduo que não é coletado na programação diária, já que as possibilidades são muitas e não se tem estudos, nem dados sobre o que acontece realmente. Agora, se a diferença é positiva, então a frota de veículos coleta a quantidade total de resíduos que são gerados.

4.3.4. Transbordo, triagem e processamento de resíduos sólidos

Dando seguimento aos processos de transbordo, triagem e processamento, os fluxos de resíduos continuam se dividindo em resíduos advindos da coleta convencional e da seletiva. Esses processos ganham valores, atores e opções diferentes para cada tipo de coleta.

⁴⁶ Para todas as demais variáveis que trabalharam com *Diferença* (0 a 17) e *Déficit* (0 a 17) utilizou-se a função *IF THEN ELSE*, bem como todas as variáveis que eles influenciam.

4.3.4.1. Fluxo convencional

Como se percebe no fluxo dos resíduos sólidos no DF da Figura 3.2, os resíduos coletados e transportados da coleta convencional são encaminhados para as unidades de transbordo, onde uma parte é enviada para as UTMB e a outra triada, caso não é enviada para o lixão⁴⁷. Os dados do referido fluxo mostram que 31.84% (valor considerada no modelo para a *Taxa de envio 3*) do que chega no transbordo (*Q. CC recebida no transbordo*) é encaminhada para as duas UTMB (*Q. recebida na UTMB*). Já a quantidade que fica no transbordo (*Q. CC restante no transbordo*) é encaminhada para o lixão (*Q. 1 enviada lixão*). Sendo assim, no primeiro momento da validação, considerou-se a *Taxa de envio 1* de 100%, isto é, valor 1 e por consequência, a *Q. transbordo a processar* ficou com o valor 0.

As demais quantidades são mostradas no Gráfico 4.16. A quantidade total dos resíduos recebidos no transbordo (2142 toneladas/dia), dividiu-se em *Q. CC restante no transbordo* (1.459,77 toneladas/dia) e em *Q. recebida na UTMB* (682,013 toneladas/dia).

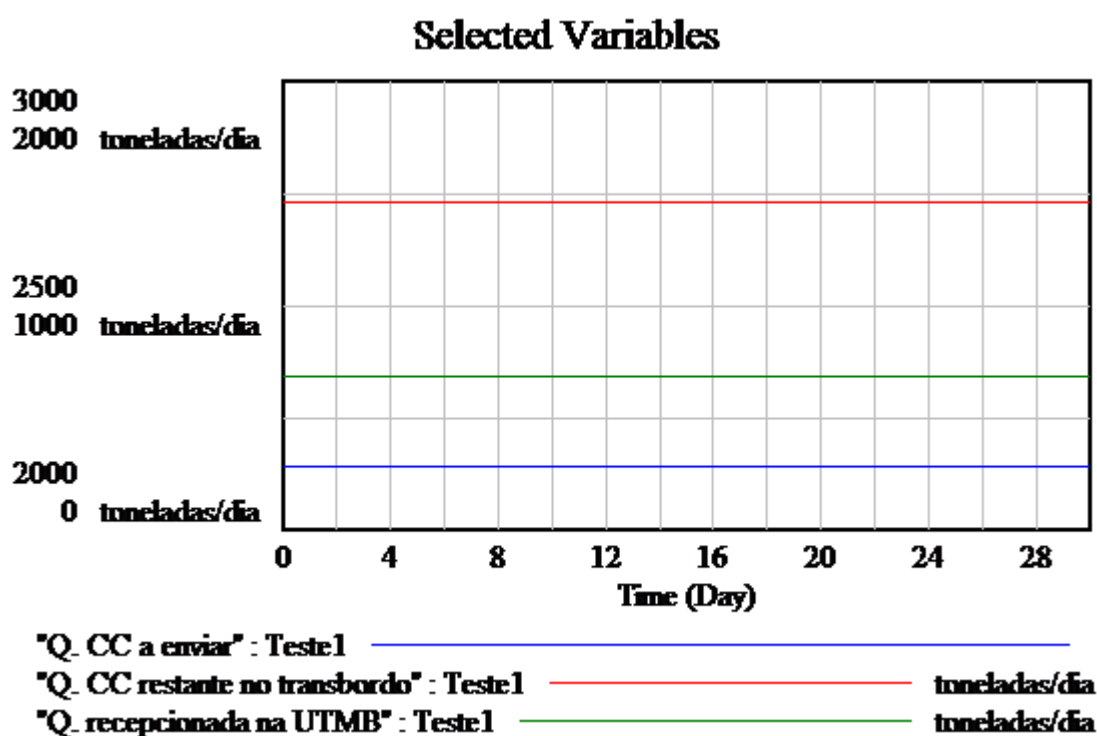


Gráfico 4.16: Divisão da *Q. CC a enviar*

Fonte: Elaborado pelo autor

⁴⁷ Outras opções poderiam ser consideradas, como o encaminhamento para as centrais de triagem de catadores, no entanto, cabe pontuar que o desenho final do modelo não visou apenas retratar a situação atual, mas também propor arranjos necessários para uma configuração nova do sistema, que deverão ser efetivadas por meio de medidas exigidas pela PNRS e que maximizam as opções de envio e processamento.

Para a *Capacidade de recepção transbordo 1*, foi assumido que todas as quantidades coletadas são recebidas no transbordo, mesmo que em condições e locais inadequados⁴⁸, por entender que o DF apresenta 5 pontos de transferência, além das duas UTMB, apesar de condições inadequadas em algumas unidades.

Em termos de processamento nas UTMB, a capacidade total das duas unidades é de 1100 toneladas/dia, (600 toneladas/dia a Asa Sul e 500 toneladas/dia na Ceilândia), no entanto, a capacidade operacional atualmente é de 900 toneladas/dia⁴⁹.

Seguindo o pressuposto da área de transbordo, considerou-se também que as UTMB têm capacidades de receber as quantidades enviadas para lá. Como a *Capacidade processamento UTMB* assumida é de 900 toneladas/dia, a *Q. processada UTMB* foi de 682,013, seguindo as médias apresentadas no capítulo 3.3.2. De acordo com os dados da Figura 3.2, em 2016, foram recebidas 173 toneladas /dia na UTMB de Asa Sul e 559 na UTMB de Ceilândia, totalizando 732 toneladas/dia. Os dados anuais mostram valores de recepção com uma média diária de 628, 604 e 572 toneladas/dia.

Sendo assim, não houve déficit, pelo contrário, ficou uma capacidade ociosa de 217,987 toneladas/dia. Lembrando que, assim como aconteceu nas etapas anteriores, a quantidade dos resíduos que dão seguimento aos processos subsequentes depende da capacidade de recebimento e processamento. Caso houvesse um déficit nessa etapa, os resíduos não processados por falta de capacidade seriam acumulado em *Demanda não atendida pela UTMB*.

Dando sequência ao fluxo dos resíduos sólidos da coleta convencional, a *Q. RS processada na UTMB*, dependendo do *Índice de rejeito*, *Índice de orgânico* e *Índice de recicláveis*, segue para (1) aterro sanitário, (2) compostagem e (3) processamento final dos materiais recicláveis. Considerando as quantidades dos resíduos processados nas duas UTMB, apresentada na Figura 3.3, o percentual adotado para esses três índices foi respectivamente, 73,6%; 21,8 e 4,6%.

⁴⁸ Os resíduos que vão para UTMB da Asa Sul, provém da coleta convencional e as atividades de triagem de materiais recicláveis são realizadas a partir de estruturas improvisadas, instaladas junto as esteiras, o que proporciona risco ao pessoal, em razão das limitações das condições de trabalho.

⁴⁹ Na primeira unidade, a atual capacidade operacional de processamento de resíduos é de 300 toneladas/dia, sendo que duas linhas estão desativadas. O composto pré-tratado é enviado para a unidade de Ceilândia para processamento final, mais um motivo que levou a considerar essas duas únicas com única na validação do modelo. Na segunda unidade, a capacidade operacional máxima de processamento de resíduos na Usina é 600 toneladas/dia em duas linhas de triagem com capacidade de 300 toneladas/dia cada.

Na verdade, esses percentuais tratam-se de valores finais, conseguido depois de processamento dos resíduos. Como se desconhece a quantidade enviada para cada uma das três opções apresentadas, já que a triagem acontece quase concomitantemente, considerou-se esses percentuais tanto para a quantidade enviada para processamento (em cada um dos três fluxos) quanto para o total processado desses fluxos. Por isso, não se limitou no modelo as variáveis que tem a ver com a capacidade desses três fluxos, quer seja para recepção que seja para processamento. Por exemplo, os 21,8% (equivalendo a 148,679 toneladas/dia) encaminhados para compostagem são os mesmos valores gerados na *Q. MO compostagem*, conseqüentemente, *Q. composto orgânico*. Seguindo a ideia de não interferir nesses percentuais finais dados, foi atribuído a *Taxa 1* valor 0, conseqüentemente, o resultado de *Produção de rejeito 1* foi 0.

Devido a essas ressalvas, não houve déficit relacionada a *Capacidade recepção MR* e nem a *Capacidade prensagem, enfardamento e armazenamento 2*. Ou seja, a quantidade recepcionada foi processada para as próximas etapas. A *Capacidade recepção compostagem* e a *Capacidade da compostagem* foram limitadas a 500 toneladas/dia⁵⁰, mas não gerou déficit. Já o processamento no aterro sanitário, quanto a *Capacidade recepção Aterro*, será discutido no subsistema de destinação.

Por fim, os 4,6% (equivalendo 31,3726 toneladas/dia) enviados para *Q. MR 1 encaminhada para prensagem, enfardamento e armazenagem* transformaram-se nos mesmos 31,3726 toneladas de materiais recicláveis, denominado *MATERIAIS RECICLÁVEIS 2*.

4.3.4.2. Fluxo seletivo

Para a validação do fluxo seletivo, assim como aconteceu na recepção da coleta convencional, assumiu que o transbordo da coleta seletiva (*Capacidade recepção transbordo 2*) tem condições de receber toda a quantidade chegada (*Q. RDO seletivo coletado* e *Q. vinda de outras coletas*), ou seja, não houve déficit (*Défict 4*). A primeira quantidade recepcionada é o mesmo do Gráfico 4.12, lembrando que devido ao *Défict coleta 2*, ligada ao transporte da coleta seletiva, nem

⁵⁰ As instalações da UTMB de Ceilândia estão providas de 3 pátios de compostagem (Pátio 1 com 10.328 m²; Pátio 2 com 11.479 m² e Pátio 3 com 12.721 m²) que somam 34.528 m². Esta área está dimensionada para uma capacidade operacional de 500 toneladas de matéria orgânica por dia. Nesta condição, observa-se uma restrição operacional, dada a incompatibilidade da capacidade de processamento das UTMBs (900 ton/dia) e a capacidade do pátio de compostagem (500 ton/dia). Após a maturação nos pátios, o composto estabilizado é encaminhado ao galpão de armazenamento onde esse é peneirado, resultando em composto curado e rejeitos.

toda quantidade foi transferida. Somada a isso, têm-se a $Q. \text{vinda de outras coletas}$ ($Q. \text{grandes geradores}$ e $Q. \text{PVE}$). Como mencionado anteriormente, a *Fração 3* levou valor 0, conseqüentemente, a quantidade transferida de $Q. \text{PEV}$ é 0. Já a $Q. \text{grandes geradores}$ seguiu os dados apresentados na Tabela 3.12, um total de 275,481 toneladas/dia (soma de *Grandes eventos*, 1,35068 toneladas, e dos *Polos geradores*, de 274,13). Sendo assim, somando $Q. \text{vinda de outras coletas}$ com $Q. \text{RDO seletivo coletado}$, a $Q. \text{CS encaminhada transbordo}$, que é o mesmo valor da $Q. \text{CS recebida transbordo}$, em média 420 toneladas/dia, como mostra o Gráfico 4.17

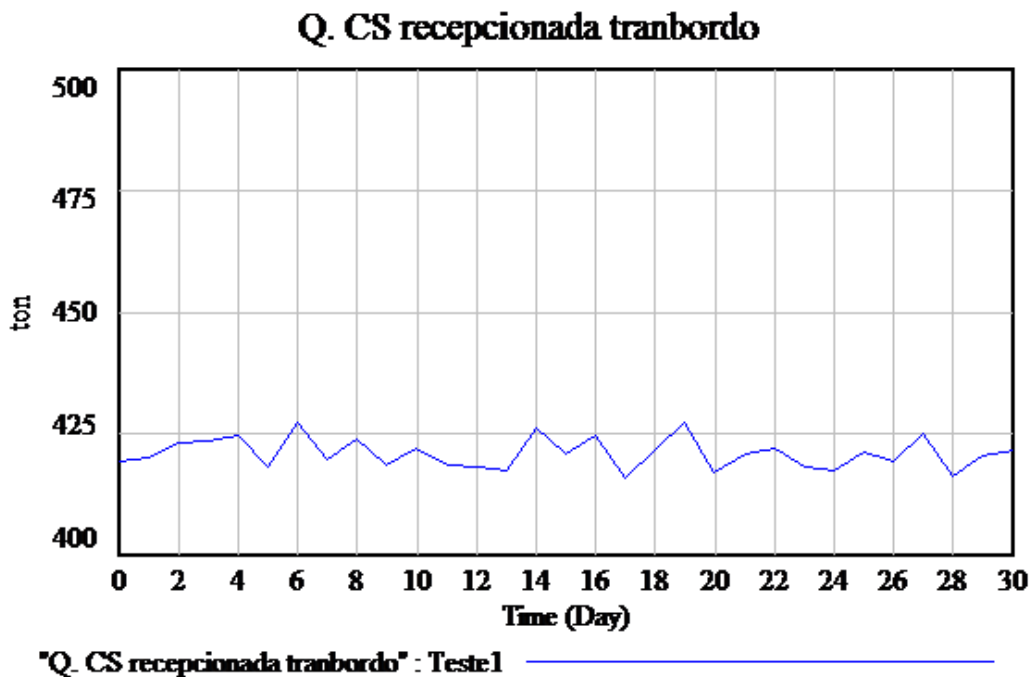


Gráfico 4.17: Quantidade encaminhada e recebida no transbordo

Essa quantidade, apresenta três opções de encaminhamento: (1) lixão, (2) centrais públicas ou (3) organizações de catadores. Ao contrário do que aconteceu com o fluxo convencional, neste primeiro momento de validação, a parcela da coleta coletiva não foi destinada ao lixão, isto quer dizer que a *Taxa de envio 2* é 0, conseqüentemente, a $Q. \text{CS a enviar}$ é igual ao recebido no transbordo ($Q. \text{recebida nas organizações de catadores}$ e ou $Q. \text{recebida nas centrais de triagem pública}$).

De igual modo, assumiu valor 0 para a *Parcela 1*, conseqüentemente, a $Q. \text{CS recebida nas centrais públicas}$ é 0. Isto porque a disponibilidade de CTRs⁵¹, dotada de equipamentos

⁵¹ O projeto no DF é que esses centrais sejam para uso das organizações de catadores.

adequados para triagem, seleção, classificação, armazenamento e comercialização de materiais recicláveis, ainda está em fase de estruturação e de construção dessas instalações. Mesmo sem considerar essa destinação nesse primeiro momento, a variável *Capacidade triagem pública* teve valor considerado de 1.440 toneladas/dia⁵². Como se observa na Figura 3.2, os resíduos da coleta seletiva, em 2016, foram na íntegra destinados às 14 organizações de catadores, das quais seis operavam no Lixão da Estrutural.

As centrais públicas foram inseridas no modelo com o objetivo de representar essa nova realidade a se configurar em muitos municípios brasileiros. No caso do DF e dos municípios que pretendem efetivar, de vez, a integração dos catadores no sistema de gestão dos RSU, por esse modo, desestimular-se-ão o encaminhamento dos resíduos a essas organizações, pois a intenção é criar infraestruturas públicas onde esses catadores trabalham em condições legais e adequadas. Ou seja, na medida que aumentar a *Parcela 1*, a *Parcela 2* deverá diminuir, com o passar do tempo.

Considerando que *Q. CS a enviar* (cerca de 420 toneladas/dia) vai 100% para as organizações de catadores, a *Q. recebida nas organizações de catadores* é o mesmo valor. Já o *Fluxo total 3* apresentou um valor menor (122,833 toneladas/dia), por causa do *Déficit 7 (308,289)*, já que a *Capacidade triagem catadores* é de 122,833 toneladas/dia.

Esse valor resultou da pressuposição de que 14 organizações contam com 1474 catadores e que cada um processam cerca de 2,5 toneladas/mês ou 0,083 toneladas/dia. O valor médio de número de catadores para 14 organizações foi tirado proporcionalmente das 31 organizações de catadores existentes no DF. Segundo SLU (2016) eles apresenta um total de 3263 catadores (cadastrado como cooperado ou associado). Já o valor de processamento foi tomado de Abreu (2016, 65): que considerou que “cada catador deve recuperar a quantidade média de 2.500 kg/mês de materiais, em condições adequadas de trabalho”.

O valor para a *Produção de rejeito 3* foi tomado de Abreu (2016, 65), que fez as seguintes considerações nos seus estudos para o DF:

⁵² Em 2014, foram iniciadas as construções de 4 unidades de triagem, sendo que a única obra finalizada é a da Usina de Triagem da Asa Sul. Está prevista a construção de 8 Instalações de Recuperação de Resíduos. (IRR). A previsão é que cada central tenha a capacidade de realizar a triagem de 30 t/dia de resíduos por turno. Considerado que a instalação opera nos quatro turnos têm-se uma capacidade diária de 1.440 toneladas/dia.

“Para calcular a quantidade de resíduos recuperados, foi adotado o índice de rejeito de 40%, próximo ao encontrado para a Associação Recicle a Vida no Diagnóstico da Coleta Seletiva. Deve-se lembrar que essa Associação opera nas melhores condições de infraestrutura no DF e processa os resíduos de RAs que têm alto potencial de recicláveis, como Águas Claras. É também o índice próximo ao encontrado para algumas capitais que têm a coleta seletiva consolidada, como Porto Alegre e Curitiba, conforme dados do SNIS de 2014”.

Com a *Taxa 3* de 0.4, a produção dos rejeitos nessa triagem ficou de 49,1333 toneladas/dia. Percebe-se que uma quantidade consistente de materiais recicláveis ainda é encontrada na coleta convencional. Este, de fato, é um fator que denota potencial de aprimoramento da coleta seletiva, embora lembrando que sempre haverá uma parcela de recicláveis que não é passível de separação. Lembrando que no modelo, não se considerou a geração de matéria orgânica para compostagem, já que assumiu o processo de compostagem na coleta convencional e normalmente a sobra dos recicláveis são destinados como rejeitos.

O restante dos materiais recicláveis (60%) do *Fluxo total 3*, junta-se a *Q. CS vinda de outros meios*, para prensagem, enfardamento e armazenamento. Para a quantidade desses outros processos, têm-se: 24,4555 toneladas da *Q. coleta autônoma* e 43⁵³ toneladas da *Q. coletada no Lixão*. Portanto, a *Q. MR3 recepcionado para prensagem, enfardamento e armazenamento* ficou em 141,655 toneladas, a serem divididas pelos tipos básicos de recicláveis, como mostra o Gráfico 4.18.

Para os valores desses materiais recicláveis considerou-se as seguintes percentuais de recuperação oferecidas pelo SNIS (2016): plástico (66,9%), papel e papelão (15,5%), metais (15,3%), vidro (0%) e outros (2,2%). Percebe-se que no DF, os vidros não são recuperados, por consequência, tem destinação inadequada. Hoje, esse material para Aterro Sanitário de Brasília, aguardando um acordo setorial.

4.3.5. Destinação e disposição final de resíduos sólidos

A Figura 4.43 apresenta o lixão como a destinação e disposição final inadequada, podendo os resíduos chegarem tanto do fluxo da coleta convencional quanto da seletiva. Além disso, é apresentado no modelo cinco opções de destinação e disposição final adequada de resíduos. Da

⁵³ Esse valor segue os dados da Figura 3.3.

coleta convencional tem-se (1) rejeitos aterrados no aterro sanitário das UTMB, além dos que chegam das centrais públicas e de organizações de catadores da coleta seletiva, (2) composto orgânico da UTMB; (3) materiais recicláveis de transbordo e da UTMB. Já da coleta seletiva têm-se (4) materiais recicláveis das centrais públicas e (5) das organizações dos catadores.

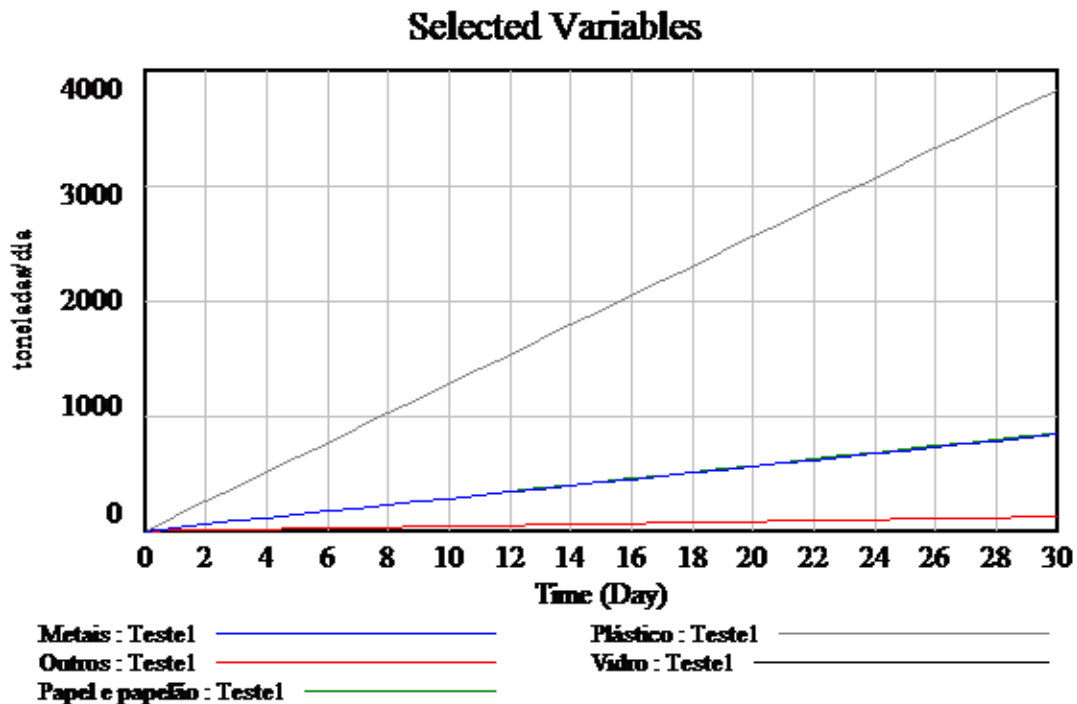


Gráfico 4.18: Materiais recicláveis recuperados

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.5.1. Destinação e disposição final inadequada

Quanto ao valor utilizado para a destinação e disposição inadequada, o estoque *LIXÃO* levou um valor inicial da quantidade depositada no Jóquei em 2015 (887.220,10 toneladas/ano), como mostrada na Tabela 4.14⁵⁴. Lembrando que, no primeiro momento de validação, a *Taxa de envio 1* ficou com o valor 1 e a *Taxa de envio 2* com o valor 0. Sendo assim, o valor do estoque *DESTINAÇÃO FINAL INADEQUADA* somou ao valor inicial do *LIXÃO* (*delay*, referente ao ano de 2015), a *Q. RDO não coletado por problema de cobertura* (49,9089 toneladas/dia) e *Q. CC restante no transbordo* (1.459,99 toneladas/dia).

⁵⁴ O valor pego é representativo para exemplificar os *delays* no sistema, pois, como foi dito no capítulo 3.3.2.5.3, os valores reais ultrapassam 40 milhões de toneladas acumuladas no local.

4.3.5.2. Destinação e disposição final adequada

Quanto à disposição final adequada, esta parcela tem a ver com os rejeitos (*Q. rejeitos, Produção de rejeitos 1, Produção de rejeitos 2, Produção de rejeitos 3 e Produção de rejeitos 4*) encaminhados ao aterro sanitário. A *Q. rejeito recepcionada*, soma de *Q. rejeitos* e *Q. rejeitos vinda de outros processos*, apresentou um valor de 610,728 toneladas/dia, equivalendo a 222.915,72 toneladas/ano, a *Q Aterro sanitário*, a ser enterrada. Não houve déficit de recepção e nem de aterramento, pois considerou o valor da *Capacidade recepção Aterro* sem restrição e a *Capacidade do Aterro* de 1.872.000 toneladas (vida útil do Aterro Sanitário de Brasília, dada na Tabela 3.11). Ele foi inaugurado este ano e a intenção, como manda a PNRS, é receber apenas rejeitos. No modelo considerou-se essa exigência restringido a recepção apenas de rejeitos nesse local, o que aumenta a sua vida útil.

Já quanto à destinação final adequada, ela se dividiu em (1) compostagem, (2) materiais recicláveis recuperados para reciclagem e (3) rejeitos. Quanto a primeira categoria, o valor gerado foi de 148,725 toneladas/dia para *Q. Composto orgânico*. Quanto ao segundo, a *Q. MR2 prensada, enfardada e armazenada* e *Q. MR4 prensada, enfardada e armazenada* deram, respectivamente, 31.3824 e 141,655, totalizando 173,0374 toneladas/dia, equivalendo a 5.191,622 toneladas/mês de materiais recicláveis. Lembrando que uma parte desse material veio da coleta no lixão (43 toneladas/dia) e da coleta autônoma (24,4555 toneladas/dia).

Em relação a quantidade total gerada, *Geração RDO com redução*, de 2.495,45 toneladas/dia, o percentual de recuperação de materiais recicláveis correspondeu 6,93%; o composto orgânico 5,96% e os rejeitos 24,47%. O índice médio de recicláveis tirada dos dados da Figura 3.2 é de 4,73%. Já segundo SLU (2017), o indicador “Taxa de recuperação dos resíduos coletados” atingiu o índice de 8,92% no ano 2016 e que índice mais recente é 10,50% para recicláveis e 34% para disposição final em aterro sanitário.

4.3.5.2.1. Análise e potencialidades da valorização de compostos e recicláveis

A Figura 4.44 exemplifica algumas das externalidades positivas e negativas de uma destinação e disposição final adequada e inadequada dos resíduos sólidos. A título de exemplificação dos valores com a destinação final adequada no DF, os valores apresentados a seguir traduzem as potencialidades dos recicláveis e dos compostos orgânicos.

Quanto ao composto orgânico, viu-se que no DF ele é doado para agricultores familiares ou comercializado para o setor privado. No modelo, considerou-se que toda a quantidade produzida é vendida, preço de mercado de R\$ 20/tonelada⁵⁵, de modo a estimar o potencial de comercialização no mercado. As 148,725 toneladas/dia gerariam um montante R\$89.235/mês, equivalente a R\$1.070.820/ano.

Para os materiais recicláveis considerou-se os seguintes preços unitários (R\$/kg): plástico (R\$ 1,20), papel e papelão (R\$0,25), metais (R\$, 2,96), vidro (R\$0,25) e outros (R0,22). A estimativas a cada ano são dadas na Tabela 4.12, já o Gráfico 4.19, apresenta o comportamento do valor gerado pela venda dos materiais recicláveis, a preço de mercado.

Time (Year)	Selected	Metais	Outros	Papéis	Plásticos	Vidros
2015	Variables	0	0	0	0	0
2016	Runs:	2.85206e+007	304805	2.44033e+006	5.28244e+007	0
2017	Teste1	5.70413e+007	609609	4.88065e+006	1.05649e+008	0
2018		8.55619e+007	914414	7.32098e+006	1.58473e+008	0
2019		1.14083e+008	1.21922e+006	9.7613e+006	2.11298e+008	0
2020		1.42603e+008	1.52402e+006	1.22016e+007	2.64122e+008	0
2021		1.71124e+008	1.82883e+006	1.4642e+007	3.16946e+008	0
2022		1.99644e+008	2.13363e+006	1.70823e+007	3.69771e+008	0
2023		2.28165e+008	2.43844e+006	1.95226e+007	4.22595e+008	0
2024		2.56686e+008	2.74324e+006	2.19629e+007	4.75419e+008	0
2025		2.85206e+008	3.04805e+006	2.44033e+007	5.28244e+008	0
2026		3.13727e+008	3.35285e+006	2.68436e+007	5.81068e+008	0
2027		3.42248e+008	3.65765e+006	2.92839e+007	6.33893e+008	0
2028		3.70768e+008	3.96246e+006	3.17242e+007	6.86717e+008	0
2029		3.99289e+008	4.26726e+006	3.41646e+007	7.39541e+008	0
2030		4.2781e+008	4.57207e+006	3.66049e+007	7.92366e+008	0

Tabela 4.12: Valor de materiais recicláveis recuperados por categoria

Fonte: Elaborado pelo autor

Percebe-se que na média, a categoria de plásticos teve maior representação (R\$5,2 milhões), depois vem metais (R\$ 2,8 milhões), papéis (2,4 milhões), outros (R\$304.805) e vidro (R\$0).

⁵⁵ O valor atual da tonelada, de acordo com a Instrução nº 74, de 18 de setembro de 2015 é de R\$ 20, estabelecendo para os produtores rurais desconto de 60% desse valor, que passa a ser de R\$ 8.

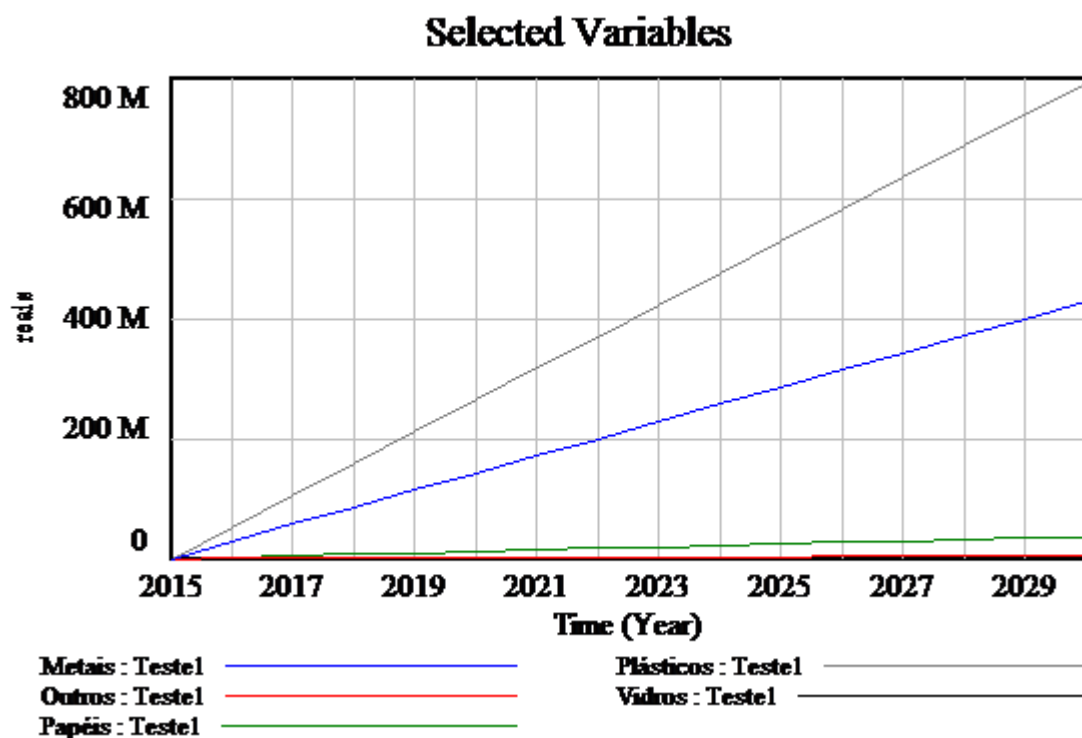


Gráfico 4.19: Comportamento do valor dos materiais recicláveis recuperados

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.6. Custos diretos com RDO

Tendo em conta o DFE da Figura 4.45, a Figura 4.48 apresenta as fontes de receitas e despesas com RDO simuladas no modelo, de modo a exemplificar os custos básicos do sistema. Considerou-se os custos com coleta e transporte; processamento; destinação e disposição.

Os valores dos custos unitários para o modelo foram pegos no capítulo 3.3.2.8, disponibilizados pelo SLU (2016 e 2017). A Tabela 4.13 apresenta os custos considerados (reais/tonelada). Percebe-se que o custo da coleta seletiva é bem mais alto que os demais, R\$186,47/tonelada.

Tabela 4.13: custos unitários com RDO

Selected Variables	Custo por tonelada	Custo por tonelada	custo por tonelada	Custo por tonelada	Custo por tonelada
Runs: Testel	coletada 1	coletada 2	composta	enterrada	processada
	86.25	186.47	51.06	27.64	51.06

Fonte: Elaborado pelo autor

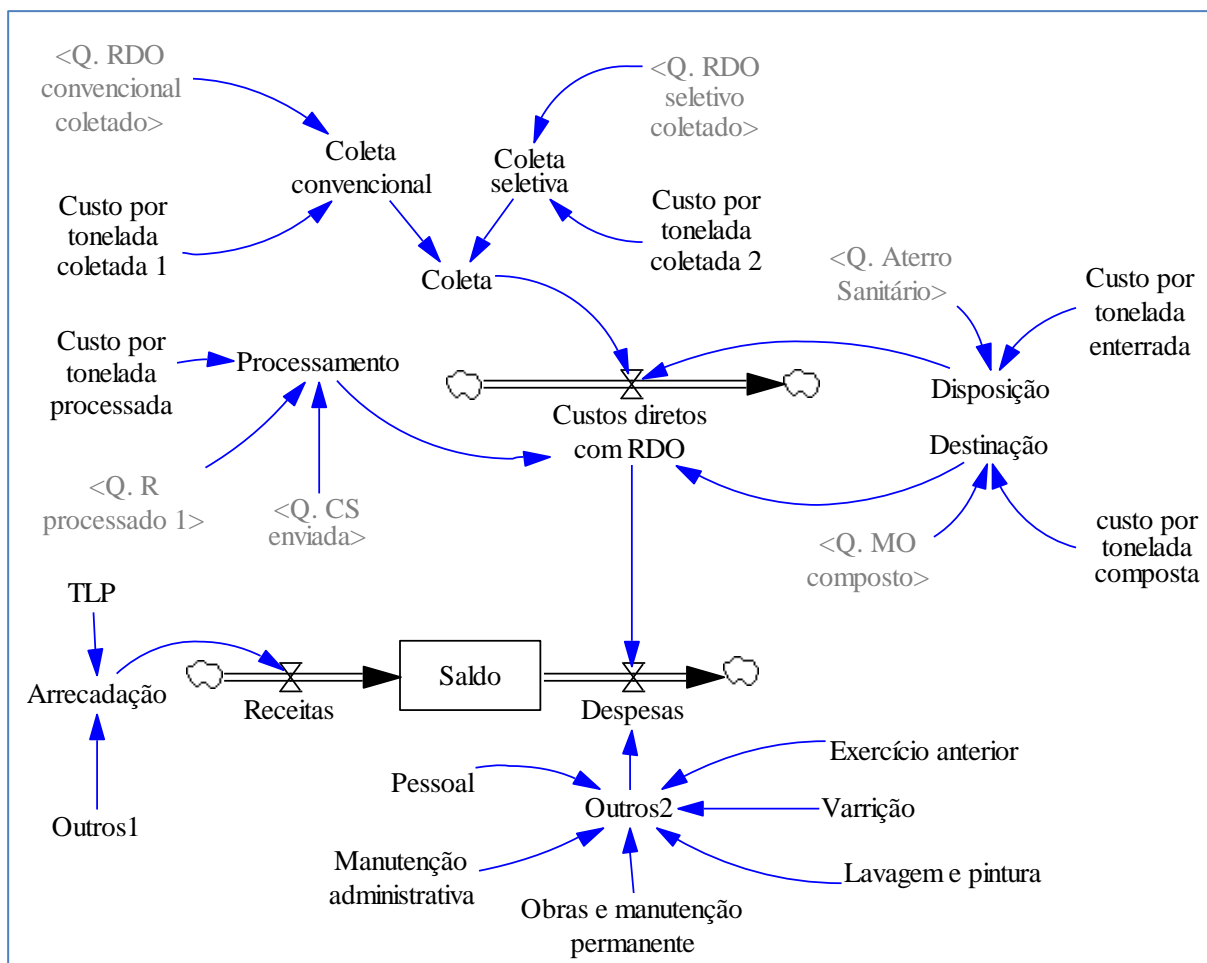


Figura 4.48: Custos diretos com DRO

Fonte: Elaborado pelo autor

O Gráfico 4.48 compara os custos diários da coleta convencional e seletiva em relação ao custo total com a coleta. Apesar do preço da coleta seletiva, por tonelada coletada, ser bem maior (R\$ 186,47), o montante final da coleta convencional (R\$ 184.748) aprestou mais gastos do que a seletiva (média de R\$ 27.000), devido a maior quantidade coleta na convencional.

O custo com o processamento dos resíduos sólidos, tendo em conta *Q. transbordo a processar*, *Q. processada UTMB* e *CS recebida transbordo*, é retratado no Gráfico 4.21. Já os custos mensais com a destinação (referente a compostagem) e disposição (referente aos rejeitos enterrados) ficaram, respectivamente, no valor de R\$227.743 e R\$506,4 mensais.

Selected Variables

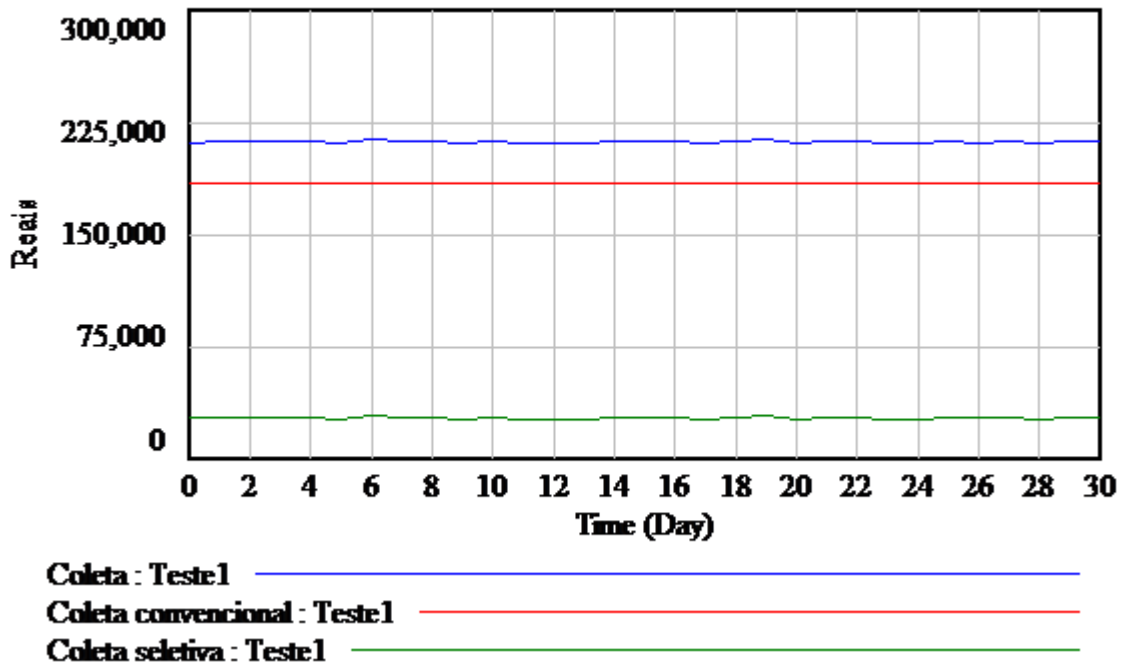


Gráfico 4.20: Comparando custos da coleta convencional e seletiva

Fonte: Elaborado pelo autor

Processamento

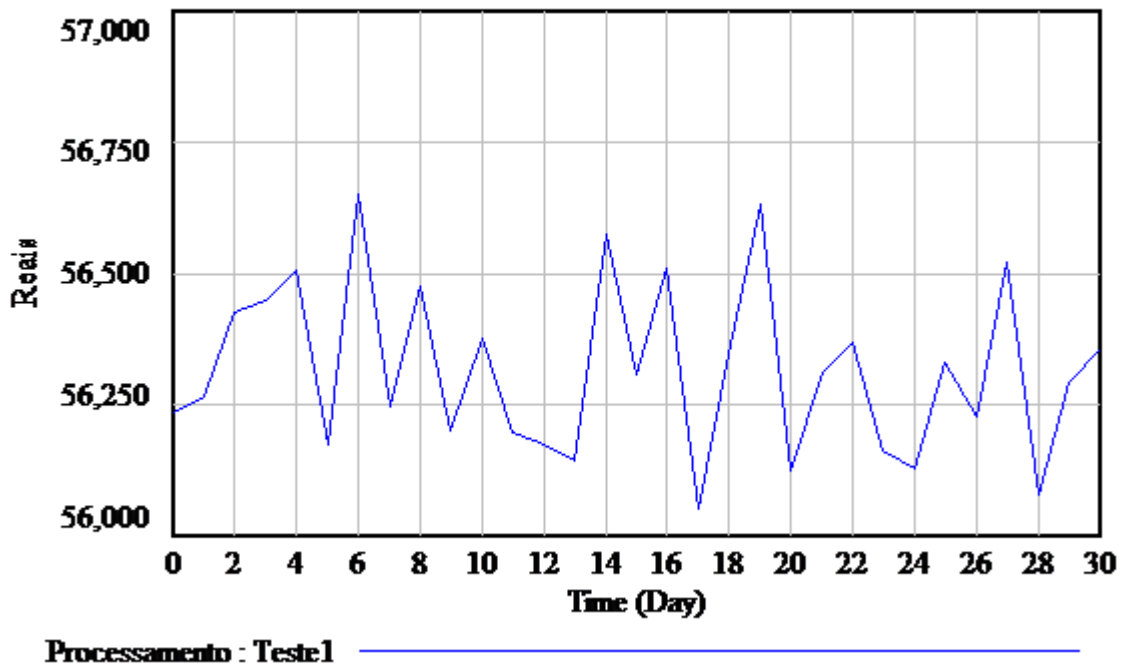


Gráfico 4.21: Custo com processamento

Fonte: Elaborado pelo autor

O Gráfico 4.22 apresenta a soma dos quatro custos básicos retratados no sistema. O valor total mensal chega a R\$8.768.190, com maiores destaques para a coleta e processamento.

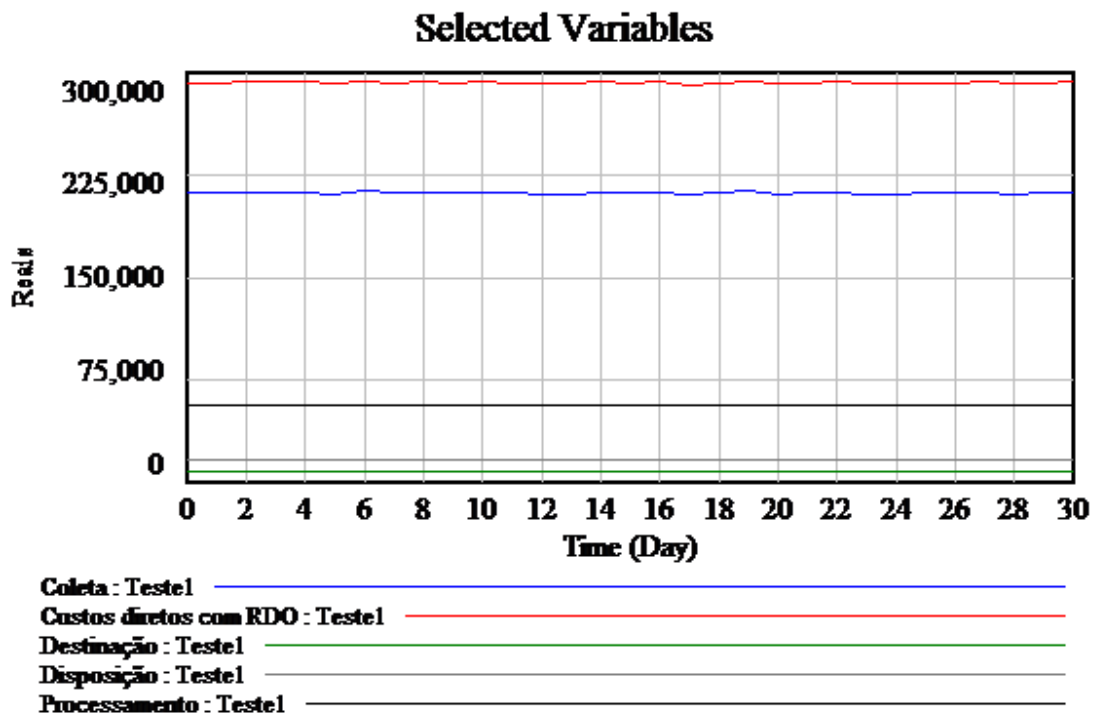


Gráfico 4.22: Custo diretos com RDO

Fonte: Elaborado pelo autor

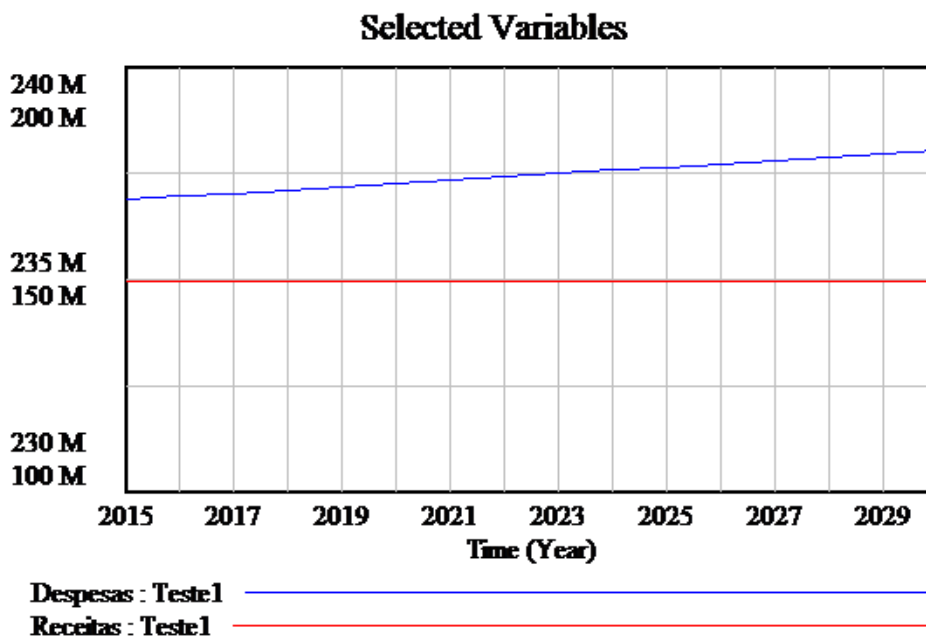


Gráfico 4.23: Comparando receitas e despesas

Fonte: Elaborado pelo autor

Como se mostrou no item 3.3.2.8, o sistema de limpeza pública urbana e manejo de resíduos sólidos é oneroso e quase sempre apresenta déficit. O Gráfico 4.23 mostra as saídas do modelo, comparando receitas e despesas. O valor realizado (R\$ 160.242.057,97) das receitas em 2016 foi mantido para os demais anos.

4.3.7. Análise de sensibilidade

Dando sequência a validação e experimentação do modelo proposto (*Teste I*), neste tópico do capítulo serão expostos os resultados obtidos a partir de variações de algumas variáveis do sistema. A análise de sensibilidade⁵⁶ (utilização de variáveis controladas nas entradas e verificação nas saídas) representou para esta tese um meio de testar os objetivos do SLR e os gargalos encontrados com a inserção dos dados reais, analisados no tópico anterior. Sendo assim, as simulações foram feitas em cima dos resultados obtidos na validação já apresentada.

Em termos da geração, ela foi dada nesta tese em função da população. Poderia ser a primeira variável a ser alterada, no entanto, entendeu-se que dificilmente haverá uma variação futura discrepante dos valores já projetados, a ponto de mudar drasticamente o cenário atual de geração. Os dados dos últimos anos, apresentados no capítulo três, mostraram que a geração cresce à medida que cresce a população, no entanto, esse crescimento na geração tem se comportado de forma regular, sem grandes discrepâncias. Sendo assim, não foi simulado a variação populacional⁵⁷. O mesmo aconteceu com o *Fator de redução*, ele não foi alterado, pois entendeu-se que dificilmente o DF conseguirá valores melhores. Os percentuais assumidos foram dados recentemente pelo PDGIRS.

4.3.7.1. Simulando a coleta dos resíduos

O primeiro cenário simulado tem a ver com a coleta dos resíduos, conseqüentemente, com o primeiro objetivo macro proposto para o SLR. Viu-se é da responsabilidade do Órgão gestor coletar os RDO, direta ou indiretamente, já que os geradores domiciliares pagam pelo serviço. Sendo assim, a primeira mudança no sistema foi levar a *Taxa de cobertura* de 98% para 100%.

⁵⁶ Ela consegue apresentar comportamentos que ocorre de modo inesperado no modelo após uma mudança nos valores dos parâmetros e variáveis.

⁵⁷ Isso não quer dizer que no futuro não haverá um aumento na geração *per capita*, pois, como já se viu, a geração poderá ser dada por outras variáveis.

Essa alteração proporcionou uma situação favorável, na medida que 49,9089 toneladas/dia de RDO deixaram de ter uma destinação final inadequada. Por outro lado, considerando a situação atual de coleta, em termos da *Capacidade da frota 1 e 2*, essa medida positiva e necessária provocou uma sobrecarga no sistema, já que a capacidade atual da frota para coleta convencional e seletiva não dão conta pela demanda existente. Essa nova quantidade esbarrou no estoque *Demanda não atendida pelo transporte 1 e 2*, como mostra o Gráfico 4.22. Percebe-se que a coleta convencional apresenta maior déficit do que a coleta seletiva. A primeira saiu de 126,562 toneladas/dia (*Teste1*⁵⁸) para 172,859 toneladas/dia (*Teste2*) e a segunda saiu de 8,70003 toneladas/dia (*Teste1*) para 11,8129 toneladas/dia (*Teste2*).

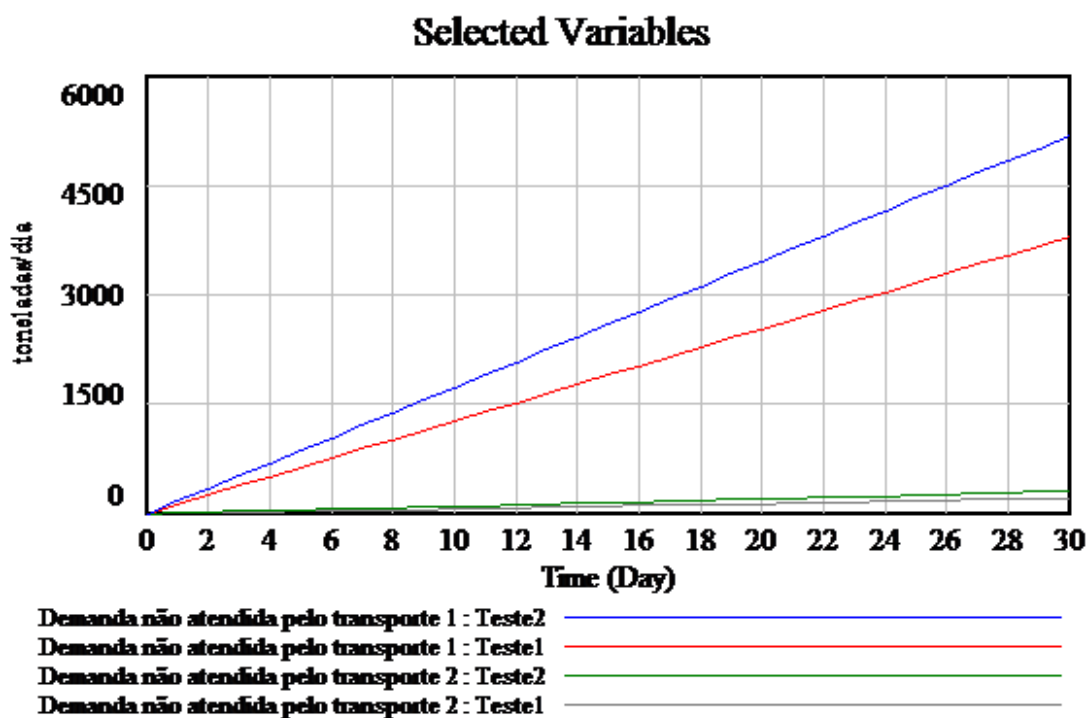


Gráfico 4.24: Impacto de mudança da taxa de cobertura no subsistema de transporte

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.7.2. Simulando o subsistema de transporte

Considerando que (1) a universalização da coleta dos resíduos deverá ser efetivada (*Taxa de cobertura* de 100%) e que o gargalo relativo ao déficit da frota da coleta convencional e seletiva também deverá ser resolvido, já que isso é necessário para o atingimento do primeiro objetivo, a duplicação do *Número de veículos 1 e 2*, retirou o déficit relacionada a *Capacidade da frota (1 e 2)* e mudou o comportamento do sistema, pelo menos em termos da quantidade coletada,

⁵⁸ Lembrando que *Teste1* representa a situação atual, a partir da validação com os dados que retrata a realidade do DF, e o *Teste2* é a nova situação simulada, com alteração de valores dos parâmetros e variáveis.

transportada e a ser encaminhada para processamento. O Gráfico 4.35 mostra o aumento que teve para ambas as coletas e a disparidade de valores entre elas, já que a coleta convencional responde por 93,7% do total coletado. A quantidade diária da coleta convencional sai de 2142 para 2314,86 toneladas e da coleta seletiva de 143,829 para 155,642 toneladas.

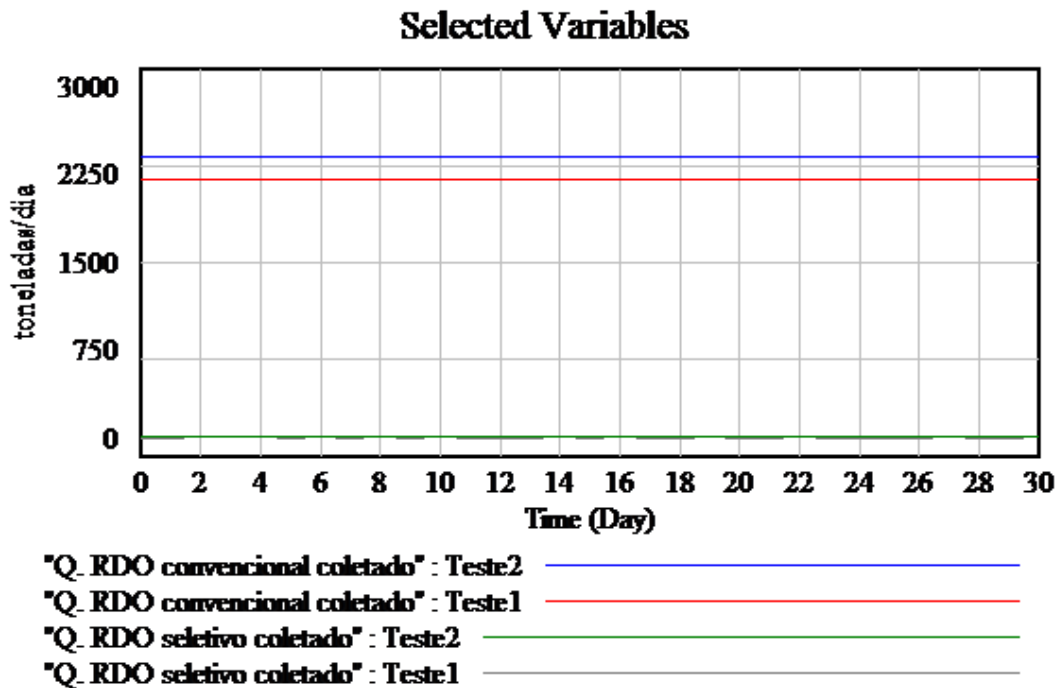


Gráfico 4.25: Quantidade coletada sem o déficit no transporte

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim como aconteceu com a universalização de coleta, essa nova quantidade de resíduos coletados, após resolvidos os problemas de transporte, o fluxo seletivo esbarrou no processo subsequente, devido a limitações na *Capacidade triagem catadores*⁵⁹.

Por ora, já é possível concluir que uma única política não surtirá efeito no sistema, mesmo que os efeitos dos gargalos são em elos. Percebe-se que a universalização de coleta demandou reajustes na *Capacidade da frota 1 e 2* e que os reajustes no transporte não maximizaram totalmente a produtividade do sistema, isto é, não foi atingido, em parte, o segundo objetivo do SLR, pois os demais gargalos, subsequentes, não foram resolvidos. Portanto, as medidas precisam considerar todos os processos, daí a necessidade de visão holística e sistêmica na gestão dos resíduos sólidos urbanos.

⁵⁹ Em termos da capacidade de recepção, desde o início assumiu-se que ela seria sem restrição.

4.3.7.3. Simulando a destinação final inadequada

Até aqui, assumiu que (1) a Taxa de cobertura deve ser levada para 100%, devido a exigência legal de universalização dos serviços de coleta e visando a minimização da *Quantidade destinada inadequadamente* (queimada ou lançada ao meio ambiente) e que (2) o problema de transporte deve também ser resolvido, já que é da responsabilidade do órgão gestor coletar todo o resíduo armazenado pelos pequenos geradores. Só assim, será cumprido o primeiro objetivo do SLR. Já o segundo objetivo demanda estes e outros ajustes nos processos com gargalos e nos parâmetros a serem melhorados.

Percebe-se, uma relação direta entre os dois objetivos apresentados para o SLR. Se para a destinação e disposição final adequada (obtenção dos materiais recicláveis e dos compostos) é necessário ater para os serviços de coleta, isto não quer dizer que o atingimento do primeiro objetivo garantirá o segundo. Em outras palavras, um sistema pode cumprir o primeiro sem atingir o segundo. Isso ocorre quando há assertividade no sistema de coleta, no entanto, há uma destinação final inadequada dos resíduos. Se bem que sempre que há déficit no subsistema de coleta há problemas com a destinação final de resíduos.

No modelo, isso foi simulado e verificado, ao mudar a *Taxas de envio 2* de 0 para 0.5. Ou seja, foi mantido as melhorias descritas anteriormente, mas assumiu uma parte da coletada convencional (*Q. restante no transbordo*) tem destino inadequado e que só metade da coleta seletiva tem o mesmo destino - o *LIXÃO*. Como se viu no diagnóstico da situação do DF, o envio inadequado ocorreria até pouco tempo e, de acordo com os dados apresentados, o lixão ainda é realidade, mesmo que parcial, na maioria dos municípios brasileiros. O Gráfico 4.26 mostra o impacto imediato que isso teve na quantidade já acumulada no *LIXÃO*.

Essa quantidade acrescentada ao *LIXÃO*, deve-se em grande parte da coleta convencional, já que a quantidade da coleta seletiva não foi totalmente destinada para o *LIXÃO*, pois a *Taxa de envio 2* foi de 50%. Isso deve-se ao fato de que mesmo quando os resíduos eram destinados na sua grande maior parte ao Lixão da Estrutural, havia uma parcela triada nas associações de catadores, nos galpões improvisados pelo SLU, o que ainda hoje acontece nas UTMB.

Por causa dessa variação de 0,5 no fluxo seletivo, passou a chegar menos resíduos nas centrais de triagem e consequentemente, isso impactou negativamente a quantidade de materiais recicláveis a serem recuperados, como mostra o Gráfico 4.27.

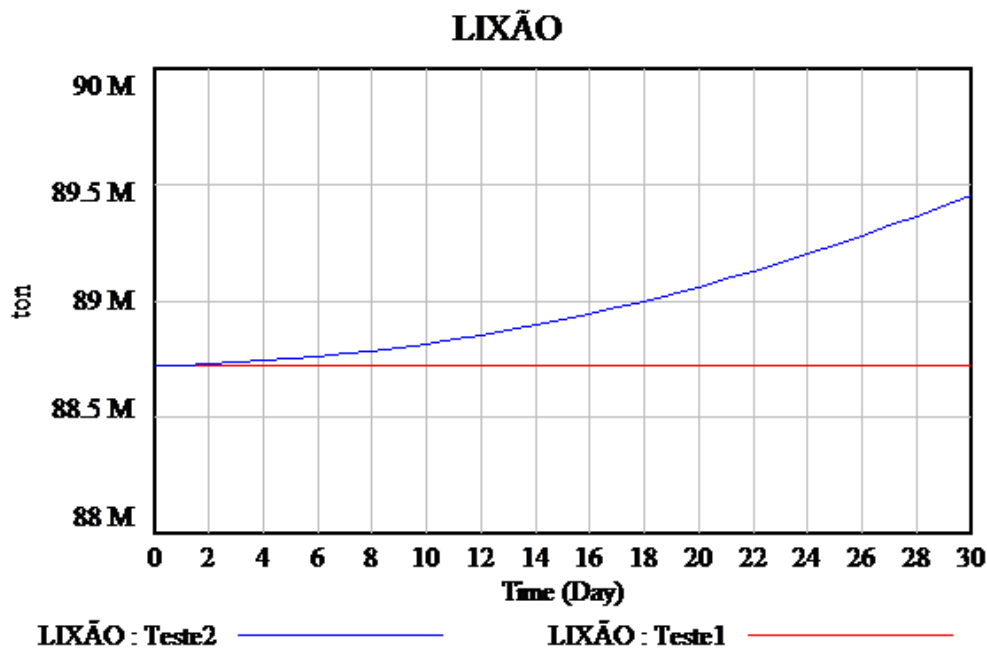


Gráfico 4.26: Comportamento da quantidade enviada para o lixão

Fonte: Elaborado pelo autor

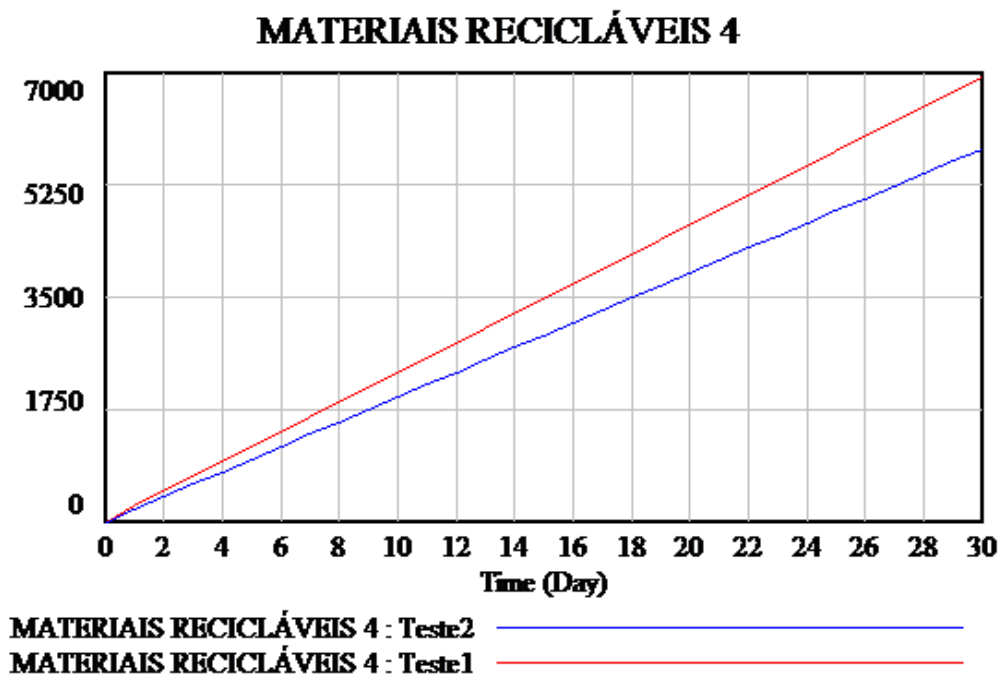


Gráfico 4.27: Redução dos recicláveis por causa de envio ao lixão

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.7.4. Simulando a destinação final adequada

Resolvidos os problemas de cobertura e de transporte; voltando o valor da *Taxa de envio 2* para zero, dá-se um passo para a destinação final adequada, já que os resíduos serão encaminhados para triagem. No entanto, ainda persistia a *Taxa de envio 1* em 1 e os resíduos da coleta seletiva com problemas nas centrais, devido a limitação da capacidade de triagem.

4.3.7.4.1. Simulando a Taxa de envio 1 e 3

De modo a testar cenários mais favoráveis, mudou-se o valor da *Taxa de envio 1* de 1 para 0, retirando, assim, a destinação inadequada no lixão e igualando ao valor da *Taxa de envio 2*. E também assumiu que essa nova quantidade, não enviada ao lixão, é enviada para UTMB. O que levou também a assumir um aumento na capacidade de operação das UTMB. Mencionou-se que as usinas operam 900 toneladas/dia, abaixo da capacidade potencial (1110 toneladas/dia) e que há uma restrição operacional, dada a incompatibilidade da capacidade de processamento das UTMBs (900 toneladas/dia) e a capacidade do pátio de compostagem (500 toneladas/dia). Corrigiu essas capacidades, respectivamente, de 900 para 1110 e de 500 para 900, assumindo, assim, a necessidade melhorar a operação das usinas e de aumentar a capacidade de compostagem⁶⁰.

Com a mudança da *Taxa de envio 1* de 1 para 0 e a *Taxa de envio 3* de 0,3185 para 1, houve uma sobrecarga na UTMB, mesmo com o aumento da capacidade de 900 para 1100 toneladas/dia. Sendo assim, as quantidades chegadas nessas instalações sempre apresentarão em espera, com o déficit. Quando isso ocorrer, como indicação de política de redistribuição, apesar de não ter sido considerado no modelo, as quantidades da *Demanda não atendida pela UTMB* poderiam ser destinadas para as centrais de triagem públicas, ainda não em funcionamento no modelo, já que as centrais de triagem apresentaram déficit de capacidade. A *Q. MO encaminhada*, não apresentou déficit, mesmo quando tinha a capacidade de 500.

Considerando a dificuldade do DF em adquirir, a curto e médio prazo, novas instalações de UTMB e, conseqüentemente, melhorar a capacidade, além da operação plena acima assumida, não pareceu apropriado assumir outro cenário de melhoria nesse fluxo de resíduo em análise. Por isso a capacidade máxima considerada para UTMB, em melhores das hipóteses, foi de 1100

⁶⁰ Outra medida conexas já exigida pelo PDGIRS é a implantação de coleta de resíduos orgânicos, com menor fração de rejeitos.

toneladas/dia. Uma saída foi levar a *Taxa de envio 3* para 0,46. Com isso a UTMB operou perto da sua capacidade máxima (1064,83 toneladas/dia), sem déficit. E isso melhorou as saídas de materiais recicláveis, como mostra a Tabela 4.14.

Tabela 4.14: Impacto da mudança da *Taxa de envio 1 e 3* nos recicláveis

Table Time Down							
Time (Day)	Selected Variables	COMPOSTO		MATERIAIS RECICLÁVEIS		REJEITOS	
0		0	0	0	0	0	0
1	Runs:	232.134	160.728	48.9824	33.915	500	500
2	Teste2	464.268	321.455	97.9648	67.83	1000	1000
3	Teste1	696.402	482.183	146.947	101.745	1500	1500
4		928.536	642.91	195.93	135.66	2000	2000
5		1160.67	803.638	244.912	169.575	2500	2500
6		1392.8	964.366	293.894	203.49	3000	3000
7		1624.94	1125.09	342.877	237.405	3500	3500
8		1857.07	1285.82	391.859	271.32	4000	4000
9		2089.21	1446.55	440.842	305.235	4500	4500
10		2321.34	1607.28	489.824	339.15	5000	5000
11		2553.47	1768	538.807	373.065	5500	5500
12		2785.61	1928.73	587.789	406.98	6000	6000
13		3017.74	2089.46	636.771	440.895	6500	6500
14		3249.88	2250.19	685.754	474.81	7000	7000
15		3482.01	2410.91	734.736	508.725	7500	7500

Fonte: Elaborado pelo autor

No entanto, zerada o envio para o lixão, a *Q. CC restante no transbordo* ficou ainda com 68,15% no primeiro momento do teste e com 54% no segundo momento, que precisam ser destinadas adequadamente. Não encontrou dados da quantidade e capacidade triada nesses pontos de transbordo. Como se observa na Figura 3.3, todos os resíduos restantes do transbordo são destinados para o lixão. Com 54% do valor da coleta convencional, essa porção, caso fosse toda processada, com uma taxa de rejeitos de 73.6% geraria, mesmo assim, 330,006 toneladas/dia de *MATERIAIS RECICLÁVEIS 1*. Ou seja, a *Q. CC restante no transbordo*, dentro dos valores assumidos, tem potencial de matérias recicláveis, pelo volume representativo na coleta convencional. Essa situação, real, demanda para o DF medidas emergenciais para esses locais.

Quanto ao fluxo seletivo, assumiu um aumento no número de organizações de catadores que recebem os resíduos dessa coleta. No modelo isso implicou o aumento da *Capacidade de triagem das organizações de catadores*, mediante a mudança do número de catadores, inicialmente de 1474 catadores (representado 14 organizações) para 3263 (representando 31 organizações). O efeito foi positivo, pois a capacidade mais do que duplicou (de 122,833 para

271,917 toneladas/dia). Antes dos ajustes na taxa de cobertura, transporte e capacidade de triagem dos catadores, o total triado era de 141,655, com os ajustes passou para 231,105 toneladas.

Esse aumento da destinação da coleta seletiva para mais centrais de triagem de catadores⁶¹ teve um impacto positivo na quantidade dos materiais recicláveis, já que maiores quantidades passaram a ser processadas. O Gráfico 4.28 mostra o novo comportamento do estoque *MATERIAIS RECICLÁVEIS 4*. No entanto, cabe ressaltar, que esse reajuste na capacidade de triagem não supriu o *Déficit 7*, que antes era de 308,289 e diminuiu para 159,206 toneladas. Considerando essa sobrecarga, o ideal seria destinar parte da coleta seletiva para outros centrais, no caso, os públicos, o que foi incluído na simulação do item a seguir.

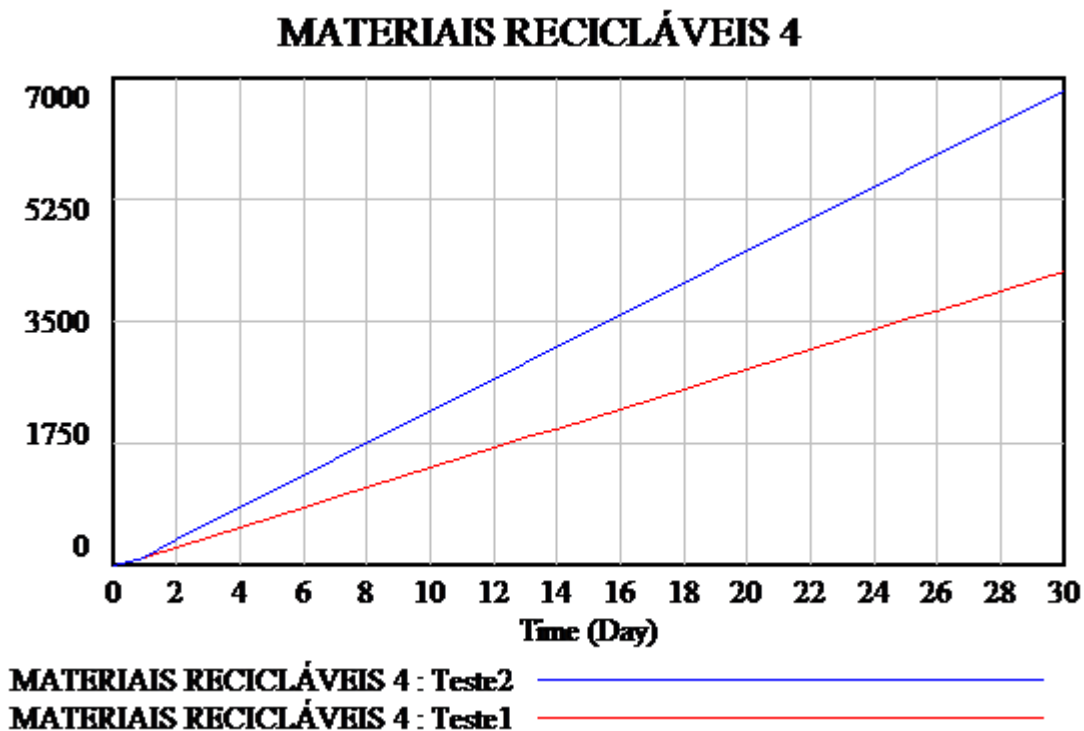


Gráfico 4.28: Impacto do aumento da capacidade de triagem dos catadores

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.7.5. Simulando outros ajustes no sistema

Nesta sessão do capítulo, serão apresentados os resultados obtidos após ajustes feitos no sistema, levando em consideração metas já estabelecidas no DF e ideais a serem alcançados.

⁶¹ Lembrando que está se pressupondo que todas as cooperativas e associações de catadores têm capacidades e condições adequadas para receber e triar as quantidades chegadas as suas instalações.

Dentre as premissas e diretrizes estabelecidas na modelagem, de modo a alcançar melhorias na destinação final adequada, além dos reajustes já feitos na *Taxa de cobertura* (1), *Capacidade da frota 1 e 2* (206 e 10); *Taxa de envio 1 e 2* (0,46 e 0), *Capacidade processamento UTMB* (1100), *Capacidade compostagem* (900); *Número de catadores* (3.263), têm-se:

Tabela 4.15: Valores assumidos para ajustes finais

Coleta seletiva
Aumentar a coleta seletiva, de 6,3% para no mínimo 10%, pois até 2014, a coleta seletiva no DF era atendida parcialmente (não abarcava todas as RA) e era cerca de 80 t/dia, correspondendo 3% do total RDO. No entanto, com a projeção de universalização de coleta para todas as RA, o índice passou a ser 10% dos resíduos da coleta convencional, totalizando cerca de 270 t/dia e projeta-se chegar até 68%. Com o decorrer dos anos. Os domicílios que são atendidos com a coleta seletiva são de 56%, ou seja, ainda é necessário aumentar a <i>Parcela seletiva</i> .
Índice de separação
Aumento da capacidade de valorização dos recicláveis a partir da coleta de resíduos recicláveis com menor índice de rejeitos nas centrais de triagem, de 73,6% para 69,8%, de acordo com a gravimetria da Tabela 3.9. Sendo assim, tem-se: <i>Taxa 4</i> (0,698); <i>Taxa 2</i> (0,288); <i>Índice de rejeitos</i> (0,215); <i>Índice orgânico</i> (0,447) e <i>Índice de recicláveis</i> (0,302). Supõe-se uma melhoria no índice de separação, o que poderia diminuir o índice dos rejeitos. Isso demandaria definição de estratégias para mobilização progressiva da população, de forma a ampliar gradativamente a sua adesão na separação.
Processamento
- Triar <i>Q. transbordo a processar</i> em condições aceitáveis com taxas de rejeitos de 69,8% - Tirar a <i>Parcela 1</i> de 0 para 0,5, conseqüentemente, reduz pela metade dos resíduos da coleta seletiva a serem enviadas para centrais de catadores. A previsão é que as oito centrais de triagem tenham a capacidade de processar, por turno, 30 toneladas de resíduos (1440 toneladas dia).

Fonte: Elaborado pelo autor, com base no diagnóstico e prognóstico

O novo cenário é apresentado e descrito a seguir. Quanto aos tipos de coleta, o aumento de 6,3% para 10% para coleta seletiva foi positivo, mas foi menos impactante do que os outros ajustes.

As maiores mudanças ocorreram no fluxo seletivo, nomeadamente com a nova redistribuição dos resíduos, das organizações de catadores para as centrais públicas, ficando cada uma das centrais com 50% (261,265 toneladas) do fluxo total seletivo. Percebe-se que essa redistribuição não sobrecarregou as centrais públicas, já que operaram com uma capacidade de triagem de 1440 toneladas/dia. E por outro lado, essa mudança acabou com o déficit de processamento (de 159,206 toneladas) que existiam nas centrais de catadores, que agora operam com uma capacidade de 271,917 toneladas e com uma demanda de 261,265 toneladas.

Outra variação significativa diz respeito as saídas do sistema, devido a consideração de novos índices nos diversos processos de triagem. Quanto a quantidade processada no transbordo,

houve uma leve variação no materiais recicláveis e rejeitos, já que a Taxa 4, de rejeitos, variou de 0,736 para 0,698. As referidas quantidades são mostradas na Tabela 4.16.

Tabela 4.16: Mudança nas saídas do processamento no transbordo após ajustes finais

Table Time Down					
Time (Day)	Selected	MATERIAIS RECICLÁVEIS	Produção de rejeito 4		
0	Variables	362.6	330.006	838.063	920.017
1	Runs:	725.2	660.012	838.063	920.017
2	Teste2	1087.8	990.019	838.063	920.017
3	Teste1	1450.4	1320.02	838.063	920.017
4		1813	1650.03	838.063	920.017
5		2175.6	1980.04	838.063	920.017
6		2538.2	2310.04	838.063	920.017
7		2900.8	2640.05	838.063	920.017
8		3263.4	2970.06	838.063	920.017
9		3626	3300.06	838.063	920.017
10		3988.6	3630.07	838.063	920.017
11		4351.2	3960.08	838.063	920.017

Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto a quantidade processada na UTMB, a Tabela 4.17 mostra que a *Q. aterro sanitário* saiu de 700 para 1237,71 toneladas/dia de rejeitos enterrados e a *Q. MO composto da orgânica* diminuiu aumentou de 232,134 para 457,186 toneladas/dia.

Tabela 4.17: Mudança nas saídas do processamento na UTMB após ajustes finais

Table Time Down					
Time (Day)	Selected	"Q. Aterro Sanitário"	"Q. MO composto"		
0	Variables	1237.71	700	457.186	232.134
1	Runs:	1237.71	700	457.186	232.134
2	Teste2	1237.71	700	457.186	232.134
3	Teste1	1237.71	700	457.186	232.134
4		1237.71	700	457.186	232.134
5		1237.71	700	457.186	232.134
6		1237.71	700	457.186	232.134
7		1237.71	700	457.186	232.134

Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto aos materiais recicláveis, o estoque *RECICLÁVEIS 2* aumentou, bem como os demais. A Tabela 4.18 mostra, sequencialmente, os aumentos. Percebe-se que a parcela que menos aumentou foi *MATERIAIS RECICLÁVEIS 1*, devido a pouca diferente que ocorreu na *Taxa 4*.

Tabela 4.18: Mudança nos MATERIAIS RECICLÁVEIS após ajustes finais

Table Time Down		MATERIAIS RECICLÁVEIS	MATERIAIS RECICLÁVEIS	MATERIAIS RECICLÁVEIS	MATERIAIS RECICLÁVEIS	MATERIAIS RECICLÁVEIS	MATERIAIS RECICLÁVEIS	MATERIAIS RECICLÁVEIS
Time (Day)	Selected	362.6	330.006	0	0	0	0	0
0	Variables	725.2	660.012	200	48.9824	186.021	0	231.105
1	Runs:	1087.8	990.019	400	97.9648	372.042	0	462.209
2	Teste2	1450.4	1320.02	600	146.947	558.063	0	693.314
3	Teste1	1813	1650.03	800	195.93	744.084	0	924.418
4		2175.6	1980.04	1000	244.912	930.105	0	1155.52
5		2538.2	2310.04	1200	293.894	1116.13	0	1386.63
6		2900.8	2640.05	1400	342.877	1302.15	0	1617.73
7		3263.4	2970.06	1600	391.859	1488.17	0	1848.84
8		3626	3300.06	1800	440.842	1674.19	0	2079.94
9		3988.6	3630.07	2000	489.824	1860.21	0	2311.05
10		4351.2	3960.08	2200	538.807	2046.23	0	2542.15
11		4713.8	4290.08	2400	587.789	2232.25	0	2773.25
12		5076.4	4620.09	2600	636.771	2418.27	0	3004.36
13		5439	4950.09	2800	685.754	2604.29	0	3235.46
14		5801.6	5280.1	3000	734.736	2790.31	0	3466.57
15		6164.2	5610.11	3200	783.719	2976.34	0	3697.67
16		6526.8	5940.11	3400	832.701	3162.36	0	3928.78
17		6889.4	6270.12	3600	881.683	3348.38	0	4159.88
18		7252	6600.13	3800	930.666	3534.4	0	4390.99
19		7614.6	6930.13	4000	979.648	3720.42	0	4622.09
20		7977.2	7260.14	4200	1028.63	3906.44	0	4853.19
21		8339.8	7590.15	4400	1077.61	4092.46	0	5084.3
22		8702.4	7920.15	4600	1126.6	4278.48	0	5315.4
23		9065	8250.16	4800	1175.58	4464.5	0	5546.51
24		9427.61	8580.16	5000	1224.56	4650.52	0	5777.61
25		9790.21	8910.17	5200	1273.54	4836.55	0	6008.72
26		10152.8	9240.17	5400	1322.53	5022.57	0	6239.82
27		10515.4	9570.18	5600	1371.51	5208.59	0	6470.93
28		10878	9900.19	5800	1420.49	5394.61	0	6702.03
29		11240.6	10230.2	6000	1469.47	5580.63	0	6933.14
30								

Fonte: Elaborado pelo autor

Portanto, percebe-se que, tendo em conta os parâmetros e dados simulados no modelo, o DF tem potencial de materiais recicláveis, no entanto, ainda existem gargalos a serem superadas no sistema e metas a serem alcançadas⁶².

4.4. DIRETRIZES PARA A IMPLEMENTAÇÃO

Estruturar a cadeia reversa de RSU sem a participação colaborativa da comunidade, sem o suporte logístico das empresas que fabricam esses produtos e sem a figura de um órgão gestor e o respaldo do governo é missão impossível. Embora a Lei no 12.305/2010 tratou de disciplinar essa ação nas empresas, estas ainda não assumiram essa responsabilidade na integridade. Existe um órgão executor responsável pelos RDO e uma série de agentes do governo que exercem a função de controladores e supervisores com a falta de uma clara definição de competência entre eles e, um número de agentes não governamentais e cooperativas que intervêm de diversas formas na gestão, gerenciamento e operação dos RS. Essas e outras diretrizes de integração devem ser consideradas.

⁶² Com esta validação não se objetivou apresentar políticas para o DF, mesmo que algumas necessidades e medidas apareceram com a simulação.

A Tabela 19 apresenta algumas recomendações a serem observadas para a implementação do modelo, tendo em contas as diversas etapas ou processos propostos para o SLR. Viu-se que os RSU, talvez mais do que os demais tipos de resíduos, exigem uma gestão integrada entre os atores e processos.

Tabela 4.19: Recomendações e condições para a implementação do SLR

Etapa	Recomendações
Armazenamento	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilizar contêineres separados e diferenciados (identificados por cores, por exemplo) para a coleta seletiva e convencional em locais onde a coleta é containerizada, para evitar a disposição misturada dos resíduos, independentemente do tipo de coleta; ✓ Substituir contêiner usual por contêineres enterrados ou semienterrados em áreas muito verticalizadas, de modo a obter maior e melhor capacidade de armazenamento;
Coleta	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Complementar a coleta seletiva e convencional com PEVs; ✓ Estudar as regiões e diferenciar o tipo de coleta (convencional, seletiva e ponto a ponto), considerando o potencial de geração dos recicláveis; ✓ Priorizar a coleta seletiva em condomínios e locais verticais, devido ao maior nível de renda e índice de geração de recicláveis, e estimular a coleta seletiva em locais horizontalizadas; ✓ Melhor organização dos horários para a coleta diferenciada entre os dois serviços disponibilizados; ✓ Acompanhar e monitorar o subsistema de coleta, pois em muitos casos as empresas que recebem o pagamento por peso, deixa de fazer certos trajetos e coletam material orgânico e indiferenciados para aumentar o valor a receber
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Otimizar os circuitos ou as rotas de coleta por região e categoria de áreas (verticalizadas ou horizontalizadas em cada uma delas); ✓ Usar o caminhão compactador em áreas verticalizadas, para permitir a coleta mecanizada nos contêineres. ✓ Organizar os setores de coleta de forma a otimizarem os circuitos de coleta nas regiões próximas às Centrais de triagem ou de transbordo.
Triagem	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Criar infraestruturas (instalações) adequadas para recebimento e triagem ou processamento da quantidade coletada de resíduos; ✓ Otimizar a estrutura para triagem de recicláveis, buscando o constante aperfeiçoamento das instalações, com uma frequente revisão do seu desempenho, com vistas à reestruturação dos sistemas implantados, de forma a se ter mais produtividade na recuperação dos materiais. ✓ Inserção dos catadores no sistema e melhoria das condições de trabalho nos centros de triagem. ✓ Criar os planos de coleta que definirão os roteiros e a frequência de coleta em cada setor, de forma a otimizar os percursos.
Misto	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Os serviços da coleta seletiva, transporte e distribuição dos resíduos devem se adequar à situação das instalações das centrais de triagem existentes e das novas, na medida de sua implantação, adaptando a nova proposta, à medida que a nova realidade for se concretizando; ✓ Sistemas de acondicionamento e/ou containerização apropriados; ✓ Coleta com frequência adequada e com regularidade garantida; ✓ Racionalização dos serviços, com circuitos de coleta otimizados, atendendo áreas com maior potencial de recicláveis; ✓ Definir formas de pagamentos justos, de acordo com o modelo de coleta (convencional ou seletiva) adotada.
Outros	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fortalecimento institucional e qualificação dos trabalhadores; ✓ Educação ambiental e mobilização social; pois uma campanha efetiva e consistente de informação e educação ambiental para os usuários é também fator importante para o sistema ✓ Contratação das organizações de catadores para a realização dos serviços coleta ou de triagem, efetivando a inclusão sócio produtiva dos catadores;

Fonte: Elaborado pelo autor, baseando em Abreu (2016)

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentados resultados, as contribuições, as limitações e as dificuldades encontradas no desenvolvimento da tese, bem como o alcance dos objetivos da pesquisa e sua hipótese. Ao final são apresentadas sugestões para trabalhos futuros, que permitirão melhorar o modelo proposto.

5.1. CONCLUSÕES

Este trabalho buscou entender, num primeiro momento, com o diagnóstico, como se encontra a atual situação da gestão de resíduos sólidos no Brasil e no local delimitado para a pesquisa. Feito isso, foi apresentando um modelo logístico reverso para a gestão integrada de RSU para um município ou cidade e, conseqüentemente, ajudar a viabilizar a destinação final adequada desses resíduos dentro da cadeia reversa. Para tanto, foi necessário estabelecer alguns objetivos específicos, elencados no item 1.3.2.

Quanto à revisão da literatura, pode-se dizer que, apesar da LR ser uma área relativamente nova, já existem publicações que tratam do assunto, nomeadamente livros, trabalhos acadêmicos e artigos científicos. Quanto a temática em si de resíduos sólidos, percebeu-se a o crescimento de várias legislações nacionais e internacionais. No entanto, quanto aos modelos atuais de gestão, estes seguem ainda uma estrutura restrita ao cumprimento parcial dessas leis, o que tem sido um gargalo a ser superado no Brasil.

Este estudo procurou abordar a primeira parte do processo como um todo da destinação final adequada, seguindo o pensamento sistêmico, nomeadamente a metodologia DS. Pela própria natureza dos resíduos e dos papéis comumente atribuídos aos órgãos municipais, a gestão integrada é um desafio para todos os municípios e pelo fato de os RSU se tratarem de um sistema intrinsecamente complexo, a ferramenta utilizada se mostrou um excelente instrumento para GRSU.

Quanto a tese inicial deste trabalho, viu-se que, devido à quantidade das variáveis relacionadas aos processos, atores envolvidos, interesses, entre outros, os RSU precisam ser analisados de forma sistêmica. A interação dos elementos ou componentes do processo de transformação dos resíduos em produtos recicláveis é complexo e dinâmico, não bastando apenas compreender os

subsistemas que o integram, mas também as inter-relações entre as variáveis envolvidas desde a geração até o tratamento, destinação final e reciclagem.

Viu-se que normalmente os sistemas tendem a ter balanceamento entre a entrada e saída. No caso, considerando a quantidade gerada como estoques fica limitada aos tomadores de decisão influenciar a não geração dos resíduos. Isso deve-se à inflexibilidade de variáveis independentes como o tamanho e o crescimento populacional. Sendo assim, as medidas de contenção ou adaptação devem abranger os subsistemas subsequentes e não especificamente a geração. Já, tendo em mente o segundo objetivo do SLR, o balanceamento acontece com a destinação final adequada, por meio de coleta, processamento e envio para reciclagem e reinserção dos materiais recicláveis na cadeia produtiva.

Chegou a ser demonstrado que uma única política não surtirá efeito no sistema, mesmo que os efeitos dos gargalos na cadeia reversa sejam em elos. Sendo assim, as medidas precisam considerar todos os processos, reajustes nunca podem sobrecarregar os gargalos subsequentes, caso não resolvidos conjuntamente. Daí a necessidade de visão holística e sistêmica na gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Mostrou-se pelo modelo proposto que a destinação final ambientalmente adequada compreende tanto a operacionalização do sistema logístico reverso, desde a fase de geração até o tratamento e reaproveitamento dos materiais em condições de serem inseridos na cadeia produtiva, compreendendo o ciclo todo. Considerando uma visão sistêmica, pode-se dizer que a eficiência e eficácia do sistema encontram-se nas fases de planejamento; operação, nomeadamente, separação, na origem, controle e na destinação final dos resíduos. Sendo que essas fases dependem também dos objetivos, políticas, rede logística proposta e capacidade de gestão das SLU de cada cidade; do modelo de concessão das empresas que coletam os RSU; do grau de conscientização da população e de uma série de outros fatores.

Por fim, entende-se que nenhuma ferramenta por si só é suficiente para garantir a resolução de um problema tão completo como RSU. Sendo assim, face aos desafios trazidos pelas legislações e o descumprimento ainda da PNRS ou perante os impedimentos da plena aplicação da mesma, o modelo apresentando visa ser um instrumento auxiliador no planejamento de sistemas de resíduos, com o foco em destinação final adequada. Alguns dos resultados e contribuições esperadas com as proposições deste trabalho, no seu campo de atuação são:

- ✓ Auxiliar o órgão gestor a projetar cenários
- ✓ Auxiliar o órgão gestor a definir políticas diferenciadas para cada cenário projetado
- ✓ Maximização de esforços da participação dos atores envolvidos no processo de gestão; destinação adequada e legal dos produtos pós-consumo;
- ✓ Reintegração dos materiais recicláveis na cadeia produtiva;
- ✓ Contribuir para o atendimento da Lei 12.305/2010.

5.2. LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Quanto à proposta, apesar da similaridade dos elementos e interações que compõem o SLR proposto, a complexidade do sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos de uma cidade, nas suas variadas tipologias e desafios situacionais, não permite que ele seja repassado diretamente a todas as realidades.

De um modo geral, os resultados obtidos com este trabalho demonstraram ser positivos e práticos para a gestão municipal de resíduos. Contudo, algumas questões poderiam ser melhoradas, principalmente a definição de valores para as variáveis. Como limitação para a pesquisa, destaca-se a indisponibilidade ou disponibilidade parcial de alguns dados para a criação dos indicadores. Em alguns casos foi necessário estimar certos valores, o que mostrou a necessidade de estudos futuros obter uma relação matemática mais confiável para as variáveis com valores ausentes, faltosos até inconsistentes.

Para pesquisas futuras, há diversas oportunidades para calcular esses índices e testar a relação entre alguns parâmetros definidos neste estudo, contribuindo para uma melhor análise e projeção da situação real. Esses seriam as necessidades de maior destaque, mas devido à riqueza do assunto, poderia ser ainda explorado: relação entre o índice de separação e índice de rejeitos; relação entre fator de redução e conscientização ambiental e ou incentivos de redução etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABIPLAST. Perfil 2015. Disponível em: www.abiplast.org.br. Acesso em 13 de maio de 2016.

ABIVIDRO. Reciclagem no Brasil. Disponível em: <http://www.abividro.org.br/reciclagem-abividro/reciclagem-no-brasil>. Acesso em 9 de maio de 2017.

ABRELPE (2013) Atlas Brasileiro de emissões de GEE e Potencial energético na destinação de Resíduos sólidos. São Paulo, 2013.

_____ (2012) Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2011. São Paulo.

_____ (2015a) Estimativa dos Custos para Viabilizar a Universalização da Destinação Adequada de Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo.

_____ (2015b) Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014. São Paulo.

_____ (2016) Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015. São Paulo.

ABREU, M. F. (2016) Estudos e proposição de logística e alternativas tecnológicas e institucionais para os serviços de coleta seletiva. Estudo de Consultoria, Brasília.

ACOSTA, B.; PADULA, A.D. Logística reversa como mecanismo para redução do impacto ambiental originado pelo lixo informático. Revista Eletrônica de Ciência Administrativa – RECADM. V.7, n.1, p.1-12, maio, 2008.

AGEFIS (2017) Superintendência de Fiscalização de Atividade Urbana. Disponível em: <http://www.agefis.df.gov.br/>. Acesso em 9 de maio de 2016.

AMARAL, J. A. A. (2012) Desvendando sistemas. São Paulo: Edição do autor. Disponível em <http://www.joaarantes.com.br/livro-on-line>. Acesso em 23 de maio de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004/2004: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: 2004.

_____. NBR 13463/1995: Coleta de resíduos sólidos: Classificação. Rio de Janeiro: 1995.

_____. NBR 10004/2004: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR-8418: Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos. Rio de Janeiro, 1983.

_____. NBR 13463/1995: Coleta de resíduos sólidos: Classificação. Rio de Janeiro: 1995.

BALLOU, Ronald H. (2001) Gerenciamento da cadeia de abastecimento: planejamento, organização e logística empresarial. 4. Ed. Porto Alegre: Bookman.

_____ (2006) Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5. Ed. São Paulo: Bookman.

_____ (2007) Logística Empresarial: Transporte, administração de materiais e distribuição física. São Paulo, Atlas.

BANCO MUNDIAL (2012) What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. Washington. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>. Acessado em 5 de maio de 2015.

BERTALANFFY, L. (2010) Teoria Geral dos Sistemas. 2ª ed. Vozes: Petrópolis, RJ.

BLACKBURN, J. D.; GUIDE JUNIOR., V. D. R.; SOUZA, G. C.; VAN WASSENHOVE, L. N. (2004) Reverse Supply Chains for Commercial Returns. California Management Review, v. 46, n. 2, p. 6-22.

BLUMBERG, D.(1999) Strategic Examination of Reverse Logistics & Repair Service Requirements, Needs Market Size, and Opportunities. Journal of Business Logistics. V. 20, Issue: 2 , p.141.

BRASIL (2010) Presidência da República do Brasil. Lei nº 12.305/2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Brasília.

_____ (2007) Presidência da República do Brasil. Lei nº 11.445/2007. Marco Regulatório do Setor de Saneamento. Brasília.

BRUNDTLAND, G. H. (Org.) (1987) Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: FGV.

BURSZYTN, M.A.A. & BURSZTYN, M. (2013) Fundamentos de Política e Gestão ambiental: caminhos para a sustentabilidade. Rio de Janeiro: Garamond.

CAMPOS, T. (2006) Logística Reversa: Aplicação ao problema das embalagens da CEAGESP. 2006. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CEMPRE (2017) Pesquisa Ciclosoft 2016. Disponível em: <http://cempre.org.br/ciclosoft/id/8>. Acessado em 3 de maio de 2017.

CHIAVENATO, I. (2011) Introdução à Teoria Geral da Administração. 8. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier.

CHING. Y. H. (2006) Gestão de Estoques na cadeia de logística integrada – *supply chain*. 3. Ed. São Paulo: Atlas.

CHRISTOPHER, Martin. Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos. Tradução: Mauro de Campos Silva. 2. Ed. – São Paulo: Thomson Learning, 2007. Tradução de: Logistics and supply chain management.

COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT – CLM (1993) Reuse and recycling reverse logistics opportunities. Illinois: council of Logistics Management.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS – CSCMP (2013). Supply chain management terms and glossary: updated August 2013. Disponível em: https://cscmp.org/imis0/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921. Acesso em 12 de maio de 2014.

DAVIS, M.M. et al (2001) Fundamentos da Administração da Produção. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman.

DE BRITO, M. P. (2003) Management reverse logistics or reversing logistics management. Erasmus research institute of management (ERIM).

_____ (2004) Managing Reverse Logistics or Reversing Logistics Management? Rotterdam, Edit. Erasmus University Rotterdam, 2004.

DE BRITO, M. P., DEKKER, R. (2004) “A framework for reverse Logistics”. “Reverse Logistics. Quantitative Models for Closed- Loop Supply Chains”, chapter 1. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

DEKKER, R. et all (2004) Reverse logistics: quantitative models for closed-loop supply chains. Berlin: Springer-Verlag.

DEMAJOROVIC, J. (1995) Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos: as novas prioridades. Revista de Administração de empresas. São Paulo: FGV, v. 35, n. 3, p. 88-93, maio/jun.

DRESCH, A; LACERDA, D. P.; ANTUNES, J. A. V. (2015) *Design 214cience research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman.

DORNIER, P. P.; ERNST, R.; FENDER, M.; KOUVELIS, P. (2002) Logística e operações globais. São Paulo: Atlas.

EMERY, F. E. (1972) Systems Thinking. Perguin Books: Middlesex, England.

EPE (2008) Plano Nacional de Energia 2030. Rio de Janeiro: EPE.

FAYOL, H. (1950) Administração Industrial e Geral. São Paulo: Atlas.

FERREIRA, A. B. de H. (1986) Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. 2. Ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.

FLEISCHMANN, M. *et. al.* (2000) A characterization of logistics networks for product recovery. Omega – International Journal of Management Science. P.653-666.

FLEURY, P. F., WANKE, P., FIGUEIREDO, K. F. Logística empresarial: a perspectiva brasileira. Coleção COPPEAD de Administração – Centro de estudos logísticos. São Paulo: Atlas, 2000.

FORRESTER, J.W., (1971) Principles of Systems. Portland. Productivity Press.

FRANGIPANE, E. de F. *et al.* (1999) Gerenciamento de Resíduos Sólidos municipais nas áreas metropolitanas da Europa: uma estratégia integrada. Guia Internacional de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Livro Anual da Iswa.

GDF. Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planodesaneamentodf.com.br>. Acesso em agosto de 2016.

GOMES, F. P.; TORTATO, U. (2010) Planejamento e Gestão da Logística Reversa no Setor de Energia Elétrica – Um Estudo de Caso. Revista Gestão Industrial.

GONÇALVES, P. A (2003) Reciclagem Integradora dos Aspectos Ambientais, Sociais e Econômicos. Rio de Janeiro: DP&A / FASE.

GONÇALVES, M.E.; MARINS, F.A.S. (2004) Logística Reversa numa empresa de laminação de vidros: um estudo de caso. Gestão & Produção, v.13, n.3, p.397-410, set-dez.

GORDON G. (1969) System Simulation. 1a, Prentice-Hall, Nova Jersey.

GRIPPI, S. (2006) Lixo: reciclagem e sua história. Rio de Janeiro: Interciência.

GUIDE, V. e VAN WASSENHOVE, L. (2002) The reverse supply chain. Harvard Business Review, 80 (2), pp. 25-26.

HARIJANI, A. M., MANSOUR, S. E KARIMI, B. (2017) A multi-objective model for sustainable recycling of municipal solid waste. Waste Management & Research, Vol. 35(4) 387–399.

HOPEMAN, R. J. (1977) Análise de sistemas e gerencia de operações. Petrópolis: Vozes.

IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em março de 2016.

_____. Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: junho de 2017.

IJOMAH, W. L. *et al.* (2007) Development of Design for Remanufacturing Guidelines to Support Sustainable Manufacturing. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, v.23, n.6, p.712-719, dez. 2007.

INPEV (2017) Sistema Campo Limpo. Disponível em <http://www.inpev.org.br/sistema-campo-limpo/estatisticas>. Acesso em 4 maio de 2017.

IPEA (2011) Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriospesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf. Acesso em 23 de julho de 2015.

ISWA (2014) The world's 50 biggest dumpsites - 2014 report. Disponível em: <http://www.atlas.d-waste.com/Documents/Waste-Atlas-report-2014-webEdition.pdf>. Acesso em: 4 de abril de 2017.

JUCÁ, J. F. T. (2015) Estudos e Proposição de Modelagem para Execução Eficiente dos Serviços Públicos de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos no Distrito Federal. Produto 1: Diagnóstico sobre os Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos no Distrito Federal. Consultoria ADASA/UNESCO. Brasília-DF.

KIM, D. (1998) Introduction to System Thinking. Toolbox Reprint Series, Pegasus Communications, Inc.

KIRKWOOD, C. W. (1998) System Dynamics Methods: A Quick Introduction. Disponível em: www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn/SDIntro/SDIntro.htm. Acesso em 7 de maio de 2016.

KOPICKY *et al* (1993) Reuse and recycling: reverse logistics opportunities. Council of Logistics Management, Oak Brook, IL.

KUMAR, S., PUTNAM, V. (2008) Cradle to cradle: reverse logistics strategies and opportunities across three industry sectors. International Journal of Production Economics, v.115, n.2, p.305-315. 2008.

LACERDA, L. (2010) Logística Reversa – Uma Visão sobre os Conceitos Básicos e as Práticas Operacionais Centro de Estudos em Logística, COPPEAD, UFRJ, 2002. Disponível em: <http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-public.htm>. Acesso em 8 de maio de 2010.

LEITE, P. R. et al. (2003) Logística Reversa de Produtos não consumidos: Uma descrição das práticas das empresas atuando no Brasil. Congresso SIMPOI 2003.

LEITE; P. R. (2009) Logística Reversa: Meio Ambiente e competitividade. São Paulo: Pearson Prentice Hall.

_____. (2002) Logística reversa: nova área da logística empresarial. Revista tecnológica – maio / 2002. São Paulo, Editora: publicare.

_____.(2010) Logística Reversa e a política nacional de resíduos sólidos. Artigo publicado na Revista Tecnológica. Novembro de 2010.

MARTINS, M.; SILVA, G. (2006) Logística Reversa no Brasil: Estado das Práticas. XXVI ENEGEP, Fortaleza, outubro.

MATOS, O. C. (2000) Econometria básica: teoria e aplicações. 3. Ed. São Paulo: Atlas.

MAXIMIANO, A. A. (2012) Teoria Geral da Administração. 7. Ed. São Paulo: Atlas.

- MELQUIADES, J. A. R. (2015) Modelagem para a roteirização do processo de coleta e transporte dos resíduos sólidos urbanos. Tese de Doutorado, Faculdade de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Transporte Universidade de Brasília.
- MENTZER, J. T. (2001) Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, vol.22, nº. 2, 2001.
- MESQUITA JUNIOR, J. M. (2007) Gestão integrada de resíduos sólidos. Coordenação de Karin Segala. Rio de Janeiro: IBAM.
- MMA (2015) Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. disponível em: <http://sinir.gov.br/web/guest/2.5-planos-municipais-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>. Acesso 4 de agosto de 2016
- MOHAPATRA, P. K. J.e et. al. (1994) Introduction to System Dynamics Modeling. India: Universities Press Limited, 1994.
- NOVAES, A. (2015) Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier.
- OBLADEN. N. L. et al. (2009) Guia para Elaboração de Projetos de Aterros Sanitários para Resíduos Sólidos Urbanos. Dezembro/2009. Paraná: CREA-PR.
- OLIVEIRA, D.P.R. (2003) Planejamento Estratégico: conceitos, metodologia e práticas. 19.ed. São Paulo: Atlas.
- PENIDO MONTEIRO, J. H. et al. (2001) Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Coordenação Técnica: Victor Zular Zveibil. IBAM. Rio de Janeiro.
- PEREIRA, A. L. et al. (2014). Logística Reversa e Sustentabilidade. São Paulo: Cengage Learning.
- PIRES, S. R. I. (2009) Gestão da Cadeia de Suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e casos – Supply Chain Management. São Paulo: Atlas. 2ª. Ed. 2ª. Reimpressão.
- POHLEN, T. L. e FARRIS T. (1992) Reverse logistics in plastics recycling. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 22(7):35–47.
- QUDRAT-ULLAH, H. (2005) Structural Validation of System Dynamics and Agent-Based Simulation Models. In: 23rd International Conference of the System Dynamics Society, 23, Jul. 17-21, 2005, Boston, USA. Proceedings.
- ROGERS, D. S., TIBBEN-LEMBKE, R. S. (1998) Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices. Reno, University of Nevada.
- SCHALCH, V. et al. (2002) Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2002.

SENIGE, P. (2008) A Quinta Disciplina: Arte e Prática da Organização que Aprende. 23ª ed. Rio de Janeiro: Editora Best Seller.

SERENCO (2017) Plano Distrital de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: Tomo VI (Diagnóstico situacional – Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos). Disponível em: <http://www.planodesaneamentodf.com.br/>. Acesso em 5 de agosto de 2017.

SHI, X. et al. (2012) Information flow in reverse logistics: and industrial information integration study. *Inf Technol Manag* 13, 217 – 232.

SILVA FILHO, C.R.V (2017) O futuro da gestão de resíduos depende de simplesmente cumprir o que está na lei. *Revista Ares*, Edição 8 - Ano 2 - 2017, p. 6.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. (2009) Administração da produção. 3 ed. São Paulo: Atlas.

SLU (2017) Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos sólidos do Distrito Federal. Disponível em <http://www.slu.df.gov.br/images/PDF/relatorios/Relatorio%20SLU%202016.pdf>. Acesso em 4 de maio de 2017.

_____ (2016) Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos sólidos do Distrito Federal. Disponível em <http://www.slu.df.gov.br>. Acesso em 21 de maio de 2017.

_____ (2016) Relatório da análise gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do Distrito Federal - 2015. Disponível em <http://www.slu.df.gov.br/images/PDF/gravimetria.pdf>. Acesso em 21 de julho de 2017.

STERMAN, J. (2000) *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. Irwin McGraw-Hill.

STOCK, J. R. (1992) *Reverse Logistics*. Oak Brook, IL: Council of Logistics Management.

STONER, J. A. F. (1985) *Administração*. Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil.

STUART, I et al. (2002) Effective Case Research in Operations Management: A Process Perspective, in: *Journal of Operations Management*, v. 20, n.5, p. 419-433.

TIBBEN-LEMBKE, R. S. (2002) Life after death – reverse logistics and the product life cycle. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 32, n. 3, 2002, pp. 223-224

UNEP (2015). *Global Waste Management Outlook*. Disponível em: <http://www.unep.org/ietc/Portals/136/Publications/Waste%20Management/GWMO%20report/GWMO%20full%20report.pdf>. Acesso em 2 de agosto de 2016.

USEPA (2002) *Waste transfer stations: a manual for decision-maker*. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/r02002.pdf>. Acesso 3 de junho de 2017.

VALLE, R.; DE SOUZA, R. G. (2014) Logística reversa: processo a processo. São Paulo: Atlas.

VAN DE KLUNDER A.; ANSCHÜTZ J. (2001) Integrated sustainable waste management – the concept. In: Scheinberg A (ed.): Tools for Decisionmakers. Experiences from the Urban Waste Expertise Programme Gouda: WASTE.

VENTANA SYSTEMS. Vensim Personal Learning Edition. Disponível em: <https://vensim.com/vensim-personal-learning-edition/>. Acesso em 2 de maio de 2016.

XAVIER, L. H.; CORRÊA, H. L. (2013) Sistemas de Logística Reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis. São Paulo: Atlas.

WECD - World Commission on Environment and Development (1987) Our common future. World Commission on Environment and Development. Oxford - New York: Oxford University Press.

ZANTA, V. M; FERREIA, C. F. A. (2003) Gerenciamento Integrado De Resíduos Sólidos Urbanos. In: CASTILHOS JÚNIOR, Armando Borges de. (coord.). Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para município de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABES, Rima.

ZHU, J. (2006) Inspiration to Shanghai from waste charging in Singapore. Environmental Sanitation Engineering 14: 19–21.

APÊNDICES:

APENDICE D: VARIÁVEIS E VALORES DO MODELO NO *VEMSIM*

- (001) "Cap. prensagem, enfardamento e armazenamento 1"=50000
Units: ton
- (002) Arrecadação=TLP+Outros1
Units: **undefined**
- (003) "Cap. prensagem, enfardamento e armazenamento 3"=90000
Units: ton
- (004) "Cap. prensagem, enfardamento e armazenamento 4"=50000
Units: ton
- (005) Capacidade containeres=1.2
Units: **undefined**
- (006) Capacidade da Compostagem=500+900
Units: **undefined**
- (007) Capacidade da frota=Capacidade do veículo 2*Número de viagens 2*Número de veículos 2
Units: toneladas/dia
- (008) Capacidade da frota 1=Capacidade dos veículos 1*Número de viagens 1*Número de veículos 1
Units: ton
- (009) Capacidade do Aterro=1.872e+006
Units: ton
- (010) Capacidade do veículo 2=RANDOM UNIFORM(3.5, 3.8 , 1)
Units: ton
- (011) Capacidade dos veículos 1=3.5
Units: ton
- (012) "Capacidade prensagem, enfardamento e armazenamento 2"=40000
Units: **undefined**
- (013) Capacidade procesamento UTMB=300+600+200
Units: toneladas/dia
- (014) Capacidade recepção Aterro=10000
Units: ton
- (015) Capacidade recepção compostagem=500+400
Units: ton
- (016) Capacidade recepção MR=200
Units: ton
- (017) Capacidade recepção transbordo 1=90000
Units: toneladas/dia
- (018) Capacidade recepção transbordo 2=90000
Units: toneladas/dia

- (019) Capacidade triagem catadores=Número de catadores*Quantidade processada por catador
Units: toneladas/dia
- (020) Capacidade triagem pública=12*4*30
Units: toneladas/dia
- (021) Capacidade triagem transbordo=90000
Units: toneladas/dia
- (022) Coleta=Coleta convencional+Coleta seletiva
Units: Reais
- (023) Coleta convencional="Q. RDO convencional coletado"*Custo por tonelada coletada 1
Units: Reais
- (024) Coleta por operadoras do sistema="Q. RDO a ser coletada"*Fração 1
Units: **undefined**
- (025) Coleta seletiva="Q. RDO seletivo coletado"*Custo por tonelada coletada 2
Units: Reais
- (026) COMPOSTO= INTEG ("Q. MO composto",0)
Units: **undefined**
- (027) Custo por tonelada coletada 1=86.25
Units: Reais/tonelada
- (028) Custo por tonelada coletada 2=186.47
Units: Reais/tonelada
- (029) custo por tonelada composta=51.06
Units: **undefined**
- (030) Custo por tonelada enterrada=27.64
Units: Reais/tonelada
- (031) Custo por tonelada processada=51.06
Units: Reais/tonelada
- (032) Custos diretos com RDO= (Coleta+Destinação+Disposição+Processamento)
Units: Reais
- (033) Demanda não atendida pela compostagem= INTEG ("Q. MO compostagem"- "Q. MO composto", 0)
Units: ton/dia
- (034) Demanda não atendida pela UTMB= INTEG ("Q. recepcionada na UTMB"- "Q. processada na UTMB", 0)
Units: ton
- (035) Demanda não atendida pelo ATERRO= INTEG (Fluxo de entrada ao Aterro-"Q. Aterro Sanitário", 0)
Units: ton/dia
- (036) Demanda não atendida pelo transporte 1= INTEG ("Q. RDO convencional a coletar"- "Q. RDO convencional coletado", 0)
Units: toneladas/dia
- (037) Demanda não atendida pelo transporte 2= INTEG ("Q. RDO seletivo a coletar"- "Q. RDO seletivo coletado",0)
Units: toneladas/dia

- (038) Demanda não atendida por falta de cobertura= INTEG (Geração RDO com redução-"Q. RDO a ser coletada",0)
Units: toneladas/dia
- (039) Demanda por armazenamento=Geração RDO com redução
Units: **undefined**
- (040) Despesas=(Custos diretos com RDO+Outros2)
Units: **undefined**
- (041) Destinação="Q. MO composto"*custo por tonelada composta
Units: Reais
- (042) DESTINAÇÃO FINAL INADEQUADA= INTEG ("Q. RDO destinada inadequadamente"+LIXÃO, 0)
Units: ton
- (043) Déficit 1=IF THEN ELSE(Diferença 1<0, Diferença 1*(-1), 0)
Units: ton
- (044) Déficit 10=IF THEN ELSE(Diferença 10<0, Diferença 10*(-1), 0)
Units: ton
- (045) Déficit 11=IF THEN ELSE(Diferença 11<0, Diferença 11*(-1), 0)
Units: **undefined**
- (046) Déficit 12=IF THEN ELSE(Diferença 12<0, Diferença 12*(-1),0)
Units: ton/dia
- (047) Déficit 13=IF THEN ELSE(Diferença 13<0, Diferença 13*(-1), 0)
Units: **undefined**
- (048) Déficit 14=IF THEN ELSE(Diferença 14<0, Diferença 14*(-1), 0)
Units: ton/dia
- (049) Déficit 15=IF THEN ELSE(Diferença 15<0, Diferença 15*(-1), 0)
Units: ton
- (050) Déficit 16=IF THEN ELSE(Diferença 16<0, Diferença 16*(-1), 0)
Units: ton/dia
- (051) Déficit 17=IF THEN ELSE(Diferença 17<0, Diferença 17*(-1), 0)
Units: ton/dia
- (052) Déficit 2=IF THEN ELSE(Diferença 2<0, Diferença 2*(-1), 0)
Units: toneladas
- (053) Déficit 3=IF THEN ELSE(Diferença 3<0, Diferença 3*(-1), 0)
Units: ton
- (054) Déficit 4=IF THEN ELSE(Diferença 4<0, Diferença 4*(-1),0)
Units: ton/dia
- (055) Déficit 5=IF THEN ELSE(Diferença 5<0, Diferença 5*(-1),0)
Units: **undefined**
- (056) Déficit 6= IF THEN ELSE(Diferença6<0, Diferença6*(-1), 0)
Units: ton/dia
- (057) Déficit 7=IF THEN ELSE(Diferença 7<0, Diferença 7*(-1),0)

- Units: ton
- (058) Déficit 8=IF THEN ELSE(Diferença 8<0, Diferença 8*(-1),0)
Units: ton
- (059) Déficit 9=IF THEN ELSE(Diferença 9<0, Diferença 9*(-1),0)
Units: ton/dia
- (060) Diferença 1=Capacidade da frota 1-"Q. RDO convencional a coletar"
Units: **undefined**
- (061) Diferença 10=Capacidade recepção Aterro-"Q. rejeitos recepcionada"
Units: ton
- (062) Diferença 11=Capacidade do Aterro-Fluxo de entrada ao Aterro
Units: **undefined**
- (063) Diferença 12=Capacidade recepção compostagem-"Q. MO encaminhada"
Units: ton/dia
- (064) Diferença 13=Capacidade da Compostagem-"Q. MO compostagem"
Units: **undefined**
- (065) Diferença 14=Capacidade recepção MR-"Q. MR1 encaminhada para prensagem, enfardamento e armazenagem"
Units: ton
- (066) Diferença 15="Capacidade prensagem, enfardamento e armazenamento 2"-"Q. MR1 recepcionada para prensagem, enfardamento e armazenagem"
Units: **undefined**
- (067) Diferença 16="Cap. prensagem, enfardamento e armazenamento 3"-"Q. MR3 para prensagem, enfardamento e armazenamento"
Units: ton
- (068) Diferença 17="Cap. prensagem, enfardamento e armazenamento 4"-"Q. MR4 para prensagem, enfardamento e armazenamento"
Units: ton/dia
- (069) Diferença 2=Capacidade da frota-"Q. RDO seletivo a coletar"
Units: **undefined**
- (070) Diferença 3=Capacidade recepção transbordo 1-"Q. CC encaminhada transbordo"
Units: **undefined**
- (071) Diferença 4=Capacidade recepção transbordo 2-"Q. CS encaminhada transbordo"
Units: ton
- (072) Diferença 5=Capacidade triagem transbordo-"Q. transbordo a processar"
Units: **undefined**
- (073) Diferença 7=Capacidade triagem catadores-"Q. recepcionada nas organizações de catadores"
Units: ton
- (074) Diferença 8=Capacidade triagem pública-"Q. recepcionada centrais públicas"
Units: ton
- (075) Diferença 9=Capacidade procesamento UTMB-"Q. recepcionada na UTMB"
Units: ton/dia

- (076) Diferença6="Cap. prensagem, enfardamento e armazenamento 1"-Q. MR1 para prensagem, enfardamento e armazenamento"
Units: ton
- (077) Disposição="Q. Aterro Sanitário"*Custo por tonelada enterrada
Units: Reais
- (078) Exercício anterior=1.51366e+007
Units: **undefined**
- (079) Fator de redução=(0.5/100)/365
Units: **undefined**
- (080) FINAL TIME = 30
Units: Day
The final time for the simulation.
- (081) Fluxo de entrada ao Aterro=IF THEN ELSE(Diferença 10>0, "Q. rejeitos recepcionada", "Q. rejeitos recepcionada"-Déficit 10)
Units: ton
- (082) Fluxo total 1=IF THEN ELSE(Diferença 12>0, "Q. MO encaminhada", "Q. MO encaminhada"-Déficit 12)
Units: ton
- (083) Fluxo total 2=IF THEN ELSE(Diferença 8>0, "Q. recepcionada centrais públicas", "Q. recepcionada centrais públicas"-Déficit 8)
Units: ton
- (084) Fluxo total 3=IF THEN ELSE(Diferença 7>0, "Q. recepcionada nas organizações de catadores", "Q. recepcionada nas organizações de catadores"-Déficit 7)
Units: ton
- (085) Fluxo total 4=IF THEN ELSE(Diferença 5>0, "Q. transbordo a processar", "Q. transbordo a processar"-Déficit 5)
Units: **undefined**
- (086) Fração 1=99/100
Units: **undefined**
- (087) Fração 2=1/100
Units: **undefined**
- (088) Fração 3=0
Units: **undefined**
- (089) Geração potencial RDO=(0.0257*População-46.454)/30
Units: toneladas/dia
- (090) Geração RDO com redução=Geração potencial RDO*(1-Fator de redução)
Units: toneladas/dia
- (091) INITIAL TIME = 0
Units: Day
The initial time for the simulation.
- (092) Índice de containerização=50/100
Units: **undefined**
- (093) Índice de orgânico=44.7/100

- Units: **undefined**
- (094) Índice de recicláveis=30.2/100
Units: **undefined**
- (095) Índice de rejeitos=21.5/100
Units: **undefined**
- (096) Lavagem e pintura=2.34812e+006+2.37498e+006+4.15596e+006
Units: **undefined**
- (097) LIXÃO= INTEG ("Q. recepcionada"- "Q. coletada no lixão por catadores", 8.8722e+007)
Units: ton
- (098) Manutenção administrativa= 9.38756e+006
Units: **undefined**
- (099) MATERIAIS RECICLÁVEIS 1= INTEG ("Q. MR1 prensado, enfardado e armazenado", "Q. MR1 prensado, enfardado e armazenado")
Units: toneladas/dia
- (100) MATERIAIS RECICLÁVEIS 2= INTEG ("Q. MR1 prensada, enfardada e armazenada", 0)
Units: ton
- (101) MATERIAIS RECICLÁVEIS 3= INTEG ("Q. MR3 prensado, enfardado e armazenado", 0)
Units: ton
- (102) MATERIAIS RECICLÁVEIS 4= INTEG ("Q. MR4 prensado, enfardado e armazenado", 0)
Units: **undefined**
- (103) Necessidade containeres=(Demanda por armazenamento*Índice de containerização)/Capacidade containeres
Units: **undefined**
- (104) Número de catadores=3263
Units: catadores
- (105) Número de veículos 2=20
Units: unidades
- (106) Número de veículos 1=206
Units: unidades
- (107) Número de viagens 1=2*2
Units: viagens
- (108) Número de viagens 2=4
Units: viagens
- (109) Obras e manutenção permanente=1.31875e+007
Units: **undefined**
- (110) Outros1=4.81012e+006
Units: **undefined**
- (111) Outros2=Exercício anterior+Lavagem e pintura+Manutenção administrativa+Obras e manutenção permanente+Pessoal+Varrição
Units: **undefined**
- (112) Parcela 1=0.5

- Units: **undefined**
- (113) Parcela 2=1-Parcela 1
Units: **undefined**
- (114) Parcela convencional=90/100
Units: **undefined**
- (115) Parcela seletiva=1-Parcela convencional
Units: **undefined**
- (116) Pessoal=6.74924e+007
Units: **undefined**
- (117) População=2.91483e+006
Units: unidades
- (118) Processamento=("Q. CS recepcionada tranbordo"+"Q. processada na UTMB"+"Q. transbordo a processar")*Custo por tonelada processada
Units: Reais
- (119) Produção de rejeito 1=Fluxo total 1*Taxa 1
Units: ton/dia
- (120) Produção de rejeito 2=Fluxo total 2*Taxa 2
Units: ton
- (121) Produção de rejeito 3=Fluxo total 3*Taxa 3
Units: **undefined**
- (122) Produção de rejeito 4=Fluxo total 4*Taxa 4
Units: toneladas/dia
- (123) "Q. 1 enviada lixão"="Q. transbordo a processar"*Taxa de envio 1
Units: **undefined**
- (124) "Q. 2 enviada lixão"="Q. CS recepcionada tranbordo"*Taxa de envio 2
Units: **undefined**
- (125) "Q. Aterro Sanitário"=IF THEN ELSE(Diferença 11>0,Fluxo de entrada ao Aterro, Fluxo de entrada ao Aterro-Déficit 11)
Units: ton
- (126) "Q. CC a enviar"="Q. CC recepcionada no transbordo"
Units: **undefined**
- (127) "Q. CC em espera"= INTEG ("Q. CC encaminhada transbordo"- "Q. CC recepcionada no transbordo",0)
Units: toneladas/dia
- (128) "Q. CC encaminhada transbordo"="Q. RDO convencional coletado"
Units: ton
- (129) "Q. CC recepcionada no transbordo"=IF THEN ELSE(Diferença 3>0, "Q. CC encaminhada transbordo", "Q. CC encaminhada transbordo"-Déficit 3)
Units: toneladas/dia
- (130) "Q. CC restante no transbordo"="Q. CC a enviar"*(1-Taxa de envio 3)
Units: toneladas/dia

- (131) "Q. Coleta Autônoma"="Q. RDO a ser coletada"*Fração 2
Units: ton/dia
- (132) "Q. coletada no lixão por catadores"=43
Units: toneladas/dia
- (133) "Q. CS a enviar"="Q. CS recebida transbordo"*(1-Taxa de envio 2)
Units: **undefined**
- (134) "Q. CS encaminhada transbordo"="Q. RDO seletivo coletado"+"Q. vinda de outras coletas"
Units: ton
- (135) "Q. CS recebida transbordo"=IF THEN ELSE(Diferença 4>0, "Q. CS encaminhada transbordo",
"Q. CS encaminhada transbordo"-Déficit 4)
Units: ton
- (136) "Q. grandes eventos"=493/365
Units: toneladas/dia
- (137) "Q. grandes geradores"="Q. grandes eventos"+"Q. Polos geradores"
Units: toneladas/dia
- (138) "Q. MO compostagem"=Fluxo total 1-Produção de rejeito 1
Units: **undefined**
- (139) "Q. MO composto"=IF THEN ELSE(Diferença 13>0, "Q. MO compostagem", "Q. MO
compostagem"-Déficit 13)
Units: ton
- (140) "Q. MO encaminhada"="Q. processada na UTMB"*Índice de orgânico
Units: **undefined**
- (141) "Q. MR vinda de outros meios"="Q. Coleta Autônoma"+"Q. coletada no lixão por catadores"
Units: ton
- (142) "Q. MR1 em espera"= INTEG ("Q. MR1 para prensagem, enfardamento e armazenamento"-
"Q. MR1 prensado, enfardado e armazenado",0)
Units: ton
- (143) "Q. MR1 encaminhada para prensagem, enfardamento e armazenagem"="Q. processada na
UTMB"*Índice de recicláveis
Units: ton
- (144) "Q. MR1 para prensagem, enfardamento e armazenagem"=Fluxo total 4-Produção de rejeito 4
Units: ton
- (145) "Q. MR1 prensada, enfardada e armazenada"=IF THEN ELSE(Diferença 15>0, "Q. MR1
recebida para prensagem, enfardamento e armazenagem", "Q. MR1 recebida para
prensagem, enfardamento e armazenagem"-Déficit 15)
Units: ton/dia
- (146) "Q. MR1 prensado, enfardado e armazenado"=IF THEN ELSE(Diferença 6>0, "Q. MR1 para
prensagem, enfardamento e armazenagem", "Q. MR1 para prensagem, enfardamento e
armazenamento"-Déficit 6)
Units: **undefined**
- (147) "Q. MR1 recebida para prensagem, enfardamento e armazenagem"=IF THEN ELSE(Diferença
14>0, "Q. MR1 encaminhada para prensagem, enfardamento e armazenagem", ("Q. MR1 encaminhada
para prensagem, enfardamento e armazenagem"-Déficit 14))
Units: ton

- (148) "Q. MR2 em espera1"= INTEG ("Q. MR1 encaminhada para prensagem, enfardamento e armazenagem"- "Q. MR1 recepcionada para prensagem, enfardamento e armazenagem",0)
Units: ton/dia
- (149) "Q. MR2 em espera2"= INTEG ("Q. MR1 recepcionada para prensagem, enfardamento e armazenagem"- "Q. MR1 prensada, enfardada e armazenada", 0)
Units: **undefined**
- (150) "Q. MR3 em espera"= INTEG ("Q. MR3 para prensagem, enfardamento e armazenamento"- "Q. MR3 prensado, enfardado e armazenado",0)
Units: ton
- (151) "Q. MR3 para prensagem, enfardamento e armazenamento"=Fluxo total 2-Produção de rejeito 2
Units: ton
- (152) "Q. MR3 prensado, enfardado e armazenado"=IF THEN ELSE(Diferença 16>0, "Q. MR3 para prensagem, enfardamento e armazenamento", "Q. MR3 para prensagem, enfardamento e armazenamento"-Déficit 16)
Units: ton
- (153) "Q. MR4 em espera"= INTEG ("Q. MR4 para prensagem, enfardamento e armazenamento"- "Q. MR4 prensado, enfardado e armazenado", 0)
Units: ton/dia
- (154) "Q. MR4 para prensagem, enfardamento e armazenamento"=Fluxo total 3-Produção de rejeito 3+"Q. MR vinda de outros meios"
Units: ton/dia
- (155) "Q. MR4 prensado, enfardado e armazenado"=IF THEN ELSE(Diferença 17>0, "Q. MR4 para prensagem, enfardamento e armazenamento", "Q. MR4 para prensagem, enfardamento e armazenamento"-Déficit 17)
Units: ton
- (156) "Q. Polos geradores"=18.84+41.01+214.28
Units: toneladas/dia
- (157) "Q. processada na UTMB"=IF THEN ELSE(Diferença 9>0, "Q. recepcionada na UTMB", "Q. recepcionada na UTMB"-Déficit 9)
Units: ton
- (158) "Q. RDO a ser coletada"=Geração RDO com redução*Taxa de cobertura
Units: toneladas/dia
- (159) "Q. RDO convencional a coletar"=Coleta por operadoras do sistema*Parcela convencional
Units: ton
- (160) "Q. RDO convencional coletado"=IF THEN ELSE(Diferença 1>0, "Q. RDO convencional a coletar", "Q. RDO convencional a coletar"-Déficit 1)
Units: toneladas/dia
- (161) "Q. RDO destinada inadequadamente"=Demanda não atendida por falta de cobertura
Units: ton
- (162) "Q. RDO seletivo a coletar"=Coleta por operadoras do sistema*Parcela seletiva
Units: ton/dia
- (163) "Q. RDO seletivo coletado"=IF THEN ELSE(Diferença 2>0, "Q. RDO seletivo a coletar", "Q. RDO seletivo a coletar"-Déficit 2)
Units: toneladas/dia

- (164) "Q. RDO seletivo em espera"= INTEG ("Q. CS encaminhada transbordo"- "Q. CS recepcionada tranbordo", 0)
Units: ton
- (165) "Q. recepcionada centrais públicas"="Q. CS a enviar"*Parcela 1
Units: ton
- (166) "Q. recepcionada na UTMB"="Q. CC a enviar"*Taxa de envio 3
Units: toneladas/dia
- (167) "Q. recepcionada nas organizações de catadores"="Q. CS a enviar"*Parcela 2
Units: toneladas/dia
- (168) "Q. recepcionada"="Q. 1 enviada lixão"+"Q. 2 enviada lixão"
Units: ton
- (169) "Q. rejeito em espera"= INTEG ("Q. rejeitos recepcionada"-Fluxo de entrada ao Aterro,0)
Units: **undefined**
- (170) "Q. rejeitos recepcionada"="Q. rejeitos"+"Q. rejeitos vinda de outros processos"
Units: ton
- (171) "Q. rejeitos vinda de outros processos"=Produção de rejeito 1+Produção de rejeito 2+Produção de rejeito 3+Produção de rejeito 4
Units: ton
- (172) "Q. rejeitos"="Q. processada na UTMB"*Índice de rejeitos
Units: ton
- (173) "Q. transbordo a processar"="Q. CC restante no transbordo"*(1-Taxa de envio 1)
Units: toneladas/dia
- (174) "Q. vinda de outras coletas"="Q. grandes geradores"+"Q.PVE"
Units: ton
- (175) "Q.PVE"="Q. RDO a ser coletada"*Fração 3
Units: ton/dia
- (176) Quantidade processada por catador=2.5/30
Units: toneladas processadas/dia
- (177) Receitas=Arrecadação
Units: **undefined**
- (178) REJEITOS= INTEG ("Q. Aterro Sanitário", 0)
Units: **undefined**
- (179) Rural=0
Units: **undefined**
- (180) Saldo= INTEG (Receitas-Despesas, 0)
Units: **undefined**
- (181) SAVEPER = TIME STEP
Units: Day [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (182) Taxa 1=0
Units: **undefined**

- (183) Taxa 2=28.8/100
Units: **undefined**
- (184) Taxa 3=40/100
Units: **undefined**
- (185) Taxa 4= 69.8/100
Units: **undefined**
- (186) Taxa de cobertura=1-(Rural+Urbana)
Units: **undefined**
- (187) Taxa de envio 1=0
Units: **undefined**
- (188) Taxa de envio 2=0
Units: **undefined**
- (189) Taxa de envio 3=46/100
Units: **undefined**
- (190) TIME STEP = 1
Units: Day [0,?]
The time step for the simulation.
- (191) TLP= 1.44914e+008
Units: **undefined**
- (192) Urbana= 0
Units: **undefined**
- (193) Varrição= 1.20477e+008+2.02749e+006
Units: **undefined**