

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

**HIERARQUIZAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA O  
GERENCIAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO  
RECICLÁVEL NO DISTRITO FEDERAL**

**FERNANDA LEMOS DA SILVA**

**ORIENTADOR: FRANCISCO JAVIER CONTRERAS PINEDA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL  
E RECURSOS HÍDRICOS**

**BRASÍLIA/DF: JULHO – 2017**

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

**HIERARQUIZAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA O  
GERENCIAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO  
RECICLÁVEL NO DISTRITO FEDERAL**

**FERNANDA LEMOS DA SILVA**

**DISSERTAÇÃO 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 MESTRE EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS  
HÍDRICOS.**

**APROVADA POR:**

---

**Prof<sup>a</sup> Francisco Javier Contreras Pineda, PhD (ENC-UnB)  
(Orientadora)**

---

**Prof. Marco Antonio Almeida de Souza, PhD (ENC-UnB)  
(Examinador Interno)**

---

**Prof. Ana Paula Bortoleto, PhD (UNICAMP)  
(Examinador Externo)**

**BRASÍLIA/DF, 13 DE JULHO DE 2017**

Dedico,

À todas as mulheres que já lutaram e as  
que ainda lutam pelo seu espaço na  
sociedade.

E, em especial, às mulheres da minha  
família, que sempre me ensinaram a  
sonhar e a ter coragem para concretizar  
esses sonhos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família por ter me ensinado valores essenciais para o alcance de mais um objetivo na minha vida. À minha mãe por ter me apoiado nos momentos mais difíceis e me incentivado a ser uma pessoa e profissional melhor. À minha tia Lila que faz parte de todos esses momentos únicos, me orientando e conduzindo em prol do meu sucesso e da minha felicidade. À minha avó por ser exemplo de coragem e de amor. À todas as minhas tias que são mulheres incríveis e que me ensinam tantas coisas sobre esse mundo. Amo muito todas vocês e toda a nossa família, daquele amor que transborda.

Agradeço a tantos amigos, que, mesmo de longe, sempre procuraram me apoiar e mandar mensagens de muita positividade. Laís, Sandy, Thaissa, Adriane, Jéssica e todo nosso grupo, espero que sempre possamos manter esse companheirismo fantástico!

Aos grandes amigos que compartilharam do mesmo teto comigo em Brasília, que me ajudaram em trabalhos, que vivenciaram comigo todas as dificuldades e alegrias. Angélica e Renei, sem vocês, chegar até aqui teria sido uma batalha muito mais árdua.

Ao Gabriel, Emílio e Karina. Todos vocês tornaram a minha vivência em Brasília muito mais alegre, sentirei muitas saudades.

Agradeço ao meu orientador, por ter me acompanhado em cada etapa deste trabalho. Ao professor Marco Antônio, por ter me auxiliado em momentos cruciais desta pesquisa. A todos os meus professores do PTARH pelo conhecimento repassado e aos meus colegas de classe por compartilharem de seus conhecimentos comigo também.

A todos os colaboradores do SLU, que me repassaram todas as informações necessárias para o bom andamento deste trabalho. Aos atores sociais que, além de responderem ao meu questionário, ainda me repassaram diversos pontos de vista que tornaram minha visão sobre o tema muito mais abrangente.

Ao CNPq pelo fornecimento de bolsa de pesquisa. À FAP DF pelo fornecimento de auxílio que me possibilitou apresentar trabalho científico no Chile e fazer um curso de verão sobre a minha área na Áustria. À ISWA por ter me selecionado, dentre tantos estudantes de todo o mundo, a fazer esse curso sem custos.

Obrigada a todos que, indiretamente, também me auxiliaram nesse processo. E que venham mais realizações!!!!

## **RESUMO**

### **HIERARQUIZAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO RECICLÁVEL NO DISTRITO FEDERAL**

O DF se encontra atualmente em período de transição para encerramento do recebimento de resíduos domiciliares no lixão do Jóquei e início da operação do aterro sanitário de Brasília, com isso, ele está se enquadrando ao que preconiza a PNRS para disposição ambientalmente correta de seus rejeitos. No entanto, para que apenas rejeitos sejam dispostos no aterro sanitário, a PNRS também recomenda a prioridade de destinação de resíduos para a reciclagem. Neste contexto, este trabalho buscou alternativas para o gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) recicláveis de Brasília, visando avaliar as mudanças e implicações nas dimensões ambiental, social e econômica.

Seis alternativas foram propostas: 3 Centrais de Triagem de Resíduos (CTR's) operando em um turno, 3 CTR's operando em dois turnos, 7 CTR's operando em um turno, 7 CTR's operando em dois turnos, 3 CTR's operando em um turno e 4 em dois turnos e 4 CTR's operando em um turno e 3 em dois turnos. Fez-se uso dos Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão (MCAD) TOPSIS e ELECTRE II para ordenação dessas alternativas, que foram avaliadas a partir dos critérios inclusão de catadores, recuperação de materiais, vida útil do aterro sanitário, custo de implantação e custo de operação. Os critérios selecionados tiveram uma pré-seleção com base na literatura e, posteriormente, aplicando-se questionários com atores sociais, os quais também foram consultados, em seguida, para aquisição dos pesos dos critérios.

Os resultados após a aplicação dos métodos MCAD indicam que a alternativa preferível foi a que maximiza os benefícios, 6 CTR's em dois turnos, demonstrando menor importância para redução de custos. Sendo que, caso os custos tivessem maior relevância, a alternativa de 3 CTR's em dois turnos seria a melhor opção. Também pode-se concluir através deste trabalho que, concomitante à infraestrutura de triagem, outras ações devem ser executadas, pois ao se caracterizar o critério cooperação da população, que foi selecionado, mas não aplicado aos modelos, nos moldes do gerenciamento atual, a população de Brasília não seria suficiente para fornecer a quantidade de resíduos que deveria ser coletada para abastecer as 6 CTR's em dois turnos. Aconselha-se para isso educação ambiental da população, fornecimento de containers diferenciados para os tipos de resíduos e otimização das rotas da coleta seletiva.

Palavras chave: Gerenciamento de RSU recicláveis, MCAD, Distrito Federal.

## **ABSTRACT**

### **HIERARCHIZATION OF ALTERNATIVES FOR THE MANAGEMENT OF RECYCLABLE SOLID HOUSEHOLD WASTE AT THE FEDERAL DISTRICT - BRAZIL**

The Federal District of Brazil is currently going through a transition from receiving household waste at the Jóquei garbage dump to starting the operation at the Brasília's landfill, and so, fulfilling what the National Policy for Solid Waste (Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS) commends for the correct disposal of waste. However, to guarantee that the landfill receives only rejects, the PNRS also recommends that waste must be primarily recycled. In this context, this work searched for alternatives to manage the recyclable household waste of Brasília, seeking to evaluate the changes and implications on environmental, social and economic dimensions.

Six alternatives were proposed: 3 Waste Sorting Centrals (Centrais de Triagem de Resíduos – CTR's) operating during one shift; 3 CTR's operating during two shifts; 7 CTR's operating during one shift; 7 CTR's operating during two shifts; 3 CTR's operating during one shift and 4 CTR's operating during two shifts; and 4 CTR's operating during one shift and 3 CTR's operating during two shifts. The TOPSIS and ELECTRE II multiple-criteria decision analysis (MCDA) methods were used to arrange these alternatives, which were evaluated from the following criteria: inclusion of waste collectors, materials retrieval, landfill lifespan, implementation costs and operating costs. These criteria were chosen from a previous selection based on scientific literature, and subsequently by the application of questionnaires with social actors, who were consulted afterwards to determine the relevance of the criteria.

The results after the application of the MCDA methods indicate that the preferable alternative is the one that maximizes the benefits, which is the use of 6 CTR's operating during two shifts, demonstrating less relevance to the reduction of costs. If the costs had more relevance, 3 CTR's operating during two shifts would be the best option. It can also be concluded from this work that other operations should be performed simultaneously with the waste sorting infrastructure, considering the fact that the population cooperation criterion (which was selected but not used on the models) reveals that, on the current management pattern, the Brasília's population would not be capable of providing the amount of waste that should be collected to supply 6 CTR's operating during two shifts. Environmental training for the population, special containers for different waste and optimization of selective waste collection are recommended in order to fulfill this gap.

**Keywords:** Recyclable waste management, MCDA, Federal District of Brazil.

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 - OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 - GERAL .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 - ESPECÍFICOS .....</b>	<b>4</b>
<b>3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1 - O GERENCIAMENTO DE RSU NO BRASIL .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2 - A LOGÍSTICA REVERSA PÓS-CONSUMO E O GERENCIAMENTO DE RSU RECICLÁVEIS .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2.1 - O gerenciamento de RSU recicláveis em Curitiba - PR .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2.2 - O gerenciamento de RSU recicláveis em São Paulo - SP .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3 - AS DIMENSÕES SOCIAL, AMBIENTAL E ECONÔMICA NO GERENCIAMENTO DE RSU RECICLÁVEIS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.1 - Análise de Fluxo de Materiais como suporte para avaliação em gerenciamento de RSU.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.2 - Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica em análises para gerenciamento de RSU.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4 - METODOLOGIA MULTICRITERIO DE APOIO À DECISÃO (MCAD) .....</b>	<b>24</b>
<b>4 - METODOLOGIA .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 - DIAGNÓSTICO DO GERENCIAMENTO DE RSU RECICLÁVEIS DO DF .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.1 - Utilização do software STAN .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2 - FORMULAÇÃO E APLICAÇÃO DE MCAD .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.1 - Definição de alternativas, atores sociais e critérios.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.2 - Avaliação de desempenho das alternativas.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.3 - Definição de métodos multicritério .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.3.1 - ELECTRE II.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.3.1 - TOPSIS .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.4 - Análise de sensibilidade.....</b>	<b>39</b>
<b>5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>40</b>

<b>5.1 - DIAGNÓSTICO DO GERENCIAMENTO DE RSU RECICLÁVEIS DO DF</b>	40
.....	
<b>5.1.2 - Geração, caracterização e capacidade de aproveitamento para reciclagem</b>	40
<b>5.1.3 - Coleta convencional e seletiva</b>	44
<b>5.1.4 - Triagem e tratamento</b>	49
5.1.4.1 - Triagem dos resíduos da coleta seletiva do DF	50
5.1.4.2 - UTL e UCTL	52
<b>5.1.5 - O lixão do Jóquei e seu processo de desativação para recebimento de resíduos domiciliares</b>	59
<b>5.1.6 - Planos do SLU quanto à coleta seletiva, triagem e reciclagem</b>	64
<b>5.2 - FORMULAÇÃO E APLICAÇÃO DE MCAD AO GERENCIAMENTO DE RSU RECICLÁVEIS NO DF</b>	68
<b>5.2.1 - Definição de alternativas</b>	68
<b>5.2.2 - Definição de atores sociais</b>	74
<b>5.2.3 - Definição de critérios</b>	76
<b>5.2.4 - Avaliação de desempenho das alternativas</b>	82
5.2.4.1 - Cooperação da população	82
5.2.4.2 - Inclusão de catadores	88
5.2.4.3 - Recuperação de materiais	89
5.2.4.4 - Vida útil do aterro	92
5.2.4.5 - Custo de operação	94
5.2.4.6 - Custo de implantação	96
<b>5.2.5 - Aplicação de métodos MCAD</b>	97
5.2.5.1 - Peso de critérios	97
5.2.5.2 - Ordenamento das alternativas a partir do método ELECTRE II	98
5.2.5.3 - Ordenamento das alternativas através do método TOPSIS	103
5.2.5.4 - Análise de sensibilidade	106
<b>6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>112</b>
<b>APÊNDICE A - FLUXOS DO AFM DAS ALTERNATIVAS PROPOSTAS</b>	127
<b>APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO APLICADO PARA DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS</b>	133
<b>APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO APLICADO PARA AQUISIÇÃO DE PESO DE CRITÉRIOS</b>	140
.....	

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Cadeia de gerenciamento de RSU .....	5
Figura 3.2 - Priorização para destinação de resíduos sólidos .....	8
Figura 3.3 - Fluxo linear para o gerenciamento de RSU .....	10
Figura 3.4 - Fluxo da logística reversa de gerenciamento de RSU .....	11
Figura 3.5 - Fluxo de gerenciamento de resíduos da coleta seletiva em Curitiba .....	14
Figura 4.1 - Metodologia da pesquisa .....	28
Figura 4.2 - Análise do Fluxo de Materiais para o gerenciamento de RSU do DF em 2015 .....	30
Figura 4.3 - Representação das preferências de alternativas a partir de símbolos .....	36
Figura 5.1 - Renda domiciliar média mensal em termos de salários mínimos das RA's do DF .....	42
Figura 5.2 - Percentual de massa coletada por lotes da coleta seletiva .....	47
Figura 5.3 - Percentual da população em cada lote da coleta seletiva.....	47
Figura 5.4 - Esquema de processamento de resíduos da UTL.....	53
Figura 5.5 - Imagens das instalações da UTL .....	53
Figura 5.6 - Imagens do galpão de triagem da UTL.....	54
Figura 5.7 - Reatores desativados da UCTL .....	55
Figura 5.8 – Esquema de processamento de resíduos da UCTL .....	56
Figura 5.9 - Imagens das instalações da UCTL.....	57
Figura 5.10 - Imagens do galpão em que se armazena e prensa os recicláveis na UCTL .....	57
Figura 5.11 - Pátios com composto na UCTL.....	58
Figura 5.12 - Galpão de peneiramento de MSA e abastecimento dos caminhões da UCTL .....	58
Figura 5.13 - Imagens do lixão do Jóquei .....	60
Figura 5.14 - Imagens do aterro sanitário de Brasília.....	62
Figura 5.15 - Parte do projeto executivo de arquitetura “ARQ 04” do Centro de Triagem de Resíduos Sólidos da Asa Sul .....	66
Figura 5.16- Mapa de Águas Claras com o roteiro da coleta convencional.....	84
Figura 5.17 - Mapa de Águas Claras com o roteiro da coleta seletiva.....	84
Figura 5.18 - Mapa do Lago Sul com o roteiro da coleta convencional.....	85
Figura 5.19 - Mapa do Lago Sul com o roteiro da coleta seletiva.....	85

Figura 5.20 - Representação no software Microsoft Excel das matrizes de concordâncias do método ELECTRE II para o estudo.....	99
Figura 5.21 - Representação no software Microsoft Excel das matrizes de discordância do método ELECTRE II para o estudo.....	100
Figura 5.22 - Matriz final representando a concordância entre as alternativas.....	101
Figura 5.23 - Matriz final representando a discordância entre as alternativas.....	101
Figura 5.24 - Representação dos resultados para preferência fraca do método ELECTRE II.....	101
Figura 5.25 - Representação “para frente” da preferência de alternativas do método ELECTRE II para a pesquisa.....	102
Figura 5.26 - Representação “para trás” da preferência de alternativas do método ELECTRE II para a pesquisa.....	102
Figura 5.27 - Fórmulas para o cálculo de $d_p^{PIS}$ e $d_p^{NIS}$ e sua aplicação para a Alternativa 01 e $p=1$ .....	104
Figura 5.28 - Representação “para frente” e “para trás” do método ELECTRE II considerando peso maior para o critério custo de implantação.....	108
Figura 5.29 - Representação “para frente” e “para trás” do método ELECTRE II considerando peso maior para o critério custo de operação.....	108
Figura 5.30 - Representação “para frente” e “para trás” do método ELECTRE II considerando peso maior para o critério custo de implantação e $p=0,6$ e $q=0,5$ .....	109
Figura 5.31 - Representação “para frente” e “para trás” do método ELECTRE II considerando peso maior para o critério custo de operação e $p=0,6$ e $q=0,5$ .....	110

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Quantidade de resíduos da coleta regular e seletiva de Curitiba.....	14
Tabela 3.2 - Índice de recuperação de RSU recicláveis em São Paulo – 2012 .....	17
Tabela 5.1 - Geração, projeção da população para 2015, geração per capita e participação na geração de RSU de cada RA.....	41
Tabela 5.2 - Resultados em porcentagem para composição gravimétrica dos resíduos da coleta convencional para as 16 RA's.....	43
Tabela 5.3 - Resultados em porcentagem para composição gravimétrica dos resíduos da coleta seletiva para as 16 RA's.....	43
Tabela 5.4 - Quantidade de resíduos da coleta domiciliar e seletiva por RA do DF.....	45
Tabela 5.5 - Empresa responsável pela coleta seletiva em cada lote, porcentagem da população atendida, coleta e abrangência.....	46
Tabela 5.6 - Informações sobre contratos de coleta seletiva, quantidade real de resíduo coletado e o valor por tonelada real coletada .....	48
Tabela 5.7 - Organização e número de catadores da coleta seletiva, seus equipamentos e instalações, média mensal recebida e porcentagem de recebimento de resíduo .....	51
Tabela 5.8 - Etapas, áreas disponíveis de cada etapa, capacidade e estimativa de vida útil para o aterro sanitário de Brasília .....	63
Tabela 5.9 - Perspectiva de cronograma da disposição final de rejeitos do DF .....	63
Tabela 5.10 - Postos de trabalho e capacidade de recepção de resíduo nas CTR's para um turno de funcionamento .....	65
Tabela 5.11 - Metas de incremento na eficiência da coleta seletiva para o DF até 2037....	67
Tabela 5.12 - Quantidade de resíduo a ser triado da coleta seletiva na UTL e UCTL... ..	70
Tabela 5.13 - Alternativas possíveis no estudo .....	72
Tabela 5.14 - Quantidades e variações para 30 e 50% de aproveitamento de resíduo para reciclagem nas alternativas propostas .....	73
Tabela 5.15 - Órgãos, função e justificativa de escolha para o trabalho .....	75
Tabela 5.16 - Critérios encontrados em mais de um dos artigos analisados .....	76
Tabela 5.17 - Artigos analisados e critérios encontrados .....	77
Tabela 5.18 - Critérios definidos para a pesquisa.....	79
Tabela 5.19 - Critérios e sua explicação.....	80
Tabela 5.20 - Frequência de cada critério nas posições de 1 a 4, 5 a 9 e 10 a 13.....	81

Tabela 5.21 - Atendimento da coleta seletiva nas RA's, projeção da sua população para 2015, população não atendida e atendida pelo serviço.....	86
Tabela 5.22 - Postos de trabalho fornecidos em cada uma das CTR's.....	88
Tabela 5.23 - Postos de trabalho de catadores nas CTR's e galpões.....	89
Tabela 5.24 - Quantidade de resíduo processado, porcentagem de aproveitamento e quantidade destinada para reciclagem .....	90
Tabela 5.25 - Quantidade de resíduo, em tonelada, destinado para a reciclagem de acordo com as alternativas e porcentagem de variação comparada a atual.....	91
Tabela 5.26 - Cálculos para aumento da vida útil do aterro sanitário de Brasília, considerando valor fixo de exportação de resíduos.....	93
Tabela 5.27 - Cálculos para variação da vida útil do aterro sanitário de Brasília, desconsiderando exportação de resíduos .....	93
Tabela 5.28 - Despesa mensal para operação de CTR's de acordo com a quantidade de habitantes.....	94
Tabela 5.29 - Recursos financeiros despendidos para operação das CTR's e coleta seletiva e a porcentagem de diferença entre eles .....	96
Tabela 5.30 - Média resultante dos valores de peso para cada critério .....	98
Tabela 5.31 - Resultado final do ordenamento.....	103
Tabela 5.32 - Avaliação das alternativas para o método TOPSIS.....	104
Tabela 5.33 - Resultados dos cálculos de cada alternativa pelo método TOPSIS.....	105
Tabela 5.34 - Ordenamento das alternativas pelos métodos TOPSIS .....	105
Tabela 5.35 - Análise de sensibilidade do método TOPSIS para aumento e diminuição de 10% dos pesos de cada um dos critérios.....	106
Tabela 5.36 - Análise de sensibilidade do método TOPSIS para pesos iguais e peso de 0,6 para cada critério .....	107
Tabela 5.37 - Ordenamento resultante do método ELECTRE II para aumento de peso dos critérios custo de implantação e de operação .....	109
Tabela 5.38 - Ordenamento resultante no método ELECTRE II para aumento de peso do critério custo de implantação e $p=0,6$ e $q=0,5$ .....	110
Tabela 5.39 - Ordenamento resultante do método ELECTRE II para aumento de peso dos critérios custo de operação e $p=0,6$ e $q=0,5$ .....	110

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACV	Análise de Ciclo de Vida
ADASA	Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal
AFM	Análise de Fluxo de Materiais
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ANP	<i>Analytic Network Process</i>
BNDEPS	Banco Nacional do Desenvolvimento
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CODELAN	Companhia de Planejamento do Distrito Federal
CONLURB	Conselho de Limpeza Urbana do Distrito Federal
CTR	Central de Triagem de Resíduos
DF	Distrito Federal
DIGER	Diretoria de gestão
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ELECTRE	<i>Elimination Et Choix Traduisant la Réalité</i>
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	Escritório de Projetos Especiais
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GT	Grupo de Trabalho
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFC	<i>International Finance Corporation</i>
INESC	Instituto de Estudos Socioeconômico

IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
MCAD	Método Multicritério de Apoio a Decisão
MP	Ministério Público
MSA	Material Secundário para Agricultura
NIMBY	<i>Not In My Backyard</i>
NIS	<i>Negative Ideal Solution</i>
NOVACAP	Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PGIRS	Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos
PIB	Produto Interno Bruto
PIS	<i>Positive Ideal Solution</i>
PMSC	Plano Municipal de Saneamento de Curitiba
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>
RA	Região Administrativa
REE	Resíduos Eletroeletrônicos
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEDEST	Secretaria Estadual de Desenvolvimento Social e Transferência de Renda do Distrito Federal
SEMA	Secretaria de Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINESP	Secretaria de Estado de Infraestrutura e Serviços Públicos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SLU	Serviço de Limpeza Urbana
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
STAN	<i>subSTance flow ANalysis</i>
SUASA	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária
TLP	Taxa de Limpeza Pública
TOPSIS	<i>Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution</i>

UCTL	Usina Central de Tratamento de Lixo
UNB	Universidade de Brasília
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
UTL	Usina de Tratamento de Lixo
UVR	Unidade de Valorização de Resíduos

## **1 - INTRODUÇÃO**

A destinação final de resíduos sólidos é uma questão que vem sendo debatida em diversos setores da sociedade, devido aos problemas que sua disposição inadequada pode acarretar de impactos ambientais, como a poluição de recursos hídricos, solo e ar. A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016) relata que as principais destinações finais de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil, em 2015, foram a disposição em lixões (17,2%), em aterros controlados (24,1%) e em aterros sanitários (58,7%).

O relatório da ABRELPE não fornece dados sobre a reciclagem como destinação final, apenas cita que 69,3% dos municípios brasileiros possuem iniciativas de coleta seletiva, mas que essas iniciativas não abrangem toda a população dos municípios.

Pode-se perceber que parcela dos resíduos sólidos ainda apresenta uma disposição final que não é considerada ambientalmente adequada, o que vai de encontro à Lei 12.305/2010, Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual determina que os rejeitos tenham distribuição ordenada 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.

A PNRS ainda determina que os resíduos aproveitáveis devem ter como prioridade de destinação o reaproveitamento e reciclagem, demonstrando que não apenas iniciativas, mas programas concretos de coleta seletiva e reciclagem devam ser implantados nos municípios brasileiros.

Dessa forma, diversos municípios estão procurando se adequar às exigências estabelecidas pela lei, e as Regiões Administrativas (RA's) do Distrito Federal (DF) também devem atender a esses preceitos. Em 2016, o DF ainda depositava todos os seus RSU em um vazadouro a céu aberto (lixão) localizado na cidade Estrutural, denominado de lixão do Jóquei, no entanto, em janeiro de 2017 iniciou a operação do aterro sanitário de Brasília, e os resíduos que eram destinados ao vazadouro a céu aberto passam, gradativamente, a ser enviados a esse aterro sanitário (SLU, 2016a).

É evidente que o lixão do Jóquei ocasiona diversos impactos ambientais, já que a única ação de mitigação de impactos ambientais é o seu recobrimento, reduzindo a proliferação de vetores e emissão de gases, por exemplo. Além disso, o lixão do Jóquei é um local

com diversos problemas sociais devido aos catadores que possuem como sua fonte de renda a atividade de catação no vazadouro a céu aberto, atividade realizada em um ambiente insalubre, podendo ocasionar risco à saúde dessas pessoas.

No entanto, é necessário haver um planejamento quando um município passa por esse período de transição de encerramento de destinação de RSU para vazadouros a céu aberto e início da operação de aterros sanitários, e no caso do DF, umas das grandes preocupações desse período é o impacto no gerenciamento de RSU recicláveis, já que 42 toneladas de materiais recicláveis são retiradas diariamente do lixão do Jóquei e encaminhados para a reciclagem através da ação de coleta dos catadores, esse número corresponde a cerca de 36% do resíduo que é reciclado no DF. Além disso, cerca de 47% dos resíduos coletados pela coleta seletiva também são triados no vazadouro a céu aberto (o restante é triado em galpões de catadores) (SLU, 2016a).

O Serviço de Limpeza Urbana (SLU) do DF já prevê a instalação de Centrais de Triagem de Resíduos – CTR's, alternativas locais para execução da atividade de triagem dos resíduos da coleta seletiva. No entanto, o planejamento dessas centrais não levou em consideração a adequada expansão e eficiência da coleta seletiva, pois ao se analisar a capacidade de processamento das CTR's e as metas de incremento apresentadas da coleta seletiva no anexo IV do Memorando nº 09/2016 encaminhado pelo SLU ao Ministério Público, apenas em 2023 seria coletada quantidade de RSU suficiente para abastecer todas as centrais em um turno, e apenas em 2031 em dois turnos.

Dessa forma, este trabalho possui sua relevância em estudar e analisar a situação atual do gerenciamento de RSU no DF e os planejamentos do SLU com o intuito de analisar os problemas e propor melhorias, além de evidenciar as questões ambientais, sociais e econômicas que necessitam ser abordadas para este momento.

Na questão técnica e ambiental, por exemplo, tem-se que a vida útil de um aterro sanitário, em um município no qual não há programas de coleta seletiva será consequentemente reduzida.

Na área social, como já abordado, há cerca de 60% de catadores no DF que exercem sua atividade de catação de materiais recicláveis no lixão do Jóquei, e ao se interromper a destinação de RSU para o local e se iniciar a operação do aterro sanitário de Brasília, não haverá mais a fonte de renda advinda dessa atividade para essas pessoas (SLU, 2015).

A inclusão de CTR's e ampliação de coleta seletiva também traz impactos econômicos, como os custos adicionais de operação para o SLU, em um cenário em que os custos para disposição final através do aterro sanitário de Brasília já representam despendimento financeiro que antes eram inexistentes.

Configura-se, dessa forma, uma problemática em que há uma gama de critérios e interesses e que diversas soluções podem ser apresentadas para melhorar a situação atual. Como este trabalho visa abranger as dimensões ambiental, social e econômica e consultar atores sociais que participam do gerenciamento de RSU recicláveis, seja como tomadores de decisão ou atores impactados por elas, será possível obter uma perspectiva que será reflexo deste momento e do impacto dessas mudanças para a sociedade.

Assim, tem-se como finalidade deste trabalho a proposição de alternativas para o gerenciamento de RSU recicláveis de forma que se proporcione o aproveitamento de materiais para esse fim, com o intuito de reduzir os impactos negativos ocasionados pela desativação do lixão do Jóquei.

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 - GERAL**

O objetivo geral dessa pesquisa é o de propor e hierarquizar alternativas para o gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos recicláveis do Distrito Federal no cenário atual de encerramento das atividades no lixão do Jóquei.

### **2.2 - ESPECÍFICOS**

- Elaborar o diagnóstico da situação atual do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos recicláveis do DF;
- Definir e avaliar critérios das dimensões ambiental, social e econômica que representem as peculiaridades da área de estudo, com a contribuição de atores sociais do local;
- Definir alternativas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos recicláveis que incluam ações planejadas pelo órgão e possibilitem sua análise para inclusão de melhorias e que representem deficiências do sistema atual existente;
- Avaliação e hierarquização de alternativas com uso de método multicritério de apoio à decisão.

### 3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 - O GERENCIAMENTO DE RSU NO BRASIL

O gerenciamento de resíduos domiciliares pode ter diversas configurações devido à diversidade de realidades que podem ser encontradas em todo o território brasileiro. Até os anos 1990, a preocupação do poder público com o gerenciamento de resíduos se resumia a operar o sistema de limpeza urbana, promovendo varrição, coleta, transporte e disposição final dos resíduos e essa realidade permanece ainda em muitos municípios brasileiros (Jardim *et al.*,2012).

Na Figura 3.1, adaptada de Baratto *et al.* (2013), pode ser observado um sistema simplificado para o gerenciamento de RSU, no qual estão contidas etapas de gerenciamento desde a geração de resíduos até sua disposição final.

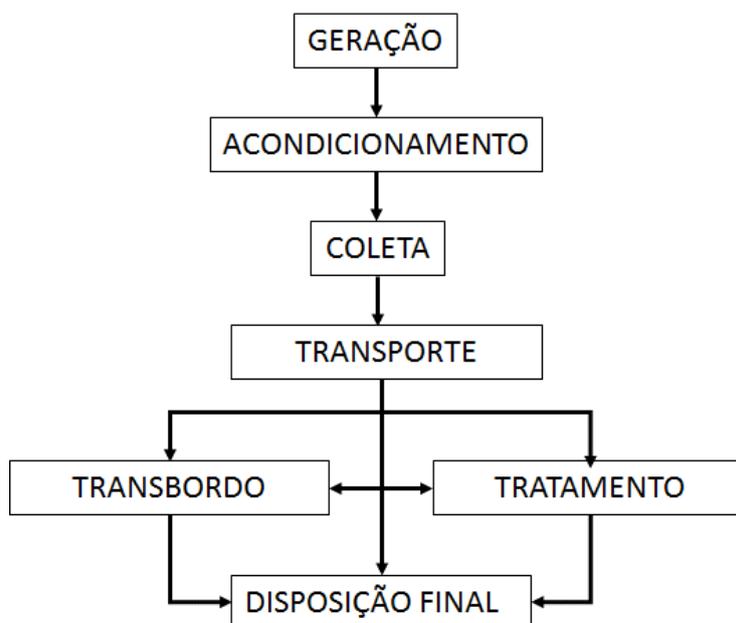


Figura 3.1 - Cadeia de gerenciamento de RSU (adaptado de Baratto *et al.*, 2013)

A geração de resíduos sólidos é a primeira etapa, da qual é importante obter dados das características e quantidade do material descartado específicos do município, já que há diversos fatores que podem acarretar na sua característica e no seu aumento de geração, tais como o crescimento populacional, o desenvolvimento tecnológico, as mudanças de hábito de consumo e o processo de urbanização (CETESB, 2009).

Esses resíduos gerados pela população precisam ser armazenados até que sejam coletados pela coleta municipal; no caso de existirem programas de coleta seletiva, os resíduos devem ser armazenados de forma diferenciada como forma de otimizar o sistema de

coleta de resíduo comum, concomitante aos de resíduos recicláveis. A coleta regular é o sistema mais comum e ocorre porta-a-porta para todo tipo de resíduo gerado na residência, já a coleta seletiva pode ocorrer tanto para porta-a-porta, como em pontos de entrega voluntária (PEV) (Bartholomeu e Caixeta-Filho, 2011).

O pre-processamento pode ocorrer ou não em um município, assim como as estações de transbordo, sendo que o primeiro se refere às estações de triagem ou tratamento de resíduos, como as centrais de triagem e usinas de compostagem, e o segundo são estações de transferência de carga de resíduos para veículos de maior capacidade, necessários quando as localidades de destinação final se situam mais distantes do raio de coleta. A disposição final é o ato de se depositar no solo o resíduo que não foi aproveitado para nenhum outro fim, sendo considerada ambientalmente correta, segundo a PNRS, quando efetuada em aterros sanitários (Bartholomeu e Caixeta-Filho, 2011).

No Brasil, algumas dessas etapas já têm apresentado desenvolvimento e aprimoramento constante. No entanto, ainda há diversos desafios que precisam ser enfrentados para que se alcance, ao menos, o que se prevê na PNRS.

O crescimento populacional no país vem acompanhado de um aumento na geração de resíduos, entre 2014 e 2015 a população apresentou uma taxa de crescimento de 0,8% e a geração *per capita* de RSU cresceu no mesmo ritmo. A geração total, por sua vez, atingiu o equivalente a 218.874 toneladas/dia de RSU, um crescimento de 1,7% em relação ao ano anterior (ABRELPE, 2016).

A comparação entre a quantidade de RSU gerada e o montante coletado em 2015, que foi de 72,5 milhões de toneladas, resulta em um índice de cobertura de coleta de 90,8% para o país. De 2014 para 2015 a coleta total e per capita de RSU aumentaram em 1,8% e 0,9%, respectivamente (ABRELPE, 2016).

Os dados sobre coleta seletiva, por sua vez, são apresentados de maneira diferenciada, enquanto ABRELPE (2016) relata que 69,3% dos municípios brasileiros possuem alguma iniciativa de coleta seletiva, o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE) (2016) não retrata apenas iniciativas, mas programas de coleta seletiva, sendo que apenas 1055 municípios brasileiros (cerca de 18% do total) operam esses programas, e apenas cerca de 15% da população brasileira têm acesso a eles.

Esses resíduos coletados, seja da coleta regular ou seletiva são destinados para diversas unidades de processamento, seja para tratamento ou disposição final: para lixões e aterros controlados, são enviados cerca de 22,4% da quantidade coletada, para aterros sanitários cerca de 53,3%, centrais de triagem 3,1% e compostagem, 36%. O restante é dividido em incineração, unidades de transbordo, autoclaves, dentre outros tipos que não recebem apenas resíduo domiciliar (SNIS, 2017).

Apesar de as centrais de triagem receberem valor representativo, a quantidade recuperada de resíduos no Brasil, compara à massa total coletada, ainda segundo o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) (2017), foi de apenas 2,2% no ano de 2015. Admitindo apenas a massa de resíduos sólidos recicláveis no Brasil, cerca de 30% de todo resíduo sólido gerado no país, a quantidade recuperada apresenta maiores índices, cerca de 5,7% do resíduo gerado dessa tipologia.

Os dados referentes ao SNIS têm sido cada vez mais representativos na medida que os municípios participam e informam corretamente seus dados. Em 2015, 3.520 municípios participaram do diagnóstico, ou seja, 63,2% do total do País. Em termos de população urbana, este percentual representa 82,8%, respondendo por 143 milhões de habitantes urbanos.

O fato de nem todos os municípios brasileiros participarem e de os dados informados serem apenas referentes ao gerenciamento público, excluindo dados de empresas privadas que fornecem alguns dos serviços de gerenciamento de resíduos, ocasiona algumas lacunas em informações.

No entanto, os dados coletados, somados às informações de CEMPRE e ABRELPE já evidenciam uma problemática existente no Brasil, em que tem havido esforços para a ampliação da coleta regular, da disposição ambientalmente correta do resíduo, mas ainda há necessidade de programas mais abrangentes e eficazes que tratem do resíduo de forma que apenas rejeitos sejam dispostos nos aterros sanitários.

Essa realidade brasileira precisa ser avaliada e modificada, pois vai de encontro à PNRS, em que a priorização das destinações ambientalmente corretas, deve ser observada da seguinte ordem: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Essa priorização quanto às destinações finais também é retratada em publicações como em UNEP (2010), a qual, conforme a Figura 3.2, retrata através de uma pirâmide invertida, como e em que dimensão deve ser realizada a destinação de resíduos.



Figura 3.2 - Priorização para destinação de resíduos sólidos (adaptado de UNEP, 2010)

Pode-se perceber por meio da Figura 3.2 que a prevenção de geração de resíduos, o reúso e a reciclagem são as destinações que devem ser priorizadas quando do gerenciamento de resíduos, e que o uso para energia, como em coprocessamento, e aterros sanitários devem ser destinações evitadas, que se estabeleçam apenas quando o resíduo não puder ser aproveitado para outro fim.

A disposição ambientalmente correta em aterros sanitários deverá existir em qualquer que seja o país, pois até mesmo as cinzas de incineração precisam ser dispostas em algum local. No entanto, os aterros sanitários são locais que incorporam diversos questionamentos e que precisam ser muito bem projetados e operados por diversos motivos.

Waldman (2013) relata que os aterros sanitários utilizam de vastas áreas de terreno e implicam em investimentos consideráveis para enterrar “matéria prima”. Essas estruturas estão sujeitas a falhas operacionais, podendo também redundar em vários outros acidentes, ocasionando impactos ambientais, como o transbordamento do chorume, sua infiltração no solo e escapamento de gases.

Outro problema quanto aos aterros sanitários se refere ao efeito NIMBY (Not In My Back Yard), na qual as pessoas têm apreensão a respeito de certos projetos implantados nas proximidades de suas casas, pois acreditam que eles podem diminuir sua qualidade de vida. Além de aterros sanitários, outros exemplos desses projetos são presídios, aeroportos, estação de tratamento de efluente, dentre outros.

Na China, o efeito NIMBY acontece devido ao odor provenientes de aterros sanitários, o que vem provocando diversas queixas da população (Cai *et al.*, 2015). Por isso, no Japão, estão se assumindo novas tecnologias de tratamento de resíduos para que se reduza a quantidade de resíduos dispostos em aterros, promovendo aumento da vida útil desses (Asakura *et al.*, 2010).

Xevgenos *et al.* (2015) apresentam em seu trabalho dezenove estudos de casos sobre sistema de gestão de resíduos sólidos na Europa e em todo o mundo, evidenciando que os países com economias desenvolvidas têm buscado implementar soluções que visem à diminuição de resíduos dispostos em aterros e o aumento da prevenção, reutilização e taxas de reciclagem. Pode-se perceber que, por mais que o Brasil ainda seja um país em desenvolvimento, a tendência que se segue é que cada vez mais se evite o uso de aterros sanitários e a promoção de um sistema que vise à reciclagem de materiais seja implementado.

Assim, para diminuir a pressão sobre o uso de apenas aterros sanitários como destinação de resíduos sólidos domiciliares, é necessário que se entenda como ocorre o gerenciamento de resíduos e quais das suas etapas precisam ser adaptadas para alcançar a diminuição dessa dependência. A reciclagem, nesse contexto, se mostra uma das alternativas possíveis e com impactos positivos no gerenciamento de resíduos; e como forma de justificar essa hipótese, será apresentado no subcapítulo 3.2 os sistemas de logística direta e reversa com a inclusão de reciclagem, além da alusão às mudanças advindas da proposição desse modelo de gerenciamento com a reciclagem como uma das destinações finais.

### 3.2 - A LOGÍSTICA REVERSA PÓS-CONSUMO E O GERENCIAMENTO DE RSU RECICLÁVEIS

A configuração de gerenciamento de resíduos que foi retratada baseada em Baratto et al. (2013), no tópico anterior, é uma configuração mais geral, que não aborda explicitamente as diferenças de um gerenciamento fundamentado apenas na disposição final ou um gerenciamento com vista ao retorno de materiais para produção de produtos novamente.

Para explicitar esses dois tipos de sistemas e discutir melhor o que está envolvido em cada um deles, foram elaborados dois fluxos de resíduos, sendo que ambos se iniciam na extração de recursos naturais para a produção de produtos, que serão consumidos e acarretarão na produção de resíduos. Ressalta-se que podem haver outras etapas e geração de resíduos sólidos e rejeitos em algumas das etapas, no entanto, o objetivo dos fluxogramas é demonstrar apenas as principais diferenças de cada uma das formas de gerenciamento e seus impactos.

O primeiro fluxograma, Figura 3.3, é apresentado em um fluxo linear, em que há uma necessidade de exploração constante e em grande intensidade dos recursos naturais para a produção de produtos, os quais serão consumidos, coletados pela coleta regular, efetuada por agentes da prefeitura, e depois transportados para aterros sanitários, onde serão aterrados e terão o fim de sua vida útil. É importante ressaltar que em diversas etapas há geração de resíduos, como na própria fase de “produção de produtos”, no entanto, ambas as figuras representam uma ilustração da configuração do fluxo da maior parte dos resíduos gerados em um município.



Figura 3.3 - Fluxo linear para o gerenciamento de RSU

Nesse fluxograma há total dependência do uso de aterros sanitários, por isso ele é tratado como um fluxo linear, já que todos os produtos produzidos não voltarão ao sistema e seguirão, em sua totalidade, para um único destino.

Como forma de reinserir esse produto no sistema e de minimizar o uso de aterros sanitários, surge a logística reversa, que propõe um novo modelo de gerenciamento de resíduos, o qual visa seu aproveitamento ao propor outras destinações para esse material.

O outro fluxograma tem como base essa logística e pode ser observado na Figura 3.4, em que há diversas mudanças, tendo primeiramente uma dependência menor de extração de recursos naturais, já que os produtos ao serem consumidos serão coletados seletivamente, enviados a uma estação de triagem, onde serão selecionados os resíduos aproveitáveis que seguirão para o mercado de recicláveis, e que se configuram em matéria-prima para produção de novos produtos. Nessa configuração, apenas os resíduos que não poderão ser aproveitados seguirão para aterros sanitários, e o resíduo aproveitável será inserido em um mercado, gerando renda para indústrias e para catadores, agentes ambientais que também executam a função de coleta e triagem de recicláveis no Brasil.

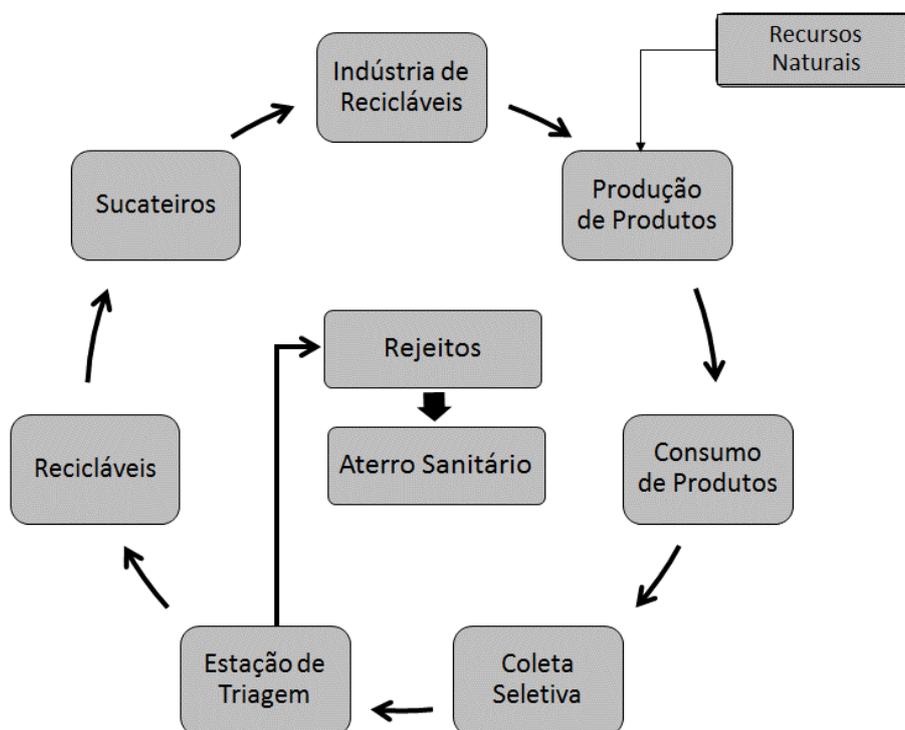


Figura 3.4 - Fluxo da logística reversa de gerenciamento de RSU

O fluxograma circular da logística reversa possui diversos benefícios, de forma que evidencia como ela deve ser incentivada por se estabelecer 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 (PNRS, 2010).

Nessa configuração gera-se valor e o uso adequado dos recursos, ao se promover a destinação correta dos bens materiais, garantindo o ganho ambiental e econômico na operação por meio da recuperação, reúso e remanufatura de bens (Sheriff *et al.*, 2012).

A logística reversa apresenta então benefícios ambientais e econômicos se for feito de forma sustentável, como, por exemplo, ao se encorajar a segregação na fonte para facilitar a triagem e a classificação. Os métodos caros usados nos países desenvolvidos podem não ser necessariamente imprescindíveis em países de baixa e média renda, nestes, pode se aproveitar do grande número de agentes ainda envolvidos na separação e triagem de resíduos mistos, os catadores (Kinobe *et al.*, 2015).

Entre os canais de distribuição reversos, merece destaque o canal reverso de reciclagem, por ser ele o responsável pela revalorização de produtos descartáveis, como os produtos derivados do plástico, transformando-os em matérias-primas secundárias que serão utilizadas para a fabricação de novos produtos, diminuindo o uso de matérias-primas virgens e o descarte irregular de produtos no ambiente (Tenório *et al.*, 2014).

Neste contexto, Deng e Wibowo (2015) ressaltam como a reciclagem como alternativa de destinação de resíduos é amplamente conhecida por favorecer as questões e estratégias ambientais e por ser a abordagem mais adequada para gerir eficazmente resíduos com vista à minimização de impactos negativos sobre o meio ambiente. A popularidade da reciclagem para o efetivo gerenciamento de resíduos é devido aos benefícios que ela pode proporcionar. A reciclagem, por exemplo, gera receita com a venda de produtos, e pode ajudar a reduzir os custos de gestão e tratamento de resíduos na organização. Também pode reduzir o uso de aterros sanitários, em uma sociedade em que esta é a forma comum de tratamento de resíduos nos dias de hoje.

Nos tópicos 3.2.1 e 3.2.2 serão apresentados estudos de caso de gerenciamento de recicláveis em municípios brasileiros, Curitiba e São Paulo, respectivamente, nos quais será exposto quão avançados estão outras capitais brasileiras quanto às ações de reciclagem.

### **3.2.1 - O gerenciamento de RSU recicláveis em Curitiba-PR**

O município de Curitiba é a sétima maior área metropolitana nacional em termos de PIB, que está situada no Estado do Paraná, no sul do Brasil. Curitiba tem uma área de 430,9 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 1,751 milhão em 2010, de acordo com os dados do censo de 2010 (IBGE, 2010).

Curitiba é uma das cidades brasileiras com maiores incentivos à reciclagem e desenvolve para isso diversos programas e ações. Os serviços de coleta e transporte de resíduos sólidos domiciliares contemplam a coleta e transporte de resíduos orgânicos e resíduos recicláveis. O serviço de coleta e transporte de resíduos úmidos é dividido em coleta convencional porta a porta e coleta indireta. A coleta de resíduos sólidos recicláveis é ofertada: porta a porta por meio do Programa denominado Lixo que não é Lixo, em pontos de troca pelo Programa denominado Câmbio Verde e ainda com o apoio à coleta informal realizada pelos catadores que integram o Programa denominado Ecocidadão (Plano Municipal de Saneamento de Curitiba - PMSC, 2013).

A coleta seletiva atende 100% do município, ela consiste de materiais potencialmente recicláveis, como: papéis, plásticos, metais e vidros, entre outros. Para a realização destas coletas são disponibilizados 34 caminhões baú de 40 m<sup>3</sup>, 59 motoristas e 146 coletores, equivalendo este quantitativo a 59 equipes. Após a conclusão dos setores de coleta e pontos de câmbio verde, os caminhões são pesados e seguem às Unidades de Valorização de Recicláveis (PMSC, 2013).

O Projeto de Gestão de Resíduos Sólidos de Curitiba (PGRSC) de 2015, elaborado por International Finance Corporation (IFC), (2015), informa que a cidade coletou em média, no ano de 2015, pela coleta convencional, 912.264 toneladas de resíduos. A população estimada para esse ano foi em torno de 1.886.128 habitantes, o que resulta em uma geração *per capita* de 1,33 kg/hab./dia. Também é informado no documento quanto foi coletado de resíduo doméstico e reciclável, através dos tipos de coleta, conforme apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Quantidade de resíduos da coleta regular e seletiva de Curitiba (adaptado de PGRSC, 2015)

<b>Tipo de coleta</b>	<b>Unidade</b>	<b>2015</b>	<b>%</b>
Resíduos coleta convencional			
Resíduos domésticos e comerciais	tonelada/ano	528.010	57,88%
Resíduos indiretos	tonelada/ano	7.426	0,81%
Limpeza pública	tonelada/ano	81.222	8,90%
Outros	tonelada/ano	89.865	9,85%
<b>Total</b>	<b>tonelada/ano</b>	<b>706.523</b>	<b>77,45%</b>
Resíduos coleta seletiva			
Lixo que não é lixo	tonelada/ano	31.208	3,42%
Voluntária	tonelada/ano	28	0,00%
Troca Verde	tonelada/ano	3.158	0,35%
Coleta de catadores de lixo (estimada)	tonelada/ano	171.346	18,78%
<b>Recicláveis mistos totais</b>	<b>tonelada/ano</b>	<b>205.741</b>	<b>22,55%</b>
<b>Resíduos totais</b>	<b>tonelada/ano</b>	<b>912.264</b>	<b>100%</b>

Como pode-se perceber, uma taxa elevada de resíduos é coletada e enviada para programas que visam a triagem e aproveitamento para reciclagem, chegando a 22,55% de resíduos com potencial para aproveitamento. Parte das ações são desenvolvidas pela prefeitura, mas também com ampla inclusão de catadores de materiais recicláveis. Na Figura 3.5, pode-se verificar para quais locais são enviados os resíduos provenientes de cada programa e quais os responsáveis pelo transporte.

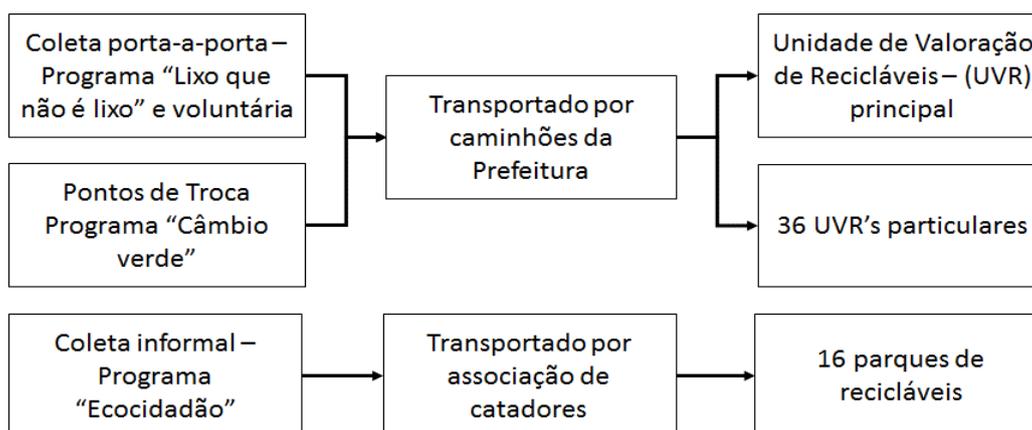


Figura 3.5 - Fluxo de gerenciamento de resíduos da coleta seletiva em Curitiba

A Unidade de Valorização de Recicláveis (UVR), localizada no Município de Campo Magro, é administrada pelo Instituto Pró-Cidadania de Curitiba (IPCC), por meio de convênio firmado com o Município. Cerca de 60% do resíduo que chega à UVR consegue

ser aproveitado para a reciclagem, o restante acaba sendo rejeitado e é enviado ao aterro da empresa Estre.

O IPCC é uma associação civil sem fins lucrativos, de caráter assistencial, beneficente e cultural, atua de forma integrada com entidades assistenciais no âmbito do Município de Curitiba, apoiando programas e projetos de caráter social voltados a população em vulnerabilidade social. Os recursos obtidos com a comercialização dos recicláveis são destinados aos projetos sociais mantidos pelo IPCC.

A UVR está implantada em uma área de 23.000 m<sup>2</sup>, sendo 6.000 m<sup>2</sup> de área coberta e opera de segunda-feira a sábado com 101 colaboradores no primeiro turno e 78 no segundo. É triada uma média mensal de 830 toneladas de resíduos.

Atualmente o IPCC tem credenciadas 36 unidades de valorização de recicláveis particulares para as quais o excedente de material potencialmente reciclável oriundo do Lixo que não é Lixo e Câmbio Verde é encaminhado. Nestas unidades os resíduos são triados e após seu devido acondicionamento são comercializados com aparistas ou diretamente com a indústria de reciclagem.

Os Parques de Recepção de Recicláveis do Programa ECOCIDADÃO são espaços dotados de infraestrutura física, administrativa e gerencial para recepção, classificação e venda do material coletado pelos catadores organizados em sistema de associações e cooperativas, no total são 16 parques em operação.

A coleta em pontos de troca consiste no câmbio de materiais potencialmente recicláveis por produtos hortifrútiis da época, denominado de Programa Câmbio Verde. Os pontos de troca estão localizados em logradouros públicos e a troca nestes pontos é realizada quinzenalmente. Para aproximadamente cada 4 quilos de material reciclável o participante recebe cerca de um quilograma de hortifrútiis.

Dessa forma, pode-se perceber que em Curitiba há diversas iniciativas de coleta seletiva que tornam a cidade um dos grandes exemplos de destinação ambientalmente adequada de resíduos do país. Isso só é possível devido a um mecanismo de cobrança pelo resíduo; é anexada uma taxa de Coleta de Lixo ao Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), que auxilia nos custos dos serviços de manejo dos resíduos sólidos do Município, no entanto, ainda não é o bastante para a cidade ser autossuficiente quanto aos custos de gerenciamento de resíduos recicláveis.

### **3.2.2 - O gerenciamento de RSU recicláveis em São Paulo – SP**

Com 5,9% da população do país – 11.252.473 habitantes em 2012 – São Paulo é a sexta cidade mais populosa do mundo. Contribuiu em 2011 com quase 12% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, abrigando o maior parque industrial do país e seu centro financeiro mais dinâmico. A cidade é dividida em 32 subprefeituras, cada uma delas constituindo, por si só, uma concentração de população que as colocaria entre os 85 maiores municípios brasileiros.

O Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, elaborado em 2012, fornece todas as informações sobre o gerenciamento de resíduos na cidade. A geração média per capita de resíduos domiciliares em São Paulo em 2012 foi de 1,1 quilos por habitante por dia, mas há uma variação entre os resíduos gerados nas subprefeituras; nos extremos estão as subprefeituras de Cidade Tiradentes e de Pinheiros, com geração per capita, respectivamente de 0,63 e 1,73 quilo por habitante.

No que tange ao gerenciamento de recicláveis, a coleta seletiva não abrange todo o município, apenas cerca de 78% das subprefeituras tem o serviço, mas o oferece a menos da metade dos domicílios destas regiões e sofre as consequências da pequena participação da população e seu desconhecimento da necessidade de segregação dos resíduos de sua responsabilidade.

Em relação à tipologia de coleta diferenciada de RSU recicláveis em São Paulo, ela é realizada nos modelos porta a porta e em contêineres. No primeiro modelo, o serviço é feito essencialmente pelas concessionárias e, também, por cooperativas ou associações de catadores, em circuitos definidos. O segundo modelo é aplicado em alguns poucos distritos do município, em menor escala que o primeiro.

A coleta porta a porta realizada pelas cooperativas de catadores de material reciclável é realizada em algumas regiões da cidade, em roteiros definidos, com apoio de veículos mais adequados – caminhões gaiola e veículos de pequeno porte, percorrendo bairros definidos.

No caso do modelo de coleta em contêineres, os veículos são dotados de sistema hidráulico de basculamento para o transbordo do conteúdo destes contêineres, com coleta

em períodos diferenciados. Estes equipamentos estão distribuídos pelas regiões atendidas, disponibilizados aos usuários (geralmente condomínios residenciais verticais).

A recuperação dos resíduos para a cadeia econômica da reciclagem ou seu reaproveitamento configura-se como um dos principais desafios para a cidade de São Paulo. Isto porque os índices atuais de recuperação dos RSU recicláveis pelas ações de coleta seletiva organizadas e coordenadas pelo poder público são extremamente baixos, conforme pode ser observado na Tabela 3.2. Atualmente apenas são desviados do aterro sanitário e recuperados 1,6% dos resíduos domiciliares gerados na cidade.

Tabela 3.2 - Índice de recuperação de RSU recicláveis em São Paulo – 2012 (adaptado de PGIRS-SP, 2014)

Quantitativos	Toneladas/dia
Total coletado no município de São Paulo	12.322
Entrada de RSU recicláveis	197
Percentual de Recuperação	1,6%

Estes dados representam valores estimados de RSU recicláveis que entram nas 22 Centrais de Triagem operadas por cooperativas e associações conveniadas com a Prefeitura de São Paulo, assim como nas demais organizações de catadores de material reciclável (48 no total) autorizadas a receber estes materiais.

No município de São Paulo ainda são poucas as organizações de catadores, comparativamente com o quantitativo de resíduos recicláveis gerado pela cidade e com o número de trabalhadores que atuam na coleta destes resíduos.

Das 22 organizações que mantêm vínculo formal com a Prefeitura de São Paulo, 21 operam com RSU recicláveis e uma com resíduos eletroeletrônicos (REE). Em todas o município assume boa parte dos custos: cessão ou aluguel de galpões, cessão de equipamentos para processamento, cessão de veículos, Equipamento de Proteção Individual (EPI) e outros. São destinados cerca de R\$ 30 milhões anuais (valores de 2012) para custear esta estrutura de apoio à coleta seletiva.

As 48 outras organizações recebem RSU recicláveis coletados pelas concessionárias quando as cooperativas ou associações conveniadas não possuem condições de absorver o resultado da coleta pública. Fora isso, sobrevivem de outras relações, com grandes geradores privados.

### **3.3 - AS DIMENSÕES SOCIAL, AMBIENTAL E ECONÔMICA NO GERENCIAMENTO DE RSU RECICLÁVEIS**

Neste subcapítulo serão discutidos estudos de caso de trabalhos que incluem, dentre outras destinações, a reciclagem e como a partir de análise das dimensões ambiental, social e econômica essa se mostra uma das opções preferíveis.

Diversos estudos retratam e utilizam de dimensões sociais, ambientais e econômicas quando são analisadas destinações finais de resíduos sólidos. Quando a reciclagem é uma das destinações consideradas, a alternativa adquire maior importância e essa solução é tida como uma das preferíveis.

Menikpura *et al.* (2013) estudaram a destinação final de resíduos em Nonthaburi, na Tailândia, a partir das duas alternativas implantadas no município, aterro sanitário e reciclagem. Foram caracterizados impactos ambientais, sociais e econômicos de cada situação usando-se de Análise de Ciclo de Vida - ACV e com os resultados chegou-se à conclusão que 24% de destinação de resíduos direcionados para a reciclagem compensou os efeitos negativos que a disposição de 76% de resíduos em aterros gera para o município. Os resultados satisfatórios podem ser usados para convencer todas as partes interessadas e envolvidas na gestão de resíduos sobre os benefícios da reciclagem, para que então pudessem ser efetivadas políticas mais eficazes.

Nouri *et al.* (2014) buscaram em seu estudo a alternativa mais adequada para a destinação final de resíduos em Isfahan, no Irã. Foram utilizados apenas 5 critérios: saúde humana, custos, bem-estar do ecossistema, preservação de recursos naturais e taxa de recuperação de resíduos, sendo que os de maior peso para a pesquisa foram saúde humana, bem-estar do ecossistema e preservação de recursos naturais. Esses critérios foram quantificados para sete cenários, em que a destinação de resíduos, sejam elas a reciclagem, compostagem, aterros sanitários e incineração poderiam se combinar ou serem a única destinação. As alternativas preferíveis foram a que incluíam a reciclagem em sua maior taxa de destinação.

Abba *et al.* (2013) usa um método multicritério de apoio à decisão para escolher qual dentre as seguintes alternativas é a mais sustentável do ponto de vista da destinação de resíduos sólidos em Johor-Bahru na Malásia: compostagem, incineração, reciclagem e

aterro sanitário. O autor usa para isso dimensões econômicas, sociais e ambientais e 26 critérios.

A quantidade de critérios foi elevada no estudo de Abba *et al.* (2013) de forma que muitos critérios não se apresentaram relevantes na escolha da melhor alternativa. Ao final do trabalho os autores concluem que os critérios decisivos da área ambiental levaram em consideração a poluição ambiental e a preservação dos recursos naturais. Do ponto de vista econômico foram significativos os critérios que retrataram a necessidade de implementação de regulamento, o custo da terra para a eliminação de resíduos, operação e manutenção de planos de eliminação, custo de capital de investimento, custo de trabalho e recrutamento e custo de treinamento para lidar com as estruturas de destinação (incineradores e aterros sanitários, por exemplo). No âmbito social, levantou-se a importância de educar o público sobre a separação dos resíduos na fonte, hábitos de redução de resíduos e reciclagem dos resíduos. Ao final, as melhores soluções foram incineração e reciclagem, devido haver a necessidade de realizarem maiores incentivos à educação ambiental, de forma que essa alternativa seja mais viável.

De fato, é preciso analisar a reciclagem do ponto de vista de viabilidade, de forma que é importante se analisar as variantes do processo, de localização e de mercado para se afirmar com convicção que a implantação da reciclagem em um município é rentável, para isso é necessário se avaliar cada etapa do gerenciamento, pois a coleta de materiais, aumento de índices de reciclagem e compostagem esbarram em aspectos financeiros, como o custo da coleta seletiva, cerca de quatro vezes maior que o da coleta tradicional (CEMPRE, 2010).

No entanto, além da coleta, o transporte e a destinação final de resíduos deve ser mensurado economicamente. No estudo de Ferri *et al.* (2015) cria-se cenários para avaliação econômica do gerenciamento de recicláveis no município de São Mateus-ES, esses cenários são elaborados com as variantes de criação de instalações de triagem, de centrais aproveitamento de resíduos orgânicos para produção de composto, da porcentagem de cobertura da coleta seletiva e um cenário de projeção de aumento da população em 10 anos. Analisando-se a coleta, transporte e destinação de resíduos para cada cenário obteve-se que os resultados suportam a hipótese de que a reciclagem de RSU pode ser economicamente viável e que a utilização de instalação de recuperação de materiais pode ser uma fonte potencial de receitas e de uma melhor utilização dos RSU.

Como se pode perceber em estudos, a geração de renda pela venda de materiais, a necessidade de construção de menos aterros e custos reduzidos de transporte demonstram um contexto favorável que motiva a análise da reciclagem como destinação dos RSU gerados em um município.

E além de a reciclagem possibilitar a valoração de resíduos, como forma direta através da venda de materiais e redução de custos de gerenciamento, ela também reduz a necessidade de extração de novas matérias-primas e possibilita a economia de recursos naturais renováveis e não-renováveis, reduzindo o consumo de energia para a manufatura de novos produtos industrializados. Há uma “diminuição do consumo de energia” quando se analisa a diferença entre a energia consumida no processo de produção com a utilização de matéria-prima virgem e o consumo de energia quando se usa material reciclado e, para ilustrar a economia de energia, cita-se como exemplo a reciclagem do papel e papelão, plástico e metais ferrosos, que geram uma economia de energia de 33 GigaJoule/tonelada, 87 GigaJoule/tonelada e 18 GigaJoule/tonelada, respectivamente (Filho *et al.*, 2014).

Além dos custos reduzidos envolvidos, há questões sociais que precisam ser incorporadas, pois conferem geração de emprego e uma visão mais consciente da população sobre as questões ambientais e sobre os impactos de suas ações.

Os catadores de materiais recicláveis podem ser considerados parte importante da indústria de reciclagem no país. Esse grupo de trabalhadores vem atuando de maneira informal ou organizada em cooperativas e, mesmo antes da definição de políticas públicas claras para a gestão de resíduos no país, vem realizando um trabalho de grande importância ambiental; contribuindo significativamente para o retorno de diferentes materiais para o ciclo produtivo; gerando economia de energia e de matéria-prima, e evitando que diversos materiais sejam destinados a aterros (Gouveia, 2012).

Dessa forma, pode-se concluir que há necessidade de se conferir um olhar mais sistêmico ao processo de gerenciamento devendo ser considerados todos os fatores e aspectos envolvidos no gerenciamento de resíduos. Como exemplo, entre outros, citamos a implantação de vários projetos de coleta seletiva e reaproveitamento de resíduos nos municípios brasileiros, que implantados de forma desarticulada não garantem a sustentabilidade necessária (Reichert, 2013).

Apesar de todos esses benefícios, não é correto concluir que a reciclagem é um processo com aspectos positivos apenas, expor as pessoas ao processo de triagem, por exemplo, se

configura como um risco à saúde, e o próprio processo de beneficiamento de materiais para produção de outros produtos ocasiona externalidades ambientais (Fontana *et al.*, 2015; Andrade Junior, 2015). No entanto, para a situação atual do DF, no contexto de encerramento do recebimento de RSU no vazadouro a céu aberto, esse tipo de destinação é uma das alternativas necessárias e já implementadas, necessitando apenas de análise das externalidades do sistema.

Por isso é importante se avaliar os critérios para o gerenciamento de RSU pelas dimensões sociais, ambientais e econômicas de forma que demonstrem a importância de se avaliar as alternativas. Um dos objetivos deste trabalho é definir critérios, que, após realizado o diagnóstico do gerenciamento de RSU recicláveis do DF, poderão ser melhor explorados e justificados. Como primeira etapa desta definição, no item 5.2.3, foram explorados mais 20 artigos, além dos já mencionados neste capítulo, com o intuito de avaliar a frequência com que diversos critérios vêm sendo utilizados em pesquisas sobre gerenciamento de RSU e MCDA e escolher os que melhor se enquadram à pesquisa.

Diversas metodologias podem auxiliar nessa avaliação dos critérios, tornando possível caracterizar com maior facilidade e rapidez as alternativas. Algumas ferramentas têm sido amplamente utilizadas para essas análises, como poderá ser conferido nos tópicos a seguir.

### **3.3.1 - Análise de Fluxo de Materiais como suporte para avaliação em gerenciamento de RSU**

O AFM (Análise de Fluxo de Materiais) é uma avaliação sistemática dos fluxos e estoque de materiais dentro de um sistema definido no espaço e no tempo. Conecta as fontes, os caminhos e os dissipadores intermediários e finais de um material. Devido à lei da conservação da matéria, os resultados de um AFM podem ser controlados por um simples equilíbrio de materiais, comparando todas as entradas, estoques e resultados de um processo. Esta é a característica distinta do AFM que torna o método atraente como uma ferramenta de apoio à decisão no gerenciamento de recursos, gerenciamento de resíduos e gerenciamento ambiental (Brunner e Rechberger, 2003).

Esse método vem se consolidando como a abordagem metodológica predominante para esse tipo de investigação, a qual objetiva prover informações sobre fluxos de materiais e de energia, usualmente em unidades de massa, entrando e deixando uma sociedade. Sua

utilização para avaliação de sustentabilidade ambiental apresenta alto potencial, com vantagens, em relação a outros métodos correntemente adotados. Entretanto, essas oportunidades ainda são pouco exploradas no contexto internacional e ignoradas no Brasil, ao se analisar a literatura existente (Kuhn, 2014).

A AFM é dividida em fluxo de bens, bens e substâncias e substâncias. O fluxo de bens possui o foco em quantidade; na área de gerenciamento de resíduos sólidos, por exemplo, são analisadas as quantidades de materiais a serem tratados, a entrada no sistema, seu transporte e destinações fornecidas.

O fluxo de bens e substâncias apresenta uma abordagem mais abrangente do problema, de forma que analisa não apenas o material, mas também as substâncias que o compõem: cada resíduo possui a sua composição de substâncias e, conforme o resíduo é tratado ou disposto, essas substâncias serão dispostas no ambiente ou concentradas devido à redução de volume do material.

O fluxo de substâncias analisa isoladamente essas substâncias na natureza, as quais podem estar presentes em diversos materiais e na natureza (Brunner e Rechberger, 2003; Allesch e Brunner, 2015).

A AFM pode ser utilizada como um inventário bem fundamentado para ACV ou outras metodologias de avaliação (Allesch e Brunner, 2015). Dado que nenhum critério resultante do trabalho necessitou de estudos mais amplos incluindo fluxos de substâncias, ou informações qualitativas dos materiais; a ACV não precisou ser utilizada e os fluxos abordados no trabalho fazem referência apenas a bens, ou seja, apenas à quantidade de resíduos que sofrem variação de quantidade no sistema.

No entanto, um dos problemas da AFM, é que, geralmente, o modelo é desenhado iterativamente com lápis e papel, o gerenciamento de dados e os cálculos são realizados com um software de planilhas como o Microsoft Excel. Os resultados finais são então convertidos em um gráfico, com a ajuda de um software gráfico. Esse procedimento revelou-se laborioso e propenso a erros, assim para superar essas deficiências, foi desenvolvido o software STAN. Trata-se de um freeware para AFM que foi produzido pela Universidade Tecnológica de Viena em cooperação com o software INKA (para mais informações e download do software, acessar [www.iwa.tuwien.ac.at](http://www.iwa.tuwien.ac.at)) (Cencic e Rechberger, 2008).

O software STAN ainda apresenta um efeito visual mais didático, pois a largura de uma seta é exibida proporcionalmente ao seu valor de fluxo de massa. Desta forma, a visibilidade facilita o entendimento do processo e como são dissipados os resíduos até seu destino final. As especificações de cada processo desse programa serão melhor abordadas na metodologia deste trabalho. O software será utilizado para representar o atual gerenciamento de RSU do DF e as alternativas para o gerenciamento de recicláveis propostas.

### **3.3.2 - Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica em análises para gerenciamento de RSU**

O termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Em um SIG, a informação geográfica é organizada em camadas ou níveis de informação (layers), consistindo cada uma num conjunto de objetos associados e seus respectivos atributos.

Câmara (2005) cita que a diferença essencial de um SIG para um sistema de informação convencional é a sua capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos. De acordo com o autor, as principais características dos SIG são:

- I. Inserir e integrar, em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de meio físico-biótico, de dados censitários, de cadastros urbano e rural e de outras fontes de dados, como imagens de satélite e GPS;
- II. Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados geográficos.

Sistemas de Informação apoiados na tecnologia de Bancos de Dados são fundamentais para auxiliar na persistência e manipulação dos dados gerados em qualquer processo, facilitando, portanto, sua gestão. Os SIG's oferecem a possibilidade de manipulação de dados geográficos, potencializando a tomada de decisão gerencial, pois proporcionam uma análise também espacial do processo (Leite *et al.*, 2015).

A possibilidade que se tem a partir da utilização do SIG em análises que contemplem aspectos de distribuição espacial da geração do lixo e informações sobre situação socioeconômica, densidade populacional e outras, abre a perspectiva para a utilização

desta ferramenta na definição e administração dos roteiros de coleta de lixo (Braga *et al.*, 2008).

Por sua vez, esses roteiros também podem ser frequentemente alterados, devido às mudanças que a cidade vem sofrendo e as opções de coleta disponíveis, como por exemplo, para a coleta seletiva, pode-se usar tanto de PEV's como de coleta porta-a-porta. Roviriego (2005) avaliou os dois meios com auxílio, dentre outras ferramentas, de SIG, e concluiu que o sistema porta-a-porta, que tem seu ponto fraco na maior distância percorrida pelo veículo de coleta, mostrou-se mais eficiente em cidades de pequeno a médio porte, onde as distâncias entre o depósito (descarregamento dos resíduos) e as áreas de coleta não são tão grandes, assim como as distâncias percorridas pelo veículo na operação de coleta. Com relação aos custos, o sistema de coleta por meio de PEVs, apresentou-se como o mais caro, devido ao custo de aquisição, manutenção e depreciação dos containers, que aumentam proporcionalmente com o aumento da demanda.

O SIG dessa forma, pode auxiliar de diversas formas em trabalhos que procuram otimizar e decidir pela melhor forma de gerenciamento de resíduos sólidos de um município. Os fatores densidade populacional, distribuição espacial da geração de resíduos, locais com predominante atividade comercial, dentre outras diversas informações podem ser associadas a rotas de coleta e definição de locais de tratamento de resíduo, por exemplo, auxiliando o decisor a tomar decisões ótimas no processo. Essa ferramenta foi utilizada na pesquisa para avaliação de desempenho das alternativas para o critério cooperação da população, conforme será apresentado nos resultados.

### **3.4 - METODOLOGIA MULTICRITERIO DE APOIO À DECISÃO (MCAD)**

No gerenciamento de resíduos sólidos as metodologias multicritério de apoio à decisão tem sido cada vez mais utilizadas para escolha da melhor tecnologia ou combinações de tecnologias de tratamento. Essa utilização é devido à complexidade que o gerenciamento de resíduos vem apresentando na medida em que diversas alternativas podem ser introduzidas na busca de melhor solução para destinação final de cada tipo de resíduo.

No entanto, a complexidade desses problemas também é devido ao envolvimento de múltiplos atores; já que cada ator possui o seu sistema de valores, múltiplos objetivos com conflitos de interesses, diferentes níveis de poder e necessidade de negociação entre

eles, além de uma enorme quantidade de informações qualitativas e quantitativas (Churchil, 1990 *apud* Ensslin, 2001).

Esses atores podem estar envolvidos direta ou indiretamente no processo decisório, como pessoas, grupos ou instituições que têm uma posição no processo decisório ou interesses nos resultados da decisão. Eles podem ser intervenientes, quando participam diretamente do processo decisório com o objetivo de fazer prevalecer seus sistemas de valores, ou agidos, quando sofrem de forma passiva as consequências da decisão, mas podem exercer pressões sobre os atores intervenientes (Roy, 1996).

Nesse sentido, os métodos multiobjetivo e multicritério são técnicas de apoio à decisão que permitem comparar alternativas disponíveis considerando, simultaneamente, diversos aspectos de um problema, sejam eles políticos, sociais, ambientais, técnicos, econômicos, entre outros. Também possibilitam a incorporação de preferências e aspirações das diversas partes envolvidas no problema (Souza e Cordeiro Netto, 2000).

Trata-se, pois, de uma técnica que permite que a decisão seja pautada com base nos critérios considerados relevantes para o problema em questão pelos agentes decisores, em que a importância dos critérios é definida por esses. Afinal, cada ministério, cada secretaria estadual ou municipal, cada gestor tem, de partida, um elenco de objetivos setoriais a orientar sua agenda de prioridades, conferindo maior importância a determinadas questões sociais e estratégias de intervenção (Jannuzzi *et al.*, 2009).

Os MCDA possibilitam a estruturação de modelos decisoriais, a partir da construção do conhecimento entre os agentes, por meio de seus valores e objetivos, tendo como princípio fundamental a busca da solução mais apropriada para os participantes ao invés de uma solução matemática ótima (Roy, 1996).

De modo geral, problemas de decisão podem ser discretos, quando se trata de um número finito de alternativas, ou contínuos quando tal número pode ser pensado como infinitamente grande. Neste trabalho, serão apresentadas um número limitado de alternativas, se caracterizando como um problema discreto (Gomes *et al.*, 2004)

Dentro dos problemas discretos ainda há diversas problemáticas que podem ser abordadas, as quais dependem do objetivo de cada trabalho:

- Problemas tipo  $\alpha$  ( $P\alpha$ ): selecionar a “melhor” alternativa ou as melhores alternativas.

- Problemas tipo  $\beta$  ( $P\beta$ ): aceitar alternativas que parecem “boas” e descartar as que parecem “ruins”, ou seja, realizar uma classificação das alternativas.
- Problemas tipo  $\gamma$  ( $P\gamma$ ): gerar uma ordenação das alternativas.
- Problemas tipo  $\delta$  ( $P\delta$ ): realizar uma descrição das alternativas (Gomes *et al.*, 2004).

Os problemas do tipo  $\gamma$  são os que se enquadram para o objetivo do trabalho, de forma que serão apresentadas alternativas e ao final se obterá o ranking delas. No entanto, deve-se notar, também, que a abordagem do problema de decisão, sob o enfoque do apoio multicritério à decisão, não visa apresentar ao decisor ou aos decisores uma solução para seu problema, elegendo uma única verdade representada pela ação selecionada. Visa, isto sim, como seu nome indica, apoiar o processo decisório, por meio de recomendação de ações ou cursos de ações a quem vai tomar a decisão (Gomes *et al.*, 2006).

Em termos de problemas em saneamento, CAMPOS (2011) utiliza dos métodos PROMETHEE II e ELECTRE IV, ressaltando como a diferença entre os dois métodos possibilita diferentes análises e requisita conhecimentos nas áreas ambiental, técnica, sociais e econômica para se obter soluções em planejamento de projetos de saneamento.

Em gerenciamento de resíduos sólidos, diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos com vista à hierarquização de alternativas e utilização desta metodologia e critérios de diferentes dimensões. Achillas *et al.* (2013) fornece uma revisão sistemática de literatura sobre a aplicação de várias técnicas MCAD para enfrentar os problemas de gerenciamento de resíduos. Os métodos mais comuns encontrados para análise desses problemas foram ELECTRE, PROMETHEE, AHP, TOPSIS, ANP e GIS.

Soltani *et al.* (2015) também analisa em revisões quais os principais métodos multicritério adotados para resolver a problemática referente a resíduos sólidos, os principais métodos citados em seu estudo foram AHP/ANP/Fuzzy, PROMETHEE, ELECTRE e TOPSIS. Ele também ressalta que a maior utilização desses métodos se dá para escolha de locais para disposição de resíduos e para proposição de estratégias de tratamento.

Antopoulos *et al.* (2014) relata como a seleção de alternativas de tratamento de resíduos sólidos ainda é um grande problema complexo, mas que pode ser tratado através de uma análise multicritério. Em seu trabalho, as destinações tratamento mecânico-biológico sem recuperação de energia, tratamento anaeróbico biológico mecânico e incineração com

recuperação da energia são comparados com a utilização do método AHP e, finalmente, classificados de acordo com seu desempenho ambiental, social e econômico.

Na seleção de alternativas de gerenciamento, Mir *et al.* (2016) aplicou o método TOPSIS para obter a melhor alternativa de destinação de resíduos sólidos municipais, comparando e classificando os cenários. Foram propostos 11 cenários para tratamento de resíduos e analisados por critérios ambientais e econômicos. Os resultados mostram que a integração de um sistema sanitário com a inclusão de aterro sanitário (18,1%), combustível de refugo (3,1%), compostagem (2%), digestão anaeróbica (40,4%) e reciclagem (36,4%) foi o modelo que representou maiores benefícios.

Daiola (2011) utilizou os métodos Compromise Programming, Cooperative Game Theory, PROMETHEE II e ELECTRE II através do software MCAD-FEC (UNICAMP) para avaliar a preferência de especialistas por cenários orientados à hierarquia do gerenciamento de RSU em São Carlos/SP. Foram selecionados 10 critérios de decisão e construídos 11 cenários (ações potenciais) contemplando as alternativas, esses critérios de decisão englobaram aspectos econômicos, ambientais, de saúde pública e sociais. Seus resultados mostraram que os cenários preferidos foram aqueles que conjugaram estratégias de recuperação material e energética.

O método TOPSIS e ELECTRE foram aplicados conjuntamente no estudo de Cheng *et al.* (2003) para seleção de melhor local para instalação de um aterro sanitário em Regina, no Canadá. Os autores afirmam que os métodos aplicados auxiliaram os decisores a selecionar a decisão mais preferível e forneceu a base para um sistema de apoio à decisão.

Assim, pode-se perceber em como os métodos multicritérios são considerados ferramentas importantes no processo de decisão e que sua aplicação é coerente para este estudo de caso. Os métodos utilizados neste trabalho foram o ELECTRE II e TOPSIS, métodos discretos, que permitem a hierarquização de alternativas e que possibilitam a inclusão da opinião de atores sociais envolvidos no processo de gerenciamento de RSU recicláveis do DF.

## 4 - METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho é dividida em diagnóstico do gerenciamento de RSU recicláveis do DF e formulação e aplicação de metodologia multicritério de apoio à decisão. Todos os passos da metodologia deste trabalho podem ser observados na Figura 4.1.

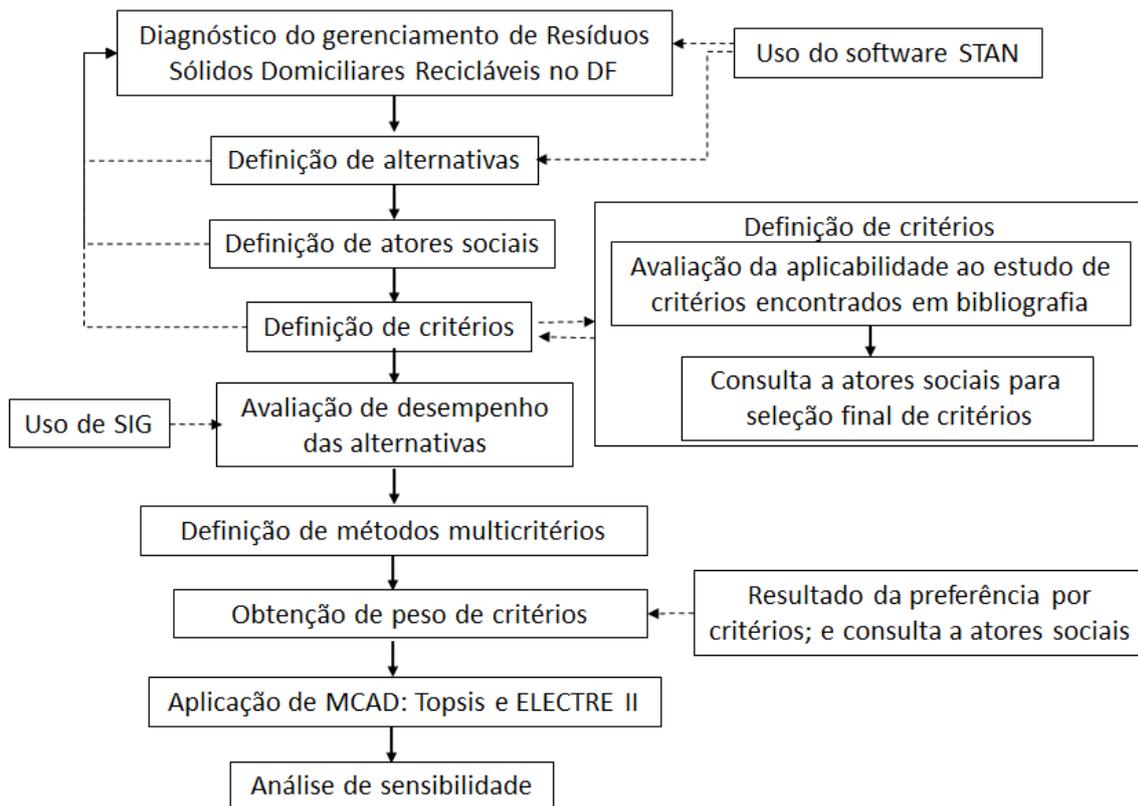


Figura 4.1 - Metodologia da pesquisa

### 4.1 - DIAGNÓSTICO DO GERENCIAMENTO DE RSU RECICLÁVEIS DO DF

O diagnóstico possui a finalidade de levantar informações sobre as fases do gerenciamento de RSU recicláveis do DF: geração de RSU, coleta convencional e seletiva, triagem e tratamento, disposição final e planejamentos do SLU para o período de desativação do lixão do Jóquei.

A geração de RSU no DF trouxe informações específicas de cada uma das RA's do DF, como geração total e *per capita* de RSU, renda da população e composição gravimétrica da coleta seletiva e convencional. A análise desses dados por RA's possibilitam

demonstrar as diferenças entre cada uma, e como as ações de gerenciamento devem ser efetuadas considerando suas particularidades.

A abordagem executada para coletas seletiva e convencional foi representada comparativamente entre elas para cada RA. No entanto, como o foco deste trabalho são os RSU recicláveis, foi enfatizada a coleta seletiva, sua atuação e contratos para prestação desse serviço.

Quanto à triagem e tratamento, a primeira é efetuada para resíduos provenientes da coleta seletiva e a segunda para convencional. As estruturas e tecnologias existentes foram apresentadas com o intuito de trazer discussões acerca de suas eficiências e deficiências. As estruturas para disposição final também foram apresentadas, sendo que como este trabalho é realizado com foco no período de transição de disposição de RSU do lixão do Jóquei para o Aterro Sanitário de Brasília, essas duas formas de disposição foram relatadas, com um breve histórico do lixão do Jóquei e seu funcionamento e o planejamento do aterro sanitário de Brasília. Apresentados os dados de gerenciamento de RSU no DF para o ano de 2015, ainda fez parte do diagnóstico os planejamentos do SLU para este momento. Esse planejamento foi analisado e questionado, o que possibilitou a definição de alternativas.

#### **4.1.1 - Utilização do software STAN**

A utilização do software STAN possui importância para visualização do gerenciamento de resíduos do DF e as quantidades de resíduos que são destinados para cada etapa. Para ilustrar e demonstrar sua aplicabilidade o mesmo fluxograma presente em SLU (2016a) de que trata as etapas do diagnóstico de 2015 do DF foi elaborado através desse software, ele pode ser observado na Figura 4.2.

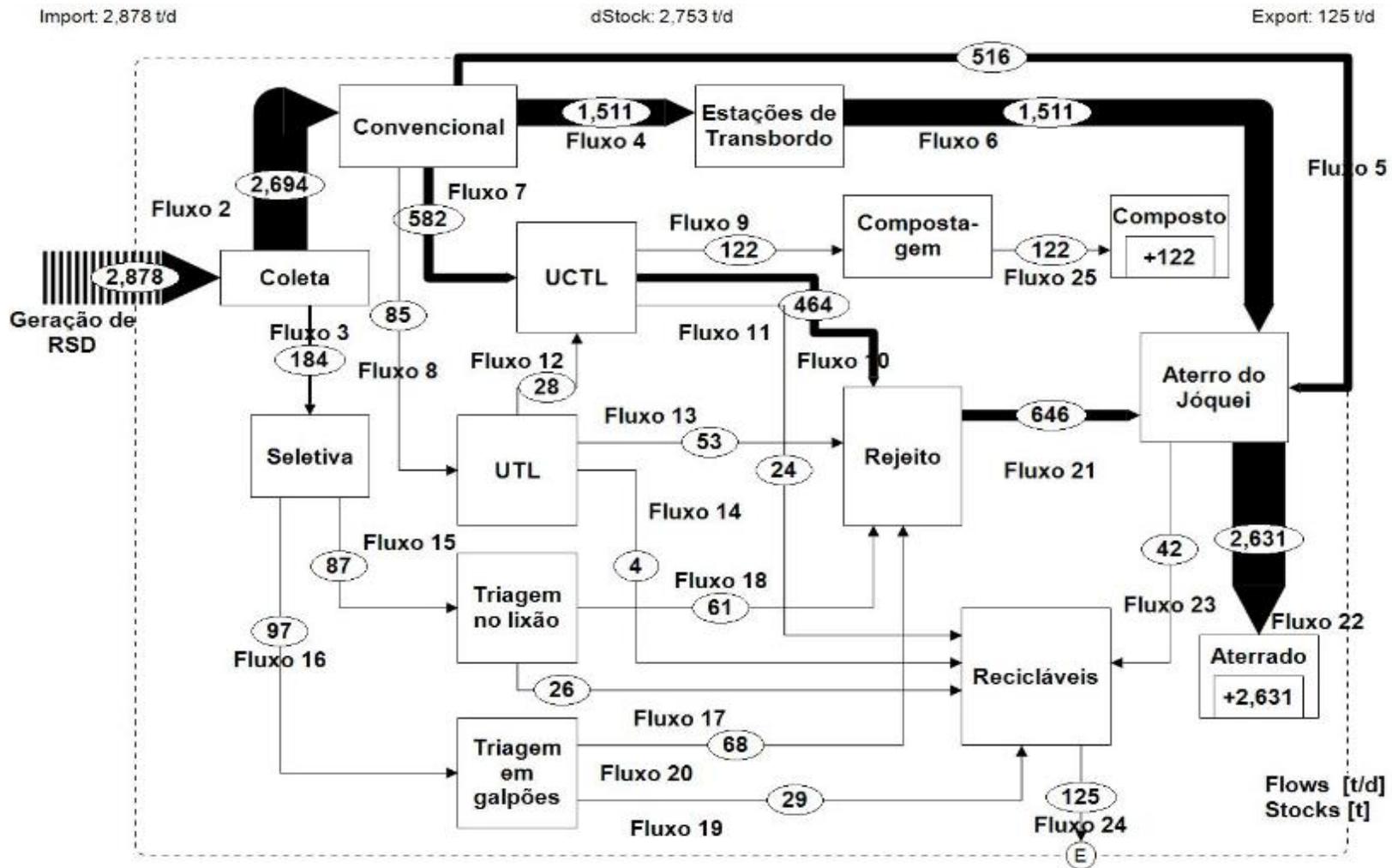


Figura 4.2 - Análise do Fluxo de Materiais para o gerenciamento de RSU do DF em 2015 (adaptado de SLU, 2016a)

Essa AFM foi elaborada com base no fluxograma que consta no relatório de SLU (2016a), no entanto, no relatório, o SLU não divide a coleta seletiva por local de triagem, apenas menciona que parte dos resíduos é triado por 6 cooperativas que triam no lixão do Jóquei. Conforme será retratado adiante, além do lixão do Jóquei, há galpões de catadores que apresentam alguma estrutura física para operação de triagem e também recebem resíduos da coleta seletiva.

Outro diferencial quanto a esse fluxograma e o do SLU é a respeito do resíduo que se tornará Material Secundário para Agricultura (MSA) advindo da UTL, pois não há beneficiamento do material no local e ele é enviado para a UCTL onde há um pátio para disposição e conseqüente finalização de produção do MSA.

O fluxograma do software STAN para AFM apresenta algumas características e peculiaridades. A largura da seta se adequa ao volume de resíduo que está sendo enviado no processo correspondente, podendo ficar mais larga ou mais fina. A linha pontilhada que engloba o fluxograma por completo é denominada de “fronteira do sistema”, que nesse caso, é o próprio DF. A entrada de materiais é denominada “*Import*”, e representa a geração de resíduos domiciliares no DF em toneladas/dia (unidade utilizada em todo o fluxograma); “*dStock*” é o material que permanece no DF, o qual ou é disposto no lixão do Jóquei, representado pelo quadro “Aterrado” ou utilizado pelos próprios agricultores na região como MSA, representado pelo quadro “Composto”; e “*Export*” representa a quantidade de materiais que são exportados no DF, representados pelos recicláveis, já que no DF não há indústrias de reciclagem e esses materiais precisam ser beneficiados em outros estados.

Há uma coleta seletiva ainda pouco representativa, se comparada com a coleta convencional, representados pelos Fluxos 3 e 2, respectivamente. Essa coleta seletiva ainda apresenta uma quantidade elevada de rejeito, em quantidade superior aos materiais aproveitáveis (representados pelos fluxos 18 e 20, e 17 e 19). Na coleta convencional, há uma grande parcela de resíduos que ainda tem como destino o lixão do Jóquei, podendo passar pelas estações de transbordo (fluxos 4 e 6), ou ir diretamente para o aterro controlado (fluxo 5). No entanto, há usinas de triagem de resíduos, nas quais há processo de compostagem (fluxo 9) e separação de recicláveis (fluxo 11 e 14) e uma alta produção de rejeito (fluxo 10 e 13).

O fluxo 15 apresenta a realidade dos catadores que catam resíduos advindos da coleta convencional dentro do vazadouro a céu aberto e que são responsáveis por parcela do aproveitamento de recicláveis no DF. No entanto, essa realidade aos poucos passará a inexistir, já que o aterro sanitário de Brasília iniciou sua operação e o lixão do Jóquei deixará de receber resíduos domiciliares.

## **4.2 - FORMULAÇÃO E APLICAÇÃO DE MCAD**

O gerenciamento de resíduos de um município é uma situação complexa, em que há pessoas envolvidas, tecnologias a serem avaliadas e modelos de funcionamento que podem variar de acordo com a receita destinada a este fim e o empenho de todos os envolvidos no processo. Nesse sentido, a metodologia multicritério de apoio à decisão foi escolhida para este trabalho, pois ela permite conciliar os interesses dos envolvidos no processo de gerenciamento de RSU do DF e abordar alternativas que representem as mudanças decorrentes da transição de disposição de RSU no lixão do Jóquei para o aterro sanitário de Brasília.

Esta etapa de formulação e aplicação de MCAD possui diversas fases devido à formulação do problema de estudo, para o qual é necessário definir as alternativas, critérios e atores sociais; avaliar o desempenho das alternativas; e definir o método multicritério mais adequado para o estudo de caso. Tendo se formulado o problema, pode-se aplicar o método e obter o ranking das alternativas. Cada uma dessas fases e a motivação de incluí-las na metodologia serão apresentadas a seguir.

### **4.2.1 - Definição de alternativas, atores sociais e critérios**

O diagnóstico também trouxe informações necessárias para a definição de alternativas, critérios e atores sociais. A triagem de resíduos se mostrou a etapa de maior necessidade de soluções atualmente devido no vazadouro a céu aberto ser triado parte dos resíduos da coleta seletiva, que necessitam de alternativas locais para a efetivação dessa atividade.

Para confirmar a fase de triagem e definir as alternativas, os planos do SLU, também disponíveis no diagnóstico, apresentam que 7 centrais de triagem estão em fase de implantação. Essas centrais de triagem trarão diversas mudanças no gerenciamento de RSU recicláveis atual, as quais incluem desde o incremento da coleta seletiva para atender-las de acordo com suas capacidades, como a variação de taxas de aproveitamento de

resíduo. A implantação das centrais de triagem e sua adequação para operação de apenas de parte delas em capacidade mínima e máxima embasaram a definição das alternativas.

Após definidas as alternativas, o próximo passo foi a definição de atores sociais, os quais foram consultados para definição final de critérios. Os atores escolhidos foram àqueles que fazem parte de órgãos participantes no CONLURB, Concelho de Limpeza Urbana do DF, um órgão colegiado de natureza consultiva, criado e constituído por 44 conselheiros, entre titulares e suplentes, representantes da sociedade civil e do governo de Brasília. Foram escolhidos 9 atores sociais no total, sendo 3 de cada dimensão: ambiental, social e econômica. Foi incluído um ator social de empresa privada, que não está presente no CONLURB, devido a coleta seletiva ser realizada a partir de contratos estabelecidos com essas empresas.

Para que o ator social tivesse liberdade em escolher critérios de qualquer área, nenhum deles foi informado sobre em que área ele seria enquadrado e foi explicitado que as suas identidades seriam preservadas e apenas o órgão ou setor a que pertencem seriam divulgados na pesquisa.

Os atores sociais tiveram o papel de selecionar os critérios e, posteriormente, de dar peso a eles, sendo que para a obtenção do peso de critérios só foi possível a aplicação de questionário com 3 atores sociais, devido a limitação de tempo da pesquisa e à pouca disponibilidade desses atores (nenhum ator social respondeu a mais de um questionário, seja para definição ou peso de critérios).

Para a definição de critérios foram analisados artigos técnicos dos últimos 10 anos, encontrados aleatoriamente em bases de dados do Brasil e do mundo, os quais usam análise multicritério para escolha de alternativas de gerenciamento de resíduos sólidos, seja por escolha de tecnologias para tratamento de resíduos, a sistemas que incluíam diversos tipos de tratamento combinados com diferentes proporções de resíduos sendo recebidos em cada um.

Os critérios encontrados foram analisados e pré-selecionados de forma que: a)atendessem ao problema proposto; b) se enquadrassem na área de estudo, c)tivesse variação significativa de uma alternativa para outra, de forma que o ator social conseguisse diferenciar e d) fossem passíveis de serem caracterizados.

Os critérios previamente selecionados foram incluídos em questionários que foram aplicados com atores sociais, os quais executaram a sua classificação de acordo com a

importância para aplicação ao estudo. Os critérios que no ranking obtiveram maior frequência na colocação de 1 a 4 foram selecionados, respeitando o fato de que pelo menos um critério das dimensões ambiental, social e econômica deveriam ser utilizados na etapa de caracterização. Essa é uma forma simples de determinar a posição relativa de cada opção, através da ordenação das opções, da de menor preferência para a de maior preferência. A partir disso, é possível se observar uma distribuição probabilística de cada opção ocupar a melhor posição (Sant'Anna, 2002).

#### **4.2.2 - Avaliação de desempenho das alternativas**

Após obtidos as alternativas e critérios a próxima etapa foi a avaliação de desempenho das alternativas, a qual foi executada com o auxílio de ferramentas computacionais, dados coletados em campo ou dados secundários. Caso a aquisição de informações fossem insuficientes, o método de aquisição ou dado seriam adaptados, e em último caso, o critério seria descartado. Foi utilizado nesta etapa de SIG através do software Arcgis devido um critério específico necessitar de ser caracterizado a partir dessa ferramenta.

#### **4.2.3 - Definição de métodos multicritério**

Diversos são os métodos que podem conferir a ordenação das alternativas. Para este trabalho se fez uso do ELECTRE II e TOPSIS por promoverem facilidade de construção do problema, já que o objetivo maior do trabalho não é saber a melhor solução, mas adquirir dados para as alternativas que demonstrem aspectos que poderiam não estar sendo considerados na decisão.

Dessa forma, o resultado desta etapa não qualifica exatamente qual seria a melhor ou pior alternativa, elas trazem a perspectiva de diferentes atores em uma situação complexa de se tentar conciliar interesses ambientais, econômicos e sociais. O passo-a-passo da obtenção do ranking por cada um desses métodos será explicitada a seguir e nos resultados deste trabalho é possível observar cada etapa descrita efetuada no software Microsoft Excel.

##### **4.2.3.1 - ELECTRE II**

O Método ELECTRE, do francês *ELimination Et Choix Traduisant la RÉalité* (Tradução da Realidade por Eliminação e Escolha), foi desenvolvido por Benayoun *et al.* (1966) e

por Roy (1971) especialmente para problemas com um número discreto de alternativas, com valores cardinais ou ordinais dos atributos, portanto servindo para o caso em que se têm critérios qualitativos e comparativos (Souza *et al.*, 2001).

Com o passar dos anos, o ELECTRE, para atender às diferentes demandas para soluções de problemas multicritérios que foram surgindo, evoluiu para as versões I, II, III, IV, IS e TRI. Todas essas versões são baseadas nos mesmos conceitos fundamentais, mas elas diferem tanto em termos operacionais quanto com o tipo de problema de decisão a ser resolvido. A versão I é usada para problemas de seleção e IS é uma evolução dessa versão por permitir formulações Fuzzy, a versão TRI, para soluções de problemas de atribuição, e as que se enquadrariam a esse estudo seriam as versões II, III e IV para problemas de classificação (Roy e Bouyssou, 1993).

O ELECTRE II foi um aprimoramento da versão I, usada para ordenar alternativas (classificação) a partir de um conjunto de índices de concordância e discordância associado à atribuição de pesos aos critérios. O intuito na utilização desse método não é escolher a melhor e sim classificá-las. Este método também utiliza pesos nos seus critérios (Roy e Bouyssou, 1993). Os pesos utilizados para inserção nos métodos foram obtidos neste trabalho a partir de consulta com atores sociais.

A concordância entre duas alternativas  $i$  e  $j$  é uma medida ponderada do número de critérios sob os quais a alternativa  $i$  é preferível a  $j$ , podendo ser representada por " $i > j$ ", ou em que há equivalência de  $i$  em relação a  $j$ , podendo ser representada por " $i = j$ ". O índice de concordância é calculado através da Equação 3.1.

$$C(i,j) = \frac{\sum(w(k') + 1/2w(k''))}{\sum w(p)} \quad (3.1)$$

Sendo:

$w(k')$  = pesos dos critérios sob os quais  $i > j$

$w(k'')$  = pesos dos critérios sob os quais  $i = j$

$w(p)$  = pesos de todos os critérios

O índice de discordância  $D(i,j)$  representa o desconforto sentido pelo decisor ao escolher a alternativa  $i$  frente à alternativa  $j$ . O índice de discordância é calculado pela Equação 3.2.

$$D(i,j) = \max_{k \in (j > i)} ((Z(j,k) - Z(i,k))/R^* \tag{3.2}$$

Sendo:

$(j > i)$  conjunto onde a alternativa  $j$  é preferida a  $i$

$k$ : os critérios sob os quais  $j > i$

$Z(j, k)$ : a avaliação da alternativa  $j$  sob o critério  $k$

$Z(i, k)$ : a avaliação da alternativa  $i$  sob o critério  $k$

$R^*$ : o maior valor numérico dos intervalos de escala.

Os índices de concordância e discordância são expressos cada um em uma matriz quadrada, a qual reflete as preferências na comparação par-a-par de cada uma das alternativas considerando cada critério. A soma das células correspondentes de todas as matrizes para cada critério fornecerá valores entre um e zero. Assim, tem-se que  $p=1$  significa concordância plena, quando a alternativa  $i$  é preferida a  $j$  sob todos os critérios (na matriz de concordância) e a condição  $q=0$  significa sem discordância (na matriz de discordância).

Uma vez definidas as matrizes de discordância e concordância, passa-se para a segunda fase, fixando valores limites para  $p$  (índice mínimo de concordância) e  $q$  (índice máximo de discordância). Por meio desse procedimento, separam-se as alternativas não-dominadas que atendem, simultaneamente, aos limites fixados para  $p$  e  $q$ , mas sem a classificação dessas.

Essa seleção preliminar das alternativas de maior atratividade, a partir da fixação dos valores limites para  $p$  e  $q$ , pode ser representada graficamente, através de símbolos, em que os círculos 1, 2 e 3 representam alternativas e a seta representa a dominância de uma alternativa em relação à outra, conforme Figura 4.3. O procedimento descrito até aqui se refere ao método ELECTRE I, concebido por Benayoun *et al.* (1966).



Figura 4.3 - Representação das preferências de alternativas a partir de símbolos

Para classificar as alternativas selecionadas pelo método ELECTRE I, na fase preliminar, utiliza-se o método aperfeiçoado por Roy (1971), conhecido como ELECTRE II. O processo desse método se baseia na fixação de valores mais estritos para  $p$  e  $q$ .

Isso depende de um aumento na rigidez, ou relaxamento maior por parte dos decisores, em termos de julgamento das alternativas sobre os critérios fixados e na forma das preferências manifestadas, como, por exemplo:

Para preferência forte ( $P_F$ ) e fraca ( $P_f$ ), respectivamente:

$p = 0,9$  e  $p = 0,7$  índice mínimo de concordância

$q = 0,2$  e  $q = 0,5$  índice máximo de discordância

O desenvolvimento do método ELECTRE II é feito pelo estabelecimento de dois ordenamentos, a classificação “para-a-frente” e “para-trás”. A classificação final das alternativas de maior atratividade é obtida através da média das classificações avançadas nos dois ordenamentos.

Na classificação “para-a-frente” são identificadas as alternativas (nós) sem precedentes, ou seja, não-dominadas para as duas classificações, nos dois casos essas alternativas serão colocadas em primeiro lugar. A seguir serão retiradas as setas provenientes das alternativas que foram o primeiro lugar, e os nós que não possuem precedentes serão as alternativas da segunda colocação. Esse procedimento continua até que todos os nós sejam eliminados.

Na classificação “para-trás” são invertidas todas as setas, o que equivale a mudar as preferências inicialmente manifestadas. O mesmo processo da classificação “para-a-frente” é efetuado, com a diferença de que o ordenamento das iterações deve ser considerado de forma inversa.

A classificação final das alternativas é obtida através de ordenamento crescente das médias das classificações das alternativas nos dois processos. Por exemplo, se uma alternativa ficou classificada em segundo lugar no processo “para-a-frente” e em terceiro lugar no processo “para-trás”, sua pontuação final será 2,5.

#### 4.2.3.1 - TOPSIS

O método TOPSIS, cujo nome vem do inglês *Technique for Order Preference by Smilarity to Ideal Solution* (Técnica para preferência de ordens por similaridade a solução ideal), foi proposto por Hwang e Yoon (1981) para determinar a melhor alternativa baseada nos conceitos da solução de compromisso. Esta ferramenta é baseada no conceito que a melhor alternativa é aquela que tem a menor distância da Solução Ideal Positiva (PIS – *Positive*

*Ideal Solution*) e a maior distância da Solução Ideal Negativa (NIS – *Negative Ideal Solution*). Sendo que a PIS tem as melhores medidas para todos os atributos, enquanto a NIS tem as piores medidas para todos os atributos (Tseng e Huang, 2011).

Segundo Vergara *et al.* (2004), o método apresenta 5 passos até a obtenção do ordenamento. O primeiro passo deve ser a separação dos vetores com comportamento crescente, ou seja, aqueles que se aproximam de um ótimo quando seus valores aumentam, como os benefícios e, decrescente, quando seus valores diminuem, se aproximam de uma condição ótima em relação à PIS, como os custos.

O segundo passo é calcular os vetores da solução positiva ideal ( $f^*$ ) e da solução negativa ideal ( $f^-$ ). No terceiro passo, calculam-se as distâncias normalizadas em relação à PIS, chamada  $d_p^{PIS}$ , e à NIS, chamada de  $d_p^{NIS}$ , conforme as equações 3.3 e 3.4.

$$d_p^{PIS} = \left\{ \sum_{j=1}^J w_j^p \left[ \frac{f_j^* - f_j(x)}{f_j^* - f_j^-} \right]^p + \sum_{i=1}^I w_i^p \left[ \frac{f_i(x) - f_i^-}{f_i^- - f_i^*} \right]^p \right\}^{1/p} \quad (3.3)$$

$$d_p^{NIS} = \left\{ \sum_{j=1}^J w_j^p \left[ \frac{f_j(x) - f_j^-}{f_j^* - f_j^-} \right]^p + \sum_{i=1}^I w_i^p \left[ \frac{f_i^- - f_i(x)}{f_i^- - f_i^*} \right]^p \right\}^{1/p} \quad (3.4)$$

Em que:

$f_j^*$  solução ideal para o critério crescente avaliado

$f_i^-$  solução ideal para o critério decrescente avaliado

$f_i(x)$  valor obtido pela alternativa para o critério crescente avaliado

$f_j(x)$  valor obtido pela alternativa para o critério decrescente avaliado

$p$  parâmetro para verificação da sensibilidade, sendo que  $1 < p < \infty$

$w_i$  peso atribuído ao  $i$ ésimo critério

$w_j$  peso atribuído ao  $j$ ésimo critério

$J$  número total de critérios com comportamento crescente

$I$  número total de critérios com comportamento decrescente

Aos parâmetros para verificação da sensibilidade  $p$  da fórmula são usualmente utilizados os valores 1, 2 e  $\infty$ . Quanto maior esse coeficiente, mais influência têm os valores que estão mais distantes das soluções ideais. Com o valor 1 é dado peso igual a todos os critérios na composição do valor numérico de desempenho global da alternativa. Com o valor 2, o peso dado aos critérios sofre influência do quadrado dos desvios. Por último, com o peso igual a  $\infty$ , o maior desvio passa a ser o parâmetro único de avaliação entre as alternativas.

O quarto passo é o cálculo do coeficiente de similaridade ( $C^*$ ), que representa o quanto a alternativa retratada se aproxima da solução ideal positiva. Varia entre 0 e 1, e é calculado como mostra a Equação 3.5.

$$C^* = \frac{d_p^{NIS}}{d_p^{PIS} + d_p^{NIS}} \quad (3.5)$$

O quinto e último passo é o ordenamento das alternativas a partir do coeficiente de similaridade. A alternativa com coeficiente de similaridade mais próximo de 1 é considerada a mais apropriada, ou seja, a mais próxima da solução ideal positiva, e simultaneamente, a mais afastada da solução ideal negativa.

#### 4.2.4 - Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade foi efetuada com a variação dos pesos dos critérios e com variação dos valores de  $p$  (índice mínimo de concordância) e  $q$  (índice máximo de discordância) para o método ELECTRE II. Primeiramente foram efetuadas variações dos pesos fornecidos pelos atores sociais, com aumento e diminuição em 10% do valor do peso. Com essa análise foi possível avaliar se o ordenamento das alternativas seria sensível a pequenas alterações dos pesos resultantes das análises dos atores sociais.

Ainda na análise de sensibilidade para peso dos critérios, foram adotados valores iguais para cada critério, 0,2, possibilitando verificar como as alternativas se comportariam para situações em que não haveria diferença de importância entre os critérios. Outra análise adotada foi alocando o valor de peso de 0,6 para um critério e reduzindo para 0,1 o peso dos outros. Assim, foi possível analisar a ordenação preferível ao se priorizar cada um dos critérios.

Para o método ELECTRE II também foi efetuada análise de sensibilidade variando os valores de  $p$  e  $q$  com o intuito de tentar se alcançar ordenamento mais completo e avaliar se o ordenamento de alternativas seria sensível à alteração do valor desses índices. Como na preferência forte não houveram resultados para ordenação,  $p$  e  $q$  variaram com base na preferência fraca.

## **5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 - DIAGNÓSTICO DO GERENCIAMENTO DE RSU RECICLÁVEIS DO DF**

O gerenciamento dos RSU de um município engloba as fases de coleta, transporte, tratamento e disposição final. Essas etapas retratam o início da produção de um passivo ambiental, o gerenciamento desse passivo até um objetivo de se desfazer desse material com eficiência, de forma que se atenda à legislação, as necessidades e influências da sociedade e minimize os impactos ambientais, com as restrições de uma economia que limita as ações que possam ser concretizadas dentro desse modelo.

O gerenciamento dos resíduos sólidos recicláveis é uma fase importante de ser analisada para o DF, pois há um mercado para esses materiais e incentivo por parte do SLU de que haja a sua recuperação. Estar a par de todos os processos que envolvem os resíduos recicláveis viabilizará a proposição de alternativas e, a partir desta análise, se terá respaldo para propor alterações que acarretarão em impactos nas áreas social, ambiental e econômica.

O diagnóstico forneceu abordagem sobre a geração e composição gravimétrica dos resíduos da coleta seletiva e convencional; a coleta de materiais da coleta seletiva; triagem e tratamento dos resíduos e estruturas para disposição final; o lixão do Jóquei e aterro sanitário de Brasília. Ao final do capítulo foi realizada abordagem sobre os planos propostos pelo SLU, seus projetos e até onde a autarquia pretende chegar em ações de melhoria para o gerenciamento de RSU recicláveis do DF neste período de transição do lixão do Jóquei para o aterro sanitário de Brasília

#### **5.1.2 - Geração, caracterização e capacidade de aproveitamento para reciclagem**

O Distrito Federal possui 31 Regiões Administrativas (RA's), as quais totalizaram uma população de 2.570.160 habitantes, de acordo com o Censo Demográfico de 2010, e sua projeção para o ano de 2015, segundo IBGE, é de 2.914.830 habitantes. Os resíduos domiciliares e de varrição gerados e coletados no ano de 2014 foram de 892.130 toneladas e para 2015 tem-se uma geração no valor de 900.713 toneladas, correspondendo a um aumento na geração de aproximadamente 1%; assim, a geração *per capita* de resíduos domiciliares que foram coletados no DF no ano de 2015 é de aproximadamente 0,85kg (levando em consideração o ano com 360 dias) (SLU, 2016a).

Em se tratando de geração por RA, Jucá (2015) apresentou valores de coleta mensais por Região Administrativa no período de janeiro a outubro de 2015. Os valores apresentados no relatório foram expressados em tonelada/dia e, levando-se em consideração a projeção de crescimento da população de cada RA para o ano de 2015, foi calculada a geração *per capita* de cada uma das RA's e também as porcentagens de participação na geração de resíduos, os resultados podem ser conferidos na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Geração, projeção da população para 2015, geração per capita e participação na geração de RSU de cada RA (adaptado de Jucá, 2015).

RA	Geração kg/dia	Projeção pop. 2015 (hab.)	Geração <i>per capita</i> (kg/hab.dia)	% de geração
Águas Claras	76.651,67	127.716	0,60	3,13
Asa Norte/Asa Sul	389.565,67	231.894	1,68	15,93
Brazlândia	45.761,00	53.175	0,86	1,87
Candangolândia	20.600,00	17.609	1,17	0,84
Ceilândia	367.174,00	471.279	0,78	15,02
Cruzeiro	26.000,00	32.963	0,79	1,06
Fercal	5.633,33	8.948	0,63	0,23
Gama	106.117,67	139.716	0,76	4,34
Guará	91.393,67	131.877	0,69	3,74
Itapoã	34.446,33	63.234	0,54	1,41
Jardim Botânico	41.666,67	27.168	1,53	1,70
Lago Norte	37.366,67	36.059	1,04	1,53
Lago Sul	50.166,67	32.711	1,53	2,05
Núcleo Bandeirante	25.411,67	24.858	1,02	1,04
Paranoá	25.685,00	47.813	0,54	1,05
Park Way	23.564,00	20.712	1,14	0,96
Planaltina	102.901,00	189.571	0,54	4,21
Recanto das Emas	76.646,00	139.968	0,55	3,13
Riacho Fundo	26.836,33	39.076	0,69	1,10
Riacho Fundo II	26.853,67	40.979	0,66	1,10
Samambaia	136.631,33	231.457	0,59	5,59
Santa Maria	73.611,67	128.007	0,58	3,01
São Sebastião	63.755,33	102.703	0,62	2,61
SCIA - Estrutural	51.385,00	37.528	1,37	2,10
S.I.A.	28.451,00	1.874	15,18	1,16
Sobradinho I	41.966,67	66.788	0,63	1,72
Sobradinho II	64.533,33	102.709	0,63	2,64
Sudoeste/Octogonal	56.564,67	55.282	1,02	2,31
Taguatinga	285.661,33	224.618	1,27	11,68
Varjão	10.033,33	9.700	1,03	0,41
Vicente Pires	32.259,33	76.836	0,42	1,32
TOTAL	2.445.294,00	2.914.828	0,84	100,00

Como pode-se perceber, há bastante disparidade entre as RA's quanto à geração *per capita* e porcentagem de participação na geração de resíduos. Asa Norte/Asa Sul e Ceilândia tiveram maior participação na geração, sendo 15,93% e 15,02%, respectivamente, mas em termos de geração *per capita*, Ceilândia teve uma geração inferior, de 0,78 kg/hab.dia, enquanto a Asa Norte/Asa Sul alcançou o maior índice, 1,68 kg/hab.dia, além de Lago Sul e Jardim Botânico com 1,53 kg/hab.dia. A RA SIA é um caso diferente quanto à geração *per capita*, pois trata-se de um local com predominância comercial.

A geração *per capita* elevada das duas RA's de maior geração podem ser justificadas, dentre outros fatores, pelo fato desses locais possuírem população com maior índice de renda. A RA Jardim Botânico possui renda por residência em torno de 18,51 salários mínimos e na Asa Sul/Asa Norte (Plano Piloto) é de cerca de 13,29 salários mínimos. A disparidade entre as rendas domiciliares das RA's de Brasília pode ser observada na Figura 5.1.

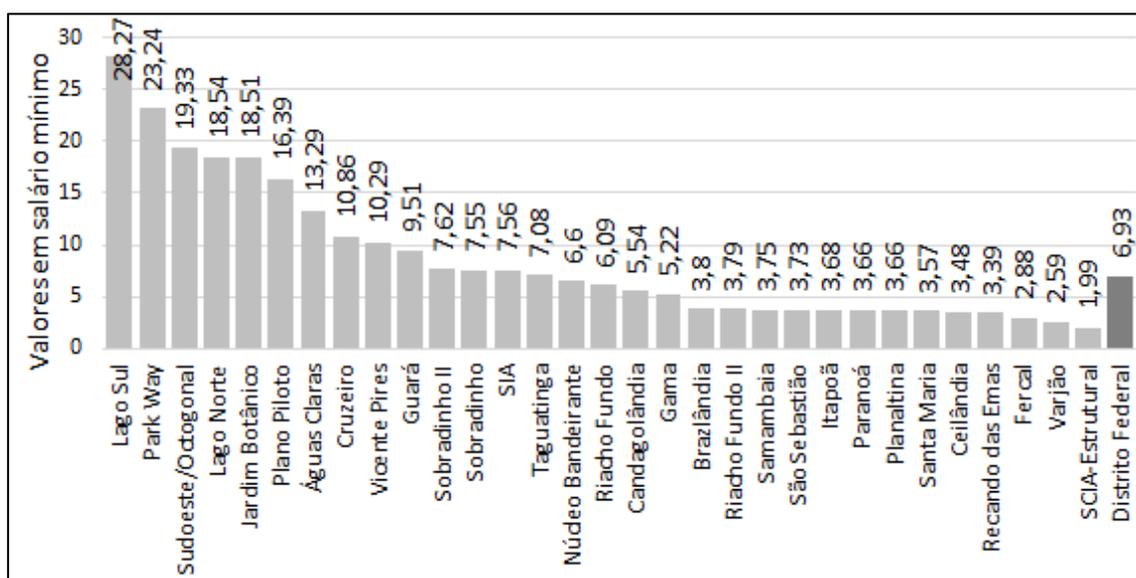


Figura 5.1 - Renda domiciliar média mensal em termos de salários mínimos das RA's do DF (adaptado de Codeplan, 2014).

As características do tipo de resíduo gerado também fornecem informações importantes para seu gerenciamento, principalmente quando se pretende aproveitar os recicláveis gerados. SLU (2016b) realizou um estudo acerca da composição gravimétrica dos RSU coletados pela coleta convencional e coleta seletiva no DF no período de janeiro a outubro de 2015. A metodologia utilizada para isso foi o quarteamento, conforme NBR 10007:2004.

Essa metodologia foi aplicada no DF para 16 RA's e, no contexto desta pesquisa, foi considerado apenas a divisão dos resíduos em plástico, papel, vidro, metal, outros e matéria orgânica. As composições gravimétricas da coleta seletiva e regular para esses tipos de materiais estão descritos das Tabelas 5.2 e 5.3, respectivamente.

Tabela 5.2 - Resultados em porcentagem para composição gravimétrica dos resíduos da coleta convencional para as 16 RA's (adaptado de SLU, 2016b).

	Águas Claras	Asa Norte	Asa Sul	Brazlândia	Ceilândia	Estrutural	Gama	Guará	Lago Norte	Lago Sul	Planaltina	Riacho Fundo I	Riacho Fundo II	Samambaia	Sobradinho	Taguatinga	Média
Orgânico	40,12	55,60	69,90	54,62	6,83	34,37	38,42	72,20	29,07	39,94	41,18	18,00	6,81	20,50	45,35	13,81	39,18
Rejeito	34,23	31,10	17,90	32,13	79,02	40,36	43,17	21,30	51,85	41,74	23,15	60,90	52,24	33,40	41,26	64,16	41,74
Reciclável	25,65	13,30	12,20	13,25	14,16	25,27	18,40	6,50	19,08	18,32	35,67	21,10	40,95	46,10	13,39	22,02	21,59
Total Plas.	15,37	7,60	7,70	5,42	8,73	13,79	10,52	4,20	7,39	11,71	23,05	10,70	23,51	23,80	7,69	10,41	9,21
Total papel	9,18	5,30	3,90	7,23	4,52	10,09	7,18	1,40	10,69	6,01	10,02	9,00	12,87	19,70	5,09	9,41	7,61
Total metal	1,10	0,40	0,60	0,60	0,90	1,40	0,71	0,90	1,00	0,60	2,61	1,40	4,57	2,60	0,60	2,20	0,95

Tabela 5.3 - Resultados em porcentagem para composição gravimétrica dos resíduos da coleta seletiva para as 16 RA's (adaptado de SLU, 2016b).

	Águas Claras	Asa Norte	Asa Sul	Brazlândia	Ceilândia	Estrutural	Gama	Guará	Lago Norte	Lago Sul	* Planaltina	Riacho Fundo I	Riacho Fundo II	Samambaia	Sobradinho	Taguatinga	Média
Orgânico	4,85	13,43	5,50	8,10	6,59	19,28	0,00	10,50	3,80	34,31	-	23,92	17,72	4,80	15,48	21,82	12,67
Rejeito	19,07	31,06	32,70	60,50	41,12	46,95	46,65	29,60	33,03	35,52	-	41,04	39,44	33,00	31,87	22,32	36,26
Reciclável	76,08	55,51	61,80	31,40	52,30	33,77	53,35	59,90	63,16	30,17	-	35,04	42,84	62,20	52,65	55,86	51,07
Total Plas.	26,24	15,83	17,50	11,80	13,47	10,89	19,52	13,90	15,32	10,80	-	11,01	14,61	18,10	14,59	17,02	15,37
Total papel	47,00	36,17	39,60	14,40	33,63	19,68	30,73	43,60	44,44	18,67	-	21,22	25,73	41,00	34,07	34,63	32,30
Total metal	2,85	3,51	4,70	5,20	5,19	3,20	3,10	2,40	3,40	0,71	-	2,80	2,50	3,10	4,00	4,20	3,39

\* SLU, 2016b não conseguiu obter dados de composição gravimétrica da coleta seletiva para Planaltina.

Na coleta convencional, os índices de resíduos recicláveis foram mais baixos do que os da coleta seletiva, com uma média de 21,6% e 69,5%, respectivamente, sendo que o material com maior influência para o alcance dessa taxa na coleta convencional foi o plástico em maior quantidade e o papel logo em seguida, realidade que já se inverte na coleta seletiva, o que pode ser justificado pelo fato de na coleta convencional haver maior contaminação de papel, não sendo possível reaproveitá-lo.

A categoria metais apresentou valores baixos em ambas as situações, o que pode ser justificado pela baixa concentração de produção desse resíduo nas residências, sendo sua maior geração em shows e eventos. Quanto ao vidro, não há indústrias no DF que absorvam esse material e a exportação é economicamente inviável, logo, ele acaba sendo destinado ao vazadouro a céu aberto como rejeito.

A coleta seletiva obteve valores superiores para reciclagem, como esperado, já que a coleta seletiva é de resíduos recicláveis, alcançando índices de 51,07%. Águas Claras é uma RA que merece destaque, já que 76,08% dos resíduos da coleta seletiva são recicláveis, enquanto RA's como Lago Sul e Brazlândia não obtiveram porcentagens tão elevadas para o aproveitamento de recicláveis, com 30,17% e 31,40%, respectivamente.

A coleta convencional alcançou elevados índices para orgânico e rejeito, com médias de 39,18% e 41,74%, respectivamente, e recicláveis com média mais baixa, 21,50%. No entanto, Samambaia e Riacho Fundo alcançaram valores significativamente superiores à média de recicláveis, 46,10% e 40,95%, respectivamente.

### **5.1.3 - Coleta convencional e seletiva**

A coleta de resíduos é um dos importantes fatores que influenciam na saúde pública de um município, pois, se não há eficiência na coleta esse resíduo será disposto em locais inadequados, como em terrenos baldios, o que atrai vetores de doenças, mal cheiro, dentre outros prejuízos à população. No Distrito Federal a taxa de coleta de resíduos é bastante elevada, em 2013 os RSU gerados foram de 4423 toneladas/dia e coletados 4323 toneladas/dia, obtendo-se um percentual de 97,8% de coleta; para o ano de 2014, esse percentual praticamente não se alterou, 97,81% para uma geração de 4522 toneladas/dia e coletados 4423 toneladas/dia (ABRELPE, 2016).

Quanto aos RSU, foram coletados no ano de 2014 pela coleta convencional 844.186 toneladas e pela coleta seletiva 47.944 toneladas, o que corresponde a uma taxa de resíduos recolhidos pela coleta seletiva de aproximadamente 5,37% do gerado. Em 2015, houve aumento do percentual de atendimento de coleta seletiva; os resíduos coletados pela coleta convencional foram de 843.216 toneladas e coletados pela coleta seletiva 57.495 toneladas, o que corresponde a uma taxa de atendimento de coleta seletiva de 6,8% (como a coleta não é feita aos domingos, o valor coletado é referente a 313 dias do ano) (SLU, 2016a).

Na Tabela 5.4 pode-se verificar a coleta convencional e seletiva por RA e porcentagem de atendimento desse serviço, considerando o período de janeiro a julho de 2015.

Tabela 5.4 - Quantidade de resíduos da coleta domiciliar e seletiva por RA do DF (adaptado de Jucá, 2015)

Região administrativa	Coleta Regular	Coleta Seletiva	Total	% Coleta Seletiva
I – Brasília	10.165,27	1.521,70	11.686,97	13,02%
II – Gama	3.081,23	102,03	3.183,53	3,21%
III - Taguatinga	8.162,24	407,60	8.569,84	4,76%
IV – Brazlândia	1.251,03	121,80	1.372,83	8,87%
V – Sobradinho I e II / Fercal	3.115,44	247,80	3.363,24	7,37%
VI – Planaltina	3.087,03	0,00	3.087,03	0,00%
VII – Paranoá	770,55	0,00	770,55	0,00%
VIII – Núcleo Bandeirante	708,05	54,30	762,35	7,12%
IX – Ceilândia	10.601,22	414,00	11.015,22	3,76%
X – Guará	2.543,41	198,40	2.741,81	7,24%
XI – Cruzeiro	678,34	101,30	770,64	12,99%
XII – Samambaia	3.918,24	180,70	4.098,94	4,41%
XIII – Santa Maria	2.129,85	78,50	2.208,35	3,55%
XIV – São Sebastião	1.912,66	0,00	1.912,66	0,00%
XV – Recanto das Emas	2.204,38	95,00	2.299,38	4,13%
XVI – Lago Sul /Jardim Botânico	2.591,88	162,80	2.754,68	5,91%
XVII – Riacho Fundo	776,99	28,90	805,09	3,59%
XVIII – Lago Norte / Varjão	1.249,58	172,60	1.422,18	12,14%
XIX – Candangolândia	592,40	25,60	618,00	4,14%
XX – Águas Claras	2.015,75	283,80	2.299,55	12,34%
XXI – Riacho Fundo II	736,21	69,40	805,61	8,61%
XXII – Sudoeste/Octogonal	1.534,84	162,10	1.696,94	9,55%
XXIII – Park Way	683,02	23,90	706,92	3,38%
XXV – S.C.I.A/Estrutural	1.510,05	31,50	1.541,55	2,04%
XXVI – Itapoã	1.033,39	0,00	1.033,39	0,00%
XXVII – S.I.A	766,43	87,10	853,53	10,20%
XXVIII – Vicente Pires	905,28	62,50	967,78	6,46%
<b>TOTAL</b>	<b>68.724,75</b>	<b>4633,60</b>	<b>73.358,35</b>	<b>6,32%</b>

Outro fator importante é a frequência de coleta, ou seja, o período em que o resíduo é armazenado temporariamente externo às residências, sob a influência de luz, calor, precipitação, e que, novamente, pode atrair vetores de doenças e mal cheiro, por exemplo. No Distrito Federal, as RA's de maior geração recebem o serviço de coleta diariamente, enquanto que nas outras, esse resíduo é coletado 2 ou 3 vezes por semana. Essa coleta pode ser realizada porta-a-porta ou em contêiner estacionário, sendo que o SLU possui caminhões compactadores com dispositivos para basculamento de containers. Em algumas regiões do DF pode-se observar containers separados para resíduos recicláveis e orgânicos, no entanto, não se pode afirmar que há essa diferenciação de armazenamento externo para todas as RAs.

Na Tabela 5.5 pode-se observar o atendimento do serviço de coleta seletiva para o ano de 2015, sua divisão em quatro lotes, a empresa que atende cada lote, a população atendida e massa coletada por abrangência; logo a seguir também é apresentada nas Figuras 5.2 e 5.3 através de gráficos, a porcentagem de população atendida por lotes na coleta seletiva e sua massa coletada.

Tabela 5.5 - Empresa responsável pela coleta seletiva em cada lote, porcentagem da população atendida, coleta e abrangência (adaptado de SLU, 2016a).

Lotes	Empresa	Pop.	Col. Sel.	Abrangência
I	CGC	15%	53%	Brasília, Guará, Cruzeiro, Sudoeste/Octogonal, S.I.A, Sobradinho (até abril/2015). São Sebastião, Lago Sul, Jardim Botânico, Lago Norte, Varjão (após abril/2015)
II	Valor Ambiental	27%	13%	Park Way, Candangolândia, Núcleo Bandeirante, Gama, Samambaia, Santa Maria, Recanto das Emas, Riacho Fundo I, Riacho Fundo II,
III	Quebec	24%	4%	Sobradinho, Planaltina, Paranoá, Itapoã, São Sebastião, Lago Sul, Jardim Botânico, Lago Norte, Varjão, Sobradinho II, Fercal (até abril/2015)
IV	Valor Ambiental	34%	30%	Taguatinga, Brazlândia, Ceilândia, Águas Claras, Vicente Pires, S.C.I.A/Estrutural, Park Way

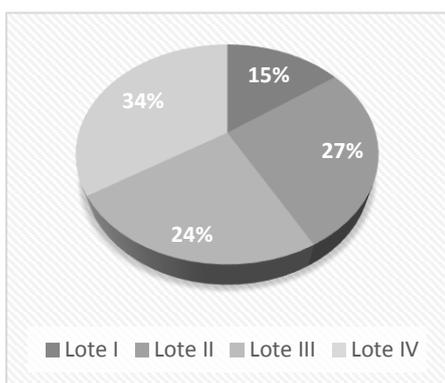


Figura 5.2 - Percentual da população em cada lote da coleta seletiva (adaptado de SLU, 2016a).

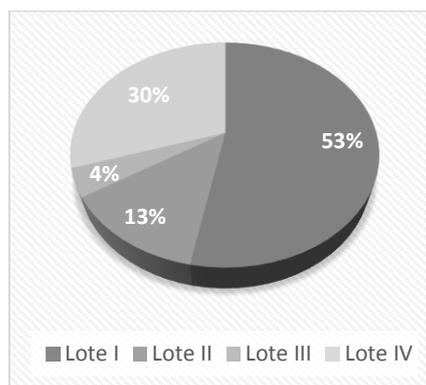


Figura 5.3 - Percentual de massa coletada por lotes da coleta seletiva (adaptado de SLU, 2016a).

O lote I que possui apenas 15% da população do DF foi o que apresentou a maior quantidade de resíduos coletados da coleta seletiva, enquanto que os lotes II e III que juntos somam 51% da população obtiveram taxa de coleta seletiva de apenas 17%. Esse baixo índice de coleta nesses lotes justificou as alterações do atendimento da coleta seletiva ao longo do ano de 2015. O contrato da coleta seletiva do lote III foi interrompido pela empresa Quebec em abril de 2015 e parte das RA's por ela atendida (Sobradinho, São Sebastião, Lago Sul e Jardim Botânico, Lago Norte e Varjão) passaram a ser atendidas pelo contrato do lote I da CGC, enquanto as RA's de Planaltina, Sobradinho II, Paranoá, Itapoã e Fercal tiveram suas atividades de coleta seletiva suspensas. Em dezembro de 2015 a Valor Ambiental entregou o lote II também sob a alegação de prejuízos financeiros.

Foram analisados os contratos de todas as empresas prestadoras de serviço de coleta seletiva em 2015 no DF, encontrados no site do SLU, para se chegar a valores de eficiência do serviço prestado e compreensão da interrupção do serviço. Apenas o contrato da empresa Quebec não foi encontrado, mas em publicação do diário oficial do DF encontraram-se informações sobre o período de contrato e seu valor, suficientes para essa análise.

Para evidenciar os prejuízos alegados pelas empresas, devido à pouca quantidade de resíduo disponível da coleta seletiva para ser coletado em alguns lotes, foi calculado o valor real por tonelada coletada, informação obtida dividindo o valor de contrato pela quantidade de resíduo coletado por lote em 2015, segundo SLU (2016a). As informações sobre empresa responsável pela coleta em cada lote, contrato estabelecido, seu período e valor, RA's inclusas em cada lote, quantidade real coletada e valor monetário por quantidade coletada estão contidas na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Informações sobre contratos de coleta seletiva, quantidade real de resíduo coletado e o valor por tonelada real coletada

<b>Lote</b>	<b>Empresa</b>	<b>Contrato</b>	<b>Período de contrato</b>	<b>RA's</b>	<b>R\$ t/mês</b>	<b>R\$ total vigência</b>	<b>Qtd real coletada (t)</b>	<b>R\$/ t coletada</b>
I	CGC	15/2013 – 3º termo aditivo	14/12/2014 a 26/03/2015	Brasília, Guará, Cruzeiro, Sudoeste/Octogonal e S.I.A	330.123,18	1.122.418,81	6.591	170,29
		15/2013 – 4º termo aditivo	27/03 a 13/12/2015	Brasília, Guará, Cruzeiro, Sudoeste/Octogonal, S.I.A, Lago Sul, Jardim Botânico, Lago Norte, Varjão, Sobradinho I, Sobradinho II	412.653,98	3.548.824,22	24.021	147,73
		15/2013 – 5º termo aditivo	14 a 31/12/2015					
II	Valor Ambiental	12/2014 – 2º termo aditivo	14/12/2014 a 13/12/2015	Park way, Candangolândia, Núcleo Bandeirante, Gama, Samambaia, Santa Maria, Recanto das Emas, Riacho Fundo I e Riacho Fundo II	278.511,85	3.342.142,2	7.750	431,24
III	Quebec	18/2013 – 2º termo aditivo	27/12/14 a 26/03/15	Sobradinho, São Sebastião, Lago Sul, Jardim Botânico, Lago Norte, Varjão, Planaltina, Sobradinho II, Paranoá, Itapoã e Fercal	361.222,95	1.083.668,85	2.162	501,23
IV	Valor Ambiental	17/2013 – 2º termo aditivo	14/12/2014 a 13/12/2015	Taguatinga, Brazlândia, Ceilândia, águas Claras, Vicente Pires, SCIA/Estrutural, Park Way (quadras 3, 4 e 5)	335.956,5	4.031.478	16.971	237,55

Como pode-se perceber, o valor de contrato da QUEBEC em um período de 3 meses foi bastante elevado e a quantidade de resíduos coletados foi baixa, obtendo um valor que seria de R\$ 501,23 por tonelada coletada. O contrato da QUEBEC não foi prorrogado e o contrato do lote 01 da CGC foi alterado, ao qual foi adicionado 25% do valor monetário do termo aditivo anterior, justificado pela inserção de algumas RA's do lote III no roteiro. A Valor Ambiental também entregou o lote II no final do ano, não havendo mais nenhum termo aditivo; a quantidade coletada de resíduo no lote II pela empresa foi realmente baixa e o valor por tonelada coletada alcançou R\$ 431,24.

Assim, ao final de 2015 apenas os contratos referentes aos lotes I e IV permaneceram e, conseqüentemente, apenas a quantidade de resíduo coletada por eles na coleta seletiva continuariam no ano de 2016.

Essa constatação é importante, pois, a partir disso, não é adequado considerar para as análises desta pesquisa o valor de 186 t/dia coletado no DF pela coleta seletiva, dado que os contratos de algumas empresas foram rescindidos pela baixa coleta de resíduos de algumas RA's. Para tornar a pesquisa mais confiável, será considerado apenas o valor que continuaria a ser coletado utilizando os dados de 2015. A empresa CGC coletou no lote I 24.021 toneladas no período de 8 meses e 16 dias e a empresa Valor Ambiental coletou 16971 toneladas no período de 1 ano. Subtraindo os domingos, já que não há coleta nesse dia, o coletado diariamente pela CGC seria de aproximadamente 108 toneladas/dia e da Valor Ambiental 54 toneladas/dia, totalizando 162 toneladas/dia que continuariam a ser coletadas.

Com essas mudanças ocorridas no decorrer do ano de 2015, no mês de dezembro o atendimento da coleta seletiva regrediu a 5,3%, um valor preocupante, já que o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012) propôs que até o ano de 2015, 13% dos resíduos recicláveis do Centro Oeste não fossem dispostos em aterros. No entanto, a coleta não é a única restrição que deve ser avaliada para atender a essa meta, também deve ser levado em consideração os locais de triagem disponíveis. No DF há algumas estruturas, conforme será visto adiante, mas para a ampliação do atendimento desse serviço é imprescindível que mais estações de triagem sejam construídas (Abreu, 2016).

#### **5.1.4 - Triagem e tratamento**

A triagem no DF é diferenciada para coleta seletiva e convencional, sendo a primeira realizada sem o emprego de tecnologia avançada e a segunda em usinas mecanizadas.

Nessas usinas há processo que visa a produção de composto orgânico, mas que ao final do processo são enquadrados em Material Secundário para Agricultura, segundo Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, os quais são doados para agricultores do DF. Já os RSU recicláveis, são apenas prensados e exportados para outros estados. A seguir serão apresentadas as especificações das usinas e instalações para triagem dos resíduos domiciliares do DF.

#### 5.1.4.1 - Triagem dos resíduos da coleta seletiva do DF

A coleta seletiva no DF é bipartida, ou seja, os resíduos são divididos na fonte apenas em recicláveis e não recicláveis, sendo que a matéria orgânica se enquadra como não aproveitável, já que é misturada aos rejeitos. Dessa forma, os resíduos recicláveis provenientes da coleta seletiva do DF ainda precisam ser triados de acordo com os materiais comercializáveis na região.

A triagem dos resíduos recicláveis é realizada por catadores de materiais recicláveis, ao total são 16 cooperativas que recebem esses resíduos e os separam em locais diferentes, sendo que cerca de 53% dos resíduos são triados pelas cooperativas em prédios públicos e 47% são triados no aterro controlado da Estrutural. A maioria das cooperativas não possui infraestrutura adequada para a execução da atividade de triagem, sendo que as cooperativas que trabalham no aterro controlado da Estrutural são as que estão em situações de maior periculosidade, devido aos maiores riscos à saúde que o ambiente pode ocasionar (Abreu, 2015).

No entanto, em setembro de 2015 foi suspensa a destinação de resíduos da coleta seletiva para a APCORB, a qual está processando resíduos convencionais nas esteiras da UTL-Asa Sul e a CATAMARE interrompeu sua triagem devido à baixa produtividade e alto índice de rejeitos (Abreu, 2015).

As especificações sobre cooperativas, quantidade de catadores contabilizados segundo o Instituto de Estudos Socioeconômicos (INESC), equipamentos, instalações, massa de resíduo em tonelada destinado às cooperativas nos meses de janeiro a julho de 2015 e a porcentagem desse resíduo estão contidas na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Organização e número de catadores da coleta seletiva, seus equipamentos e instalações, média mensal recebida e porcentagem de recebimento de resíduo (adaptado de Abreu,2015)

Organização	Nº de catadores	Equipamentos	Instalações	Média recebida (t/mês)	%
Recicla Brasília	45	1 prensa e 1 caminhão	Galpão SLU – DL Norte – 700m <sup>2</sup>	411	8,72%
ACAPAS	53	1 caminhão	Galpão SLU – DL Norte – 700m <sup>2</sup>	442	9,38%
APCORB	133	3 prensas e 1 esteira	UTL – Asa Sul – Galpão 1350m <sup>2</sup> (só cobertura e piso)	341	7,24%
CRV	16	Sem equipamentos	Galpão fechado RA Varjão 510m <sup>2</sup>	46	0,98%
COOPERE	26	Sem equipamentos	Aterro do Jóquei	624	13,24%
AMBIENTE	26	3 prensas e 1 esteira	Aterro do Jóquei	484	10,27%
PLASFERRO	25	1 prensa e 1 caminhão	Aterro do Jóquei	212	4,50%
COORACE	50	2 prensas e 1 caminhão	Aterro do Jóquei	300	6,37%
COOPERNOES	20	1 prensa e 1 caminhão	Aterro do Jóquei	285	6,05%
CONSTRUIR	24		Aterro do Jóquei / Galpão da COOPTRAP	324	6,88%
CATAMARE	72	Sem equipamentos	Galpão fechado da Terracap (375m <sup>2</sup> )	305	6,47%
Recicla a Vida	130	2 prensas, 1 caminhão, 1 empilhadeira e 1 esteira	Galpão 1000m <sup>2</sup> (fechado SEDEST)	283	6,01%
ACOBRAZ	27	3 prensas	Transbordo do SLU em Brazlândia – Galpão com 253m <sup>2</sup> e tendas	103	2,19%
R3 (Recicla a Vida)	23		Tenda	173	3,67%
PLANALTO	40	1 prensa e 1 caminhão	Área de transbordo do SLU em Sobradinho (tendas)	235	4,99%
COOPERDIFE	12	1 prensa, 1 esteira e 1 caminhão	Área de transbordo do SLU em Sobradinho (tendas)	144	3,06%
TOTAL				4712	100%

Como pode-se perceber, a triagem de resíduos provenientes da coleta seletiva necessita de infraestrutura mais adequada, mesmo em algumas instalações com cobertura, não há sequer esteiras, logo, os resíduos são triados de forma ergonomicamente inadequada, o que pode causar prejuízos à saúde de catadores e maior dificuldade para aproveitamento de materiais.

#### 5.1.4.2 - UTL e UCTL

A primeira Usina de Tratamento de Lixo (denominada de UTL) implantada no Brasil foi construída em Brasília em 1964, localizada na Asa Sul, com capacidade para tratar cerca de 250 toneladas de resíduos domiciliares por dia. Em 1986 foi construída uma usina de reciclagem e compostagem, denominada de Usina Central de Tratamento de Lixo (UCTL), ao sul na RA de Ceilândia com capacidade para tratar 600 toneladas de resíduos domiciliares por dia, ao custo de 12 milhões de dólares (EMBRAPA, 2000).

Essas duas usinas ainda estão em funcionamento e são as únicas usinas responsáveis pela triagem e tratamento de resíduos da coleta convencional em todo o DF. Essas usinas possuem tecnologias diferentes e cada uma possui especificações técnicas e operacionais quanto ao processamento do resíduo misto que chega às duas.

A UTL recebe resíduos das seguintes RA's e em proporções que variam: Lago Sul, Lago Norte, Asa Sul, Asa Norte, Guará, Núcleo Bandeirante, Candangolândia, Park Way, Cruzeiro, Sudoeste, SIA, São Sebastião, Brazlândia, Octogonal. Ela opera com biodigestores de tecnologia *Dano*, um sistema dinâmico, contendo etapas como: fosso de recepção, triagem manual, separação eletromagnética, bioestabilização, peneiramento e cura (opcional) do material. A função do bioestabilizador é, enquanto gira, encaminhar o material de uma extremidade a outra. Durante esse trajeto, os resíduos são tombados sucessivamente e sofrem a ação dos microorganismos que iniciam a degradação do material, com temperaturas atingindo marcas superiores a 55°C, o que acelera a fermentação da matéria orgânica (BARREIRA, 2005; FUJITA, 2007). Na Figura 5.4, pode-se observar um esquema com cada etapa do processo, e na Figura 5.5 cada etapa descrita em imagens captadas do local.

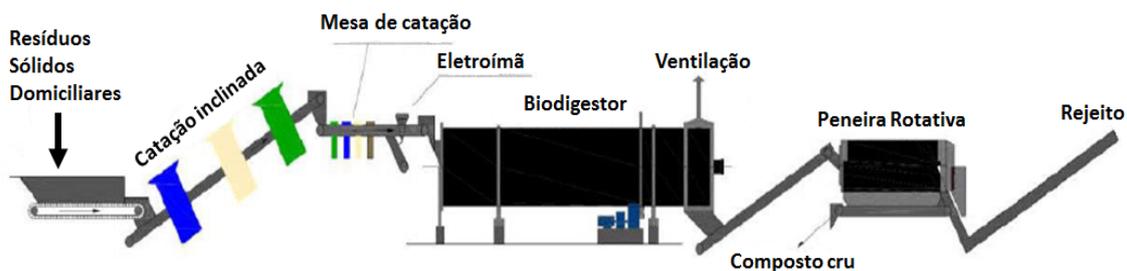


Figura 5.4 - Esquema de processamento de resíduos da UTL (adaptado de FRAL, 2015 *apud* Jucá, 2016)



Figura 5.5 - Imagens das instalações da UTL

Na imagem 01 da Figura 5.5 pode-se observar o local de recebimento de resíduos, um galpão fechado com o chão repleto de lama e à direita da foto é o fosso por onde é despejado o resíduo, que logo após, é direcionado para o “chão movediço” com a função de distribuí-lo na esteira inclinada, como pode ser observado na imagem 02. Nas duas

esteiras em funcionamento há presença de catadores, 3 em cada uma, os quais catam os resíduos recicláveis e os lançam em aberturas em que já há *bags* pendurados (imagem 02-B).

A esteira segue até uma sala fechada (imagem 03), o que seria a mesa de catação, em que há mais 4 catadores catando material. Logo após há o eletroímã onde os resíduos metálicos são retirados automaticamente e em seguida o resíduo vai para o biodigestor (imagem 04). Atualmente o biodigestor cumpre apenas a função de mais um local de passagem do resíduo, pois a usina trabalha em fluxo contínuo, não há período em que o biodigestor fique fechado para digestão do material.

O resíduo então passa pela peneira rotativa (imagem 05) que possui malhas de 3 cm e 2,2 cm aproximadamente. Ela separa os materiais de maior tamanho que seguem como rejeitos para outra esteira e os de tamanho inferior que são encaminhados para outra esteira e armazenados em galpão fechado, e que são levados depois para a UCTL, onde será então maturado. O rejeito segue para o aterro controlado do Jóquei. A usina deveria operar em 4 linhas, mas apenas duas estão em funcionamento. As outras duas linhas foram desativadas por falta de manutenção que desencadeou em problemas operacionais.

Ainda nas dependências da UTL, há um galpão de triagem, onde os materiais são despejados e os catadores realizam uma nova separação de materiais com o auxílio de uma esteira (imagem 01) avaliando o que de fato pode ser aproveitado e separando os plásticos por categoria, para que tudo possa ser prensado (imagem 02). Na Figura 5.6, podemos observar esse processo.



Figura 5.6 - Imagens do galpão de triagem da UTL

Com esse sistema, cerca de 85 toneladas/dia de resíduos foram processadas diariamente e possuem a seguinte destinação: 4,7% do triado vai para o comércio de recicláveis, 62,3% é disposto no aterro da Estrutural e 33% é enviado à UCTL para produção de composto. Como pode-se perceber, com toda a estrutura da UTL, uma parcela muito baixa de resíduo é aproveitada para a reciclagem e cerca de terça parte pode ser aproveitado para produção de composto; a grande maioria ainda são rejeitos, os quais são dispostos no aterro controlado da Estrutural.

Na UCTL, o resíduo processado é proveniente basicamente das regiões administrativas de Taguatinga e Ceilândia. A Resolução CONAM 01/2009 do DF determina que o resíduo recebido deve ser predominantemente domiciliar e que a coleta seletiva de orgânico fosse implantada objetivando a melhoria da qualidade do composto orgânico e a minimização dos riscos de contaminação. No entanto, o sistema que foi implantado é para recebimento de resíduo misto, e de fato, ela opera apenas com resíduo da coleta convencional.

O sistema implantado denomina-se TRIGA, o qual consiste em sistemas de separação e decomposição acelerada distintos. A fermentação aeróbia, neste sistema, ocorre em reatores ou torres tronco-cônicas (higienizadores) onde o lixo é submetido à aeração (Mesquita Junior, 2004; Gonçalves, 2007). No entanto, faltaram estudos sobre o funcionamento e aplicabilidade dos silos para a situação brasileira, já que a composição gravimétrica, clima e temperatura brasileiros, por exemplo, são bem diferentes da França, local em que a tecnologia foi concebida. Segundo informações de colaboradores do SLU, esse equipamento apresentava dificuldades de operação, sendo necessária e manutenção constante do equipamento, o que veio por desativá-lo anos depois, na Figura 5.7 pode-se verificar os reatores.



Figura 5.7 - Reatores desativados da UCTL

Dessa forma, a estrutura existente conta apenas com: duas peneiras rotativas, separação manual por catadores, eletroímã para separação de metais, separador balístico e mesa vibratória e etapas de produção de composto. Na Figura 5.8 há um esquema simplificado do sistema de triagem da usina.

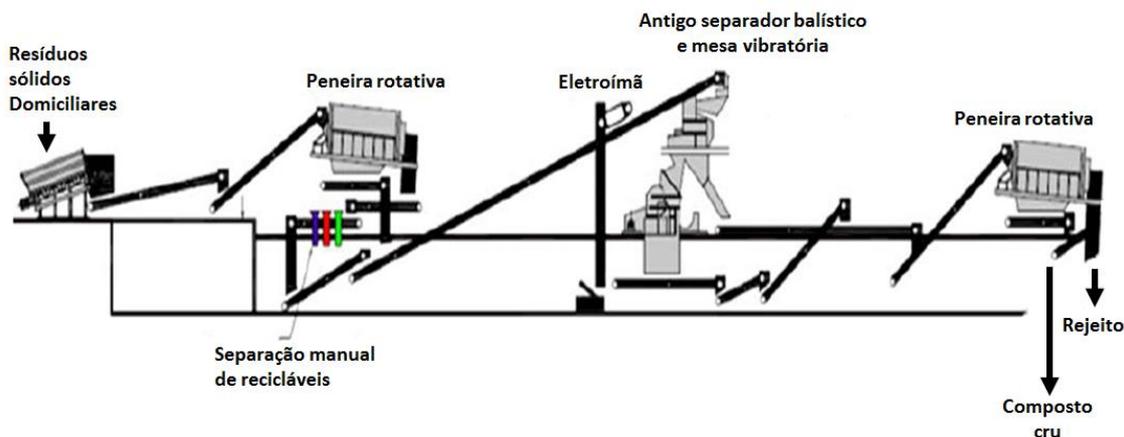


Figura 5.8 – Esquema de processamento de resíduos da UCTL (adaptado de FRAL, 2015 *apud* Jucá,2016)

Na Figura 5.8 é apresentado um esquema ilustrativo, no qual é possível observar cada etapa da operação. Inicialmente, o resíduo que chega é pesado na balança, e recebido na usina. Eles são despejados nas transportadoras (esteiras) depois das sacolas terem sido abertas com o auxílio de “rasga sacos”. Essas transportadoras direcionam o resíduo até a primeira peneira, que tem a função apenas de dividir os resíduos nas transportadoras, pois logo em seguida eles se unem e são direcionados ao eletroímã, onde os metais ferrosos são extraídos.

A mesa vibratória e separador balístico têm a função de regular a velocidade das esteiras quando há variação de volume de resíduo de uma esteira para outra. A última peneira tem a função de separar o resíduo que seguirá o processo de compostagem, e o material que tiver diâmetro maior, será destinado ao lixão do Jóquei, ou ao aterro Oeste quando esse entrar em operação

Na Figura 5.9 pode-se observar imagens do espaço interno em que ocorre a triagem de resíduos. A imagem 01 representa a recepção dos materiais, a 02 e 03 a peneira rotativa, a 04 uma das esteiras em que os catadores retiram o material seco, a 05 a última peneira rotativa e na 06, o material que não passou pela última peneira.



Figura 5.9 - Imagens das instalações da UCTL

Após triado pelos catadores, os resíduos recicláveis são encaminhados em “bags” para um galpão externo em que eles são armazenados e prensados até que sejam comercializados, conforme pode ser observado na Figura 5.10.



Figura 5.10 - Imagens do galpão em que se armazena e prensa os recicláveis na UCTL

O material que foi selecionado como para produção de composto é maturado em leiras, nos pátios que ficam na área externa, por cerca de 90 dias, até que sejam levadas amostras para laboratórios onde serão verificados parâmetros de qualidade. O MSA tendo sido aprovado, é então peneirado e doado para pequenos agricultores cadastrados na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do DF (EMATER). Na Figura 5.11 pode ser observado um dos pátios com composto e na Figura 5.12, o galpão onde ocorre o peneiramento e abastecimento dos caminhões dos agricultores.



Figura 5.11 - Pátios com composto na UCTL



Figura 5.12 - Galpão de peneiramento de MSA e abastecimento dos caminhões da UCTL

A UCTL ainda conta com sistema de lagoas facultativas para tratamento do lixiviado e com processo físico (gradeamento e decantação) e químico (adição de CaO e corretor de ph). O lixiviado tratado é levado para a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), onde passará pelo tratamento fornecido pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Samambaia.

Com esse sistema, cerca de 582 ton/dia de resíduos são processados diariamente, o que representa 20,22% do resíduo gerado em 2015, no DF. Os resíduos triados possuem a seguinte destinação: 4,12% é comercializado como reciclável, 79,3% é, atualmente, disposto no aterro sanitário de Brasília e 16,15% é destinado para produção de MSA.

O aproveitamento de recicláveis nessa usina também é muito baixo, sendo que quase 80% dos resíduos processados tornam-se rejeito. Como consequência, uma grande quantidade de materiais que ainda poderiam ser aproveitados, tem como destino o aterro sanitário.

### **5.1.5 - O lixão do Jóquei e seu processo de desativação para recebimento de resíduos domiciliares**

Desde o início da década de 1970, os resíduos sólidos do DF vêm sendo lançados, em uma área conhecida como lixão do “Jóquei Clube” ou “lixão da Estrutural”. Essa área tem aproximadamente 190 hectares e encontra-se localizada na região centro-oeste do DF, aproximadamente a 15° 16’ de latitude sul e a 48° 00’ de longitude oeste, entre o Plano Piloto e Taguatinga. A área é limitada a oeste pela nascente do córrego Cabeceira do Vale, afluente do Lago Paranoá, e a norte e leste pelo Parque Nacional de Brasília, área de preservação ambiental onde nasce o Córrego do Acampamento, próximo à fronteira do Parque com o aterro. A área onde está assentado o vazadouro a céu aberto possui uma altitude aproximada de 1120m (Orrego, 2013).

Concomitante à criação do aterro, foram se instalando residências de catadores, em 1993, estes catadores representavam 37% da população da estrutural. Em 2004, ano em que foi lançado o EIA/RIMA do aterro sanitário de Brasília, a representatividade dos catadores no local chegou a mais que 3% da população local, essas pessoas triavam os resíduos que na época chegaram a cerca de 500 toneladas de resíduos (PROGEA, 2004).

Atualmente, como apresentado no fluxograma do software STAN para AFM a quantidade de resíduos domiciliares que o lixão do Jóquei recebeu no ano de 2015 já alcançou 2673 toneladas/dia. Esses resíduos são provenientes de domicílios do DF que tenham passado ou não por estações de transbordo, rejeitos da UTL e UCTL e dos galpões de segregação de resíduos da coleta seletiva.

No lixão da Estrutural ocorre catação de resíduos a céu aberto por catadores. No ano de 2015, cerca de 42 toneladas/dia (cerca de 1,57% de todo resíduo gerado no DF) de materiais recicláveis

aproveitáveis foram retirados por esses catadores. Assim, o que é aterrado, de fato, no vazadouro a céu aberto, são 2631 toneladas/dia, o que totaliza cerca de 91,42% de resíduos gerados.

E conforme o vazadouro a céu aberto passou a receber maior quantidade de resíduos, também houve aumento do número de pessoas que buscavam materiais recicláveis no local. Segundo INESC (2016), se tem mapeado no DF cerca de 2.816 catadores, e ainda, segundo o mesmo estudo, em 2014 foi relatado por SEDEST a quantidade de catadores que catavam resíduos no lixão, totalizando cerca de 1690 catadores, número que pode variar constantemente, já que não se tem o controle das pessoas que começam ou deixam de catar resíduos no local.

Em 2015, o lixão do Jóquei já era considerado o maior vazadouro a céu aberto da América Latina e possui diversos problemas que vão muito além das questões ambientais. O problema social encontrado nesse local é alvo de diversas críticas em veículos de informação do DF e do mundo. Na Figura 5.13 pode-se observar imagens da situação atual do lixão do lixão do Jóquei.



Figura 5.13 - Imagens do lixão do Jóquei

Em 1996, foi dado início ao processo nº 36947/96 da Vara do Meio Ambiente, Desenvolvimento Urbano e Fundiário do Distrito Federal para obrigar o DF a dar destinação adequada aos resíduos sólidos e a desativar completamente o Lixão do Jóquei, cuja área deveria ser recuperada. Os danos então causados pelo vazadouro a céu aberto já

se projetavam para além de seus limites geográficos e sua capacidade de suporte estava esgotada desde o início da década de 90 (Ministério Público do DF, 2011).

Desde esse processo até hoje, diversas ações foram impostas ao SLU para fechar o lixão. Em 2015 foi instituído pelo Decreto nº 36.437 o Grupo de Trabalho - GT para elaborar e implementar o plano de intervenção de atividades de ordenamento do Lixão do Jóquei, visando dar o correto tratamento e destinação dos resíduos sólidos urbanos - RSU, provenientes dos serviços contratados pelo SLU.

Nesse GT estão presentes 15 instituições, entre Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal, Secretaria de Estado da Segurança Pública e Paz Social do Distrito Federal, Secretaria de Estado de Políticas para Crianças, Adolescentes e Juventude do Distrito Federal, Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal, entre outros. O que evidencia que a questão do vazadouro a céu aberto precisa ser resolvida não apenas no âmbito do SLU, mas com o auxílio de diversos outros setores, haja vista que o problema apresenta proporções de diversas dimensões.

As ações promovidas pelo GT foram absorvidas em 2016 pelo Escritório de Projetos Especiais - EPE, através do decreto nº 37.505. Assim, o EPE assumiu a coordenação do Programa de Desativação do Aterro Controlado do Jóquei, e através do Termo de Abertura do Programa – TAP, Anexo II do Memorando nº 09/2016 – EPE/GAG, são definidos objetivos, entregas previstas, órgãos e entidades do DF responsáveis por sua execução.

No anexo VI do referido memorando é solicitado ao SLU informações relativas ao Projeto de Desativação do Aterro Controlado do Jóquei, o qual a autarquia responde com o Despacho nº 192 DITEC/SLU. Nesse documento há diversas informações acerca das ações de coleta seletiva e reciclagem. As grandes entregas previstas são um novo modelo de coleta seletiva, que deverá ser implantado até 2018 e a construção e/ou reforma de 7 Centros de Triagem de Resíduos Sólidos (CTR) e 1 centro de comercialização até maio de 2018, além de 6 pontos de entrega voluntária de resíduos até fevereiro de 2017. Essas ações previstas pelo SLU serão abordadas posteriormente no tópico 5.1.6, pois são informações de extrema importância para a proposição de alternativas para o gerenciamento de recicláveis no DF.

Além desse planejamento, era necessário que um local substituto fosse implementado para deposição dos materiais que não poderiam ser aproveitados. Assim, em 2004 é contratada a empresa PROGEA para elaboração do EIA/RIMA do aterro sanitário de Brasília.

O Aterro Sanitário de Brasília tem cerca de 76 hectares, em uma área rural de Samambaia, nas coordenadas Lat 15°51'32.62"S; Long 48° 9'19.45"O, com previsão de vida útil de pelo menos 13 anos e capacidade para receber 8,13 milhões de toneladas de rejeitos.

No entanto, no primeiro momento da sua operação, apenas cerca de 900 toneladas, aproximadamente 30% do total gerado em Brasília está sendo depositado nesse local (Rezende, 2017). Na Figura 5.14 pode-se verificar imagens de janeiro de 2017, do aterro já pronto para receber materiais, sendo que a imagem 01 ilustra a entrada do aterro, a imagem 02 as balanças de caminhões e na imagem 03 o local de disposição de resíduo.



Figura 5.14 - Imagens do aterro sanitário de Brasília

O aterro possui quatro etapas, cada uma dessas etapas possui uma área determinada, com capacidade para recebimento de materiais e estimativa de vida útil, como pode ser observado na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 - Etapas, áreas disponíveis de cada etapa, capacidade e estimativa de vida útil para o aterro sanitário de Brasília (adaptado de SERENCO, 2017)

Etapa	Área (m <sup>2</sup> )	Capacidade (toneladas)	Vida Útil (anos)
Etapa 1	110.000	1.872.000	3,1
Etapa 2	122.000	1.872.000	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

Como a geração de resíduo que tem como o destino o lixão, segundo SLU (2016a), é na ordem de 2673 toneladas/dia, caso todo o resíduo gerado no DF fosse destinado ao aterro sanitário, ele teria apenas 9,8 anos de vida útil. Para respeitar o valor de vida útil previsto (13,3 anos), além dos projetos de aumento de coleta seletiva, também se prevê a exportação de rejeito para outros aterros sanitários, como pode ser observado na Tabela 5.9 que foi apresentada por SLU na “Audiência Pública: Cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos”, em novembro de 2016.

Tabela 5.9 - Perspectiva de cronograma da disposição final de rejeitos do DF (adaptado de SLU, 2016c)

	2015	2016	2017	2018
Núcleo de Limpeza Sobradinho (NUSOB)	Aterro Controlado do Jóquei (ACJ)	Aterro Sanitário de Brasília (ASB)	ACJ	Aterro Sanitário Norte (ASN)
Águas Claras		ACJ	ASB	Aterro Sanitário CORSAP (ASCORSAP)
Núcleo de Limpeza Gama (NUGAM)				ASB
Setor PSUL (Ceilândia)				
Núcleo de Limpeza Taguatinga (NUTAG)				
Núcleo de Limpeza Brazlândia (NUBRA)				
Núcleo de Limpeza Norte (NUNOR)				
Núcleo de Limpeza Sul (NUSUL)				

### **5.1.6 - Planos do SLU quanto à coleta seletiva, triagem e reciclagem**

No anexo VI do Memorando nº 09/2016 – EPE/GAG, o SLU encaminha, através de sua Diretoria Geral (DIGER) para o MP, informações acerca de ações previstas para o gerenciamento de recicláveis do DF e seu cronograma. Essas ações são parte do processo de desativação da deposição de resíduos sólidos no lixão do Jóquei, e constam na parte (iii) “inauguração de Instalações de Recuperação Resíduos - IRR’s, os centros de triagem, locais adequados para que os catadores possam continuar a obter trabalho e renda a partir da triagem de materiais recicláveis dos resíduos sólidos do DF”.

Estão previstas a construção de 7 Centros de Triagem de Resíduos (CTR’s) para incluir a mão-de-obra de catadores oriundos do lixão do Jóquei. Seus projetos executivos já estão prontos, e elas estão em fase de contratação de empresas para construção (os editais com os projetos foram lançados no site da NOVACAP em janeiro de 2017). Essas centrais de triagem são locais devidamente adequados para execução desse serviço, com esteiras, dutos para o lançamento de resíduos que serão depositados em “bags”, banheiro, refeitório, uma estrutura ampla em galpão fechado, que reduz o impacto de fatores externos, como luz e chuva e que permite a redução de risco ergonômico aos catadores.

O processamento em capacidade mínima das centrais de triagem é de cerca de 114 toneladas/dia e em capacidade máxima 228 toneladas/dia, correspondendo a um turno e dois turnos, respectivamente. Como a coleta seletiva só opera em dois turnos, esse é o período condizente de funcionamento para as estações de triagem.

Esse cálculo referente à capacidade de processamento das centrais de triagem foi efetuado a partir da quantidade de catadores máxima prevista nos projetos para trabalharem na mesa de catação, e considerando que cada catador consegue triar em média 200 kg de resíduo por turno (IBAM, 2012). Na Tabela 5.10 está contido a quantidade de catadores que cada CTR consegue absorver na mesa de catação e quanto de resíduo cada uma teria capacidade de receber.

Tabela 5.10 - Postos de trabalho e capacidade de recepção de resíduo nas CTR's para um turno de funcionamento

Local	Postos de trabalho	Capacidade mínima (toneladas/turno)
S.I.A	104	20,8
S.C.I.A	128	25,6
Ceilândia (P Sul)	64	12,8
Asa Sul	72	14,4
Rodoferroviária (3 CTR's)	204	40,8
<b>TOTAL</b>	<b>572</b>	<b>114,4</b>

Fonte: projetos NOVACAP (2017)

Os postos de trabalho foram bem definidos nos projetos das centrais de triagem, como pode ser observado na Figura 5.15 referente ao projeto executivo de arquitetura em planta baixa da central de triagem da Asa Sul, no qual é esquematizado a esteira, e a disposição de catadores, sendo que cada catador ficará encarregado de despejar os resíduos em cada um dos dutos, logo, a quantidade de dutos foi o que definiu a quantidade de postos de trabalho na esteira de catação.

Cada projeto foi planejado com a mesma infraestrutura, mas com quantidades diferenciadas de esteiras e dutos por esteira de catação, o que também faz com que varie a capacidade de mão-de-obra, e conseqüentemente, a capacidade de recepção de resíduos de cada uma delas. Como pode-se observar no projeto da Asa Sul, há 18 dutos de cada lado da esteira e duas esteiras no total, assim, totaliza-se 72 postos de trabalho nessa central de triagem.

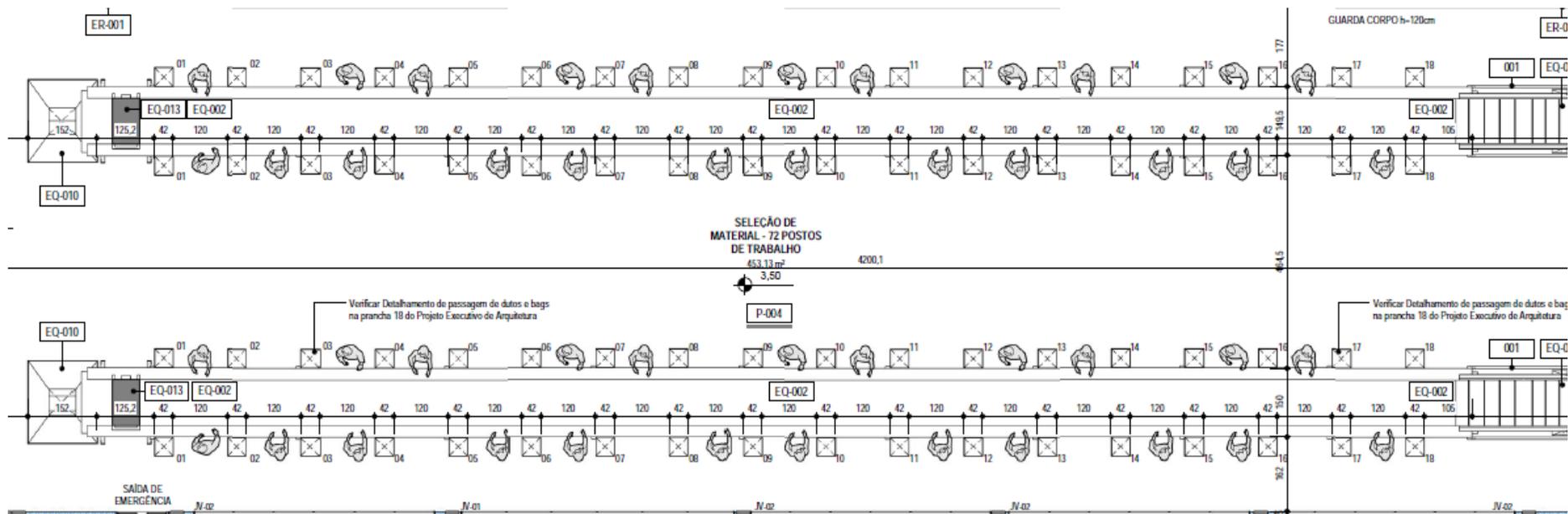


Figura 5.15 - Parte do projeto executivo de arquitetura “ARQ 04” do Centro de Triagem de Resíduos Sólidos da Asa Sul

Fonte: projetos NOVACAP (2017)

Além das centrais de triagem, o SLU ainda através do ofício relata quais os planos para a coleta seletiva. Neste estudo, propôs-se como meta um aumento linear na quantidade de resíduos coletados pela coleta seletiva do DF, com uma média anual de 0,5% ao ano para todo o DF. De acordo com esse planejamento a expectativa é que até 2037 se alcance a taxa de 16,5%. Na Tabela 5.11 pode-se verificar as metas de incremento na eficiência da coleta seletiva até 2037.

Tabela 5.11 - Metas de incremento na eficiência da coleta seletiva para o DF até 2037

ANO	% Acréscimo	% Coleta Seletiva	Toneladas/dia
2016	0,5	5,8	162
2017	0,5	6,3	170
2018	0,5	7,0	179
2019	0,5	7,5	188
2020	0,5	8,0	197
2021	0,5	8,5	207
2022	0,5	9,0	217
2023	0,5	9,5	228
2024	0,5	10,0	239
2025	0,5	10,5	251
2026	0,5	11,0	264
2027	0,5	11,5	277
2028	0,5	12,0	291
2029	0,5	12,5	305
2030	0,5	13,0	321
2031	0,5	13,5	337
2032	0,5	14,0	354
2033	0,5	14,5	371
2034	0,5	15,0	390
2035	0,5	15,5	409
2036	0,5	16,0	430
2037	0,5	16,5	451

Esse planejamento de coleta seletiva e estações de triagem com inclusão de catadores propostos pelo SLU, juntamente com a infraestrutura disponível, serão abordados e discutidos no próximo subcapítulo, de forma que o gerenciamento de recicláveis possa ser analisado em todo o seu contexto e se compreenda a relevância das alternativas propostas.

## **5.2 - FORMULAÇÃO E APLICAÇÃO DE MCAD AO GERENCIAMENTO DE RSU RECICLÁVEIS NO DF**

O diagnóstico exposto no capítulo anterior forneceu informações do gerenciamento de recicláveis no DF que puderam contribuir na formulação do problema de decisão e no entendimento de suas restrições, de forma que, neste capítulo, cada etapa necessária a ser desenvolvida para obter as preferências por alternativas a serem implantadas serão justificadas com base nos dados apresentados anteriormente.

### **5.2.1 - Definição de Alternativas**

As mudanças no gerenciamento de recicláveis do DF decorrentes do encerramento das atividades de recebimento de resíduos domiciliares no lixão do Jóquei foram o ponto de partida para definir as alternativas. O gerenciamento de resíduos do DF perpassa pela geração, armazenamento externo em reciclável e indiferenciado, coleta seletiva, triagem e comercialização de materiais.

A etapa de triagem, nesse caso, foi a alteração de maior relevância encontrada para o gerenciamento de recicláveis nessas circunstâncias, já que, com o encerramento das atividades do vazadouro a céu aberto para recepção de resíduos domiciliares, esse não será mais um local disponível para ser triado cerca de 47% dos resíduos provenientes da coleta seletiva. Assim, se faz necessária a implantação de locais devidamente adequados para esse tipo de serviço.

Caso não haja alternativas ao lixão para as atividades de triagem, o atendimento do serviço de coleta seletiva seria reduzido, pois o material coletado não teria onde ser triado, e conseqüentemente, as taxas de reciclagem no DF sofreriam uma segunda redução, já que a primeira redução já se dará devido às 42 toneladas que não serão mais retiradas do vazadouro a céu aberto, o que corresponde a cerca de 33% de todo resíduo reciclável comercializado no DF.

Dessa forma, como situação problema para proposição de alternativas estão as estações de triagem, às quais vão requerer uma série de mudanças no gerenciamento de recicláveis, que precisam ser analisadas previamente, objetivando decisões conscientes com foco em eficiência e sustentabilidade do sistema.

Primeiramente, instalações de recepção de resíduos já existentes precisam ser avaliadas, são elas os galpões de triagem de catadores e usinas de triagem, as quais recebem de coleta convencional.

Os galpões de catadores já recebem parcela dos resíduos da coleta seletiva, em média 53%, o que totaliza 97 toneladas/dia de resíduo, que após triado representa 23% de todo resíduo reciclável comercializado no DF (aproximadamente 29 toneladas/dia) (ABREU, 2015). Esses locais apresentam representatividade no gerenciamento de resíduos recicláveis no DF, logo, serão inclusos nas alternativas. No entanto, como não há planejamento para melhoria desses locais ou aumento da capacidade de processamento, o valor recebido e triado se manterá fixo.

As usinas que recebem resíduo da coleta convencional são a UTL e UCTL, nessas usinas o resíduo é transportado por diversas esteiras em que há catadores triando esse material. Apesar de projetadas para receberem resíduo de coleta convencional, e terem como uma das principais finalidades a remoção de resíduos recicláveis do material que será utilizado para produção de composto, foi analisada a viabilidade delas receberem resíduo da coleta seletiva. Essa viabilidade será analisada, em primeiro caso, através do índice de materiais aproveitados para a reciclagem ao final do processo, de forma que se esse índice for inferior ao atual, com a triagem de resíduos da coleta convencional, essas usinas não serão inclusas nas alternativas para o recebimento de resíduos da coleta seletiva.

A UCTL recebeu em 2015, 582 toneladas/dia de resíduos indiferenciados, no entanto, apenas 24 toneladas foram aproveitadas para a reciclagem, cerca de 4% do material que é recebido na usina. A UTL apresenta índices de reciclagem igualmente baixos, no ano de 2015, 85 toneladas/dia que foram destinadas à usina, mas apenas 4 toneladas foram aproveitadas para a reciclagem, cerca de 4,7%. No entanto, no ano de 2015 a UTL interrompeu sua operação por quase 3 meses, e no primeiro semestre de 2016 ela estava operando com cerca de 171 toneladas/dia, das quais 8 toneladas foram aproveitadas para a reciclagem, mesma taxa de recuperação de 2015 (o valor de 171 toneladas será utilizado na pesquisa por refletir melhor a capacidade de operação da usina) (SLU, 2016d).

Para análise de viabilidade, foram quantificados os catadores que trabalham em cada uma delas e esse valor multiplicado pela quantidade de resíduo que cada catador consegue triar diariamente. Foi adotado o valor fornecido por IBAM (2012), de 200 kg/dia/catador, mas que, nesse caso, foi substituído por 200 kg/turno/catador, sendo cada turno de 8 horas

(mesmo a coleta seletiva não operando durante a madrugada, preferiu se adotar, nesse primeiro momento, os 3 turnos na UCTL). Assim pode-se efetuar os cálculos de acordo com o funcionamento atual das usinas, conforme apresentado na Tabela 5.12.

Tabela 5.12 - Quantidade de resíduo a ser triado da coleta seletiva na UTL e UCTL

Usina	Qtd de catadores por turno	Qtd de turnos	Qtd coletada por catador (t)	Qtd total de resíduo a ser triado (t)
UCTL	44	3	0,2	26,4
UTL	13	2	0,2	5,2

No entanto, o valor encontrado se refere à quantidade a ser triada e não ao efetivamente reciclada; para alcançar esse número, é necessário avaliar o índice de reciclados provenientes da triagem de resíduos da coleta seletiva do DF, o qual foi cerca de 30% em 2015. No entanto esse material tem potencial para chegar até cerca de 50%, segundo a composição gravimétrica apresentada no capítulo anterior, e que pode ser alcançado com a melhoria de infraestrutura de triagem. Dessa forma, será utilizado o valor máximo, de 50%, para a análise de viabilidade.

O aproveitamento de resíduos para reciclagem da UCTL seria, dessa forma, de cerca de 13,2 toneladas/dia e da UTL 2,6 toneladas /dia, valores inferiores ao obtidos hoje com a triagem de resíduos da coleta convencional, 24 toneladas/dia e 8 toneladas/dia, respectivamente, o que evidencia que a UTL e UCTL não são viáveis de serem adotadas como locais para triar resíduos provenientes da coleta seletiva, pois implicariam na redução de materiais destinados ao mercado de recicláveis no DF.

Os galpões e as usinas são os únicos locais atualmente que continuarão a contribuir com a taxa de recicláveis no DF, sendo que as usinas de triagem, por receberem resíduo da coleta convencional, não participarão das alternativas, o que não exige a adoção de seus índices de recicláveis, se necessário. Mas, como apresentado no tópico 5.1.6, o SLU planeja construir e/ou reformar 7 centrais de triagem de resíduos. As centrais de triagem possuem capacidade mínima de processamento de 114 toneladas/dia e máxima de 228 toneladas/dia, logo serão bastante representativas no gerenciamento de recicláveis do DF e serão incluídas nas alternativas

Assim, os locais em que seria possível triar o resíduo da coleta seletiva seriam os galpões já existentes e essas centrais de triagem, sendo que, o valor triado atualmente por catadores nos galpões, e o obtido em capacidade mínima das centrais de triagem, resulta em 211 toneladas/dia, valor superior ao coletado seletivamente atualmente.

A coleta seletiva, desse modo, precisa ser planejada conjuntamente com as estações de triagem, pois a operação delas depende do que é coletado para que não funcione em capacidade ociosa. Em 2015, a coleta alcançou cerca 184 toneladas/dia (SLU, 2016), mas com a não renovação de contratos de duas empresas esse valor, ao final de 2015, foi reduzido para 164 toneladas/dia.

O problema encontrado sobre a relação entre coleta seletiva e estações de triagem no DF é, de fato, uma questão a ser discutida, e que remete a diversos cenários. Por exemplo, ao se analisar o funcionamento das CTR's em capacidade máxima, tem-se que, as CTR's localizadas em SIA, SCIA e Ceilândia, conjuntamente, teriam uma capacidade de processar 118 toneladas/dia de resíduos, e as CTR's localizadas na Asa Sul e as 3 unidades da Rodoferroviária poderiam processar 110 toneladas/dia. Somando quaisquer desses valores com o que ainda será processado nos galpões (97 toneladas), chega-se, respectivamente, a 215 toneladas/dia e 207 toneladas/dia, valores superiores ao que é coletado seletivamente.

Para se chegar a valores mais próximos, de forma que as estações de triagem acompanhassem o que vem sendo coletado seletivamente, bastariam que 3 CTR's (S.I.A, S.C.I.A e Ceilândia) entrassem em operação, já que, em capacidade mínima e somado ao triado nos galpões, poderia ser processado diariamente 156 toneladas (inferior apenas 8 toneladas do coletado atualmente).

Assim, efetuando variações dos funcionamentos de galpões de triagem, obteve-se rearranjos e restrições como princípios básicos para alternativas de gerenciamento de recicláveis no DF. A Equação 5.1 aborda as alternativas e logo em seguida, a dedução da equação.

$$Q = 59 x_1 + 55 x_2 + 97 \quad (5.1)$$

Nessa equação, a variável "Q" representa a quantidade de resíduos que deve ser coletada para atender as CTR's e galpões de catadores. Sendo que, o valor fixo de 59, multiplicado a  $x_1$ , representa a quantidade mínima de resíduo a ser processada nas CTR's de S.I.A, S.C.I.A e Ceilândia, o qual pode adquirir valor "1", para funcionamento em um turno, e "2" para funcionamento em dois turnos, já que se considera que em dois turnos a capacidade de processamento dobra.

O valor de “55” multiplicado a  $x_2$  representa a quantidade que deve ser recebida nas CTR’s da Asa Sul e nas 3 unidades da Rodoferroviária para que elas operem em capacidade mínima. No entanto,  $x_2$  pode adquirir os valores de “1” e “2” para capacidade mínima (em um turno) e máxima (em dois turnos), mas também, o valor “0”, que representa a não implantação dessas CTR’s. A constante “97” é referente ao que é processado no galpão de catadores e deve continuar a ser coletado.

Assumiu-se que pelo menos 3 CTR’s devessem funcionar em capacidade mínima para não implicar em grandes reduções da quantidade coletada pela coleta seletiva, e então, variar o funcionamento em capacidade mínima e máxima de 3 e/ou 7 CTR’s, sempre incluindo os galpões, mas com quantidades constantes de recebimento de resíduo da coleta seletiva. Nesse modelo há 6 alternativas possíveis, as quais estão exemplificadas na Tabela 5.13, na qual também há informações sobre a variação da quantidade triada atualmente e da coleta seletiva em relação à convencional.

Tabela 5.13 - Alternativas possíveis no estudo

Alternativa	Toneladas processadas em 3 CTR’s*	Toneladas processadas em 4 CTR’s*	Constante (ton.)	Lixão (ton.)	Total “Q”	% variação qtd triada	% coleta sel./conv .
ATUAL	-	-	97	89	186	-	6,40%
A1	59	0	97	-	156	-16%	5,42%
A2	59	55	97	-	211	13%	7,33%
A3	118	0	97	-	215	16%	7,47%
A4	59	110	97	-	266	43%	9,24%
A5	118	55	97	-	270	45%	9,38%
A6	118	110	97	-	325	75%	11,29%

A primeira linha de alternativa “atual” foi incluída com o intuito de fornecer informação para comparação com as alternativas, A1 até A6. Na alternativa 01 há uma diminuição da quantidade de resíduo que era triada em 2015, levando em consideração todo o valor coletado nesse ano independente de contratos reincindidos. A coleta seletiva também diminuiria na alternativa 01, mas na alternativa 02 já sofreria um incremento elevado, podendo chegar até uma variação de 75% da atual na alternativa 06, com índices de coleta seletiva comparados com os índices da convencional, de 11,29%.

Se comparados os valores de ampliação de coleta seletiva anteriormente avaliados, com os encontrados no plano de fechamento do lixão do Jóquei, conforme apresentado no capítulo anterior, no qual há um planejamento de aumento de 5% ao ano dos índices de

coleta seletiva praticados em 2015, pode-se perceber que apenas em 2022 ter-se-ia uma quantidade coletada de resíduos para abastecerem as usinas de triagem em capacidade mínima, e para capacidade máxima, apenas em 2030.

Os resultados de atendimento da coleta seletiva que promoverão o abastecimento de materiais nas centrais e galpões de triagem resultarão na variação de outro índice importante de ser avaliado, que é o da reciclagem no DF. Em 2015, contabilizando o que foi triado no vazadouro a céu aberto, seja na coleta seletiva ou retirado do depositado da coleta convencional, o aproveitamento de materiais das usinas UTL e UCTL e o triado nos galpões de catadores, o DF teve um aproveitamento total de 125 toneladas/dia para reciclagem, representando um índice de aproximadamente 4,3% de todo o resíduo gerado no DF.

O valor de aproveitamento de resíduos foi calculado para cada alternativa e os resultados demonstram, de fato, que sem as centrais de triagem, o DF teria uma redução drástica desses índices. Na Tabela 5.14, os valores encontrados de coleta para cada alternativa foram multiplicados por taxas de aproveitamento (30% e 50%) e somados ao valor que é aproveitado nas usinas UTL e UCTL.

Tabela 5.14 - Quantidades e variações para 30 e 50% de aproveitamento de resíduo para reciclagem nas alternativas propostas

	Coletado	UTL e UCTL	Qtd p/ 30%	Varição p 30%	Qtd. p/ 50%	Varição p/ 50%
A1	156	32	78,8	-36,96%	110	-12,00%
A2	211	32	95,3	-23,76%	137,5	10,00%
A3	215	32	96,5	-22,80%	139,5	11,60%
A4	266	32	111,8	-10,56%	165	32,00%
A5	270	32	113	-9,60%	167	33,60%
A6	325	32	129,5	3,60%	194,5	55,60%

A primeira taxa de aproveitamento adotada foi de 30%, o que representa o valor mínimo de aproveitamento, utilizado levando em consideração o que consegue ser aproveitado do resíduo da coleta seletiva que é triado nos galpões pelos catadores. No entanto, segundo a média da composição gravimétrica da coleta seletiva no DF, há viabilidade de ser aproveitado cerca de 50% de resíduos para a reciclagem, o que seria o valor de máxima eficiência.

Para a taxa de 30%, a variação resultante comparada ao valor atual, só alcançaria o mesmo índice de reciclagem na alternativa 06. Para a taxa de 50% a partir da segunda alternativa já se alcançariam valores superiores, chegando até a 55,60% de aumento para a alternativa

atual. Essa taxa depende de uma boa estrutura adotada, com a presença da quantidade planejada de catadores em todos os horários de triagem e o próprio empenho deles em retirar o máximo de material possível para o aproveitamento.

Para ilustrar cada alternativa e facilitar a visualização das mudanças em cada uma delas, foram produzidos gráficos do AFM para cada uma. Nos fluxos, o que consta em cinza são as etapas as quais ocorrem variações: aumento de coleta seletiva, diminuição de resíduo disposto em aterro sanitário e centrais de triagem; e para o restante das etapas foram considerados valores fixos com base no ano de 2016 (excetuando-se a UTL para o qual foram utilizados os valores do primeiro semestre de 2016). Os fluxos constam no Apêndice A.

As constatações obtidas neste item reforçam a necessidade de se planejar melhor o que se propõe e demonstra como há diversas situações e variáveis que precisam ser analisadas dentro desse cenário, que o tornem sustentáveis e minimizem os impactos causados pelo fechamento do lixão do Jóquei. Essas variáveis são denominadas critérios, e a definição de cada um deles será apresentada a seguir.

### **5.2.2 - Definição de atores sociais**

Os atores sociais pertencentes aos órgãos ou representantes da sociedade que possuem representatividade no CONLURB foram os escolhidos para esta pesquisa. Esses atores sociais estão inteirados de assuntos acerca do gerenciamento de resíduos no DF, já que há reuniões mensais em que cada representante expõem suas opiniões e necessidades.

Assim, selecionaram-se os órgãos pertinentes de serem consultados para a pesquisa e contatou-se os representantes desses órgãos para a aplicação de questionário. No entanto, alguns atores não trabalhavam mais no órgão, outros já não participavam no CONLURB, além de alguns atores que não tiveram disponibilidade para participar da pesquisa. Mas, além dos membros do CONLURB, também foram selecionadas empresas privadas que executam o trabalho de coleta dos resíduos da coleta seletiva e o ministério público, por motivos que estão contidos na Tabela 5.15, onde está justificada a escolha de cada órgão devido à função que desempenha no gerenciamento de recicláveis, para os quais foi possível a aplicação do questionário.

Tabela 5.15 - Órgãos, função e justificativa de escolha para o trabalho

Órgão	Função	Justificativa
SLU – Serviço de Limpeza Urbana do DF	Tem como finalidade a gestão da limpeza urbana e do manejo dos resíduos sólidos urbanos.	Define as ações sobre coleta seletiva e reciclagem.
SINESP- Secretaria de Estado de Infraestrutura e Serviços Públicos	Compete a execução e fiscalização das obras públicas; infraestrutura e serviços públicos, os quais envolvem o gerenciamento de RSU.	O SINESP projeta e executa obras públicas, as quais incluem, por exemplo, as CTR's.
Empresas privadas	Contratadas para efetuarem o serviço de coleta seletiva e operação da UTL e UCTL.	Responsáveis pelo serviço de coleta seletiva no DF
ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do DF	Tem como competência a regulação e fiscalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de RSU.	Regulamenta, fiscaliza e apoia as decisões referente aos resíduos recicláveis ou não.
SEMA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente do DF	Definir políticas, planejar, organizar, dirigir e controlar a execução de ações em diversas áreas, inclusive a de resíduos sólidos.	Irá gerenciar a operação de 3 das CTR's e executa ações de educação ambiental
ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental	A Abes possui um corpo técnico que desenvolve atividades político-institucionais e de gestão que contribuam para o desenvolvimento do saneamento ambiental.	Possui corpo técnico que atende as áreas de saneamento, incluindo o gerenciamento de recicláveis
INESC - Instituto de Estudos Socioeconômicos	Executa o projeto Pró-catador que desenvolve ações de estímulo à inclusão produtiva dos catadores(as) de materiais recicláveis no DF	Está a par da situação dos catadores no DF, logo, sabe das necessidades dos catadores, independente de cooperativa específica.
Moradores do DF	Geradores dos resíduos e responsáveis pela sua separação. Contribuem financeiramente para o gerenciamento através da TLP (Taxa de Limpeza Pública)	Entendimento da vontade da população em mudar ou readequar o serviço prestado.
MP - Ministério Público	Incumbe-lhe a defesa da ordem jurídica, do regime democrático e dos interesses sociais e individuais indisponíveis	Preza pelos interesses da sociedade como um todo e está a par de toda a situação de fechamento do lixão do Jóquei e suas consequências.

Também foi levado em consideração na escolha dos atores sociais a tentativa por balancear a sua quantidade para representarem a área econômica, ambiental e social, sem que nenhuma dessas áreas tivesse privilégio na pesquisa. Ao final da aplicação dos questionários, as respostas do MP acabaram por ter sido invalidadas devido inconsistência, problema que ocorreu apenas nesse questionário, o que não prejudicou a aquisição dos critérios.

Para não priorizar nenhuma área específica e nem a decisão de apenas um influenciado ou influenciador no processo de gerenciamento de resíduos de coleta seletiva, não foi

adotado peso para nenhum ator social, todos tiveram a mesma importância para a resposta das perguntas dos questionários.

### 5.2.3 - Definição de critérios

Foram analisados 20 artigos técnicos dos últimos 10 anos e levantada a frequência de aparecimento dos critérios contidos nesses trabalhos. Os que apareceram mais de uma vez podem ser observados na Tabela 5.16 dividido por área e numerados, e na Tabela 5.17 com o artigo no qual foi encontrado cada critério e sua frequência de aparecimento dos critérios nos trabalhos.

Tabela 5.16 - Critérios encontrados em mais de um dos artigos analisados

<b>Numeração</b>	<b>Critério</b>	<b>Área</b>
1	Impacto à saúde humana	Social
2	Geração de emprego	
3	Objetivos políticos	
4	Aceitação pela população	
5	Cooperação da população	
6	Tamanho da população	
7	Bem-estar social	
8	Justiça social	
9	Educação e marketing ambiental	
10	Emissões de GEE e partículas	Ambiental
11	Qualidade do ecossistema	
12	Odor	
13	Recuperação de materiais	
14	Diminuição do volume de resíduo	
15	Energia (recuperada ou utilizada)	
16	Uso de recursos naturais	
17	Melhor eliminação de resíduos	
18	Produção de lixiviado	
19	Custo de implantação	Econômico
20	Custo de operação	
21	Custo total (operação + implantação)	
22	Impostos e incentivos fiscais	
23	Receita adquirida	
24	Disponibilidade de área para implantação	Técnica
25	Tempo de implantação	
26	Habilidade necessária de mão-de-obra	
27	Simplicidade tecnológica	
28	Vida útil/capacidade do aterro sanitário	
29	Distância geração-tratamento	

Tabela 5.17 - Artigos analisados e critérios encontrados

Autoria e ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Abba <i>et al.</i> ,2013	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1							1	1		1						1	
Contreras <i>et al.</i> ,2008	1									1										1								1	
Gomes <i>et al.</i> ,2008		1								1			1		1		1	1		1							1		
Ekmekçioğlu <i>et al.</i> ,2010									1	1									1	1			1						
Hung <i>et al.</i> ,2007	1			1			1	1	1		1					1				1				1			1		
Khan e Faisal, 2008	1		1	1	1		1										1		1	1				1		1	1		1
Lima <i>et al.</i> ,2014		1	1	1		1				1			1	1	1		1		1	1				1	1				
Madadian <i>et al.</i> ,2012				1							1		1		1						1		1	1					
Marchezetti <i>et al.</i> ,2011													1	1					1							1			
Milutinovic <i>et al.</i> ,2014		1		1						1				1						1	1			1					
Mir <i>et al.</i> ,2016			1		1				1	1									1	1						1			
Nouri <i>et al.</i> ,2014	1										1		1			1					1								
Oyoo <i>et al.</i> ,2013	1	1	1	1	1					1			1		1				1	1	1					1		1	
Pires <i>et al.</i> ,2011	1									1	1	1			1				1	1		1	1					1	
Rajaeifar <i>et al.</i> ,2015	1									1	1					1													
Su <i>et al.</i> ,2016				1				1	1	1									1	1						1	1		
Tseng, 2009	1			1			1	1					1			1					1			1			1		
Vego <i>et al.</i> ,2008				1															1	1				1			1		1
Vucijak <i>et al.</i> ,2016	1	1	1	1						1			1							1			1	1	1			1	
Xi <i>et al.</i> ,2010				1			1						1							1								1	
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>2</b>

É importante ressaltar que a denominação adotada de alguns critérios foi diferente da encontrada nos trabalhos, mas a interpretação e avaliação de desempenho é a mesma. E que, nessa primeira etapa de análise dos artigos, o objetivo foi apenas relatar a frequência de utilização de critérios em trabalhos da área, de forma que os presentes em mais de um artigo foram dispostos na tabela 5.17.

Alguns critérios encontrados, evidentemente, não se aplicam ao estudo, mas optou-se por citá-lo, com o intuito de mostrar como há uma gama de critérios possíveis de serem utilizados em diferentes estudos de caso. Logo após essa etapa, partiu-se para análise de definir, de fato, se cada um desses critérios se enquadraria à pesquisa.

Ao se avaliar os 29 critérios encontrados pela aplicabilidade no estudo de caso, vários foram descartados, pois alguns artigos incluem outros tipos de alternativas de tratamento de resíduo, como incineração, biogás, aterro sanitário com aproveitamento energético; enquanto este trabalho visa comparar alternativas de gestão de recicláveis, o que só implica na instalação de centrais de triagem para reciclagem e diminuição de resíduo seco destinado ao aterro sanitário.

Também houve critérios em que a mensuração não seria possível para o DF, ou não apresentaria valores significantes para o estudo de caso deste trabalho, quando efetuada a comparação entre alternativas.

Após as análises, chegou-se a 11 critérios, sendo que o critério “geração de emprego” no DF, considerando as centrais de triagem, pode ser através de regime de Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) ou através do incentivo à inclusão de cooperativas de catadores de materiais recicláveis, assim incluiu-se esse critério.

O critério emissões também foi desmembrado para emissões de gases de efeito estufa e emissões de particulado, já que a primeira se trata de emissão com efeito global e a segunda, local. Assim, ao final, obtiveram-se os seguintes critérios representados na Tabela 5.18, divididos por área.

Tabela 5.18 - Critérios definidos para a pesquisa

Social	Ambiental	Econômica	Técnica
Geração de emprego	Emissão de Material particulado	Custo de investimento	Disponibilidade de área
Inclusão de catadores de materiais recicláveis	Emissões de Gases de Efeito Estufa	Custo de operação	Distância geração-disposição
Cooperação da população	Recuperação de materiais	Receita adquirida com a venda de recicláveis	Vida útil do aterro sanitário
	Uso de recursos naturais		

Os critérios da área técnica são critérios adicionais, de forma que neste trabalho deverá ser selecionado pelo menos um critério da área econômica, ambiental e social, mas não sendo obrigatória a presença de um critério da dimensão técnica, já que o foco deste trabalho está nas 3 dimensões relatadas.

Os critérios geração de emprego e inclusão de catadores foram considerados critérios inversos e apenas o mais representativo deles será utilizado para a pesquisa, já que cada um exemplifica um tipo de mão-de-obra necessária para triar o resíduo e, além disso, cada um desses critérios representa um custo diferenciado para o agente público, pois quando a mão de obra é de CLT, 90% dos custos de uma central de triagem, por exemplo, são para esse fim (IBAM, 2012).

Os critérios emissões de material particulado e emissão de CO<sub>2</sub> serão quantificados considerando o aumento estimado da frota de caminhões de coleta seletiva que deverão operar para alcançar os valores de coleta de cada alternativa.

Assim, esses critérios foram levados para consulta a atores sociais, em que foi fornecido uma breve explicação sobre a pesquisa e sobre as alternativas, apresentou os conceitos dos critérios, contidos na Tabela 5.19, e explicou como seria realizada a medição.

Tabela 5.19 - Critérios e sua explicação

Dimensão	Critério	Explicação
Social	Geração de emprego	Empregos gerados pela contratação de mão-de-obra no regime de CLT
	Inclusão de catadores de materiais recicláveis	Postos de trabalho gerados para catadores associados em cooperativas
	Cooperação da população	Envolvimento da população no processo de triagem dos seus resíduos nas residências
Ambient- tal	Emissão de Material particulado	Fuligem e poeira emitidos para o ar
	Emissões de GEE	Emissão de gases do efeito estufa
	Recuperação de materiais	Recuperação de resíduos pela prática da reciclagem
	Uso de recursos naturais	Extração evitada de recursos naturais devido à prática da reciclagem
Econômica	Custo de implantação	Custo referente a obras e equipamentos
	Custo de operação	Custo para que os sistemas operem de acordo com sua capacidade
	Venda de recicláveis	Recursos financeiros obtidos com venda de recicláveis
Técnica	Exigência de área	Quanto de área deverá ser disponibilizada para a implantação de obras de gerenciamento de recicláveis
	Vida útil do aterro sanitário	Período em que o aterro funcionará até que suas atividades sejam encerradas
	Distância geração-disposição	Distância que deverá ser percorrida da geração dos resíduos até que ele tenha destinação adequada

O questionário aplicado para definição de critérios está no Apêndice B, nele os atores sociais tiveram que alocar em ordem crescente os critérios de 1 a 13 de acordo com seus julgamentos de preferência para este estudo de caso.

Após obtidas todas respostas, foi avaliada a frequência em que cada critério aparecia entre as posições de 1 a 4, 5 a 9 e 10 a 13 no ordenamento realizado pelos atores sociais quando aplicados os questionários. Na Tabela 5.20 pode ser verificada frequência de cada critério em cada uma das posições.

Tabela 5.20 - Frequência de cada critério nas posições de 1 a 4, 5 a 9 e 10 a 13

Critério	1 a 4	5 a 9	10 a 13
Geração de emprego	2	3	3
Inclusão de catadores	6	1	1
Cooperação da população	4	3	1
Emissão de Material particulado	0	1	7
Emissões de GEE	0	2	6
Vida útil do aterro sanitário	4	4	0
Recuperação de materiais	3	4	1
Uso de recursos naturais	2	2	4
Custo de implantação	5	2	1
Custo de operação	4	4	0
Venda de recicláveis	0	6	2
Disponibilidade de área	2	3	3
Distância geração-disposição	0	5	3

Os critérios encontrados em maior frequência nas colocações de 1 a 4 foram: inclusão de catadores, cooperação da população, vida útil do aterro sanitário, recuperação de materiais, custo de implantação e custo de operação. Essa forma de análise se mostrou muito interessante, pois permite que seja observado não apenas os melhores critérios, mas os que não teriam tanta relevância para a pesquisa, de acordo com os atores sociais, tendo uma tendência maior às últimas colocações.

Inclusão de catadores foi o critério com maior relevância de ser incluso para caracterização, evidenciando que um dos maiores problemas, do ponto de vista dos atores sociais, é conseguir absorver os catadores do vazadouro a céu aberto. No entanto, o critério de venda de recicláveis não esteve nenhuma vez entre os 4, o que demonstra que por mais que se deseje a inclusão desses catadores, isso não está atrelado à quanto eles receberiam, já que a geração de renda dessa categoria provém do recurso da venda de recicláveis.

O critério custo de implantação foi o segundo mais votado, até mais do que para custo de operação, o que nos remete a uma situação conflitante, pois os recursos para implantação de estruturas em municípios podem ser provenientes do governo federal, como ocorre nas 3 centrais de reciclagem que receberão financiamento do BNDES. No entanto, o custo operacional das estruturas é delegado completamente ao município, conforme apresentado na Lei nº 11.445/2007, a qual estabelece diretrizes nacionais para o

saneamento básico, o que dificulta ou mesmo acaba por tornar insustentável a manutenção desses sistemas, se o município não tiver arrecadação suficiente.

Recuperação de materiais e vida útil do aterro também foram critérios que para os atores sociais foram relevantes, e mesmo que complementares, estiveram predominantemente entre as primeiras posições. No entanto, recuperação de materiais é um critério que nos remete a um fluxo de logística pós-consumo, em que esse material vai voltar a ser produto novamente, e que tem sua relevância principal dentro desse fluxo, por reduzir a quantidade de recursos naturais necessários para produzir novos produtos, mas o critério uso de recursos naturais não teve predominância nas primeiras posições, evidenciando que recuperação de materiais não foi associado a esse critério.

Outra situação que merece destaque pois se mostrou frequente na opinião de todos os atores sociais, foi alocar emissão de gases de efeito estufa e emissão de material particulado entre os critérios menos importantes de serem analisados, sendo que em pesquisa nos 20 artigos, ele foi encontrado 12 vezes.

No geral, pode-se perceber que os critérios escolhidos demonstram quais são as grandes questões envolvidas no gerenciamento de recicláveis do DF: absorver a mão de obra de catadores, recuperar os materiais para reciclagem e aumentar a vida útil do aterro sanitário de Brasília, ter a cooperação da população em todo esse processo, já que para boa eficiência da coleta seletiva deve haver uma triagem na fonte, e por fim tornar tudo isso viável economicamente, visando a redução de recursos de implantação e operação.

#### **5.2.4 - Avaliação de desempenho das alternativas**

As 6 alternativas resultantes tiveram seu desempenho avaliado pelos critérios escolhidos pelos atores sociais. Assim, será demonstrada a seguir a metodologia aplicada para obtenção dos dados referentes a cada critério e sua adequação para o contexto de cada uma das alternativas.

##### **5.2.4.1 - Cooperação da população**

O critério cooperação da população foi calculado levando em consideração as pessoas que contribuem para a coleta seletiva, as quais separam seus resíduos em suas residências e os descartam em locais próprios, e por isso, são as principais colaboradoras para que todo o gerenciamento de resíduos recicláveis funcione. Primeiramente identificaram-se as RA's que possuem o serviço de coleta seletiva. Para tanto, foram observados os

contratos de prestação de serviço de coleta seletiva que permaneceram ao final do ano de 2015, conforme já apresentado no capítulo 5. São elas: Brasília, Guará, Cruzeiro, Sudoeste/Octogonal, S.I.A, Lago Sul, Jardim Botânico, Lago Norte, Varjão, Sobradinho I, Sobradinho II pertencentes ao lote I; e Taguatinga, Ceilândia, Águas Claras, Vicente Pires, SCIA/Estrutural, Park Way (quadras 3, 4 e 5) do pertencentes ao lote IV.

Posteriormente foi analisado o nível de atendimento desse serviço nas RA's através de mapas de roteiro da coleta seletiva. Esses mapas foram comparados com os de roteiro da coleta convencional, pois, já que, segundo CODEPLAN (2016), o DF possui taxa de atendimento de serviço de coleta de resíduos de 95%, assumiu-se que haja o atendimento da totalidade da população. Assim, quando os roteiros eram totalmente iguais as RA's foram classificadas como totalmente atendida, e quando isso não ocorria, era classificada como parcialmente atendida.

Esses mapas foram intercalados com mapas de centro de massa de setores censitários, os quais foram produzidos a partir de dados do censo demográfico do IBGE de 2010 e assumindo sua projeção de crescimento para 2015 (aumento de cerca de 13,4%), mesmo ano em que os mapas de roteiro foram elaborados. Todos os mapas utilizados para esta avaliação foram fornecidos pelo SLU e manipulados no programa ARCGIS (licença para estudo). Nas Figuras 5.16 e 5.17 estão exemplificados os mapas de Águas Claras com as rotas da coleta convencional e seletiva, respectivamente, divididos por setores censitários. Essa análise, porém, apresenta uma ressalva, as rotas e/ou população residente nos limites de cada uma das RA's podem ter sido consideradas duas vezes, no entanto, mesmo com esses pequenos erros que podem ocorrer nos mapas, essa análise ainda se mostrou de grande importância.

No caso de Águas Claras, todas as vias que são atendidas por coleta convencional são também atendidas por coleta seletiva. Nesses casos, basta que se obtenha a Tabela de atributos do mapa, na qual consta a população da RA. Para os casos em que as rotas não se sobrepõem completamente na RA, foi analisado se há ao menos uma rota de coleta seletiva em cada setor censitário. Em caso positivo, a população desse setor foi considerada. Nas Figuras 5.18 e 5.19 estão exemplificados os mapas de roteiro de coleta convencional e seletiva da RA Lago Sul, respectivamente, em que se pode perceber que as rotas não são idênticas.

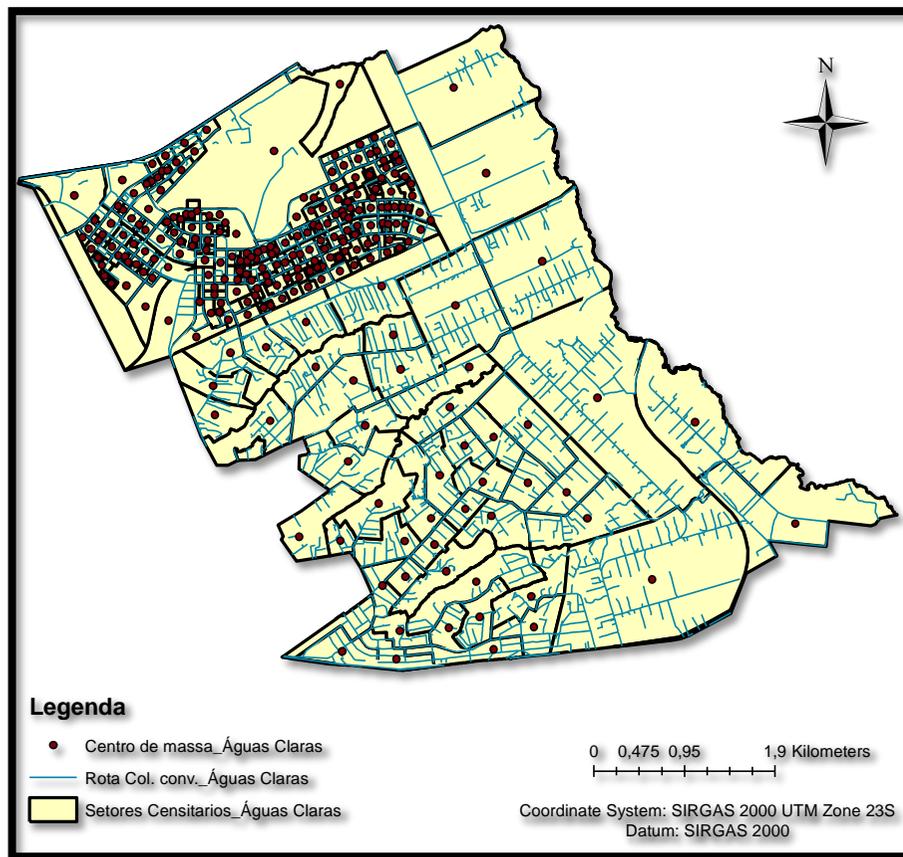


Figura 5.16 - Mapa de Águas Claras com o roteiro da coleta convencional

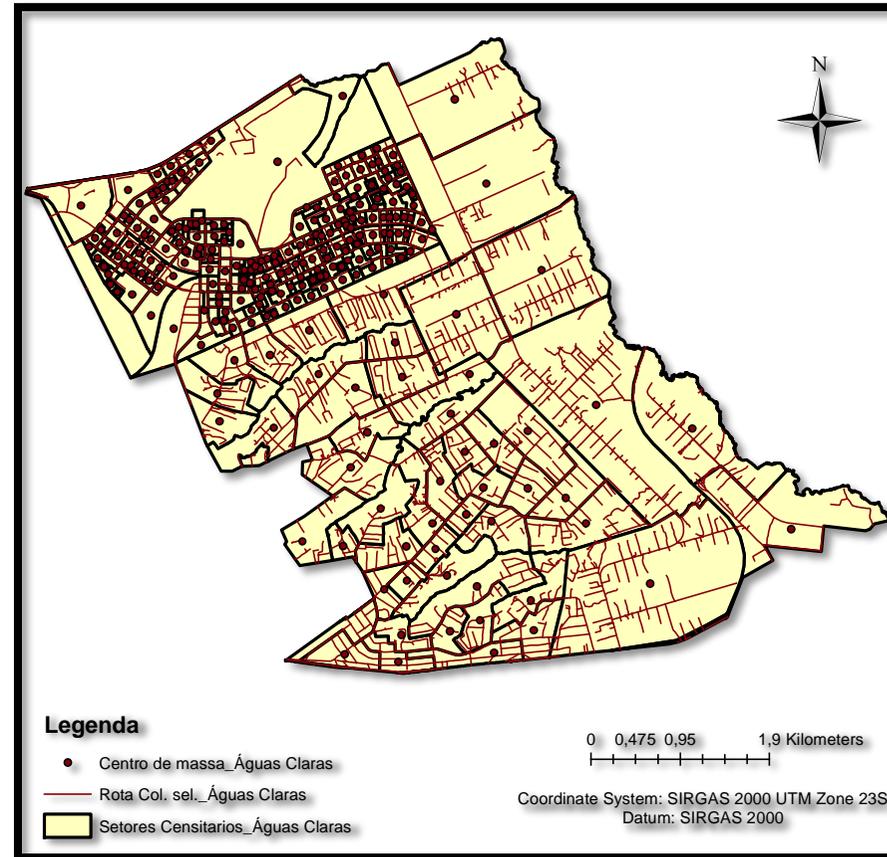


Figura 5.17 - Mapa de Águas Claras com o roteiro da coleta seletiva

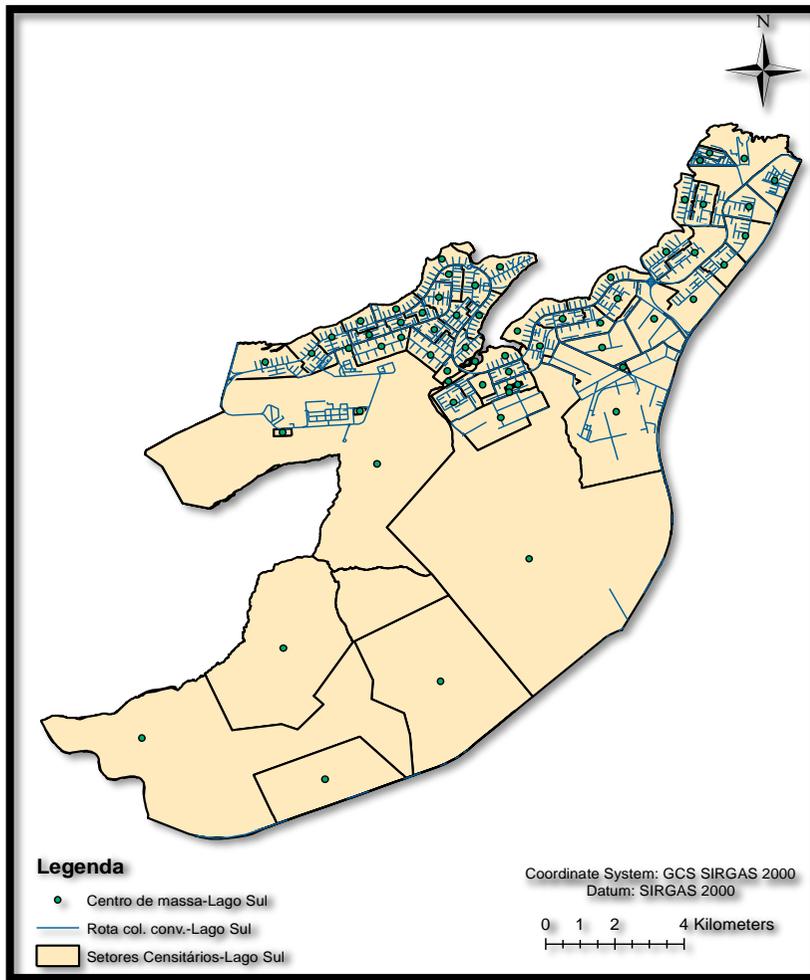


Figura 5.18 - Mapa do Lago Sul com o roteiro da coleta convencional

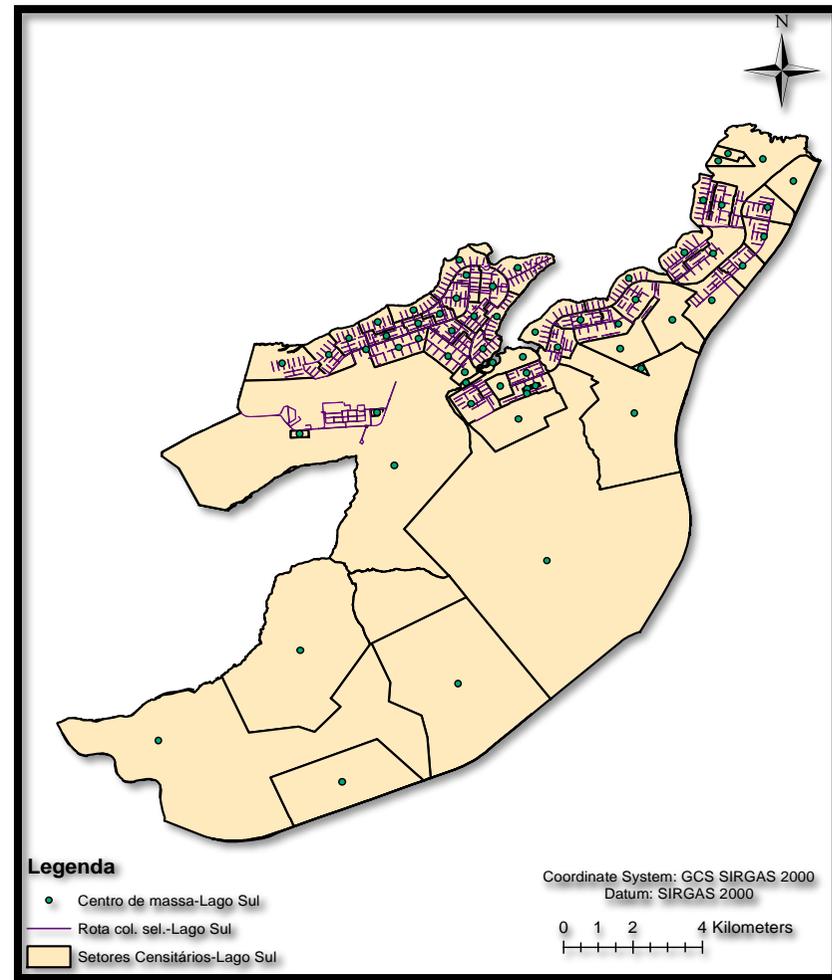


Figura 5.19 - Mapa do Lago Sul com o roteiro da coleta seletiva

Nesse contexto, ao final de 2015, só havia 2 lotes que estavam sendo atendidos pelo serviço e que foram considerados para o cálculo da cooperação da população, nesses lotes estão contidas 17 RA's. No entanto, Park way foi excluído por só ter atendimento em 3 quadras e Sobradinho I foi unida a Sobradinho II devido alguns dados de mapas do ARCGIS estarem unificando informações. Foram analisadas então 15 regiões, sendo 9 atendidas completamente pelo serviço de coleta seletiva e 6 parcialmente atendidas.

Desse modo, efetuou-se a análise da população não atendida e esse valor foi subtraído da população total de cada RA, restando então a população que, de fato, contribui para a coleta seletiva de 162 toneladas de resíduos que continuariam a ser coletados ao final de 2015. Na Tabela 5.21 pode-se verificar o atendimento da coleta seletiva nas RA's, a projeção da sua população para 2015, a população não atendida e atendida pelo serviço.

Tabela 5.21 - Atendimento da coleta seletiva nas RA's, projeção da sua população para 2015, população não atendida e atendida pelo serviço

RA	Atendimento coleta seletiva	População das RA's "2015"	População não atendida	População atendida
Águas Claras	totalmente	115.765	0	115.765
Brasília	parcialmente	236.649	17.537	219.112
Ceilândia	parcialmente	456.737	2.860	453.877
Cruzeiro	totalmente	35.587	0	35.587
Guará	totalmente	121.605	0	121.605
Jardim Botânico	totalmente	26.225	0	26.225
Lago Norte	totalmente	37.315	0	37.315
Lago Sul	parcialmente	33.498	3.096	30.402
SCIA – Estrutural	parcialmente	34.463	5.039	29.424
S.I.A.	totalmente	2.822	0	2.822
Sobradinho I e II	parcialmente	179.889	37.224	142.666
Sudoeste/Octogonal	parcialmente	56.360	7.541	48.820
Taguatinga	totalmente	226.498	0	226.498
Varjão	totalmente	9.894	0	9.894
Vicente Pires	totalmente	71.666	0	71.666
<b>TOTAL</b>		<b>1.644.974</b>	<b>73.296</b>	<b>1.571.678</b>

A população projetada nessas 15 RA's para 2015 somou 1.644.974 pessoas, o que corresponde a cerca de 56% da população do DF para esse ano. A população não atendida correspondeu a apenas 4,5% da população total das 15 RA's analisadas e a população que de fato contribui para a coleta seletiva foi de 1.571.678 pessoas, cerca de 54% da população total do DF.

Para a alternativa 01 da pesquisa, que necessita de apenas 156 toneladas de resíduos reciclável para o sistema funcionar, seria coerente usar esse valor estimado de quantidade de pessoas contribuintes para a coleta seletiva. No entanto, para a alternativa 06, o valor que continuaria a ser coletado no DF ao final de 2015 dobra, chegando a 325 toneladas, e não seria correto afirmar que a população não atendida supriria essa demanda, já que as RA's não atendidas tiveram a coleta seletiva suspensa devido à pouca quantidade de material coletado.

Essa análise remete a um problema que precisa ser resolvido, pois se as 7 CTR's forem implantadas e esse modelo de gerenciamento de recicláveis continuar, elas irão sempre funcionar em ociosidade, não será possível alcançar a capacidade máxima.

Uma série de aspectos podem ser considerados para reverter essa situação, como: fornecer o serviço de coleta seletiva em áreas estratégicas de grande geração em todo o DF, otimizar a frequência de coleta, verificar se há contêiner separado para resíduo seco e orgânico em todas as áreas onde o serviço é ofertado e fortalecer programas em educação ambiental para que a população cada vez se comprometa mais em separar o seu resíduo.

Essas ações podem ser justificadas em outros trabalhos como o de Chang e Wei (2000), no qual é abordado que o sucesso de programas de coleta seletiva e reciclagem está fortemente associado ao número e localização dos pontos de entrega (facilidade de acesso), assim como a participação da população.

A contribuição de grandes geradores através da aplicação da Lei Distrital 5.610/2016, a qual prevê que o resíduo seco triado pelo estabelecimento seja isento de pagamento de taxa de coleta, pois poderá ser coleta pelo SLU, é um dos incentivos e reforços para o abastecimento das CTR's. No entanto, não há dados de outros municípios para que se possa comparar e afirmar que haja contribuições relevantes dessa fonte de resíduos recicláveis para centrais de triagem.

Pontos de Entrega Voluntária também podem contribuir, no entanto, a contribuição em outros municípios brasileiros, como em Curitiba, não se mostra tão representativa, de forma que também não se pode afirmar que seria uma solução.

Devido a esses problemas encontrados, pela ausência de metodologia eficiente que, de fato, caracterize a contribuição da população, esse critério foi descartado e não será incluso nos programas para se obter o ordenamento de alternativas.

#### 5.2.4.2 - Inclusão de catadores

A inclusão de catadores no DF é um problema de grandes proporções neste momento de interrupção de recebimento de resíduos domiciliares no lixão do Jóquei, pois serão diversas famílias que poderão não ter o seu sustento, caso não haja alternativas para inclusão em outros locais de triagem de resíduos ou prestando outros serviços. Em 2014, a SEDEST realizou o levantamento dos catadores que trabalhavam no vazadouro a céu aberto, e na época, havia cerca de 1.690 catadores, conforme apresentado no Capítulo 5. Esse número está em constante variação devido à informalidade do trabalho, mas é fato que é um problema social que necessita de análise.

O critério inclusão de catadores foi o mais votado dentre todos os critérios apresentados aos atores sociais e se mostrou de fundamental importância de ser analisado quando se propõem alternativas para o gerenciamento de recicláveis, dada a grande representatividade da categoria no DF.

Assim, para quantificar a inclusão de catadores nas alternativas propostas pelo trabalho foi necessário analisar os projetos de cada uma das centrais de triagem, considerando os postos de trabalho possíveis de serem criados, o que já está determinado em cada um deles. Além disso, foi adicionado 30% do número de catadores em cada uma das centrais, para realização dos serviços de prensagem, limpeza e movimentação de materiais, conforme determinado em IBAM (2012). Os postos de trabalho criados estão contidos na Tabela 5.22 para cada uma das CTR's operando em capacidade mínima (1 turno), divididos pelos catadores que trabalhariam na esteira e em outros serviços.

Tabela 5.22 - Postos de trabalho fornecidos em cada uma das CTR's

<b>CTR</b>	<b>Postos de trabalho na esteira</b>	<b>30% adicional/ outros serviços</b>	<b>Total</b>
S.I.A	104	31	135
S.C.I.A	128	38	166
Ceilândia	64	19	83
Asa Sul	72	22	94
Rodoferroviária (3 CTR's)	68	20	88
	68	20	88
	68	20	88
	<b>572</b>	<b>172</b>	<b>744</b>

No entanto, as alternativas foram criadas reorganizando as CTR's pela operação de 3 ou 7 delas, em capacidade mínima ou máxima. Além disso, para o gerenciamento de

recicláveis ainda foram incluídos os galpões de catadores, os quais, segundo ABREU (2015), possuem cerca de 551 postos de trabalho, e será representado nas alternativas como valor fixo. A quantidade de catadores em cada uma das alternativas, incluindo os que trabalhariam nas CTR's e galpões estão apresentados na Tabela 5.23.

Tabela 5.23 - Postos de trabalho de catadores nas CTR's e galpões

Alternativa	CTR's	Galpões	Quantidade de postos de trabalho
A1	384	551	935
A2	742	551	1293
A3	758	551	1319
A4	1100	551	1651
A5	1126	551	1677
A6	1484	551	2035

A partir do exposto, mesmo que as 7 CTR's funcionassem em capacidade máxima, conforme ilustrado na alternativa 6, elas não conseguiriam absorver a quantidade de catadores que trabalham no lixão relatada por SEDEST. E para as outras alternativas, como a quantidade de postos de trabalho é menor, a situação se agrava.

#### 5.2.4.3 - Recuperação de materiais

A recuperação de materiais para a reciclagem no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Brasília é proveniente não apenas da coleta seletiva, mas também da convencional, sendo que dessa é aproveitado apenas uma pequena parcela do que é processado nas usinas, a UTL e UCTL. Na coleta seletiva, o processamento pode ser efetuado nos galpões de triagem dos catadores e nas centrais de triagem que serão construídas, já que para as alternativas não será mais considerado o lixão do Jóquei.

O que é processado na UTL e UCTL e nos galpões de triagem dos catadores é um valor fixo, pois ambos, ao final de 2015, estavam operando em plena capacidade. Nas alternativas, a quantidade de materiais para a reciclagem proveniente desses locais será constante e será assumido o valor praticado segundo o relatório de 2015, excetuando-se a UTL, que por haver dois meses em 2015 em que sua operação foi interrompida, optou-se por utilizar o valor referente ao primeiro semestre de 2016 que reflete melhor sua capacidade. Quanto às centrais de triagem que serão construídas, como em cada

alternativa a quantidade delas e o período de funcionamento variam, haverá também variação de quantidade de material destinado à reciclagem.

Essa análise é de grande importância, pois com o vazadouro a céu aberto ainda em operação, há uma parcela de material que é retirado pelos catadores do que é depositado da coleta convencional, além do que é triado da coleta seletiva; e é necessário avaliar de quanto será a redução dos índices de reciclagem com a suspensão de recebimento de resíduos domiciliares no lixão do Jóquei. Na Tabela 5.24 pode-se verificar os valores de aproveitamento de resíduos para a reciclagem no DF e sua porcentagem de aproveitamento a partir da quantidade de entrada a ser processada.

Tabela 5.24 - Quantidade de resíduo processado, porcentagem de aproveitamento e quantidade destinada para reciclagem

Locais	Qtd processada (tonelada)	% de aproveitamento	Reciclado (tonelada)
Triado da coleta convencional no lixão	2673	1,57%	42
Triado da coleta seletiva no lixão	87	30%	26
UTL	171	4,71%	8
UCTL	582	4,12%	24
Galpões de catadores	97	30%	29
TOTAL			129

O real processado em 2015 na UTL foi de 85 toneladas, e no primeiro semestre de 2016, 171 toneladas. A taxa de aproveitamento se manteve constante e assim consegue se aproveitar 8 toneladas diárias. Para os outros locais, o valor referente ao ano de 2015 foram preservados, pois apresentaram semelhanças com 2016.

Assim, em 2015, 125 toneladas estavam sendo aproveitadas diariamente, e com a plena funcionalidade da UTL, 129 toneladas, cerca de 4,5% do total de resíduos gerados no DF para o mesmo período. No entanto, desconsiderando o que é triado no vazadouro a céu aberto, esse valor passa para 61 toneladas, o que representa uma queda de cerca de 53% do total aproveitado.

O resíduo destinado à reciclagem das usinas é pouco representativo, comparado ao que poderia ser aproveitado segundo a composição gravimétrica da coleta convencional, a qual é de cerca de 20% para resíduos recicláveis. E mesmo o material da coleta seletiva apresenta índices mais baixos de eficiência de triagem, comparados à média da

composição gravimétrica dos resíduos recicláveis coletados na coleta seletiva, que é de 50%, conforme demonstrado no capítulo 5.

Um dos principais motivos para esses baixos índices é a falta de local com infraestrutura adequada para triagem, problema que não ocorrerá com as CTR's. No entanto, outros fatores podem estar envolvidos para justificar a baixa eficiência, como o próprio empenho do catador em executar a triagem e a contaminação de materiais que podem dificultar ou impedir sua comercialização.

Assim, serão analisados dois casos para o aproveitamento de materiais para a reciclagem no DF; o primeiro é apenas uma análise como fator de segurança, em que será utilizada a taxa de aproveitamento dos galpões de triagem dos catadores, que é de cerca de 30%; e como situação mais otimista, e que será incluída à avaliação a partir dos métodos multicritérios, assumir os valores de material seco reciclável encontrados na composição gravimétrica (50%). Esses dois casos estão demonstrados na Tabela 5.25, a qual evidencia cada uma das alternativas do estudo, com os valores de aproveitamento para todos os locais de triagem de resíduos no DF e a porcentagem de variação comparado ao valor de 129 toneladas praticados em 2015 com a UTL em capacidade plena (os resíduos recicláveis provenientes da UTL, UCTL e galpões foram descritos como “constante”).

Tabela 5.25 - Quantidade de resíduo, em tonelada, destinado para a reciclagem de acordo com as alternativas e porcentagem de variação comparada a atual

Alternativas	Constante	CTR's		Total		% de variação	
	30 e 50%	30%	50%	30%	50%	30%	50%
A1	61	18	30	79	91	-39%	-30%
A2	61	35	58	95	118	-26%	-9%
A3	61	36	59	97	120	-25%	-7%
A4	61	51	85	112	146	-13%	13%
A5	61	53	87	114	148	-13%	14%
A6	61	69	114	130	175	0,20%	35%

Para o aproveitamento de 30% das CTR's, apenas na alternativa 06 se chegaria a valores similares ao de 2015 no aproveitamento de materiais para a reciclagem e para isso seria necessário que todas as CTR's funcionassem em capacidade máxima e os índices aumentariam em apenas 0,2%.

Para o aproveitamento de 50% de materiais nas centrais de triagem, pode-se observar que a partir da alternativa 04 já é possível se obter valores superiores de reciclagem ao de 2015, para tanto, pode-se perceber que seria necessário que pelo menos um dos conjuntos de CTR's funcionassem em capacidade mínima e o outro grupo em máxima.

Ficou evidente que, para que não se reduzam os índices de reciclagem do DF, avaliando as taxas anteriormente aplicadas, as 7 CTR's precisariam ser construídas. Em consequência disso, serão aplicados nos métodos multicritérios para ordenação de alternativas apenas os valores referentes a porcentagem de aproveitamento de 50%, assumindo que com a infraestrutura adequada das CTR's será possível obter esse índice.

#### 5.2.4.4 - Vida útil do aterro

O critério vida útil do aterro sanitário de Brasília é inversamente proporcional ao critério “recuperação de materiais” para a reciclagem. No entanto, para estimar a vida útil, não apenas os materiais recicláveis devem ser considerados; no DF também é produzido diariamente uma quantidade de MSA, de aproximadamente 150 toneladas/dia (considerando o valor de processamento de 171 toneladas/dia da UTL) e ele será contabilizado como valor fixo que também não será depositado no aterro sanitário, da mesma forma em que foram considerados os resíduos recicláveis das usinas (UTL e UCTL) e dos galpões de triagem de catadores, que correspondem a 61 toneladas/dia.

De acordo com SERENCO (2017), a vida útil do aterro sanitário de Brasília é de 13,3 anos para o recebimento de 8.130.000 toneladas de rejeito, porém, ao se dividir esse valor por este período e transformá-lo para tonelada/dia, tem-se que para alcançar essa vida útil apenas 1965 toneladas poderiam ser despejadas diariamente, e o resíduo gerado em Brasília, em 2015, foi de 2878 toneladas, restando 913 toneladas que, se não aproveitadas, deveriam ser exportadas.

Serão realizadas duas análises para a caracterização do critério vida útil do aterro. Primeiramente será considerado um valor fixo de exportação de 913 toneladas; nesse caso deverá ser firmado um contrato para disposição dos resíduos em outros aterros sanitários, e o que o DF aproveitar seja de resíduos recicláveis implicará no aumento da vida útil do aterro sanitário de Brasília (esse valor adotado para exportação é uma segurança, pois as instalações de recuperação de materiais podem interromper sua operação, como aconteceu em 2015 com a UTL).

Devido à influência do critério “recuperação de materiais”, esse primeiro cálculo foi efetuado de duas formas para as duas taxas de aproveitamento de resíduos nas CTR's, 30% e 50%, como pode ser observado na Tabela 5.26, em que é apresentado o valor aproveitado de resíduos para cada alternativa; a quantidade aterrada, desconsiderando as

913 toneladas exportadas; o período de operação do aterro; e o aumento da sua vida útil (subtraída dos 13,3 anos programados).

Tabela 5.26 - Cálculos para aumento da vida útil do aterro sanitário de Brasília, considerando valor fixo de exportação de resíduos

	Aproveitado (tonelada/dia)		Aterrado (tonelada/dia)		Período de operação (anos)		Aumento da vida útil (anos)	
	30%	50%	30%	50%	30%	50%	30%	50%
A1	229	241	1736	1724	14,96	15,06	1,66	1,76
A2	245	268	1720	1697	15,10	15,31	1,80	2,01
A3	247	270	1719	1695	15,11	15,33	1,81	2,03
A4	262	296	1703	1669	15,25	15,56	1,95	2,26
A5	263	298	1702	1667	15,26	15,58	1,96	2,28
A6	280	325	1686	1640	15,41	15,84	2,11	2,54

Nessa análise, se assumiu que as 913 toneladas/dia seriam, de fato, exportadas, para que fosse respeitado o planejamento do SLU, e que o rejeito proveniente de todas as usinas deveria ir para o aterro sanitário. Assim, o aterro alcançaria de 14,96 a 15,41 anos de vida útil para o aproveitamento de 30% nas CTR's e 15,06 a 15,84 anos para o aproveitamento de 50%. Nesses casos, poderia se obter até 2,54 anos na alternativa de maior aproveitamento de resíduo, aproximadamente 19% a mais de tempo que o planejado.

Caso o DF optasse por não exportar e depositasse todo o resíduo não aproveitado no aterro sanitário essa vida útil seria reduzida. Para ilustrar essa situação, foi efetuada uma segunda análise, para o aproveitamento de 30% e 50% de materiais, considerando que tudo que não fosse reciclado e compostado seria aterrado no aterro sanitário de Brasília, conforme Tabela 5.27, em que é apresentado o valor aproveitado de resíduos para cada alternativa; a quantidade aterrada, subtraindo apenas a aproveitada; o período de operação do aterro; e a variação de sua vida útil (subtraída dos 13,3 anos programados).

Tabela 5.27 - Cálculos para variação da vida útil do aterro sanitário de Brasília, desconsiderando exportação de resíduos

	Aproveitado (tonelada/dia)		Aterrado (tonelada/dia)		Período de operação (anos)		Variação vida útil (anos)	
	30%	50%	30%	50%	30%	50%	30%	50%
A1	229	241	2649	2637	9,80	9,85	-3,50	-3,45
A2	245	268	2633	2610	9,87	9,95	-3,43	-3,35
A3	247	270	2632	2608	9,87	9,96	-3,43	-3,34
A4	262	296	2616	2582	9,93	10,06	-3,37	-3,24
A5	263	298	2615	2580	9,93	10,07	-3,37	-3,23
A6	280	325	2599	2553	10,00	10,17	-3,30	-3,13

Apenas a alternativa 06 para o aproveitamento de 30% dos resíduos e as alternativas A4, A5 e A6 para o aproveitamento de 50% de resíduos das CTR's respeitam o que é disposto na NBR 13.896/97, na qual o aterro sanitário deve ter vida mínima de operação de 10 anos. Isso demonstra o quanto é necessário que se aproveite de materiais para reciclagem para que não se opte por exportar resíduos, o que é demasiado dispendioso e não traz benefícios ambientais e sociais como a reciclagem.

Devido a uma parcela das alternativas apresentadas na Tabela 5.28 não respeitar a NBR, preferiu-se aplicar nos programas para o ordenamento de alternativas os dados conforme o planejado pelo SLU, apresentados na Tabela 5.27 e para a taxa de aproveitamento de 50%, conforme aplicado para o critério “recuperação de materiais”.

#### 5.2.4.5 - Custo de operação

Os custos para o funcionamento do sistema de gerenciamento de recicláveis no DF, em 2015, se baseavam principalmente em custos referentes ao contrato de empresas para a prestação de serviço de coleta seletiva. A triagem desses materiais coletados era executada apenas no lixão e em galpões de catadores, alguns desses funcionando em local público, mas nenhum deles recebendo recurso financeiro do DF para que sua operação seja mantida.

Com a implantação das CTR's, haverá um custo mínimo para operação do local, pois apesar de a mão-de-obra para as centrais ser de catadores, ainda é necessário se despende de custos como energia elétrica, telefone, manutenção e conservação e uniforme e EPI's, conforme apresentado na Tabela 5.28 de IBAM (2012).

Tabela 5.28 - Despesa mensal para operação de CTR's de acordo com a quantidade de habitantes

População	30.000 hab	100.000 hab	250.000 hab
Energia elétrica	R\$ 1.000,00	R\$ 3.000,00	R\$ 5.000,00
Telefone	R\$ 500,00	R\$ 1.000,00	R\$ 1.500,00
Manutenção e conservação	R\$ 3.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 10.000,00
Uniforme e EPI's	R\$ 408,00	R\$ 1.292,00	R\$ 3.230,00
<b>Despesa total mensal</b>	<b>R\$ 4.908,00</b>	<b>R\$ 11.292,00</b>	<b>R\$ 19.730,00</b>

Fonte: IBAM (2012)

Esses valores apresentados foram calculados levando em consideração as informações repassadas pelo SNIS e reflete o que vem sendo gasto pelos municípios brasileiros para operacionalização de Sistemas de Logística Reversa – SLR pós-consumo. A Tabela

reflete valores por quantidade de habitantes, tendo em vista que para as centrais atenderem até 30.000 habitantes, a capacidade de processamento é de cerca de 1,94 t/dia; de 30.000 a 100.000 habitantes, 6,47 t/dia; e para 100.001 até 250.000 habitantes, a CTR deve processar em torno de 16,19 t/dia. Para os Municípios com mais de 250.000 habitantes, os módulos deverão ser multiplicados regionalmente até atender a demanda total da cidade.

Como as centrais de triagem já estão projetadas, foi apenas efetuado o cálculo dos recursos financeiros necessários adaptando os valores para o caso de processamento de 16,19 t/dia e custo de R\$ 19.730,00 para cada uma das alternativas.

Mas esse não é todo o custo adicional que o DF terá, pois para que se alcance certas quantidades de material coletado, viabilizando a eficiências nas centrais, o serviço de coleta seletiva terá que aumentar. Mesmo já tendo sido apresentado que de acordo com a cooperação da população, no tópico 6.2.1, não adianta ampliar o serviço se outras mudanças não forem realizadas, optou-se por efetuar o cálculo dos custos da coleta seletiva de acordo com o acréscimo de quantidade coletada.

Para isso foram analisados os contratos que permaneceram ao final de 2015, da CGC do lote 01 e da Valor Ambiental do lote 04, e calculados quanto deveria ser despendido anualmente para a coleta da mesma quantidade de resíduos. Para refletir o real valor coletado, primeiro os valores totais de cada período de contrato para cada lote foram passados para tonelada/dia e depois para tonelada/ano, já que o contrato da CGC não contempla um ano completo (adotou-se o ano com 313 dias, já que domingo não há coleta).

Assim, para obter o que deveria ser despendido com a coleta seletiva para as alternativas do estudo, bastou se dividir o que seria gasto anualmente, pela tonelada que seria coletada, resultando em R\$ 177,16/tonelada. Esse valor foi multiplicado pelo que deveria ser coletado para abastecer as centrais e os galpões de catadores, de acordo com cada alternativa, para o período de um mês.

Na Tabela 5.29 está representado todos os gastos mensais com a operação das CTR's e coleta seletiva para cada alternativa do estudo. Também está representado a porcentagem que representa a diferença entre os recursos financeiros destinados para coleta seletiva e para CTR's.

Tabela 5.29 - Recursos financeiros despendidos para operação das CTR's e coleta seletiva e a porcentagem de diferença entre eles

Alternativa	R\$ CTR's	R\$ coleta seletiva	% de diferença	Total
A1	R\$ 71.900,56	R\$ 718.581,02	10,01%	R\$ 790.481,58
A2	R\$ 138.926,50	R\$ 971.926,89	14,29%	R\$ 1.110.853,39
A3	R\$ 143.801,11	R\$ 990.352,05	14,52%	R\$ 1.134.153,16
A4	R\$ 205.952,44	R\$ 1.225.272,77	16,81%	R\$ 1.431.225,21
A5	R\$ 210.827,05	R\$ 1.243.697,92	16,95%	R\$ 1.454.524,97
A6	R\$ 277.853,00	R\$ 1.497.043,80	18,56%	R\$ 1.774.896,80

O mês considerado para a coleta nesse caso é de 26 dias, já que a coleta não ocorre aos domingos. Pode-se perceber que o valor mensal a ser atribuído à coleta seletiva é bastante elevado, já que além de abastecer às CTR's, ela deve abastecer aos galpões dos catadores, chegando a ser até 10 vezes superior ao valor de triagem na alternativa 01 e 5 vezes na alternativa 06.

#### 5.2.4.6 - Custo de implantação

No gerenciamento de recicláveis do DF, as centrais de triagem seriam o maior dispêndio que o SLU teria que promover para este momento de desativação do lixão do Jóquei para o recebimento de resíduos domiciliares, já que a coleta seletiva é realizada por empresas privadas e essas precisam ter toda a estrutura necessária para oferecer o serviço, como caminhões e garagem para eles. Outro custo que poderia ser considerado é referente à disponibilização de containers de coleta convencional e seletiva para a toda população. No entanto, isso necessitaria de um estudo muito mais aprofundado sobre a situação desse atendimento para todas as quadras de todas as RA's do DF.

Dessa forma, para este estudo, o custo de implantação considerado foi o que seria aplicado para construção e/ou reforma das centrais de triagem. Como mencionado no capítulo 5, os editais para licitação de empresa para esse fim já foram lançados e será contratada a empresa que apresentar o menor valor. No entanto, em cada um dos editais já é informado um valor estimado de contratação, esse valor que será aplicado ao estudo.

Nessa caracterização, não cabe avaliar as alternativas pelo funcionamento em capacidade mínima ou máxima das CTR's, assim o custo de cada uma será diferenciado apenas nas alternativas 1 e 3, em que apenas as centrais da S.I.A, S.C.I.A e Ceilândia seriam construídas e/ou reformadas e para o restante das alternativas, todas as 7 CTR's serão consideradas. Assim, segundo os editais, para o primeiro caso, o recurso necessário seria de R\$ 16.567.692,85 e para o segundo caso, de R\$ 46.251.541,57.

### 5.2.5 - Aplicação de métodos MCAD

A aplicação dos métodos é a última parte desta pesquisa. Os dados obtidos na caracterização das alternativas para cada critério foram inseridos nos modelos dos métodos TOPSIS e ELECTRE II e pode-se ter o ordenamento das alternativas.

Para finalizar esta etapa, ainda foram aplicados questionários para obtenção de peso de critérios, já que em ambos os métodos utilizados esse é um requisito necessário. Foi efetuado o ordenamento com a inserção desses pesos, mas, para avaliar se haveria grande variação na avaliação das ações potenciais, foi efetuada análise de sensibilidade com alteração dos pesos de cada critério.

#### 5.2.5.1 - Peso de critérios

Os pesos de critérios foram obtidos com o intuito de apresentar ao ator social as variações do valor do critério de cada alternativa para que a avaliação não levasse em conta apenas o critério, mas quanto ele representa de mudança em cada alternativa.

Foram 3 questionários aplicados com 3 atores, do MP, SLU e da UnB, buscando sempre apresentar um ator da área social, ambiental e econômica (o questionário está presente no Apêndice C). Primeiramente se utilizou do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para se obter os pesos. No entanto, este método exige que se faça análise de consistência das respostas dos atores, e ao final, a inconsistência se mostrou maior do que o determinado pelo método.

Dessa forma, a metodologia utilizada foi direta, em que os atores após informados sobre o trabalho e os dados de caracterização das alternativas pelos critérios apenas indicam quanto cada critério teria de peso, sendo que a somatória deveria ser 1,0. O método se mostrou eficiente, de forma que não houve dificuldade de aplicação e os atores se sentiram confortáveis em responder. A média das respostas de cada critério pode ser observada na Tabela 5.30.

Tabela 5.30 - Média resultante dos valores de peso para cada critério

Critérios	Inclusão de catadores	Recuperação de materiais	Vida útil do aterro sanitário	Custo de implantação	Custo de operação
Pesos	0,18	0,15	0,33	0,15	0,18

A vida útil do aterro, com ponderação de 0,33, foi o critério com maior peso pois em todos os casos os atores sociais colocaram valores mais elevados para esse critério. O critério custo de operação ainda obteve valor elevado na avaliação de um dos atores, o mesmo ocorrendo para o critério inclusão dos catadores; no entanto, para os outros atores sociais a ponderação foi menor, de forma que esses critérios alcançaram o peso de 0,1833 na média de avaliação. Recuperação de materiais e custo de implantação apresentaram as menores ponderações alcançando o peso 0,15 cada um.

#### 5.2.5.2 - Ordenamento das alternativas a partir do método ELECTRE II

Foram elaboradas matrizes quadradas no software Microsoft Excel de cada critério para ser efetuada a comparação par a par entre cada uma das alternativas. Nas matrizes de concordância os critérios inclusão de catadores, recuperação de materiais e vida útil do aterro sanitário visam maximizar os valores numéricos, de forma que a alternativa com valores numéricos superiores eram preferíveis àquelas com valores inferiores. Enquanto os critérios custo de operação e de implantação visam minimizar os valores numéricos e a análise foi efetuada de forma inversa à anterior. Quando uma alternativa era preferível à outra, ela adquiria o valor do peso determinado para o critério e, quando as alternativas possuíam o mesmo valor, o peso determinado para esse critério era dividido por 2.

Já na análise de discordância, são avaliadas apenas as situações em que não há concordância e nem equivalência entre as alternativas. Conforme Equação 3.2, é efetuada a diferença, em módulo, dos valores para os quais há discordância e dividido pelo maior valor numérico dos intervalos de escala. As matrizes que representam a concordância e discordância podem ser observadas na Figura 5.20 e 5.21, respectivamente.

Critério Inclusão de catadores (peso=0,18)									
Alternativa	Avaliação			1	2	3	4	5	6
1	935		1		0	0	0	0	0
2	1293		2	0,18		0	0	0	0
3	1319		3	0,18	0,18		0	0	0
4	1651		4	0,18	0,18	0,18		0	0
5	1677		5	0,18	0,18	0,18	0,18		0
6	2035		6	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	

Critério Recuperação de materiais (peso=0,15)									
Alternativa	Avaliação			1	2	3	4	5	6
1	91		1		0	0	0	0	0
2	118		2	0,15		0	0	0	0
3	120		3	0,15	0,15		0	0	0
4	146		4	0,15	0,15	0,15		0	0
5	148		5	0,15	0,15	0,15	0,15		0
6	175		6	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	

Critério Vida útil do aterro sanitário (peso=0,33)									
Alternativa	Avaliação			1	2	3	4	5	6
1	1,62		1		0	0	0	0	0
2	1,86		2	0,33		0	0	0	0
3	1,88		3	0,33	0,33		0	0	0
4	2,11		4	0,33	0,33	0,33		0	0
5	2,13		5	0,33	0,33	0,33	0,33		0
6	2,39		6	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	

Critério Custo de implantação (peso=0,15)									
Alternativa	Avaliação			1	2	3	4	5	6
1	R\$ 16.567.693		1		0,15	0,075	0,15	0,15	0,15
2	R\$ 46.251.542		2	0		0	0,075	0,075	0,075
3	R\$ 16.567.693		3	0,075	0,15		0,15	0,15	0,15
4	R\$ 46.251.542		4	0	0,075	0		0,075	0,075
5	R\$ 46.251.542		5	0	0,075	0	0,075		0,075
6	R\$ 46.251.542		6	0	0,075	0	0,075	0,075	

Critério Custo de operação (peso=0,18)									
Alternativa	Avaliação			1	2	3	4	5	6
1	R\$ 790.482		1		0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
2	R\$ 1.110.853		2	0		0,18	0,18	0,18	0,18
3	R\$ 1.134.153		3	0	0		0,18	0,18	0,18
4	R\$ 1.431.225		4	0	0	0		0,18	0,18
5	R\$ 1.454.525		5	0	0	0	0		0,18
6	R\$ 1.774.897		6	0	0	0	0	0	

$$C(i,j) = \frac{\Sigma(w(k') + 1/2w(k''))}{\Sigma w(p)}$$

$w(k')$  = pesos dos critérios sob os quais  $i > j$

$w(k'')$  = pesos dos critérios sob os quais  $i = j$

$w(p)$  = pesos de todos os critérios

Figura 5.20 - Representação no software Microsoft Excel das matrizes de concordâncias do método ELECTRE II para o estudo

Critério Inclusão de catadores									
Alternativa	Avaliação			1	2	3	4	5	6
1	935		1		0,176	0,189	0,352	0,365	0,541
2	1293		2	0		0,013	0,176	0,189	0,365
3	1319		3	0	0		0,163	0,176	0,352
4	1651		4	0	0	0		0,013	0,189
5	1677		5	0	0	0	0		0,176
6	2035		6	0	0	0	0	0	

Critério Recuperação de materiais									
Alternativa	Avaliação			1	2	3	4	5	6
1	91		1		0,154	0,166	0,314	0,326	0,48
2	118		2	0		0,011	0,16	0,171	0,326
3	120		3	0	0		0,149	0,16	0,314
4	146		4	0	0	0		0,011	0,166
5	148		5	0	0	0	0		0,154
6	175		6	0	0	0	0	0	

Critério Vida útil do aterro sanitário									
Alternativa	Avaliação			1	2	3	4	5	6
1	1,62		1		0,1	0,017	0,031	0,033	0,049
2	1,86		2	0		0,008	0,105	0,113	0,222
3	1,88		3	0	0		0,096	0,105	0,213
4	2,11		4	0	0	0		0,008	0,117
5	2,13		5	0	0	0	0		0,109
6	2,39		6	0	0	0	0	0	

Critério Custo de implantação									
Alternativa	Avaliação			1	2	3	4	5	6
1	R\$ 16.567.693		1		0	0	0	0	0
2	R\$ 46.251.542		2	0,642		0,642	0	0	0
3	R\$ 16.567.693		3	0	0		0	0	0
4	R\$ 46.251.542		4	0,642	0	0,642		0	0
5	R\$ 46.251.542		5	0,642	0	0,642	0		0
6	R\$ 46.251.542		6	0,642	0	0,642	0	0	

Critério Custo de operação									
Alternativa	Avaliação			1	2	3	4	5	6
1	R\$ 790.482		1		0	0	0	0	0
2	R\$ 1.110.853		2	0,181		0	0	0	0
3	R\$ 1.134.153		3	0,194	0,013		0	0	0
4	R\$ 1.431.225		4	0,361	0,181	0,167		0	0
5	R\$ 1.454.525		5	0,374	0,194	0,181	0,013		0
6	R\$ 1.774.897		6	0,555	0,374	0,361	0,194	0,181	

$$D(i,j) = \max_{k \in (j > i)} ((Z(j,k) - Z(i,k))/R^*)$$

$(j > i)$  conjunto onde a alternativa  $j$  é preferida a  $i$

$k$ : os critérios sob os quais  $j > i$

$Z(j, k)$ : a avaliação da alternativa  $j$  sob o critério  $k$

$Z(i, k)$ : a avaliação da alternativa  $i$  sob o critério  $k$

$R^*$ : o maior valor numérico dos intervalos de escala.

Figura 5.21 - Representação no software Microsoft Excel das matrizes de discordância do método ELECTRE II para o estudo

Cada célula correspondente de cada uma das matrizes da Figura 5.18 foi somada para aquisição da matriz final que representa a concordância total de cada uma das alternativas em relação às outras. O mesmo foi efetuado para as matrizes da Figura 5.19 que representam a discordância. Nas Figuras 5.22 e 5.23 podem ser observadas as matrizes finais de concordância e discordância, respectivamente.

	1	2	3	4	5	6
1		0,33	0,255	0,33	0,33	0,33
2	0,66		0,18	0,255	0,255	0,255
3	0,735	0,81		0,33	0,33	0,33
4	0,66	0,735	0,66		0,255	0,255
5	0,66	0,735	0,66	0,735		0,255
6	0,66	0,735	0,66	0,735	0,735	

Figura 5.22 - Matriz final representando a concordância entre as alternativas

	1	2	3	4	5	6
1		0,43	0,37	0,70	0,72	1,07
2	0,82		0,67	0,44	0,47	0,91
3	0,19	0,01		0,41	0,44	0,88
4	1,00	0,18	0,81		0,03	0,47
5	1,02	0,19	0,82	0,01		0,44
6	1,20	0,37	1,00	0,19	0,18	

Figura 5.23 - Matriz final representando a discordância entre as alternativas

Fixaram-se valores limites para  $p$  (índice mínimo de concordância) e  $q$  (índice máximo de discordância), representando a preferência forte, na qual os valores resultantes de cada célula da matriz de concordância deveriam ser superiores a 0,9 e inferiores a 0,1 na matriz de discordância, e para preferência fraca, acima de 0,7 na matriz de concordância e 0,5 na de discordância. A análise para preferência forte não apresentou resultados, quanto à preferência fraca, o resultado pode ser observado na Figura 5.24.

	1	2	3	4	5	6
1	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X
3	OK	OK	X	X	X	X
4	X	OK	X	X	X	X
5	X	OK	X	OK	X	X
6	X	OK	X	OK	OK	X

Figura 5.24 - Representação dos resultados para preferência fraca do método ELECTRE

II

As células com a denominação “OK”, demonstram a preferência da alternativa pertencente à linha em detrimento da alternativa pertencente à coluna. O resultado da ordenação “para frente” é demonstrado através de setas que partem das alternativas preferíveis às outras, conforme Figura 5.25.

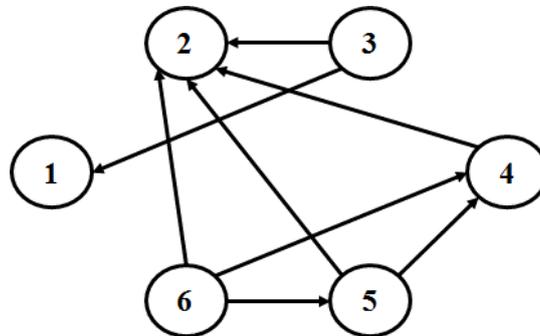


Figura 5.25 - Representação “para frente” da preferência de alternativas do método ELECTRE II para a pesquisa

Nessa representação, as alternativas as quais não receberam nenhuma seta estão em primeiro lugar, que, nesse caso, são as alternativas 3 e 6. Retirou-se as setas que partem dessas alternativas e as alternativas que não receberam seta nenhuma nesse segundo momento foram as alternativas 1 e 5, as quais ficaram na segunda colocação. Retirando novamente as setas que partem das alternativas 1 e 5, em terceiro ficou a alternativa 4 e em quarto a alternativa 2. Em seguida, as setas foram invertidas, denominada de ordenação “para trás”, e a análise realizada da pior para melhor alternativa, ou seja, a alternativa que não teve nenhuma seta chegando até ela ficaria em último lugar e as setas iam sendo retiradas até que se chegasse ao primeiro lugar, conforme Figura 5.26.

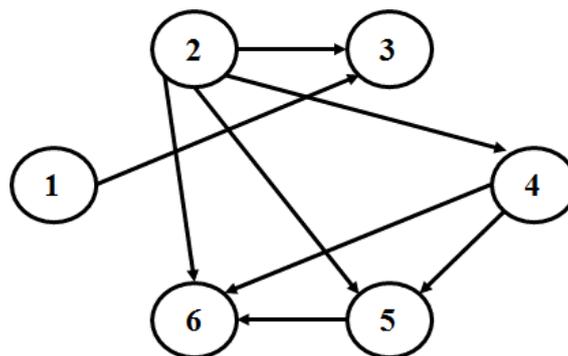


Figura 5.26 - Representação “para trás” da preferência de alternativas do método ELECTRE II para a pesquisa

Nesse caso, as únicas alternativas as quais nenhuma seta chega são as alternativas 1 e 2, elas ficarão em último lugar nessa análise e as setas são novamente retiradas, até que todas as alternativas sejam ordenadas. Nessa análise, em quarto lugar ficaram as

alternativas 1 e 2, em terceiro as alternativas 3 e 4, em segundo a alternativa 5 e em primeiro, a alternativa 6. Foram efetuadas as médias e o resultado total do ordenamento pode ser observado na Tabela 5.31.

Tabela 5.31 - Resultado final do ordenamento

Alternativas	Para frente	Para trás	Média	Ordenação
A1	2	4	3	3°
A2	4	4	4	4°
A3	1	3	2	2°
A4	3	3	3	3°
A5	2	2	2	2°
A6	1	1	1	1°

Após efetuada a média das ordenações “para frente” e “para trás”, as alternativas que possuíram os menores valores, representando a frequência entre as primeiras colocações, foram as preferíveis, como resultado, a alternativa 6 ficou em primeiro lugar e em último lugar a alternativa 2.

#### 5.2.5.3 - Ordenamento das alternativas através do método TOPSIS

O método TOPSIS depende do parâmetro para verificação da sensibilidade que reflete a importância dada aos desvios máximos na análise. Os valores usuais de  $p$  para este método são 1, 2 e  $\infty$ . No entanto, para este trabalho, serão adotados apenas os valores para  $S=1$  e  $S=2$ , devido o resultado para a aplicação de  $S=\infty$  terem produzido uma ordenação incoerente quando comparada aos outros resultados do TOPSIS e do ELECTRE II. Isso pode ser justificado por Cordeiro, 2010, no qual o autor salienta que no método TOPSIS para  $S=\infty$  não é calculada uma “distância” direta que reflete os desvios da solução ideal, como ocorre no método “programação de compromisso”, que antecedeu o TOPSIS.

O primeiro passo para a hierarquização a partir do método TOPSIS foi a separação dos vetores por comportamento crescente ou decrescente, ou seja, que visam maximizar ou minimizar os valores numéricos, respectivamente, sendo representado por “Max.” ou “Min.” na Tabela 5.32, a qual apresenta a avaliação de desempenho de todas as alternativas para todos os critérios. Em seguida, calculou-se as distâncias normalizadas em relação à PIS e à NIS (nessa equação já se adota os vetores da solução positiva ideal ( $f^*$ ) e da solução negativa ideal ( $f^-$ )); esse cálculo pode ser observado na Figura 5.27, com aplicação das Equações 3.3 e 3.4, sendo utilizados os dados da alternativa 01 para  $p=1$ .

Tabela 5.32 - Avaliação das alternativas para o método TOPSIS

Crítérios	I	II	III	IV	V	VI	Vetor	Pesos
Inclusão de catadores	935	1293	1319	1651	1677	2035	Max.	0,18
Recuperação de materiais	91	118	120	146	148	175	Max.	0,15
Vida útil do aterro	1,76	2,01	2,03	2,26	2,28	2,54	Max.	0,33
Custo de implantação	R\$ 16.567.693	R\$ 46.251.542	R\$ 16.567.693	R\$ 46.251.542	R\$ 46.251.542	R\$ 46.251.542	Min.	0,15
Custo de operação	R\$ 790.482	R\$ 1.110.853	R\$ 1.134.153	R\$ 1.431.225	R\$ 1.454.525	R\$ 1.774.897	Min.	0,18

$$d_p^{PIS} = \left\{ \sum_{j=1}^J w_j^p \left[ \frac{f_j^* - f_j(x)}{f_j^* - f_j^-} \right]^p + \sum_{i=1}^I w_i^p \left[ \frac{f_i(x) - f_i^-}{f_i^- - f_i^*} \right]^p \right\}^{1/p}$$

$$d_p^{PIS} = \left\{ [0,18]^1 \left( \frac{2035-935}{935-935} \right)^1 + [0,15]^1 \left( \frac{175-91}{91-91} \right)^1 + [0,33]^1 \left( \frac{2,54-1,76}{1,76-1,76} \right)^1 + [0,15]^1 \left( \frac{16.567.692-16.567.692}{46.251.541-16.567.692} \right)^1 + [0,18]^1 \left( \frac{790.481-790.481}{1.774.896-790.481} \right)^1 \right\}$$

$$d_p^{NIS} = \left\{ \sum_{j=1}^J w_j^p \left[ \frac{f_j(x) - f_j^-}{f_j^* - f_j^-} \right]^p + \sum_{i=1}^I w_i^p \left[ \frac{f_i^- - f_i(x)}{f_i^- - f_i^*} \right]^p \right\}^{1/p}$$

$$d_p^{NIS} = \left\{ [0,18]^1 \left( \frac{935-935}{2035-935} \right)^1 + [0,15]^1 \left( \frac{91-91}{175-91} \right)^1 + [0,33]^1 \left( \frac{1,76-1,76}{2,54-1,76} \right)^1 + [0,15]^1 \left( \frac{46.251.541-16.567.692}{46.251.541-16.567.692} \right)^1 + [0,18]^1 \left( \frac{1.774.896-790.481}{1.774.896-790.481} \right)^1 \right\}$$

Figura 5.27 - Fórmulas para o cálculo de  $d_p^{PIS}$  e  $d_p^{NIS}$  e sua aplicação para a Alternativa 01 e  $p=1$

O fator  $d_p^{PIS}$  adquiriu o valor 0,33 e  $d_p^{NIS}$  o valor de 0,67 para a alternativa 01 e  $p=1$ . Aplicando-se a Equação 3.5 para cálculo de coeficiente de similaridade, essa alternativa alcançou o valor final de 0,33. Os resultados dos cálculos de todas as alternativas para os valores de  $p=1$  e  $p=2$  podem ser observados na Tabela 5.33.

Tabela 5.33 - Resultados dos cálculos de cada alternativa pelo método TOPSIS

Alternativa 01					
$p=1$			$p=2$		
$d_p^{PIS}$	$d_p^{NIS}$	$C^*$	$d_p^{PIS}$	$d_p^{NIS}$	$C^*$
0,67	0,33	0,33	0,41	0,23	0,37
Alternativa 02					
$p=1$			$p=2$		
$d_p^{PIS}$	$d_p^{NIS}$	$C^*$	$d_p^{PIS}$	$d_p^{NIS}$	$C^*$
0,66	0,33	0,34	0,32	0,18	0,36
Alternativa 03					
$p=1$			$p=2$		
$d_p^{PIS}$	$d_p^{NIS}$	$C^*$	$d_p^{PIS}$	$d_p^{NIS}$	$C^*$
0,50	0,49	0,50	0,28	0,23	0,46
Alternativa 04					
$p=1$			$p=2$		
$d_p^{PIS}$	$d_p^{NIS}$	$C^*$	$d_p^{PIS}$	$d_p^{NIS}$	$C^*$
0,51	0,49	0,49	0,24	0,27	0,53
Alternativa 05					
$p=1$			$p=2$		
$d_p^{PIS}$	$d_p^{NIS}$	$C^*$	$d_p^{PIS}$	$d_p^{NIS}$	$C^*$
0,49	0,50	0,51	0,24	0,27	0,54
Alternativa 06					
$p=1$			$p=2$		
$d_p^{PIS}$	$d_p^{NIS}$	$C^*$	$d_p^{PIS}$	$d_p^{NIS}$	$C^*$
0,33	0,67	0,67	0,24	0,41	0,64

A alternativa com coeficiente de similaridade mais próximo de 1 é considerada a mais preferível, assim, o ordenamento foi executado do maior para o menor valor, conforme pode ser observado na Tabela 5.34.

Tabela 5.34 - Ordenamento das alternativas pelos métodos TOPSIS

Método		Ordenamento					
		1°	2°	3°	4°	5°	6°
TOPSIS	$p=1$	A6	A5	A3	A4	A2	A1
	$p=2$	A6	A5	A4	A3	A1	A2

A alternativa 6 e 5 ficaram em primeiro e segundo lugar, respectivamente, para  $p=1$  e  $p=2$  e as alternativas 1 e 2 ficaram nas últimas colocações, resultado similar ao encontrado no método ELECTRE II.

#### 5.2.5.4- Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade foi efetuada com variação dos pesos de critérios para o método TOPSIS e ELECTRE II e com variação dos valores de  $p$  (índice mínimo de concordância) e  $q$  (índice máximo de discordância) para o método ELECTRE II. A variação dos pesos foi efetuada primeiramente com aumento e diminuição em 10% do valor do peso dos critérios fornecidos pelos atores sociais, A ordenação pelo método ELECTRE II não foi sensível a pequenas alterações de pesos, no entanto, no método TOPSIS houveram algumas variações, como pode ser observado na Tabela 5.35.

Tabela 5.35 - Análise de sensibilidade do método TOPSIS para aumento e diminuição de 10% dos pesos de cada um dos critérios

Critério	$p$	%	Ordenamento					
			1°	2°	3°	4°	5°	6°
Inclusão de catadores	1	+ 10	A6	A5	A4	A3	A2	A1
		- 10	A6	A5	A3	A4	A1	A2
	2	+ 10	A6	A5	A4	A3	A2	A1
		- 10	A6	A5	A4	A3	A1	A2
Recuperação de materiais	1	+ 10	A6	A5	A4	A3	A2	A1
		- 10	A6	A5	A3	A4	A1	A2
	2	+ 10	A6	A5	A3	A4	A1	A2
		- 10	A6	A5	A4	A3	A1	A2
Vida útil do aterro	1	+ 10	A6	A5	A4	A3	A2	A1
		- 10	A6	A3	A5	A4	A1	A2
	2	+ 10	A6	A5	A4	A3	A2	A1
		- 10	A6	A5	A4	A3	A1	A2
Custo de implantação	1	+ 10	A6	A3	A5	A4	A1	A2
		- 10	A6	A5	A4	A3	A2	A1
	2	+ 10	A6	A5	A4	A3	A1	A2
		- 10	A6	A5	A4	A3	A2	A1
Custo de operação	1	+ 10	A6	A5	A3	A4	A1	A2
		- 10	A6	A5	A4	A3	A2	A1
	2	+ 10	A6	A5	A4	A3	A1	A2
		- 10	A6	A5	A4	A3	A1	A2

A alternativa A6 se manteve em primeiro para todos os casos; no segundo lugar houve a predominância da alternativa A5, no entanto, na redução em 10% do peso do critério

“vida útil do aterro” e no aumento em 10% o peso do critério “custo de implantação”, a alternativa A3 alcança a segunda colocação. As alternativas A3 e A4 se estabeleceram entre as quartas e terceiras colocações e as alternativas A1 e A2 entre as quintas e sextas.

Na análise efetuada, ainda do método TOPSIS, igualando os pesos dos critérios para 0,2 e alocando pesos de 0,6 para cada um dos critérios e reduzindo para 0,1 o peso dos outros, houve sensibilidade da ordenação, com algumas mudanças da ordenação com o peso de atores sociais, os resultados podem ser observados na Tabela 5.36.

Tabela 5.36 - Análise de sensibilidade do método TOPSIS para pesos iguais e peso de 0,6 para cada critério

Condição	<i>p</i>	Ordenamento					
		1°	2°	3°	4°	5°	6°
Pesos iguais	1	A6	A3	A5	A4	A1	A2
	2	A6	A3	A5	A4	A1	A2
Peso de 0,6 para “Inclusão de catadores”	1	A6	A5	A4	A3	A2	A1
	2	A6	A5	A4	A3	A2	A1
Peso de 0,6 para “Recuperação de materiais”	1	A6	A5	A4	A3	A2	A1
	2	A6	A5	A4	A3	A2	A1
Peso de 0,6 para “Vida útil do aterro”	1	A6	A5	A4	A3	A2	A1
	2	A6	A5	A4	A3	A2	A1
Peso de 0,6 para “Custo de implantação”	1	A3	A1	A6	A5	A4	A2
	2	A3	A1	A6	A5	A4	A2
Peso de 0,6 para “Custo de operação”	1	A1	A3	A2	A4	A5	A6
	2	A1	A3	A2	A4	A5	A6

Na condição de pesos iguais e com pesos superiores, para os critérios que visam maximizar os benefícios, a alternativa 6 continua na primeira colocação. Em segundo lugar, ficou a alternativa 3 para o caso de pesos iguais para os critérios, e a alternativa 5 para o ordenamento em que foi alocado maiores pesos para os critérios que visam maximizar os benefícios. Percebe-se que, em todos os casos em que um critério que visa maximizar os benefícios possuiu peso superior, o resultado do ordenamento é decrescente, seguindo da alternativa 6 em primeiro lugar para a alternativa 1 em último lugar.

Para custo de implantação, a melhor alternativa foi a 3 e em seguida a 1, pois ambas preveem o funcionamento de apenas de 3 CTR’s, mas essa última possui menos benefícios que a alternativa 3. Em seguida ficaram as alternativas que maximizam os benefícios, sendo que a alternativa 6 ficou em terceiro lugar e alternativa 2 em último.

No caso de peso maior para o critério custo de operação, o objetivo é se reduzir os valores numéricos, de forma que a alternativa 1 com menor custo ficou em primeiro lugar e a alternativa 6 em último. No entanto, a alternativa 3 se mostrou preferível a 2, pois os valores de custo de operação são próximos, e ela tem mais benefícios para todos os outros critérios.

No método ELECTRE II a análise de sensibilidade para pesos iguais e para aumento em 0,6 dos pesos dos critérios que visam maximizar os benefícios obtiveram resultados iguais aos da avaliação com os pesos fornecidos pelos atores sociais. No entanto, na análise para preferência fraca, os resultados do ordenamento das alternativas para aumento de peso dos critérios custo de implantação e custo de operação foram sensíveis, mas com igual ordenamento entre ambos, conforme pode ser demonstrado nas Figuras 5.28 e 5.29, respectivamente e na Tabela 5.37.

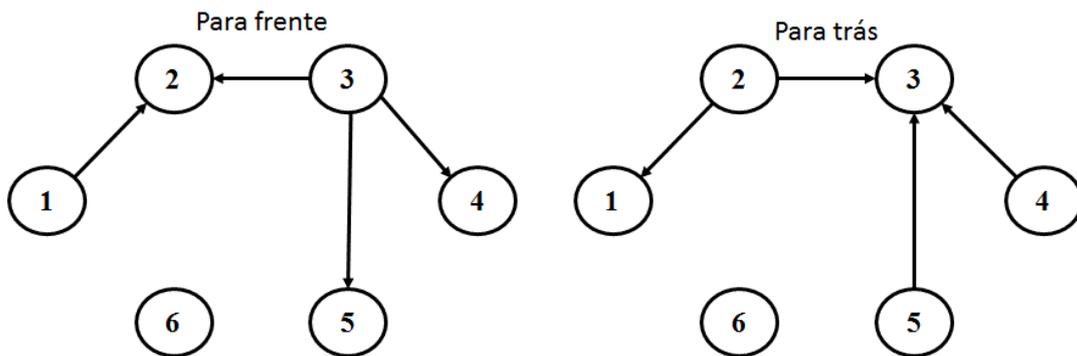


Figura 5.28 - Representação “para frente” e “para trás” do método ELECTRE II considerando peso maior para o critério custo de implantação

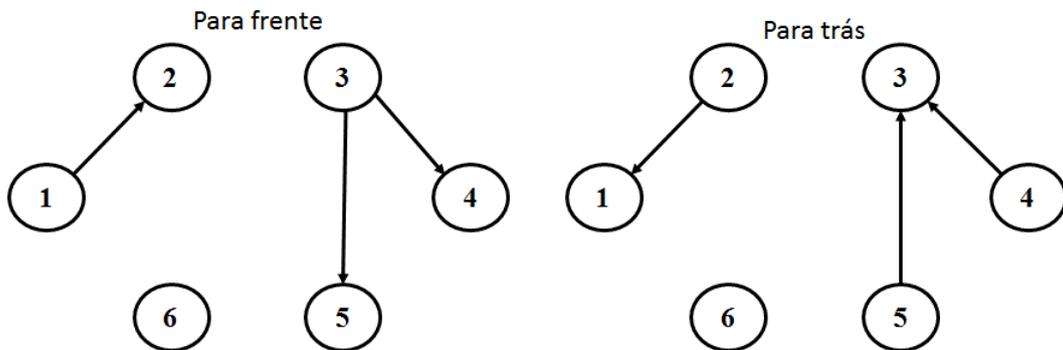


Figura 5.29 - Representação “para frente” e “para trás” do método ELECTRE II considerando peso maior para o critério custo de operação

Tabela 5.37 - Ordenamento resultante do método ELECTRE II para aumento de peso dos critérios custo de implantação e de operação

Alternativas	Para frente	Para trás	Média	Ordenação
A1	1	1	1	1°
A2	2	2	2	3°
A3	1	1	1	1°
A4	2	2	2	3°
A5	2	2	2	3°
A6	1	2	1,5	2°

O ordenamento do método ELECTRE II foi similar ao do método TOPSIS para as alternativas 1 e 3 que permaneceram entre as primeiras posições, no entanto, a alternativa 6 ficou em último lugar para o aumento de peso do critério custo de operação no TOPSIS, enquanto que no ELECTRE II ficou em segundo lugar.

Também foi efetuada análise de sensibilidade com variações dos coeficientes de sensibilidade  $p$  e  $q$  do método ELECTRE II. A variação executada levou em consideração a alteração dos valores para preferência fraca, diminuindo o valor de  $p$  (de 0,7 para 0,6) e permanência do valor de  $q$  (0,5); e também diminuindo o valor de  $q$  (de 0,5 para 0,4). Quando se adotou  $p=0,6$  e  $q=0,4$  a ordenação para o critério custo de implantação com peso de 0,6 foi idêntico ao obtido com os pesos de atores sociais para preferência fraca; já para a mesma situação no critério custo de operação, não houve melhor ordenamento.

Ao adotar-se  $p=0,6$  e  $q=0,5$ , o ordenamento obtido para ambos os critérios de custo, com alocação de peso de 0,6 para cada um deles e 0,1 para os outros, foram diferentes. A representação e o resultado da ordenação do critério custo de implantação com maior peso pode ser observado na Figura 5.30 e na Tabela 5.38, respectivamente.

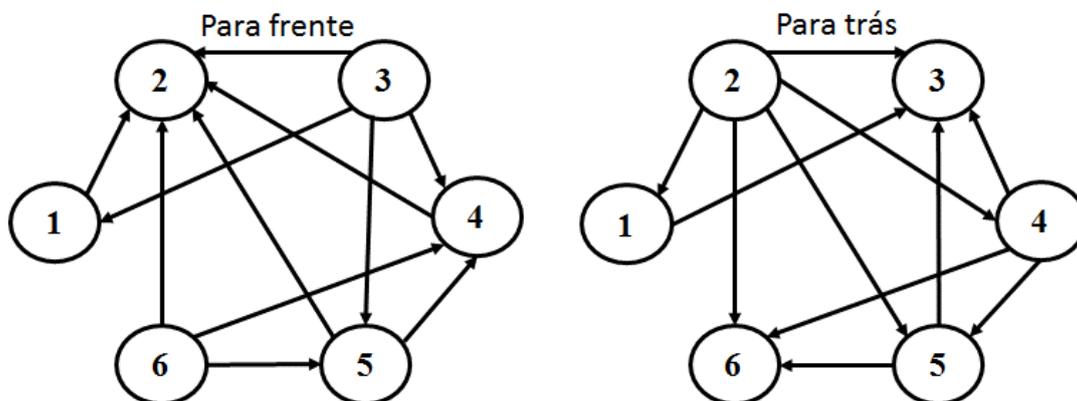


Figura 5.30 - Representação “para frente” e “para trás” do método ELECTRE II considerando peso maior para o critério custo de implantação e  $p=0,6$  e  $q=0,5$

Tabela 5.38 - Ordenamento resultante no método ELECTRE II para aumento de peso do critério custo de implantação e  $p=0,6$  e  $q=0,5$

Alternativas	Para frente	Para trás	Média	Ordenação
A1	2	3	2,5	3°
A2	4	4	4	5°
A3	1	1	1	1°
A4	3	3	3	4°
A5	2	2	2	2°
A6	1	1	1	1°

A alternativa 3 e 6 se mostraram as preferíveis mais uma vez, e a alternativa 2 ficou novamente na última colocação. Na Figura 5.31 e Tabela 5.39, a representação e o resultado do ordenamento para maior peso do critério custo de operação.

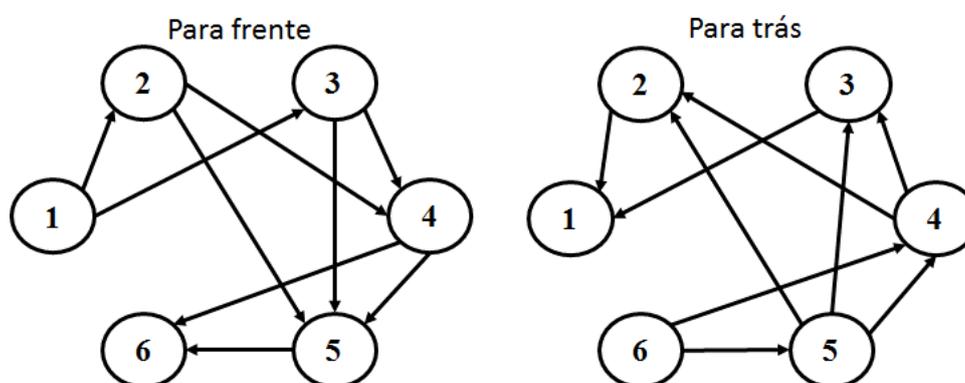


Figura 5.31 - Representação “para frente” e “para trás” do método ELECTRE II considerando peso maior para o critério custo de operação e  $p=0,6$  e  $q=0,5$

Tabela 5.39 - Ordenamento resultante do método ELECTRE II para aumento de peso dos critérios custo de operação e  $p=0,6$  e  $q=0,5$

Alternativas	Para frente	Para trás	Média	Ordenação
A1	1	1	1	1°
A2	2	2	2	2°
A3	2	2	2	2°
A4	3	3	3	3°
A5	4	4	4	4°
A6	5	5	5	5°

Os valores para  $p=0,6$  e  $q=0,5$  se mostraram mais eficientes para se alcançar melhor ordenamento dos critérios custo de implantação e de operação com alocação maior de peso para eles. Além disso, com a aplicação desses coeficientes, os resultados foram mais próximos do método TOPSIS para a mesma situação.

Pode-se perceber, em uma avaliação geral sobre os ordenamentos, que a maximização dos benefícios se mostrou mais relevante do que a minimização dos custos envolvidos. O ideal seria que as 7 CTR's fossem construídas e operassem em capacidade máxima conforme a alternativa 6. No entanto, na hipótese de os custos serem uma grande limitação para esta tomada de decisão, a alternativa que deveria se seguir seria a A3, em que apenas 3 CTR's fossem construídas e operassem em capacidade máxima.

A alternativa 2 ter prevalecido na última colocação demonstra em como a alternativa de implantar as CTR's e definir seu funcionamento em apenas um turno não seria a alternativa mais adequada, os custos de implantação envolvidos são muito altos e os benefícios seriam poucos.

A utilização dos métodos TOPSIS e ELECTRE II apresentaram resultados similares que refletiram as opiniões dos atores sociais. A aplicação dos dados nos métodos foi simples e não houve restrições que dificultassem o alcance do objetivo.

## **6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Essa pesquisa teve como objetivo o de propor e hierarquizar alternativas para o gerenciamento de RSU recicláveis do Distrito Federal no cenário atual de encerramento das atividades no lixão do Jóquei. Esse objetivo foi alcançado na medida que cada objetivo específico e cada etapa do trabalho foram concluídos.

O diagnóstico do gerenciamento de RSU recicláveis do DF, pautado no ano de 2015 trouxe informações relevantes sobre a situação atual e possibilitou a análise para melhorias do sistema. No diagnóstico foi possível obter e analisar dados e avaliar a situação de infraestrutura disponível, além de saber do planejamento do SLU. Essa etapa propiciou a confiança em pré-selecionar os critérios e formular as alternativas.

A definição de critérios se baseou em análise bibliográfica e consulta a atores sociais. Os artigos publicados sobre análise multicritério e gerenciamento de resíduos sólidos auxiliaram na seleção prévia de critérios a serem abordados na consulta. No entanto, alguns problemas foram encontrados nessa etapa: diversos artigos não separam seus critérios por dimensões, outros artigos não explicam a metodologia para avaliar as alternativas a partir de critérios, e diversos critérios encontrados não tinham conexão alguma com o estudo de caso deste trabalho. Esses problemas dificultaram a seleção prévia de critérios, porém, na consulta a atores sociais, esses ofereceram contribuições através de opiniões e sugestões no decorrer das consultas que foram indispensáveis para a definição dos critérios.

Os critérios selecionados pelos atores sociais foram, principalmente, àqueles critérios que refletem os problemas locais do Distrito Federal, como a inclusão de catadores e recuperação de materiais. Critérios com impactos globais ou indiretos, como emissão de GEE e utilização de recursos naturais, respectivamente, foram de menor interesse. A inclusão de atores sociais que não participam diretamente das decisões foi de grande relevância, pois proporcionou a visão das pessoas que são impactadas pelas decisões, e que podem dar valiosas contribuições para melhorar o gerenciamento de resíduos.

Na formulação de alternativas, o planejamento de construção das CTR's pelo SLU foi a principal motivação, pois tratam-se de locais de extrema relevância para triar os resíduos coletados da coleta seletiva, propiciando a inclusão de catadores do lixão do Jóquei, e que por possuir infraestrutura adequada, permite maior eficiência na recuperação de materiais e menores riscos à saúde dos trabalhadores.

A variação em capacidade mínima e máxima e em 3 e 7 CTR's implantadas foi importante para se compreender diversas questões que, analisadas, fornecem respaldo para tomar decisões de forma mais justificada e objetiva. Essa forma de definição das alternativas, em primeiro momento, pode ser considerada limitada, pois não abordou situações para 4 ou 5 CTR's implantadas e nem considerou a implantação de outras estruturas para tratamento e disposição final de resíduos. No entanto, este trabalho procurou alternativas ao gerenciamento de RSU recicláveis para o período de transição do encerramento das atividades do lixão do Jóquei e implantação do aterro Oeste e diversas são as questões que necessitam ser abordadas nesse momento e que necessitam de ações imediatas. Mas apenas com as situações propostas já pode-se obter várias discussões para este momento, e os dados obtidos permitem que, caso haja variações de construção de CTR's, seja possível se efetuar outras avaliações.

Os métodos multicritério de apoio à decisão selecionados foram facilmente formulados e obtiveram ordenamento compatíveis quando adotados os pesos fornecidos pelos atores sociais. Na análise de sensibilidade, alguns resultados entre os métodos foram diferentes, quando efetuado aumento do peso dos critérios de custos no ELECTRE II, para  $p=0,7$  e  $q=0,5$ , ambos os critérios tiveram a mesma ordenação, enquanto no TOPSIS as duas tiveram bastante diferença. Ao ser alterado  $p$  para 0,6 e  $q$  para 0,5, as ordenações se diferenciaram e foram similares a do método TOPSIS, o que demonstra a necessidade de se estudar o método ELECTRE II se efetuando variações desses coeficientes e analisando a melhoria do ordenamento em comparação a outros métodos.

Com a aplicação dos métodos TOPSIS e ELECTRE II foi possível perceber as preferências pelas alternativas do ponto de vista dos atores sociais e da problemática atual, sendo que esse último não obteve, em nenhum caso da pesquisa, ordenamento completo, enquanto naquele, o ordenamento foi completo em todos os casos.

Mas foram as análises de dados obtidos pela caracterização de alternativas que forneceram maiores discussões e recomendações no apoio à decisão do gerenciamento de resíduos recicláveis do DF.

Por mais que a desativação do lixão do Jóquei em Brasília seja um grande passo para que a capital brasileira atenda à PNRS e reduza diversos impactos que a disposição incorreta de resíduos traz ao meio ambiente e às pessoas de sua proximidade e que são catadoras de resíduos nesse local, não se pode ignorar que a transição entre essa desativação e início

da operação do aterro sanitário de Brasília trará diversas repercussões negativas para as dimensões ambiental, social e econômica. Na dimensão ambiental, a questão acerca da recuperação de materiais evidencia como o mercado e reaproveitamento de resíduos para a reciclagem poderão sofrer regressão, o que influencia na vida útil do aterro que pode ser reduzida, sendo necessária maior exportação de resíduos se os recicláveis não forem recuperados.

Na questão social, os catadores de materiais recicláveis que executavam seu trabalho no vazadouro a céu aberto ficarão sem sua fonte de renda, sendo necessário promover meios para que eles possam se organizar e participarem do gerenciamento de recicláveis ou de quaisquer outra atividade que lhes permitam ter retorno financeiro, como, por exemplo, sua máxima inclusão na triagem de resíduos das CTR's.

A questão econômica também não pode ser desconsiderada. Anteriormente, os custos do sistema de gerenciamento de recicláveis se baseavam apenas na coleta seletiva, que a partir do final de 2015 já não atendia mais a todas RA's de Brasília. Incluir CTR's e ampliação de coleta seletiva traz custos adicionais operacionais para o SLU, em um cenário em que os custos para disposição final através do aterro sanitário de Brasília e/ou exportação desses materiais já representam despendimento financeiro que antes eram inexistentes.

E a eficiência do sistema, de forma que se permita que as alternativas propostas operem em plena capacidade, maximizando benefícios ambientais, sociais e econômicos, depende da cooperação da população, relatado em trabalhos como uma das principais restrições ao sistema de gerenciamento de RSU. Para que o gerenciamento de recicláveis funcione, como na alternativa 6, a qual foi tida como a preferencial neste trabalho, um melhor planejamento de coleta seletiva precisa ser realizado, com otimização de rotas de coleta, educação ambiental da população, triagem do resíduo na fonte e seu correto armazenamento externo em recicláveis e não-recicláveis. Além de, em contrapartida, o SLU se empenhar em fornecer locais adequados para o armazenamento diferenciado de resíduos e regularidade na coleta.

Pois se não houver esse planejamento, mesmo se a coleta seletiva for expandida para todas as RA's, não haverá resíduo suficiente para ser triado nas 7 CTR's, com funcionamento em sua capacidade máxima, o que implicará na não absorção total da mão-de-obra de catadores, diminuição dos índices de reciclagem, diminuição da vida útil do

aterro e maior necessidade de exportação de resíduos, tudo isso com custos operacionais e de implantação elevados.

Assim, esse trabalho pôde avaliar quais são os pontos principais que necessitam ser considerados ao se propor um sistema de gerenciamento de recicláveis de um município. E que a desativação de lixões e operacionalização de aterros sanitários não seja analisada apenas do ponto de vista técnico/ambiental, pois existem questões sociais e viabilidade econômica que também necessitam da avaliação de impactos.

A seguir são apresentadas recomendações para trabalhos futuros:

- Inclusão de outras formas de tratamento e disposição final de RSU em Brasília, bem como alterações na infraestrutura de centrais de triagem, como a mecanização delas, permitindo maior possibilidades de análises e maior abordagem de critérios ambientais;
- Explorar outras formas de se aprimorar o gerenciamento de RSU, desvinculando apenas a reciclagem como solução e incluindo a redução da geração de resíduos e o reuso de materiais;
- Planejar e executar com antecedência a consulta a atores sociais para aquisição de critérios e posterior determinação de seus pesos, para que os mesmos atores sociais que responderam ao primeiro questionário possam responder ao segundo, ou adotar outra metodologia para definição de pesos para os critérios;
- Aplicar o estudo de caso com outros métodos multiobjetivo e multicritério, inclusive outras versões dos métodos utilizados neste trabalho, como o ELECTRE III; e também com diferentes abordagens, como o ACV;
- Evitar efetuar avaliação econômica se utilizando de dados secundários, ou, se não houver alternativa, que se busque estudos de casos com maior similaridade ao da pesquisa para que haja maior confiança nos dados obtidos;
- Executar essa pesquisa em outros locais, para diferentes realidades brasileiras e diferentes opiniões de atores sociais;
- Elaborar questionários com maiores definições e informações sobre o desempenho de critérios, para que assim, o ator social que não possui conhecimento específico sobre ele possa opinar com maior segurança sobre a sua importância;
- Desenvolver ou aplicar outras ferramentas ou programas computacionais que auxiliem na execução da metodologia e otimização de tempo de execução da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abba, A. H., Noor, Z. Z., Aliyu A. e Medugu, N. I. (2013) “Assessing Sustainable Municipal Solid Waste Management Factors for Johor-Bahru by Analytical Hierarchy Process.” In: *Advanced Materials Research*, 689, 540-545.
- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2016) “Panorama dos resíduos sólidos no Brasil • 2015”
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13.896 (1997). “Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação”
- \_\_\_\_\_ (2004). NBR 10007 “Amostragem de resíduos sólidos”.
- Abreu, M. F. (2015) “Produto 1: diagnóstico sobre os serviços de coleta seletiva, triagem e destinação dos resíduos recicláveis no Distrito Federal” CONSULTORIA ADASA/UNESCO.
- \_\_\_\_\_ (2016) “Produto 3: proposição de modelos de monitoramento e avaliação rotineira dos processos de coleta seletiva e do processamento dos resíduos recicláveis coletados no Distrito Federal” CONSULTORIA ADASA/UNESCO.
- Achillas, C.; Moussiopoulos, N.; Karagiannidis, A.; Baniyas, G.; Perkoulidis, G. (2013) “The use of multi-criteria decision analysis to tackle waste management problems: a literature review” In: *Waste Management & Research*, 31(2), 115–129.
- Allesch, A., Brunner, P.H. (2015) “Material Flow Analysis as a decision support tool for waste management - a literature review” In: *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 753-764.
- Andrade Junior, M. A. U. (2015) *Cenários de gerenciamento de resíduos de papel sob a ótica da avaliação do ciclo de vida*, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 110 p.
- Antonopoulos, S.; Perkoulidis, G.; Logothetis, D.; Karkanias, C. (2014) “Ranking municipal solid waste treatment alternatives considering sustainability criteria using the analytical hierarchical process tool.” In: *Resources, Conservation and Recycling*, (86), 149-159.
- Asakura, H.; Matsuto, T. e Inoue, Y. (2010) “Adopted technologies and basis for selection at municipal solid waste landfill facilities constructed in recent years in Japan”. In: *Waste Management & Research*, 28, 685–694.

- Baratto, D. S.; Godoy, M. B.; Robaina L. E. (2013) “Cenários da gestão dos resíduos sólidos domiciliares em municípios de pequeno porte: estudo de caso”. In: *14º Encontro de Geógrafos da América Latina*. Lima-Peru.
- Barreira, L. P. (2005) *Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção*, Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Departamento de Saúde Pública, São Paulo, SP, 204p.
- Bartholomeu, D. B.; Caixeta Filho, J. V. (Org) (2011). *Logística ambiental de resíduos sólidos*, Atlas, São Paulo-Brasil.
- Benayoun, R.; Roy, B.; E Sussman, B. (1966) "ELECTRE: Une Méthode pour guider le choix em presence de points de vue multiples." Note de Travail 49, Paris, France: SEMA (METRA INTERNATIONAL), Direction Scientifique.
- Braga, J. O. N.; Costa, L. A.; Guimarães, A. L., Tello, J. C. R. (2008) “O uso do geoprocessamento no diagnóstico dos roteiros de coleta de lixo da cidade de Manaus” In: *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 13 (4), 387-394 .
- Brasil, Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. “Aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências”.
- Brasil, (2007), Lei nº 11.445 “Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências”
- \_\_\_\_ (2010). Lei Nº 12.305. “Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências”.
- \_\_\_\_ (2012). Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília.
- \_\_\_\_ (2014). Projeto de Lei Do Senado Nº 425. Prorroga o prazo para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos de que trata o art. 54 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.
- Brunner, P.H., Rechberger, H. (2003). “Practical Handbook of material flow analysis”. *CRC Press LCC*, Florida, USA.
- Cai, B.; Wang, J.; Long, Y.; Li, W.; Liu, J.; Ni, Z.; Bo, X.; Li, D.; Wang, J.; Chen, X.; Gao, Q. e Zhang, L. (2015). “Evaluating the impact of odors from the 1955 landfills in China using a bottom-up approach”. In: *Journal of Environmental Management*. 164, 206-214.

- Câmara, G. Representação computacional de dados geográficos. In: Casanova, M.; Câmara, G.; Davis, C.; Vinhas, L.; Queiroz, G. R. (orgs.) Bancos de Dados Geográficos. Curitiba: MundoGEO, 2005.
- Campos, V. R. (2011) *Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos-SP. 175 p.
- Cencic, O., Rechberger, H. (2008). “Material flow analysis with software STAN”. In: *Journal of Environmental Engineering and Management*, 18 (1).
- CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem (2011) “Pesquisa CICLOSOFT 2010”. Disponível em: <www.cempre.org.br >. Acesso em: 19/03/2016.
- \_\_\_\_\_ (2016) “Pesquisa CICLOSOFT 2015”. Disponível em: <www.cempre.org.br >. Acesso em: 19/02/2017.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2009) “Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares 2008” Série Relatórios. 183 pag.
- Chang, N.; Wei, Y. L. (2000) “Siting recycling drop-off stations in urban area by genetic algorithm-based fuzzy multiobjective nonlinear integer programming modeling”. In: *Fuzzy Sets and Systems*, 14, 133-149.
- Cheng, S.; Chan, C.W.; Huang, G.H. (2003) “An integrated multi-criteria decision analysis and inexact mixed integer linear programming approach for solid waste management” In: *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 16, 543–554.
- Codeplan – Companhia de Planejamento do Distrito Federal (2014) “Pesquisa Distrital por amostra de domicílios – Distrito Federal – PDAD/DF 2013”.
- \_\_\_\_\_ (2016) “Pesquisa Distrital por amostra de Domicílios - Distrito Federal - PDAD/DF-2015”.
- CONAM - Conselho do Meio Ambiente do Distrito Federal (2009) Resolução nº 01 “Regulamentação da produção, distribuição e aplicação do composto orgânico de lixo na agricultura”.
- Cordeiro, B. S. (2010) *A gestão de lodos de fossas sépticas: uma abordagem por meio da análise multiobjetivo e multicritério*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 157p.
- Contreras, F., Hanakia, K., Aramakia, T. e Connorsb, S. (2008). “Application of analytical hierarchy process to analyze stakeholders preferences for municipal solid waste management plans, Boston, USA”. In: *Resources, Conservation and Recycling*, 52, 979–991

- D'Aloia, L. G. P. (2011) *Avaliação multicritério de cenários em gerenciamento de resíduos sólidos urbanos* Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos-SP. 170 p.
- Deng, H e Wibowo, S. (2015). “Multi-criteria group decision making for evaluating the performance of e-waste recycling programs under uncertainty”. In: *Waste Management*, 40, 127–135.
- Distrito Federal, Lei nº 660 (1994). “Transforma o Serviço Autônomo de Limpeza Urbana – SLU e o Instituto de Ecologia e Meio Ambiente do Distrito Federal – IEMA/DF em autarquia, e dá outras providências”
- Distrito Federal, Lei nº 5.418 (2014). “Dispõe sobre a Política Distrital de Resíduos Sólidos e dá outras providências”.
- Distrito Federal, Lei Nº 5.610 (2016). “Dispõe sobre a responsabilidade dos grandes geradores de resíduos sólidos e dá outras providências”.
- Distrito Federal. Decreto Nº 36.437, de 02 de abril de 2015. “Institui Grupo de Trabalho para elaborar e implementar o plano de intervenção de atividades de ordenamento do Lixão do Jóquei”.
- Distrito Federal. Decreto Nº 37.505, de 22 de julho de 2016. “Define competências do Escritório de Projetos Especiais da Governadoria do Distrito Federal-EPE”
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2000). *Reciclagem do lixo urbano para fins industriais e agrícolas*. Embrapa Amazônia Oriental JSECTAM/ Prefeitura Municipal de Belém, 217p.
- Ekmekçioglu, M.; Kaya, T.; Kahraman, C. (2010) “Fuzzy multicriteria disposal method and site selection for municipal solid waste” In: *Waste Management*, 30, 1729–1736.
- Ensslin, L.; Montibeller Neto, G.; Noronha, S. M. (2001) *Apoio à decisão – Metodologia para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas*, Insular, Florianópolis.
- Ferri, G. L.; Chaves, G. L. D. e Ribeiro, G. M. (2015) “Reverse logistics network for municipal solid waste management: The inclusion of waste pickers as a Brazilian legal requirement”. In: *Waste Management*, 40, 173–191.
- Filho, J. A. P., Silveira, F. F., Luz, E. G. e Oliveira, R. B. (2014). “Comparação entre as massas de resíduos sólidos urbanos coletadas na cidade de São Paulo por meio de coleta seletiva e domiciliar”. In: *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS*, 3 (3).

- Fontana, R. T.; Riechel, B.; Freitas, C. W.; Freitas, N. (2015). “A saúde do trabalhador da reciclagem do resíduo urbano” In: *Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia*, 3 (2), 29-35.
- Fujita, A. T. (2007) *Impacto ambiental e agrônômico do uso de condicionadores orgânicos, no cultivo de cymbopogon citratus*, Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Araraquara-SP, 124p.
- Gomes, C. F. S.; Nunes, K. R. A.; Xavier, L. H.; Cardoso, R.; Valle, R. (2008) “Multicriteria decision making applied to waste recycling in Brazil” In: *Omega*, 36, 395 – 404.
- Gomes, L. F. A. M.; Araya, M. C. G.; Carignano, C. (2004) *Tomada de decisão em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão*. 1º Edição, Cengage Learning, São Paulo.
- Gomes, L. F. A. M.; Gomes, C. F. S.; Almeida, A. T. (2006) *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. 2ª edição, Atlas, São Paulo.
- Gonçalves, R. (2007) *Proposta de um instrumento de avaliação para subsidiar processos de licenciamento ambiental de centrais de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 101p.
- Gouveia, N. (2012). “Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social”. In: *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(6), 1503-1510.
- Hung, M.; Ma, H.; Yang, W. (2007) “A novel sustainable decision making model for municipal solid waste management” In: *Waste Management*, 27, 209–219.
- Hwang, C.L., K. Yoon. (1981). “Multiple attribute decision making, methods and applications”. In: *Economics and Mathematical Systems*, vol.186. Now York: Springer-Verlag.
- IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2012). “Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica para Implantação da Logística Reversa por Cadeia Produtiva”.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). “Pesquisa Nacional de Saneamento Básico- PNSB 2008”. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em 13/03/2016.
- \_\_\_\_\_ (2011). “Censo Demográfico de 2010”.

- \_\_\_\_\_ (2015). “Estimativas da população residente no Brasil e unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2015”.
- IFC - International Finance Corporation (2015). “Projeto de Gestão de Resíduos Sólidos de Curitiba”. Disponível em: <<http://www.ifc.org/>> Acesso em: 19/03/2016.
- INESC - Instituto de Estudos Socioeconômicos (2016) “Produto 2 Relatório descritivo e fotográfico dos pontos informais de coleta, triagem de resíduos sólidos recicláveis e a identificação de 2.000 catadores que atuam nos principais pontos de coleta, triagem e separação de resíduos no Distrito Federal” Projeto pró-catador DF.
- Jannuzzi, P. M.; Miranda, W. L.; Silva, D. S. G. (2009) “Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações” In: *Informática Pública*, 11 (1), 69 – 87.
- Jardim, A.; Yoshida, C., & Machado Filho, J. V. (Org) (2012) *Política Nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos*, Manole., 1º edição, Barueri-SP.
- Jucá, J. F. T. (2015) “Produto 1: diagnóstico sobre os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos no Distrito Federal” Consultoria UGP/ADASA/UNESCO.
- Jucá, J. F. T. (2016) “Produto 2: proposição e modelagem para execução eficiente dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos considerando a gestão associada no âmbito do CORSAP/DF-GO”. Consultoria UGP/ADASA/UNESCO.
- Khan, S.; Faisal, M. N. (2008) “An analytic network process model for municipal solid waste disposal options” In: *Waste Management*, 28, 1500–1508.
- Kinobe, J.R.; Gebresenbet, G.; Niwagaba, C.B. e B. Vinneras. (2015) “Reverse logistics system and recycling potential at a landfill: A case study from Kampala City” In: *Waste Management* 42, 82–92.
- Kuhn, E. A. (2014) *Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte: o caso de Feliz, RS*, Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 283p.
- Leite, D. P.; Rafaeli Neto, S. L.; Biffi, L. J.; Vieira, A. N.; Siqueira, L.; Becegato, V. A. (2015) “Sistema de Informação Geográfica para Gestão de Resíduos Sólidos da Região da Serra Catarinense – GEORES” In: *XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, João Pessoa-PB.
- Lima, J. D., Jucá, J. F. T., Reichert, G. A., Firmo, A. L. B. (2014). “Uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos

- sólidos urbanos na Região Sul do Brasil”. In: *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19 (1), 33-42.
- Madadian, E.; Amiri, L.; Abdoli, M. A. (2012) “Application of Analytic Hierarchy Process and Multicriteria Decision Analysis on Waste Management: A Case Study in Iran” In: *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 32, N° 3.
- Marchezetti, A. L.; Kaviski, E. e Braga, M. C. B. (2011) “Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares” In: *Ambiente Construído*, 11 (2) 173-187.
- Menikpura, S. N. M., Gheewala, S. H., Bonnet, S. e Chiemchaisri, C. (2013) “Evaluation of the Effect of Recycling on Sustainability of Municipal Solid Waste Management in Thailand.” In: *Waste Biomass*. 4, 237–257.
- Mesquita Jr. J. M. (2004) *Análise crítica dos programas e dos modelos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos empregados no estado do rio de janeiro e indicação da aplicabilidade do modelo de gestão integrada para os municípios do estado*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 143p.
- Milutinovic, B., Stefanovic, G., Dassistic, M., Markovic, D. e Vuckovic, G. (2014) “Multicriteria analysis as a tool for sustainability assessment of a waste management model”. In: *Energy*, 74, 190-201.
- Mir, M. A.; Ghazvinei, P. T.; Sulaiman, N.M.N.; Basri, N. E. A.; Saheri, S.; Mahmood, N. Z.; Jahan, A.; Begum, R.A.; Aghamohammadi, N. (2016) “Application of TOPSIS and VIKOR improved versions in a multi criteria decision analysis to develop an optimized municipal solid waste management model” In: *Journal of Environmental Management*, 166, 109-115.
- Nouri, J., Ali Omrani, G., Arjmandi, R. e Kermani, M. (2014). “Comparison of solid waste management scenarios based on life cycle analysis and multi-criteria decision making (Case study: Isfahan city)”. In: *Iranian Journal of Science and Technology*. 38 (3), 257-264.
- Orrego, J. F. M. (2013) *Vila Estrutural: Uma abordagem sobre ocupação e a produção do espaço*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 157p.
- Oyoo, R.; Leemans, R.; Mol, A. P. J. (2013) “The determination of an optimal waste management scenario for Kampala, Uganda” In: *Waste Management & Research*, 31, (12) 1203– 1216.

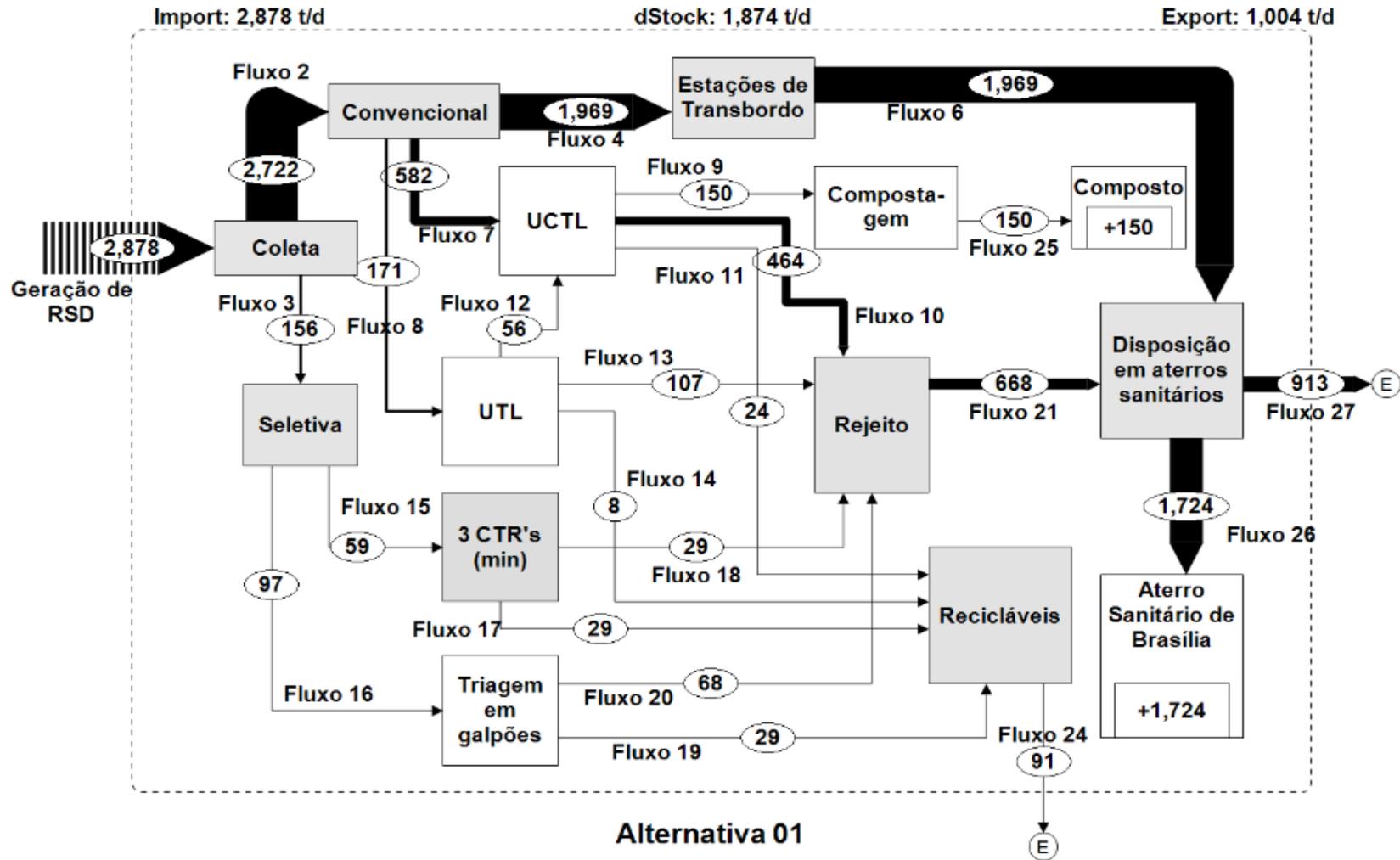
- Pires, A., Chang, N-B. e Martinho, G. (2011) “An AHP-based fuzzy interval TOPSIS assessment for sustainable expansion of the solid waste management system in Setubal Peninsula, Portugal.” In: *Resources, Conservation and Recycling*, 56, 7–21.
- Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da cidade de São Paulo (PGIRS) (2014). Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br>. Acesso em: 20/03/2016.
- Plano Municipal de Saneamento de Curitiba (PMSC). (2013). Disponível em: <http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2013/00142056.pdf>> Acesso em: 19/03/2016
- PROGEA Engenharia e Estudos Ambientais (2004) “Estudos de Impacto Ambiental – EIA e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA do Aterro Sanitário de Brasília. Contrato BELACAP - PROGEA n.º 01/2004.
- PRODEMA - Promotoria de Justiça de Defesa de Meio Ambiente e Patrimônio Cultura (2016) Resposta ao Ofício nº 1144/2016 – 1º PRODEMA. Memorando nº 09/2016 – EPE/GAG.
- Rajaeifar, M. A.; Tabatabaei, M.; Ghanavati, H.; Khoshnevisan, B.; Rafiee, S. (2015) “Comparative life cycle assessment of diferente municipal solid waste management scenarios in Iran” In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 886–898.
- Reichert, G. A. (2013) *Apoio à tomada de decisão por meio da avaliação do ciclo de vida em sistemas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos: o caso de Porto Alegre*, Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 276p.
- Rezende, L. (2017) “Lixão perto do fim?” In: *Revista Fecormercio*. Ano XIX, nº 223.
- Roviriego, L. F. V. (2005) *Proposta de uma metodologia para a avaliação de sistemas de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares*. Dissertação de mestrado, Escola Engenharia de são Carlos, São Carlos. 192p.
- Roy, B. (1971) “Problems and Methods with Multiple Objective Functions” In: *Mathematical Programming*, (1), 239-266.
- \_\_\_\_\_(1996) *Multicriteria Methodology for decision Aiding*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Roy, B.; Bouyssou, D. (1993). *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas*. Economica, Paris.
- Sant'Anna, A. P. (2002) “Aleatorização e composição de medidas de preferência” In: *Pesquisa Operacional*, (22), 1, 87-103.
- SERENCO (2017) “Plano distrital de saneamento básico e de gestão integrada de resíduos sólidos - Tomo VI - Produto 2 (Diagnóstico Situacional - Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos) Versão Pré-Audiência Pública”

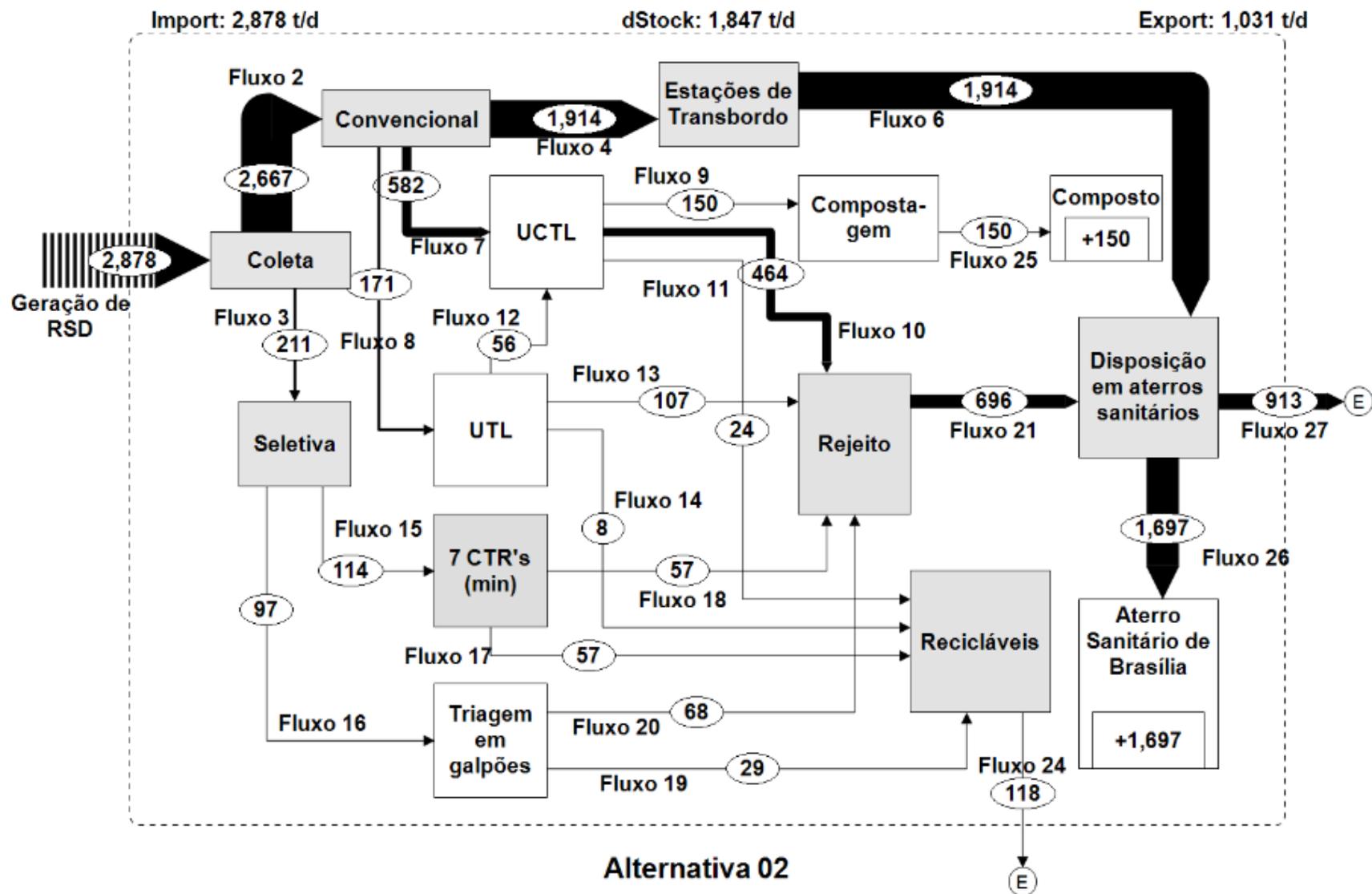
- SLU - *Serviço de Limpeza Urbana* (2015). “Relatório do Diagnóstico de Resíduos Sólidos Distrito Federal de 2014” Disponível em site: [www.slu.df.gov.br](http://www.slu.df.gov.br). Acesso em 01/12/2015
- \_\_\_\_\_ (2016a). “Relatório do Diagnóstico de Resíduos Sólidos Distrito Federal de 2015” Disponível em: [www.slu.df.gov.br](http://www.slu.df.gov.br). Acesso em 18/05/2016
- \_\_\_\_\_ (2016b). “Relatório da análise gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do Distrito Federal - 2015”. Disponível em site: [www.slu.df.gov.br](http://www.slu.df.gov.br). Acesso em 30/06/2016.
- \_\_\_\_\_ (2016c) “Audiência Pública: Cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos” Apresentação realizada na Câmara dos deputados. Novembro de 2016.
- \_\_\_\_\_ (2016d) “Relatório do Diagnóstico de Resíduos Sólidos Distrito Federal – 1º semestre de 2016” Disponível em site: [www.slu.df.gov.br](http://www.slu.df.gov.br). Acesso em 03/12/2016.
- Sheriff, K.; Gunasekaran, A.; Nachiappan, S. (2012) “Reverse logistics network design: a review on strategic perspective”. In: *International Journal of Logistics Systems and Management*, 12 (2), 171-194.
- SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2017) “Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos de 2015” Ministério das Cidades, Brasília.
- Soltani, A.; Hewage, K.; Reza, B.; Sadiq R. (2015) “Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of Municipal Solid Waste Management: A review” In: *Waste Management*, 35, 318–328.
- Souza, M.A.A. e Cordeiro Netto, O.M., (2000). “Análise Tecnológica Multiobjetivo de Alternativas para Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios”, In: Chernicharo, C.A.L. (coord.) Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios – Coletânea de Trabalhos Técnicos – Volume 1, FINEP, Belo Horizonte, 205-220.
- Souza, M. A. A.; Cordeiro Netto, O. M.; Lopes Junior, R. P. (2001) “Análise tecnológica de alternativas para pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: resultados da avaliação multiobjectivo” In: *21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, João Pessoa-PB.
- Su, J., Hung, M., Chao, C. e Ma, H. (2010) “Applying multi-criteria decision-making to improve the waste reduction policy in Taiwan”. In: *Waste Management & Research*, 28, 20–28.
- Tenório, F. A.; Reis, A. F.; Silva, D. E. e Luft, M. C. M. S. (2014) “Redes de logística reversa: um estudo do canal reverso de reciclagem na indústria do plástico” In: *RACE, Unoesc*, 13 (1), 353-382.

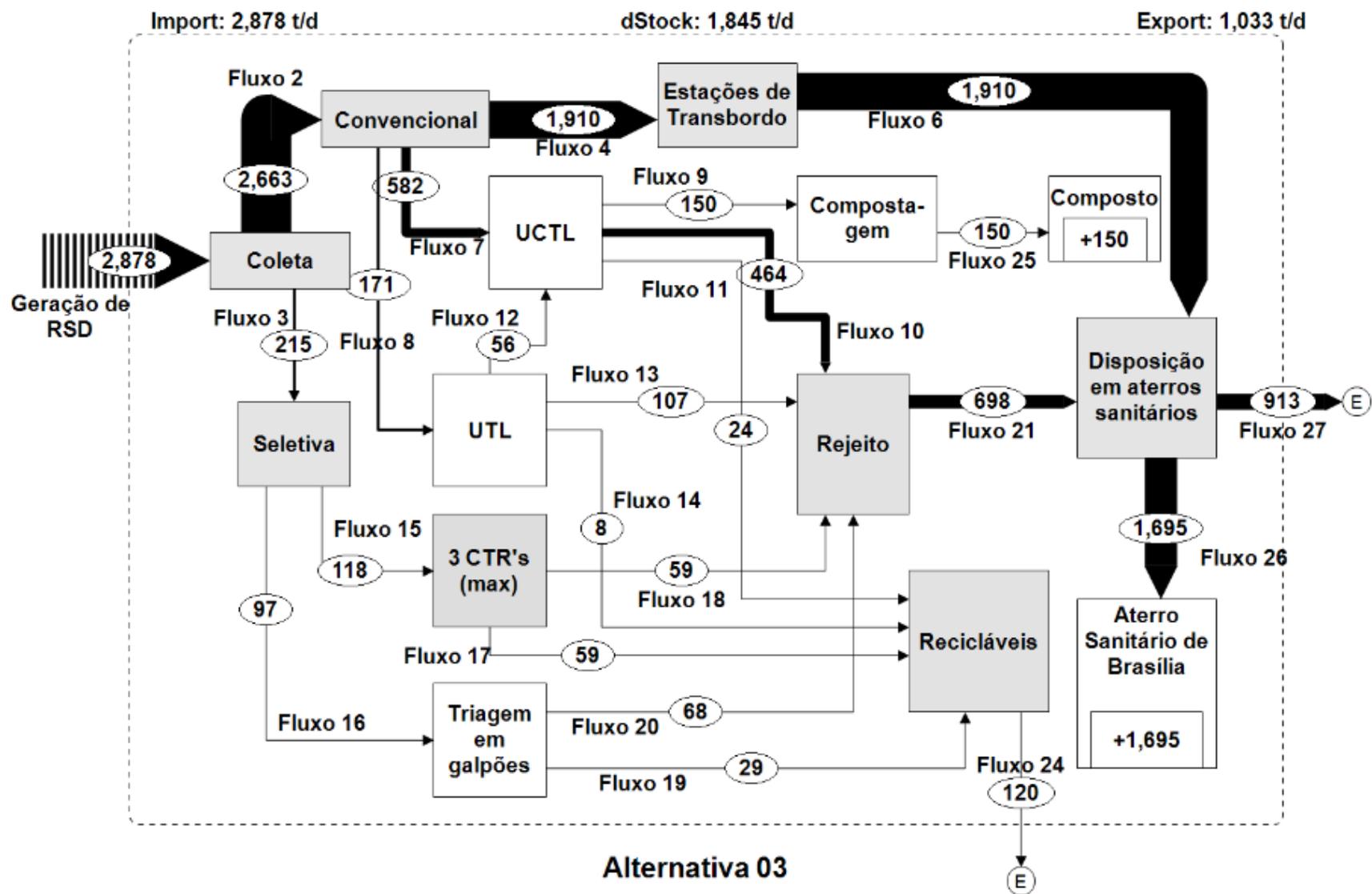
- Tseng, G., Huang, J. (2011) *Multiple Attribute Decision Making: methods and applications*. Taylor and Francis Group. United States of America..
- Tseng, M. (2009) “Application of ANP and DEMATEL to evaluate the decision-making of municipal solid waste management in Metro Manila” In: *Environmental Monitoring and Assessment*, 156, 181–197.
- UNEP - *United Nations Environment Programme* (2010). “Waste and climate change: global trends and strategy framework”. Disponível em: < <http://www.unep.or.jp>> Acesso em 30/03/2016.
- Vego, G.; Kucar-Dragicevic, S.; Koprivanac, N. (2008) “Application of multi-criteria decision-making on strategic municipal solid waste management in Dalmatia, Croatia” In: *Waste Management*, 28, 2192–2201.
- Vergara, F.E., Mol, J.M.D., Souza, M.A.A. e Cordeiro Netto, O.M. (2004). “Aplicabilidade do Método de Análise Multiobjetivo TOPSIS à Gestão dos Recursos Hídricos” In: *Anais do III Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste*, v. 1, Goiânia, 1-13.
- Vucijak, B.; Kurtagic, S. M.; Silajdzic, I. (2016) “Multicriteria decision making in selecting best solid waste management scenario: a municipal case study from Bosnia and Herzegovina” In: *Journal of Cleaner Production*, 130, 166-174.
- Waldman, M. (2013). “Lixo domiciliar brasileiro: modelos de gestão e impactos ambientais” In: *Boletim Goiano de Geografia (online)*, 33 (2), 169-184.
- Xevgenos, D., Papadaskalopoulou, C., Panaretou, K., Mal e Moustakas, A. D. (2015) “Success Stories for Recycling of MSW at Municipal Level: A Review.” In: *Waste Biomass*, 6, 657–684.
- Xi, B.D.; Su, J.; Huang, G.H.; Qin, X.S.; Jiang, Y.H; Huo, S.L.; Ji, D.F.; Yao, B. (2010) “An integrated optimization approach and multi-criteria decision analysis for supporting the waste-management system of the City of Beijing, China” In: *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 23, 620–631.

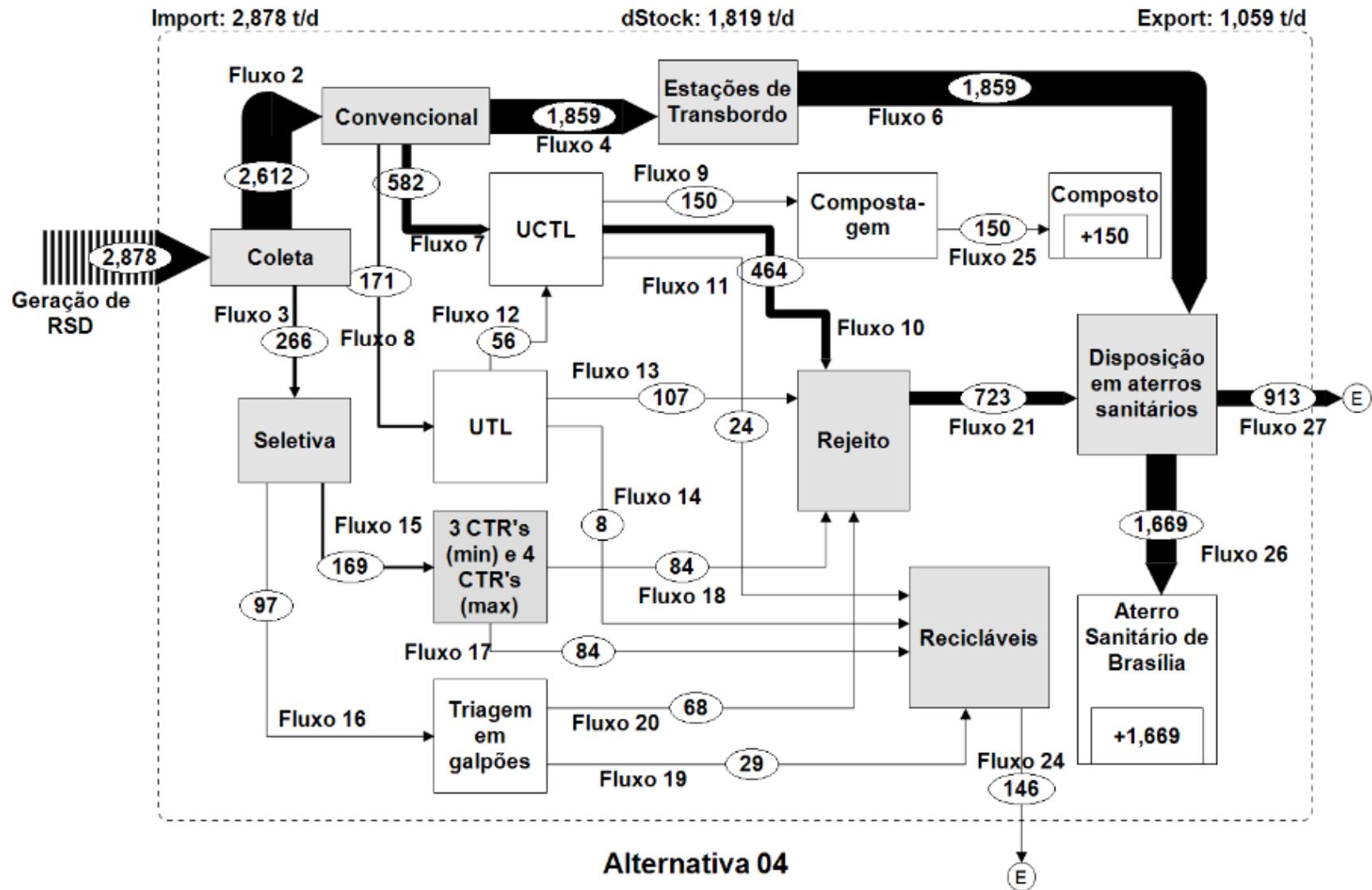
## **APÊNDICES**

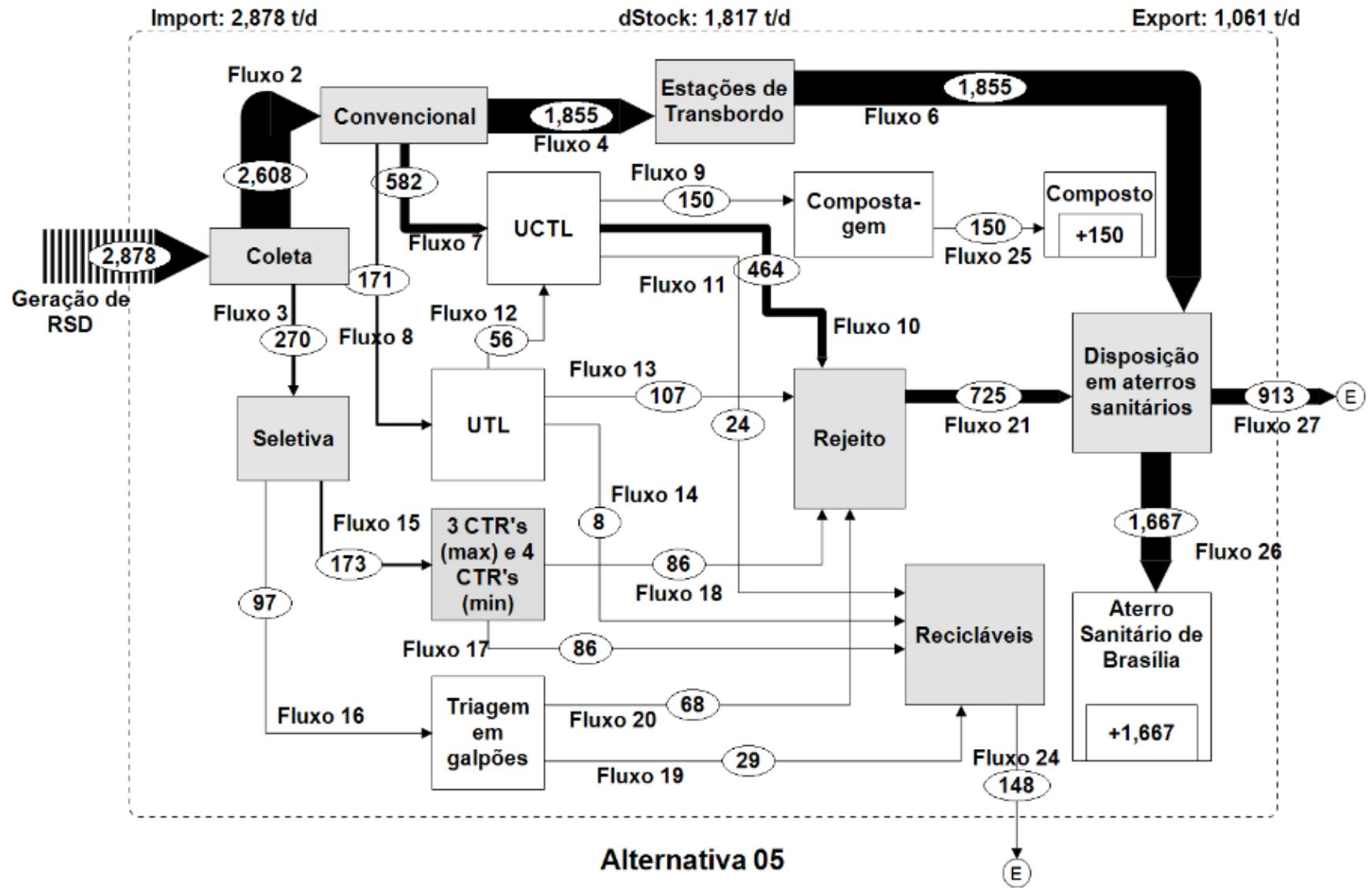
APÊNDICE A - Fluxos do AFM das alternativas propostas

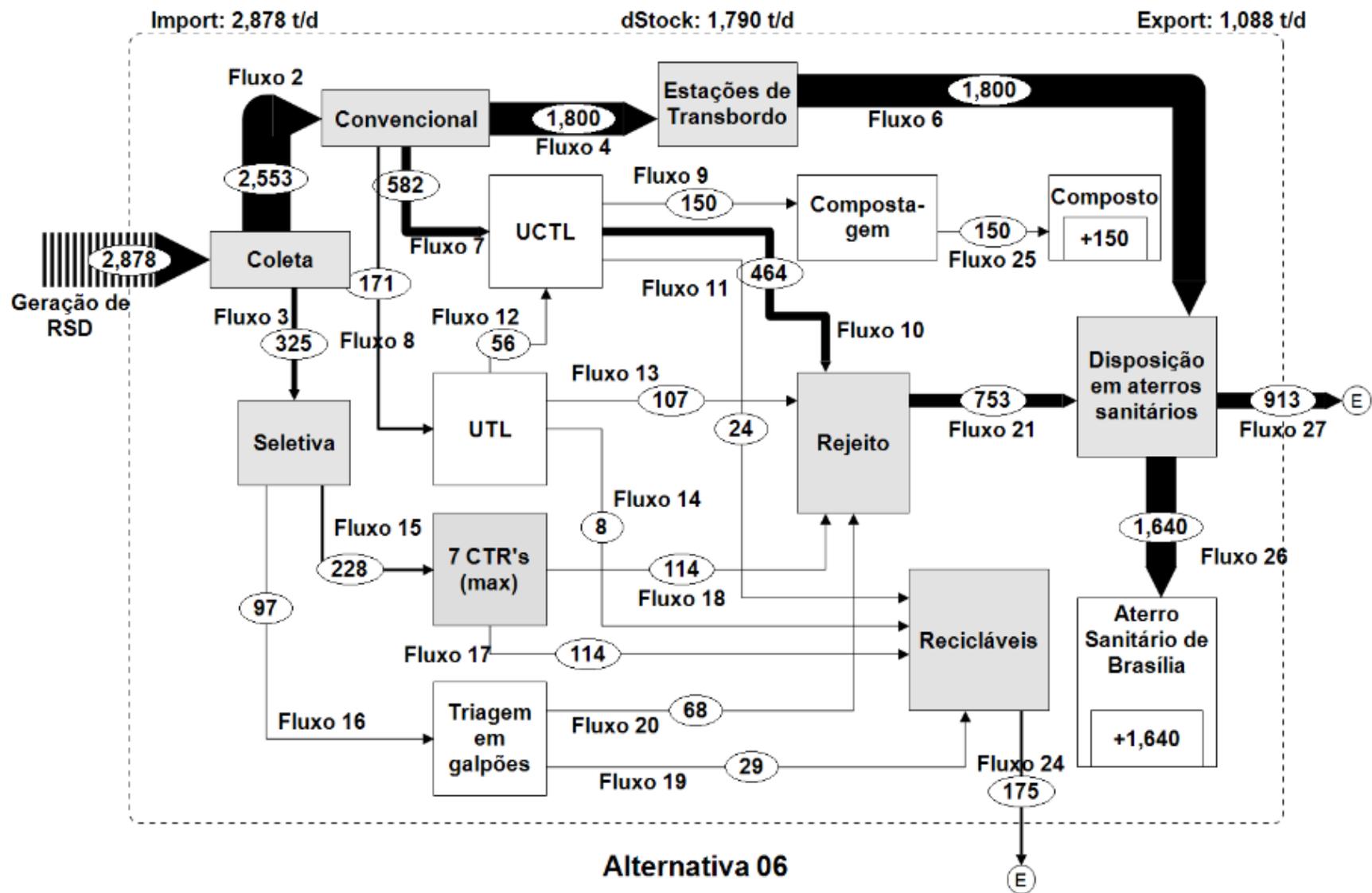












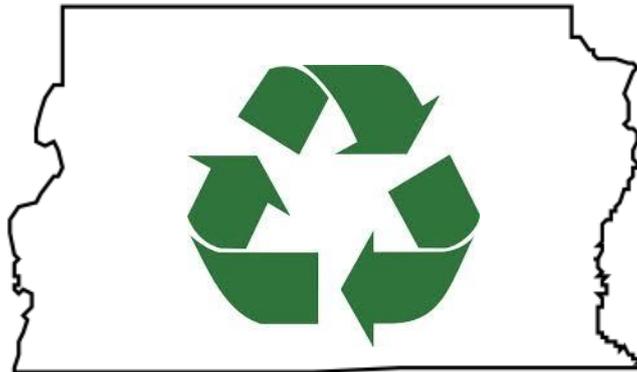
**APÊNDICE B - Questionário aplicado para definição de critérios**

# QUESTIONÁRIO

## Definição de critérios para avaliação de alternativas

Nome do ator social:

Empresa ou órgão ao qual está vinculado:



Esse questionário é parte da pesquisa:

### **ALTERNATIVAS PARA DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES RECICLÁVEIS SECOS NO DISTRITO FEDERAL**

Mestranda: Fernanda Lemos da Silva

Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília

Contato: [engflsilva@gmail.com](mailto:engflsilva@gmail.com)

## **INTRODUÇÃO**

Esse questionário visa a aquisição da opinião de atores sociais sobre a definição de critérios a serem avaliados para a realidade do Distrito Federal em se tratando de alternativas para a destinação de resíduos sólidos domiciliares com vista à reciclagem. Na primeira parte serão apresentadas algumas informações sobre o projeto, e, logo após, as perguntas do questionário.

## MÉTODOS A SEREM UTILIZADOS

### Consulta a atores sociais



A consulta tem o papel importante de mostrar quais são os aspectos fundamentais a serem analisados, levando em conta as diversas áreas que são afetadas ou que afetam a tomada de decisão no gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares recicláveis secos do DF.

### Análise das alternativas a partir dos critérios selecionados

Cada alternativa proposta implica em alterações no gerenciamento atual de resíduos recicláveis, e podem afetar as áreas ambiental, social e econômica.

É necessário entender o que haverá de mudança entre as alternativas para que se decida por critérios mais importantes para o estudo de caso.

Os critérios serão então o que deverá ser analisado e caracterizado ao final da pesquisa para definir qual o melhor cenário proposto.

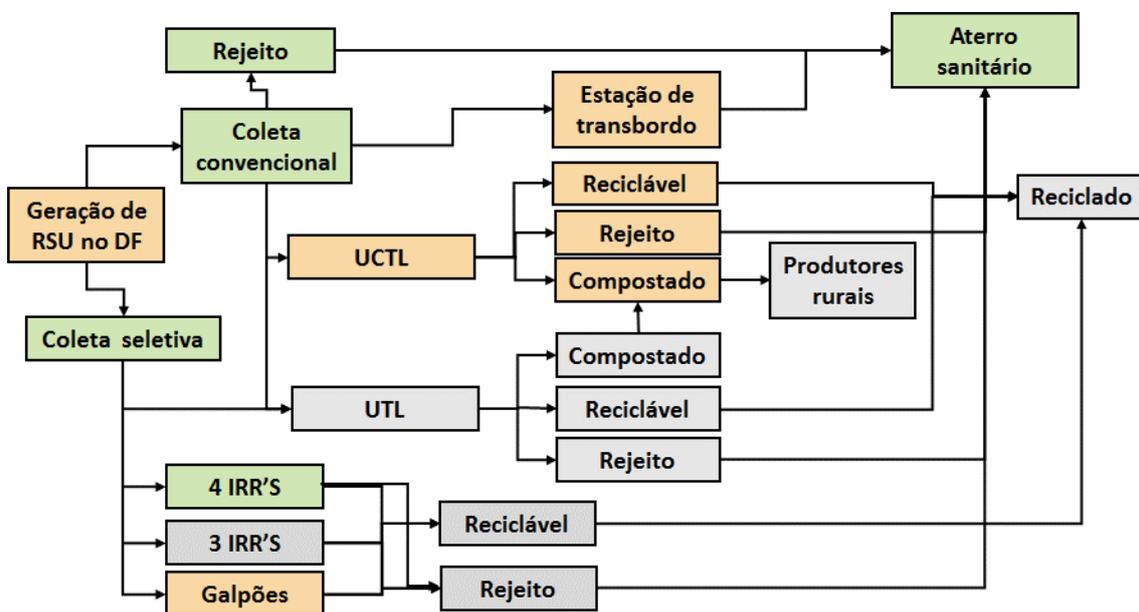
## FATORES QUE INFLUENCIARAM AS ALTERNATIVAS

- A triagem de resíduos da coleta seletiva é realizada atualmente em galpões de triagem e no lixão do Jóquei.
- O lixão será desativado, mais cedo ou mais tarde, para o recebimento de qualquer resíduo da coleta domiciliar.
- Como consequência, haverá a necessidade de novas estruturas para triagem de resíduos.

Após informações obtidas do cenário atual e planejamento futuro, chegou-se às seguintes estruturas possíveis de triagem:

- Galpões de triagem existentes: não se prevê a desativação dos galpões;
- Centrais de Triagem de Resíduos (CTR): no estudo adota-se que poderão operar 4 ou 7 CTR's e com capacidade mínima ou máxima.
- Usina de Tratamento de Lixo-UTL, localizada na Asa Sul: recebe resíduos da coleta convencional, mas é um possível local para recebimento desses resíduos e estará presente em algumas alternativas.

No fluxograma podemos observar o gerenciamento e possíveis inclusões dessas opções de triagem para o DF:



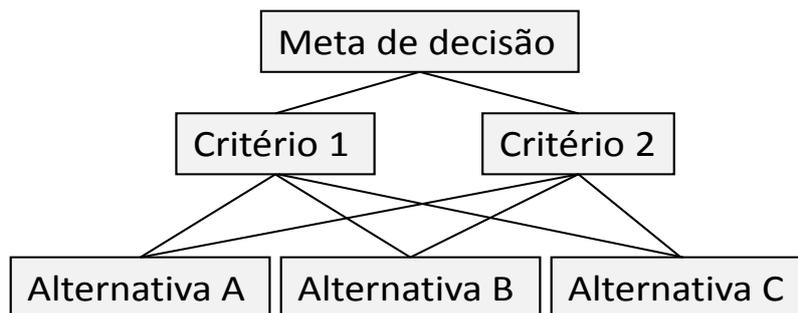
As taxas de resíduos que são recebidos e saem de cada processo, podem:

- Variar em todas as alternativas: a Coleta seletiva e 4 Centrais de Triagem de Resíduos (CTR) são itens que sempre estarão presentes nas alternativas e sofrerão variação de recebimento de resíduos, ocasionando alterações do que será coletado pela convencional e terá como destino o aterro.
- Variar ou não de acordo com as alternativas: as 3 CTR's e Usina de Tratamento de Lixo - UTL poderão ser incluídas para receberem resíduos de coleta seletiva ou não, isso vai depender da alternativa.
- Não variar entre as alternativas: esses itens são fixos no gerenciamento, os resíduos recebidos da coleta convencional que passam por usinas de transbordo, a Usina Central de Tratamento de Lixo - UCTL e os galpões de triagem de coleta seletiva não sofrerão alterações de uma alternativa para outra.

Com o aumento da triagem de resíduos e da taxa de recicláveis aumentará proporcionalmente a coleta seletiva.

Ao final da caracterização de todas as alternativas, a partir dos critérios selecionados, serão embutidas as informações em métodos multicritério de apoio a decisão, que resultarão em um ranking das alternativas.

#### Métodos multicritérios de apoio à decisão



OBS: Os métodos são realizados a partir de uma comparação par-a-par do critério para cada alternativa proposta.

### **RESULTADO PRETENDIDO COM A PESQUISA**

Ao final da pesquisa, busca-se chegar em uma alternativa que condiga com as necessidades e desejos dos influenciados e influenciadores no gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares que visam à reciclagem.

**CRITÉRIOS, EXPLICAÇÃO DE CADA CRITÉRIO E COMO ELE SERÁ MEDIDO PARA O ESTUDO**

Critério	Explicação	Como será medido?
Geração de emprego	Quantidade de empregos fixos que serão gerados com a implantação de cada alternativa proposta. Esses empregos são referentes a contratação de mão-de-obra no regime de CLT.	Novas instalações que serão implantadas: será observado a quantidade de mão-de-obra necessária para operação.
		UTL: será observado se haverá necessidade de aumento de mão-de-obra caso ela opere recebendo resíduo da coleta seletiva.
		Ampliação da coleta seletiva: será avaliado a quantidade de colaboradores necessários, caso se amplie a coleta seletiva, usando como base os contratos já firmados.
Inclusão de catadores de materiais recicláveis	Quantidade de postos de trabalho gerados para catadores associados em cooperativas.  OBS: Esse critério é contrário ao anterior, logo só um deles poderá ser selecionado para a pesquisa.	Novas instalações que serão implantadas: será observado a quantidade de mão-de-obra, mas dessa vez, em regime de cooperativismo de catadores.
		UTL: será observado se haverá necessidade de aumento de mão-de-obra, caso ela opere recebendo resíduo da coleta seletiva, mas dessa vez em regime de cooperativismo de catadores.
		Ampliação da coleta seletiva: será avaliado a possibilidade de contratação de mais cooperativas para coletar os resíduos da coleta seletiva.
Cooperação da população	Envolvimento da população no processo de triagem dos seus resíduos nas residências	Ampliação da coleta seletiva: cada RA terá que se adaptar para receber o serviço de coleta seletiva e serão contabilizados a média de residências que terão que triar o seu resíduo.
Emissão de Material particulado	Fuligem e poeira que são emitidos para o ar	Cálculo da quantidade de material particulado emitido pela queima de combustíveis fósseis dos veículos que transportarão resíduos da coleta seletiva até um aumento de no máximo 21 caminhões, o que corresponderia a um aumento de cerca de 12% da frota total existente. (Será utilizado base de dados)
Emissões de Gases de Efeito Estufa	Produção de gás carbônico (CO <sub>2</sub> )	Cálculo de emissões devido ao transporte de resíduos, conforme utilizado em "Material Particulado" (Será utilizado base de dados)

Vida útil do aterro sanitário	Período em que o aterro funcionará até que suas atividades sejam encerradas	Cálculo da vida útil do aterro pelo resíduo que irá receber em cada uma das alternativas.
Recuperação de materiais	Recuperação de resíduos pela prática da reciclagem	Cálculo da quantidade de materiais que poderão ser aproveitados para a reciclagem.
Uso de recursos naturais	A recuperação de materiais faz com que não haja necessidade de tanta extração de recursos naturais	Cálculo da quantidade de recursos naturais que serão preservadas, caso haja a reciclagem de materiais, são eles: minérios, vegetais e combustíveis fósseis. (Será utilizado base de dados)
Custo de implantação	Gasto para se implantar tecnologia ou compra de equipamentos	Cálculo dos custos para aumento da coleta seletiva no DF, como compra de caminhões e equipamentos.
		Cálculo dos custos para implantação das instalações de recuperação de resíduo.
Custo de operação	Gasto com a operação dos sistemas implantados para o gerenciamento de resíduos	Cálculo dos custos de operação para aumento da coleta seletiva no DF, como contratos com cooperativas ou empresas para execução de serviço.
		Cálculo dos custos de operação das CTR's que serão implantadas, como contratos com cooperativas ou empresas para execução de serviço.
		Caso a UTL opere com coleta seletiva, avaliar os custos de operação dessa unidade.
Venda de recicláveis	Recursos financeiros obtidos com venda de recicláveis	Cálculo do retorno financeiro obtido com a venda dos materiais recicláveis triados nas estruturas de triagem propostas.
Disponibilidade de área	Área que deverá ser disponibilizada para a implantação de CTR's	Será calculado a quantidade de área (m <sup>2</sup> ) necessária para a implantação das 3 CTR's.
Distância geração-disposição	Distância que deverá ser percorrida da geração dos resíduos até que ele tenha destinação adequada	Será calculado quão distante será a geração da disposição, considerando as CTR's e aterro sanitário.

**OBS: A autora poderá alterar a forma como será medido o critério, devido a problemas que por ventura venham a acontecer.**

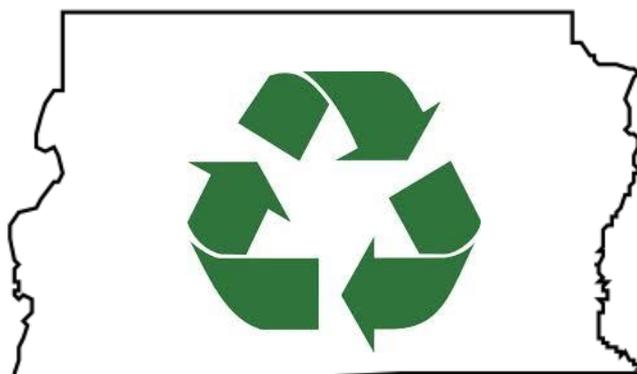
Dos critérios descritos, qual o nível de importância para avaliação de alternativas de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares recicláveis secos no DF?

São ao todo 13 critérios, por favor, identifique 1 para o critério de maior importância até 13 que será o de menor importância (os critérios não poderão ter a mesma importância):

Critérios	Nota
Geração de emprego	
Inclusão de catadores de materiais recicláveis	
Cooperação da população	
Emissão de Material particulado	
Emissões de Gases de Efeito Estufa	
Vida útil do aterro sanitário	
Recuperação de materiais	
Uso de recursos naturais	
Custo de implantação	
Custo de operação	
Venda de recicláveis	
Disponibilidade de área	
Distância geração-disposição	

## **QUESTIONÁRIO**

Aquisição de peso para critérios



Esse questionário é parte da pesquisa:

**ALTERNATIVAS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS DOMICILIARES RECICLÁVEIS SECOS NO DISTRITO  
FEDERAL**

Mestranda: Fernanda Lemos da Silva

Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília

Contato: [engflsilva@gmail.com](mailto:engflsilva@gmail.com)

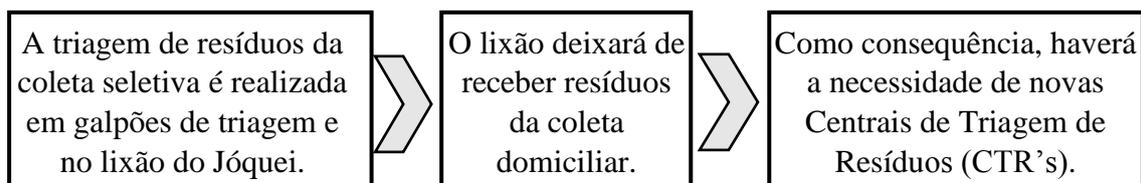
## INTRODUÇÃO

Esse questionário busca, através de consultas individuais com atores sociais, a aquisição da opinião sobre peso de critérios.

\*Os atores sociais e respostas de cada questionário não serão divulgadas na dissertação e em nenhum outro veículo de informação, apenas a instituição a qual representa e os resultados computados dos questionários.

## AS ALTERNATIVAS

### FATORES QUE INFLUENCIARAM AS ALTERNATIVAS



**Dessa forma, as alternativas escolhidas foram as seguintes:**

- A 01 3 CTR's (1 turno) +
- A 02 3 CTR's (1 turno) + 4 CTR's s (1 turno) + GALPÕES
- A 03 7 CTR's (2 turnos) + DE
- A 04 3 CTR's (1 turno) + 4 CTR's (2 turnos) + TRIAGEM
- A 05 3 CTR's (2 turnos) + 4 CTR's (1 turno) +
- A 05 3 CTR's (2 turnos) + 4 CTR's (2 turnos) +

**Obs.: cada turno tem 8 horas.**

## CRITÉRIOS SELECIONADOS

### 1. Vida útil do aterro sanitário

Explicação	Como foi medido?
Período até o encerramento das operações do aterro	Cálculo da vida útil do aterro pelo resíduo que irá receber em cada uma das alternativas.
Dados encontrados: O planejado do SLU é que o aterro sanitário de Brasília tenha vida útil de 13, 3 anos. Se houver aumento do aproveitamento de resíduos para reciclagem, o aterro pode chegar a ter 15,9 anos.	

### 2. Custo de operação

Explicação	Como será medido?
Gasto com a operação dos sistemas implantados para o gerenciamento de resíduos	Avaliação dos contratos de coleta seletiva em 2015 e quanto foi efetivamente coletado. Assim se pode assumir um valor por tonelada efetivamente coletada.
	Cálculo dos custos de operação das CTR's (energia, manutenção e telefone) obtidos em IBAM (2012).
Dados encontrados: O custo de operação de cada alternativa varia de R\$ 9.767.625,78 até R\$ 21.891.548,23 por ano.	

### 3. Custo de implantação

Explicação	Como será medido?
Custo para implantação das CTR's	Análise dos editais abertos pela TERRACAP de licitação de empresa para construção ou ampliação das CTR's.
Dados encontrados: Para a implantação e ou ampliação de 3 CTR's o custo seria de R\$ 16.567.692,85, para 7 CTR's o custo seria de R\$ 46.251.541,57	

### 4. Recuperação de materiais

Explicação	Como será medido?
Recuperação de resíduos pela prática da reciclagem	Cálculo da quantidade de materiais que poderão ser aproveitados para a reciclagem.
Dados encontrados: Em 2015, cerca de 125 t/dia foram destinados à reciclagem no DF, com contribuições de catadores do lixão, usinas e resíduos triados da coleta seletiva. Para que esse valor não se reduza, seria necessário que 7 CTR's funcionassem em capacidade máxima (adotando o aproveitamento de 30% nas CTR's)	

### 5. Inclusão de catadores de materiais recicláveis

Explicação	Como será medido?
Postos de trabalho gerados para catadores associados em cooperativas.	CTR's: quantidade de mão-de-obra gerada em cada uma, calculado segundo os projetos da Terracap.
Dados encontrados: considerando a quantidade fixa de galpões, 551 catadores permaneceriam trabalhando nos galpões de triagem e, dependendo da alternativa, a mão-de-obra dos catadores nas CTR's variará de 385 até 1487 postos de trabalho.	

OBS<sub>1</sub>: A autora poderá alterar a forma como será medido o critério caso haja algum impedimento no decorrer da pesquisa.

## QUESTIONÁRIO 01

**A seguir seguem os critérios, por favor, insira um peso para cada um deles**

**A soma deles tem que ser 1 ao final, conforme exemplo**

Nesse caso todos os critérios possuem a mesma importância e somam 1,0 ao final ( $0,2+0,2+0,2+0,2+0,2=1,0$ )

<b>Vida útil do aterro</b>	<b>Custo de implantação</b>	<b>Custo de operação</b>	<b>Recuperação de materiais</b>	<b>Inclusão de catadores</b>
<b>0,200</b>	<b>0,200</b>	<b>0,200</b>	<b>0,200</b>	<b>0,200</b>

Caso você **não** concorde que os critérios têm a mesma importância, por favor, especifique que peso você acredita que seja mais adequado para cada caso. Utilize quantas casas decimais achar necessário.

<b>Vida útil do aterro</b>	<b>Custo de implantação</b>	<b>Custo de operação</b>	<b>Recuperação de materiais</b>	<b>Inclusão de catadores</b>

**OBRIGADA PELA PARTICIPAÇÃO!!!**