



# Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional

Revisão do Edital | 21 outubro de 2022



**CIBIOGAS**  
ENERGIAS RENOVÁVEIS



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET

MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



# SUMÁRIO

RESUMO EXECUTIVO .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
1. GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO DISTRITO FEDERAL.....	6
1.1. As Instituições e Responsabilidades da Gestão .....	6
1.2. Os Resíduos Sólidos Urbanos.....	19
1.3. Coleta convencional e Transporte .....	23
1.4. Unidades de Transbordo .....	28
1.5. Tratamento de resíduos.....	29
1.6. Coleta Seletiva e Cooperativas .....	33
1.7. Disposição Final .....	35
2. JUSTIFICATIVA DO PROJETO.....	37
3. ASPECTOS TÉCNICOS E OPERACIONAIS.....	44
3.1. Descrição do Modelo Operacional.....	44
3.2. Escala.....	49
3.3. Local de Instalação.....	53
3.4. Layout básico .....	53
3.5. Descritivo dos Processos de Tratamento Mecânico .....	56
3.6. Processos de Tratamento Biológico e Geração de Biogás.....	70
3.7. Disponibilidade de Resíduos .....	8
3.8. Definição das Capacidades, Estimativas de Produção e Metas das Unidades de Tratamento.....	13
3.9. Balanço de Massa e Fluxograma da UTMB .....	19
3.10. Requerimento de Mão de Obra .....	0
4. ASPECTOS SOCIAIS E AMBIENTAIS .....	1
4.1. Aspectos Sociais .....	1
4.2. Aspectos Ambientais.....	2
4.3. Aspectos Climáticos .....	3
5. CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO.....	15

## RESUMO EXECUTIVO

O projeto proposto caracteriza-se por 03 (três) unidades de tratamento mecânico biológico (Ecoparques) com geração de biometano e composto orgânico a partir de

resíduos domiciliares da coleta convencional de Brasília. Os caminhões de coleta deverão ser pesados e o resíduo basculado em área específica para posterior envio ao tratamento mecânico. O tratamento mecânico consiste em uma segregação em seis frações principais – materiais de grandes volumes (volumosos), finos orgânicos, rejeitos de finos orgânicos, linha rodantes (3D), linha planares (2D) linha transbordo (oversized). As linhas 2D, 3D e transbordo deverão ser direcionadas por esteiras a galpões destinados às cooperativas a serem instalados anexo aos Ecoparques. Os volumosos também deverão ser direcionados aos galpões das cooperativas através de caçambas “Roll on- Rool off” ou similar. Os finos orgânicos deverão ser separados com uma eficiência mínima de 85% em relação aos resíduos biodegradáveis de entrada na instalação e ser submetidos a processos de biodigestão anaeróbica para geração de biogás. O biogás deverá ser purificado para a geração de biometano, nas especificações estabelecidas pela Resolução ANP nº 685 de 29/06/2017. O digestato deverá passar por uma etapa de maturação aeróbia para a geração de composto orgânico, de acordo com especificações da Resolução CONAM nº 1, de 15 de dezembro de 2009 e pela Resolução CONAMA 481, de 03 de outubro de 2017. Os rejeitos dos finos orgânicos e das cooperativas deverão ser direcionados ao aterro sanitário de Brasília.

Os cadernos “Caderno 01: Modelagem Técnica e Operacional”, “Caderno 02: Modelagem Econômica e Financeira”, “Caderno 03: Aspectos Jurídicos do Projeto UTMBs DF” e respectivos anexos detalham o processo a ser desenvolvido.

### **I. Contrato:**

- Objeto é a prestação de serviços de tratamento mecânico e biológico de resíduos domiciliares da coleta convencional de Brasília;
- Modelo concessão de serviços públicos;
- Prazo de 30 anos;
- Lote único;

### **II. Descrição do Projeto:**

- 03 plantas de tratamento mecânico e biológico (Ecoparques) instalados nos transbordos de: Gama, Asa Sul e PSUL;

- Tratamento mecânico:
  - Triagem mecanizada;
  - Recuperação de recicláveis (linhas volumosos, 2D, 3D e transbordo) e disponibilização dos mesmos ao GDF (descarregamento nos galpões destinados às cooperativas a serem instalados anexo aos Ecoparques);
  - Separação da fração orgânica e envio ao tratamento biológico;
- Tratamento biológico:
  - Metanização através de tecnologia anaeróbica de biodigestão;
  - Geração de biogás, tratamento e purificação até biometano;
  - Utilização do biometano como combustível renovável nas frotas de coleta domiciliar, transporte de rejeitos ao Aterro Sanitário de Brasília e/ou transporte público do Distrito Federal;
  - Compostagem aeróbia para maturação/secagem do digestato sólido para transformação em composto orgânico;
- Retirada e transporte dos rejeitos dos Ecoparques até Aterro Sanitário de Brasília (ASB) e/ou Unidade de Recuperação Energética (URE) a cargo do futuro concessionário (rejeitos dos tratamentos mecânico e biológico, incluindo rejeitos das cooperativas instaladas nos galpões anexos aos Ecoparques);
- Retirada do composto orgânico a cargo do GDF (até 34% da fração orgânica (biodegradável) de entrada e com cumprimento da qualidade exigida pela Resolução Distrital nº 1, de 15 de dezembro de 2009 e pela Resolução CONAMA 481, de 03 de outubro de 2017. Para excedente aos 34% de fração orgânica na entrada do tratamento biológico, retirada do material a cargo do GDF mediante pagamento de taxa de R\$ 150,00;

### **III. Operação:**

- Tratamento mecânico (UTM) e transportes de rejeitos em 02 turnos, 25 d/m;
- Tratamento biológico (UTB) em 03 turnos, 30 d/m;
- Efetivo de 210 pessoas;
- Capacidade de cada sistema:
  - UTM: 65 (ano 5) a 75 (ano 30) t/h;
  - UTB: 350 (ano 5) a 450 (ano 30) t/d;
  - Biorrefinaria: 1.200 (ano 5) a 1.500 (ano 30) Nm<sup>3</sup>/h

- **Rendimento:**
  - **Tratamento mecânico (valores totais para os 03 Ecoparques):**
    - Quantidade total RSU processada: 690.370 t/a (ano 5) a 850.500 t/a (ano 30);
    - Recuperação de materiais recicláveis e envio às cooperativas (materiais pré-triados, não classificados, não enfardados): 101.148 t/a (ano 5) a 99.237 t/a (ano 30) (14,7% e 11,7% da massa total de entrada);
    - Saída de fração orgânica enviada a tratamento biológico (UTBs): 301.649 t/a (ano 5) a 394.971 t/a (ano 30);
    - Saída de rejeitos das UTMs: 287.573 t/a (ano 5) a 356.292 t/a (ano 30) com  $PCI < 1.700 \text{ Kcal/Kg}$ ;
  - **Tratamento biológico (valores totais para os 03 Ecoparques):**
    - Quantidade total fração orgânica tratada: 301.649 t/a (ano 5) a 394.971 t/a (ano 30);
    - Geração de biogás: 27.148.411  $\text{Nm}^3$  (ano 5) a 36.014.003  $\text{Nm}^3$  (ano 30);
    - Produção de biometano (GNC): 14.973.103  $\text{Nm}^3$  (ano 5) a 19.862.723  $\text{Nm}^3$  (ano 30);
    - Produção de composto orgânico: 110.426 t/a (ano 5) a 152.602 t/a (ano 30);
    - Saída de rejeitos: 26.511 t/a (ano 5) a 29.614 t/a (ano 30) com  $PCI < 1.700 \text{ Kcal/Kg}$ ;
  - **Balanço de massa dos Ecoparques: redução de 55% na destinação final de rejeitos a aterro;**

#### **IV. Impactos sociais e econômicos**

- Geração de 210 empregos diretos e mais de 520 indiretos. Criação de aproximadamente 450 postos de trabalho para catadores de materiais recicláveis;
- Introdução no mercado local de cerca de R\$109,1 milhões por ano, sendo R\$15,3 milhões em pagamentos de salários e R\$93,9 milhões através da contratação de serviços e aquisição de insumos e materiais;

- Arrecadação estimada de impostos sobre as receitas de R\$26,9 milhões por ano (valor médio ao longo do contrato), sendo aproximadamente R\$4,7 milhões por ano em impostos distritais (ISS), e os R21,7 milhões restantes de PIS COFINS;

## **V. Impactos ambientais:**

- Recuperação materiais reciclados: crescimento de 360% (acréscimo de 66.300 t/a às 18.199 t/a recuperados pelo sistema atual);
- Tratamento de resíduos orgânicos: crescimento de 387% (das 61.975 t/a para 301.648 t/a de resíduos orgânicos tratados);
- Redução das emissões de carbono: 10,5 milhões tCO<sub>2eq</sub> (rejeito a aterro sanitário) e 15,2 milhões de tCO<sub>2eq</sub> (rejeito a tratamento térmico), o que equivale a uma redução em relação ao cenário base de 49,9% e 72,3%, respectivamente.
- Produção de biocombustível: 15 milhões de Nm<sup>3</sup> por ano de biometano produzidos nos Ecoparques e utilização como combustível nas frotas de coleta e transporte público do DF;
- Redução da geração de chorume no aterro sanitário;
- Redução do descarte de resíduos;
- Aumento da vida útil do aterro sanitário;
- Geração de composto orgânico (ciclagem de carbono e nutrientes);
- Redução de consumo de combustível fóssil e emissões pelo transporte de resíduos;
- Alinhamento com a Lei 4.797 de 06/03/2012, que estabelece princípios, diretrizes, objetivos, metas e estratégias para a Política de Mudança Climática no âmbito do Distrito Federal;
- Alinhamento com o Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PDGIRS) de março de 2018.
- Revitalização das Unidades de PSUL, Asa Sul e Gama;
- Realização de gravimetrias mensais – criação de séries históricas e possibilidade de ações focadas em logística reversa;
- Criação de centros de visitação e capacitação da comunidade nos Ecoparques;
- Campanhas de comunicação continuada à sociedade.

#### **IV. Investimentos**

- Investimento inicial de R\$773.055.117,00 (03 Ecoparques) sendo:
  - Equipamentos: R\$444.405.004,00;
  - Infraestrutura: R\$310.202.605,00;
  - Outros: R\$18.447.509,00;
- Reinvestimento total de R\$107.652.751,00 em equipamentos;

#### **V. Custos**

- Custo operacional médio total de R\$109.174.136,00 (03 Ecoparques), sendo:
  - R\$15.276.669,00 custos de mão de obra;
  - R\$56.266.886,00 custos variáveis operacionais;
  - R\$37.630.582,00 outras despesas operacionais;

#### **VI. Receita total**

- Receita líquida anual média de R\$208.319.300,00:
  - R\$208.319.300,00 (100%) contraprestação pública;

#### **VII. Viabilidade**

- Principais linhas totais do projeto (30 anos):
  - Receita bruta: R\$7.041.779.154,00;
  - Receita líquida: R\$6.249.578.999,00;
  - Custos e despesas: R\$3.275.224.093,00;
  - EBITDA: R\$2.974.354.906,00;
  - Investimento total (03 Ecoparques): R\$773.055.117,00;
  - Reinvestimentos ao longo do contrato: R\$107.652.751,00;
- Retorno (cenário base):
  - VPL: R\$0,00;
  - TIR real = WACC: 9,01%;
  - Payback do projeto: ano 12;
- Principais médias anuais:
  - Receita bruta: R\$234.725.972,00;

- Receita líquida: R\$208.319.300,00;
- EBITDA: R\$99.145.164,00;
- EBITDA / receita bruta: 42,2%;

### **VIII. Contraprestação pública pelos serviços**

- Tarifa média estimada por tonelada de resíduo tratado: R\$316,75 (incluso impostos, 2% ISS e 9,25% PIS COFINS);
- Pagamento total (30 anos): R\$7.041.779.154,00;

### **IX. Impactos na gestão:**

- Custos GDF após implantação do projeto (30 anos): R\$5.509.837.842,00;
- Custos GDF evitados (30 anos): R\$4.163.286.029,00;
- Impacto nas despesas GDF (30 anos): R\$1.346.551.813,00;
- Acréscimo anual médio nas despesas: R\$44.885.060,00 (+9,3% sobre total despesas gestão RSU, segundo SNIS 2020);

### **XII. Cronograma de implantação**

- Assinatura do contrato: a definir;
- Entrada em operação (prazos contados após assinatura do contrato):
  - Ecoparque Gama: 19 meses;
  - Ecoparque Asa Sul: 31 meses;
  - Ecoparque PSUL: 43 meses;

### **XIII. Premissas do contrato**

- Eficiências atingidas pelo tratamento mecânico UTM (recuperação sobre gravimetria de entrada, materiais pré-triados, não classificados, não enfardados e entregues nos galpões das cooperativas):
  - PET, PEAD, PP: 85%;
  - Plásticos filmes: 60%;
  - Papelão e papéis: 40%;
  - Tetrapak: 85%;
  - Metais ferrosos: 85%;
  - Metais não ferrosos: 65%;



- Demais premissas (vide tabela):

Item	Unidades	Gama	Psul	Asa Sul
Disponibilidade de RSU (mínimo garantido)	t/ano	18.700 (ano 1) 23.981 (ano 30)	18.700 (ano 1) 23.981 (ano 30)	18.700 (ano 1) 23.981 (ano 30)
Disponibilidade de RSU (máximo garantido)	t/ano	20.570 (ano 1) 26.380 (ano 30)	20.570 (ano 1) 26.380 (ano 30)	20.570 (ano 1) 26.380 (ano 30)
Recebimento RSU (mínimo garantido) (valor livre de impostos)	R\$/t	R\$ 285,88	R\$ 285,88	R\$ 285,88
Recebimento RSU (máximo garantido) (valor livre de impostos)	R\$/t	R\$ 285,88	R\$ 285,88	R\$ 285,88
Rejeitos gerados pelo operador e de responsabilidade do SLU (tratamento mecânico e biológico) relacionado ao mínimo garantido (PCI $\geq$ 1700 kcal/kg)	$\leq$ t/ano	104.695 (ano 5) 128.635 (ano 30)	104.695 (ano 5) 128.635 (ano 30)	104.695 (ano 5) 128.635 (ano 30)
Rejeito gerados pelo operador e de responsabilidade do SLU (tratamento mecânico e biológico) relacionado ao máximo garantido (PCI $\geq$ 1700 kcal/kg)	$\leq$ t/ano	115.165 (ano 5) 141.499 (ano 30)	115.165 (ano 5) 141.499 (ano 30)	115.165 (ano 5) 141.499 (ano 30)
Rejeitos gerados pelas cooperativas e de responsabilidade do SLU (cooperativas) relacionado ao mínimo e máximo garantidos (PCI $\geq$ 1700 kcal/kg)	$\leq$ t/ano	11.606 (ano 5) 7.743 (ano 30)	11.606 (ano 5) 7.743 (ano 30)	11.606 (ano 5) 7.743 (ano 30)
Rejeito de responsabilidade do SLU relacionado ao máximo garantido (PCI <1700 kcal/kg)	R\$/t	R\$ 100,00	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Rejeito excedente (PCI $\geq$ 1700 kcal/kg)	R\$/t	R\$ 120,00	R\$ 120,00	R\$ 120,00
Rejeito excedente (PCI <1700 kcal/kg)	R\$/t	R\$ 120,00	R\$ 120,00	R\$ 120,00
Composto de responsabilidade do SLU relacionado ao mínimo garantido (com cumprimento da Resolução CONAM nº 1 de 15/12/2009)	% matéria orgânica entrada	36.809 (ano 5) 50.867 (ano 30)	36.809 (ano 5) 50.867 (ano 30)	36.809 (ano 5) 50.867 (ano 30)
Composto de responsabilidade do SLU relacionado ao máximo garantido (com cumprimento à Resolução CONAM nº 1 de 15/12/2009)	% matéria orgânica entrada	40.490 (ano 5) 55.954 (ano 30)	40.490 (ano 5) 55.954 (ano 30)	40.490 (ano 5) 55.954 (ano 30)
Composto de responsabilidade do SLU relacionado ao mínimo e máximo garantidos (com cumprimento da Resolução CONAM nº 1 de 15/12/2009 )	R\$/t	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00

Composto de responsabilidade do SLU relacionado ao mínimo e máximo garantido (sem cumprimento à Resolução CONAM nº 1 de 15/12/2009)	R\$/t	R\$ 150,00	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Composto excedente (com cumprimento da Resolução CONAM nº 1 de 15/12/2009)	R\$/t	R\$ 150,00	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Composto excedente (sem cumprimento à Resolução CONAM nº 1 de 15/12/2009)	R\$/t	R\$ 150,00	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Biometano com retirada de responsabilidade do SLU relacionado à quantidade de matéria orgânica de entrada	Nm <sup>3</sup> /a	4.991.034 (ano 5) 6.620.908 (ano 30)	4.991.034 (ano 5) 6.620.908 (ano 30)	4.991.034 (ano 5) 6.620.908 (ano 30)
Biometano com retirada de responsabilidade do SLU relacionado à quantidade de matéria orgânica de entrada (custo unitário evitado)	R\$/ Nm <sup>3</sup>	R\$5,87 (=R\$6,52*90%)	R\$5,87 (=R\$6,52*90%)	R\$5,87 (=R\$6,52*90%)

# 1. GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO DISTRITO FEDERAL

## 1.1. As Instituições e Responsabilidades da Gestão

O Distrito Federal, por meio da Lei nº 5.418, de 2014, institui a **Política Distrital de Resíduos Sólidos (PDRS)**, visando ao controle da poluição e à minimização de impactos ambientais, em consonância com a **Política Nacional de Resíduos Sólidos**.

De acordo com o art. 7º da PDRS, incumbe ao Distrito Federal: promover a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados no seu território, sem prejuízo das competências de controle e fiscalização dos órgãos federais e distritais competentes, bem como da responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos; promover a integração da organização, do planejamento e da execução das funções públicas de interesse comum relacionadas à gestão dos resíduos sólidos nas regiões administrativas; e controlar e fiscalizar as atividades dos geradores sujeitas a licenciamento ambiental pelo órgão executor da Política Ambiental Distrital.

A PDRS estabelece que estão sujeitas a prévio licenciamento ambiental pelo órgão executor da Política Ambiental Distrital, sem prejuízo de outras autorizações legalmente exigidas, as obras de unidades de transferência, tratamento e disposição final de resíduos sólidos, e, por consequência, a Unidade de Tratamento Mecânico Biológico (UTMB) estará sujeita ao licenciamento junto ao **Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal - Brasília Ambiental**.

O titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos é responsável pela organização e pela prestação direta ou indireta desses serviços, observados o respectivo Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, a Lei Federal nº 11.445, de 2007<sup>1</sup>, e as disposições da PDRS.

---

<sup>1</sup> Lei estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.

Ademais, **o Distrito Federal, no âmbito de sua competência, poderá instituir normas com o objetivo de conceder incentivos fiscais, financeiros ou creditícios, respeitadas as limitações da Lei de Responsabilidade Fiscal, a indústrias e entidades dedicadas à reutilização, ao tratamento e à reciclagem de resíduos; projetos relacionados à responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos, prioritariamente em parceria com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais recicláveis; e empresas dedicadas à limpeza urbana e às atividades a ela relacionadas.**

No mesmo sentido, a Lei nº 5.321, de 2014, que institui o Código de Saúde do Distrito Federal prevê que o sistema de manejo de resíduos sólidos obedecerá, entre outras, às seguintes diretrizes: proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; **estímulo a posturas de não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos**, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; desenvolvimento e **adoção de mecanismos de cobrança que se vinculem à quantificação da geração de resíduos sólidos urbanos; criação e fortalecimento de mercados locais de comercialização ou consumo de materiais recicláveis e reciclados**. O mencionado Código determina no art. 39. Que cabe aos geradores de resíduos dar destinação ambientalmente adequada de acordo com o órgão ambiental e em conformidade com a legislação distrital e federal específicas.

### **Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal – SLU**

A Lei nº 5.275, de 2013, dispõe sobre o Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal – SLU, entidade autárquica vinculada à Secretaria de Estado do Meio Ambiente (Sema) por força do Decreto nº 41.693, de 5 de janeiro de 2021, da Lei Distrital nº 5.418/2014, da Lei nº 5.275/2013 e nos termos das Leis Federais nº 11.445/2007 e nº 12.305/2010. Tem como missão mobilizar a comunidade para a manutenção da limpeza dos espaços públicos e **tratar e dispor adequadamente os resíduos sólidos urbanos**.

Na gestão e no gerenciamento de resíduos sólidos, respeitados os princípios constitucionais que regem a administração pública, o SLU deverá observar a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, **reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos** e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

O SLU tem por finalidade a gestão da limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos de que tratam as Leis Federais nº 11.445, de 2007, e nº 12.305, de 2010, compreendendo a gestão das atividades relacionadas a: coleta, transporte, triagem, transbordo, tratamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos domiciliares e dos provenientes de sistema de coleta seletiva; operação e manutenção de usinas e instalações destinadas a triagem e compostagem, incluindo transporte, tratamento e destinação final dos rejeitos; entre outras.

Compete ao SLU, nos termos da mencionada Lei nº 5.275, de 2013:

I – promover a gestão e a operação da limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos urbanos no Distrito Federal;

II – exercer, em caráter privativo, a gestão do planejamento e da execução das atividades públicas de interesse comum relacionadas aos resíduos sólidos no Distrito Federal;

III – organizar e prestar, direta ou indiretamente, os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos no Distrito Federal, podendo tais atividades ser executadas mediante contrato de gestão ou concessão de serviço público;

IV – implementar e executar as políticas e diretrizes nacionais e distritais dos resíduos sólidos urbanos no Distrito Federal;

V – supervisionar, controlar e fiscalizar a execução dos serviços de limpeza urbana do Distrito Federal;

VI – supervisionar, controlar e fiscalizar a destinação final sanitária do lixo coletado;

VII – cumprir e fazer cumprir a legislação e as normas de resíduos sólidos relacionadas com suas atribuições;

VIII – praticar atos relativos a licitações, contratos e convênios relativos ao desenvolvimento de suas atividades;

IX – estabelecer, em conjunto com os órgãos reguladores, fiscalizadores e ambientais do Distrito Federal, as respectivas diretrizes para a fiscalização ostensiva da disposição dos resíduos sólidos urbanos;

X – promover e participar de projetos e programas de orientação e educação ambiental de acordo com as diretrizes nacionais e distritais;

XI – elaborar e executar atos relativos à sua proposta orçamentária e financeira para a execução de suas atividades;

XII – adquirir, alienar, arrendar, alugar e administrar seus bens e direitos;

XIII – desempenhar outras atividades relacionadas à política de resíduos sólidos do Distrito Federal.

O SLU definiu um Mapa Estratégico, que tem o objetivo de orientar as ações do SLU, sintetizando os desafios e metas a serem atingidos.



Figura 1 – Mapa Estratégico SLU. Fonte: Relatório trimestral 2020.

## Conselho de Limpeza Urbana – CONLURB

Com efeito, o Decreto distrital nº 36.486, de 2015, institui o Conselho de Limpeza Urbana - CONLURB, órgão colegiado de natureza consultiva, integrante da estrutura orgânica do Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal – SLU/DF, com a finalidade zelar pela correta aplicação das normas legais e regulamentares relacionadas à Política Distrital de Resíduos Sólidos, com vistas ao acompanhamento

e avaliação da gestão dos serviços prestados, bem como o exercício do controle social<sup>2</sup> previsto na PDRS.

São atribuições do CONLURB: propor ações públicas e opinar sobre a Política Distrital de Resíduos Sólidos; **acompanhar a formulação e avaliar o Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**; acompanhar e avaliar a implementação dos serviços e ações de limpeza urbana e do manejo de resíduos sólidos urbanos no Distrito Federal; emitir opinião sobre as questões que lhe tenham sido encaminhadas; apresentar propostas de Projetos de Lei ou Decretos ao Poder Executivo relacionado à matéria afeta às suas atribuições, sempre acompanhadas da devida exposição de motivos; solicitar a elaboração de estudos com o objetivo de subsidiar as manifestações consultivas; entre outros.

### **Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – ADASA**

A Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA) é a agência reguladora e fiscalizadora do Distrito Federal, criada pela Lei Distrital nº 3.365/04, autarquia, dotada de autonomia patrimonial, administrativa e financeira, com prazo de duração indeterminado. As suas competências foram ampliadas pela Lei Distrital nº 4.285/08.

A ADASA é composta pela Superintendência de Resíduos Sólidos, Gás e Energia (SRS), que tem como competência a **regulação e a fiscalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos**, que englobam as atividades de coleta, transbordo, transporte, triagem, tratamento e disposição final dos resíduos domésticos ou a eles equiparados, bem como dos resíduos originários da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Controle social: conjunto de mecanismos e procedimentos que garantam à sociedade informações e participação nos processos de formulação, implementação e avaliação das políticas públicas relacionadas aos resíduos sólidos.

<sup>3</sup> Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/areas-de-atuacao/residuos-solidos-gas-e-energia>.



A ADASA **regula o reajuste da Taxa de Limpeza Pública do Distrito Federal** por meio de resoluções. A Resolução ADASA nº 17/2019<sup>4</sup>, portanto, que estabelece os preços públicos a serem cobrados pelo prestador de serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do Distrito Federal na execução de atividades de gerenciamento dos resíduos de grandes geradores, de eventos, da construção civil e dá outras providências, também define os preços públicos por tonelada. Os preços definidos por esta Resolução são vigentes a partir de fevereiro ou abril de 2020, a depender do tipo de serviço<sup>5</sup>.

Cabe ainda à ADASA exercer plenamente a regulação dos serviços públicos de limpeza urbana, de manejo de resíduos sólidos urbanos e de tratamento e destinação final de resíduos da construção civil recolhidos em áreas e logradouros públicos e em pontos de coleta de resíduos de pequenos geradores pelo Serviço de Limpeza Urbana, a qual compreenderá as seguintes competências, entre outras:

- I – zelar pela qualidade dos serviços no que se refere à regularidade, segurança, continuidade, modicidade dos custos, eficiência, cortesia, rapidez, atualidade tecnológica e universalidade;
- II – estimular a melhoria da qualidade e aumento de eficiência dos serviços e do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos;
- III – estudar e propor anualmente ao Poder Executivo os Valores Básicos de Referência A e B (VBR-A e VBR-B) e demais disposições relativas à Taxa de Limpeza Pública – TLP, em consonância com as diretrizes de política pública do Governo do Distrito Federal;
- IV – contribuir para a máxima competitividade e a livre concorrência, quando pertinentes, visando tornar mais adequados os serviços e reduzir os seus custos;
- V – acompanhar o desenvolvimento tecnológico e organizacional dos serviços;
- VI – promover estudos e pesquisas, visando ao desenvolvimento dos serviços;
- VII – deliberar, em termos finais na esfera administrativa, quanto à interpretação das normas legais e contratuais, no que se refere à fiscalização de serviços públicos de limpeza urbana, fixando a orientação a ser adotada nos casos omissos;
- VIII – decidir sobre a aplicação das penalidades previstas na legislação vigente em instância administrativa final;

---

<sup>4</sup> Disponível em: [http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/legislacao/Res\\_ADASA/Resolucao\\_17\\_2019.pdf](http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/legislacao/Res_ADASA/Resolucao_17_2019.pdf).

<sup>5</sup> Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/estudos-economicos-e-fiscalizacao-financeira/tarifas-vigentes>.

IX – estimular a participação dos administrados na fiscalização da prestação dos serviços. As atividades relacionadas à regulação e fiscalização desse segmento na Adasa é desempenhada pela Superintendência de Resíduos Sólidos.

Portanto, a ADASA é responsável pela regulação da operação da futura concessão, incluindo os produtos e subprodutos gerados.

### **Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA/DF)**

A SEMARH/DF foi criada pelo no art. 25 do Decreto Distrital n.º 32.716, de 1º de janeiro de 2011. Em 2015, o Decreto 36.236 altera sua denominação para SEMA/DF, tendo entre suas principais atuações e competências, definidas no Art. 30, a **proteção, conservação e preservação do meio ambiente urbano e rural e a promoção do desenvolvimento sustentável**. De forma mais específica, em seu Regimento interno, há como deveres propor políticas, diretrizes, normas, padrões, programas ambientais e projetos relacionados à gestão ambiental e resíduos sólidos para implementação da política ambiental do Distrito Federal; propor ações de proteção, conservação, preservação e recuperação do meio ambiente urbano e rural para o desenvolvimento sustentável no Distrito Federal; participar do planejamento de projetos, planos, programas e ações que demandem recursos ambientais com impacto no Distrito Federal e na interface com os municípios limítrofes e na RIDE; (DISTRITO FEDERAL, 2011b).

A estrutura da SEMA/DF contempla como órgãos vinculados o Instituto Brasília Ambiental (IBRAM), a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA), além do Jardim Botânico de Brasília (JBB) e a Fundação Jardim Zoológico, sendo que estas duas últimas não apresentam relação com a gestão do saneamento básico.

São atribuições da SEMA/DF, como órgão do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), a promoção no âmbito do Distrito Federal dos mecanismos para implantação da logística reversa.

### **Brasília Ambiental – IBRAM**

O IBRAM foi criado em 28 de maio de 2007, por meio da Lei Distrital n.º 3.984, para ser o **órgão executor de políticas públicas ambientais e de recursos hídricos no Distrito Federal**.

O IBRAM tem como finalidade “controlar e fiscalizar o manejo e o uso dos recursos ambientais e hídricos do Distrito Federal e todo e qualquer processo, produto, atividade ou empreendimento que cause ou possa causar poluição ou degradação do meio ambiente e dos recursos hídricos”.

Na sua estrutura, subordinados ao Presidente, o IBRAM dispõe de três superintendências:

- a) Superintendência de Licenciamento e Fiscalização (SULFI);
- b) Superintendência de Gestão de Áreas Protegidas (SUGAP);
- c) Superintendência de Estudos, Programas, Monitoramento e Educação Ambiental (SUPEM).

A área de resíduos sólidos tem mais atenção por parte da SULFI, a qual é responsável pelas atividades de licenciamento ambiental e fiscalização.

À SUPEM estão atribuídas as funções de monitoramento e educação ambiental.

### **Secretaria de Estado de Projetos Especiais (SEPE)**

A Secretaria de Estado de Projetos Especiais (SEPE) foi criada pelo Decreto nº 39.323, de 05 de setembro de 2018. Sua denominação foi alterada pelo Decreto nº 39.610, de 1º de janeiro de 2019 e sua estrutura administrativa, foi atualizada pelo Decreto nº 40.003, de 07 de Agosto de 2019.

A SEPE é um órgão da Administração Direta do Distrito Federal diretamente subordinada ao Governador. A pasta tem atuação e competência nas seguintes áreas:

- **Articular ações coordenadas de órgãos governamentais para a implementação de projetos especiais de governo;**
- **Alinhar necessidades sociais** para fortalecer o gerenciamento dos projetos especiais no âmbito do Governo do Distrito Federal;

- Promover, coordenar e gerenciar programas e **projetos especiais de governo com aplicação de técnicas de gerenciamento.**

O Conselho Gestor de Parcerias Público-Privadas vincula-se à Secretaria de Estado de Projetos Especiais.

Possui três Subsecretarias:

- a) **Prospecção de Projetos:** É responsável pela busca e identificação de projetos com potencial para integrar a carteira de projetos do GDF e o desenvolvimento de estudos de pré-viabilidade econômico-financeira, técnica e ambiental (EVTEA) dos projetos acolhidos.
- b) **Estruturação e Gestão de Projetos:** É responsável pela promoção, coordenação e gerenciamento de programas e projetos especiais, **concessões e PPPs;**
- c) **Desestatização, Desinvestimento e Desmobilização:** É responsável pela gestão das operações de venda de ativos ou transferência de prestação de serviços públicos à iniciativa privada, com o objetivo de aumentar a atividade da economia regional.

### **Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PDGIRS**

O Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PDGIRS, elaborado em observância à PNRS e à PDRS e aprovado pelo Decreto distrital nº 38.903, de 2018, é o instrumento de planejamento da gestão que tem a finalidade de estabelecer e induzir as ações necessárias para o correto gerenciamento dos resíduos sólidos gerados no Distrito Federal.

O PDGIRS contempla, entre outros, o **diagnóstico da geração dos resíduos sólidos urbanos**, dos resíduos gerados por estabelecimento privados cujas responsabilidades são dos próprios geradores ou ainda daqueles que têm sua responsabilidade compartilhada em razão do seu enquadramento legal para a logística reversa, a forma de manejo dos resíduos e sua disposição final, bem como os programas, projetos e ações a serem implementados para alcançar as metas nele definidas, além de oferecer aos gestores públicos e à sociedade instrumentos de

acompanhamento e avaliação da gestão dos resíduos sólidos produzidos no Distrito Federal.

Compreendem objetivos do PDGIRS dotar o Distrito Federal de instrumentos e mecanismos que permitam a implantação de ações articuladas, duradouras e eficientes para garantir a universalização do acesso aos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos. Tais serviços devem ser prestados com qualidade, equidade e continuidade, por meio de metas definidas em um processo participativo, que, dessa forma, atenderá às exigências estabelecidas em normas e na legislação vigente e proporcionará a gestão integrada dos resíduos sólidos no Distrito Federal a partir das diretrizes de manejo desses resíduos que **priorizem a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final**. Como resultado da aplicação dessa forma de gerenciamento, teremos a **redução no volume de rejeitos aterrados, a valorização dos resíduos, um maior índice de reciclagem e também de estabilização da fração orgânica**.

O Plano prevê um programa de gestão global dos resíduos sólidos domiciliares com o propósito o ordenamento e articulação das ações relacionadas ao manejo dos resíduos domiciliares, considerando os atores envolvidos nas diferentes fases das atividades. O princípio básico deste programa, compreende a definição de um modelo executivo dos serviços e que permita a interação entre os aspectos técnico-operacionais, econômico-financeiros, sociais e ambientais. Esse programa conta com o subprograma rotas tecnológicas, com estudos realizados para o Distrito Federal sobre alternativas para o manejo de resíduos sólidos, tendo por **prioridade a minimização da disposição final, com ênfase em uma maior eficiência na valorização dos resíduos para reciclagem e compostagem**.

Para balizamento do estudo o PDGIRS apresenta as premissas do modelo tecnológico proposto para a definição das rotas tecnológicas propostas:

- **Ampliação da eficiência global da conversão dos resíduos sólidos domiciliares em materiais recicláveis e composto orgânico;**
- Adequação e ampliação do programa de coleta seletiva;

- Utilização dos centros de triagem de resíduos (CTRs) projetados e implantação de CTRs para localidades mais afastadas do Plano Piloto, como receptores dos resíduos recicláveis provenientes da coleta seletiva e geração de novos postos de trabalho;
- **Utilização das UTMBs para tratamento dos resíduos orgânicos, com práticas de triagem negativa para retirada de materiais indesejáveis a compostagem;**
- **Utilização de CTRs instalados em áreas anexas (Instalações independentes) às Unidades de Transbordo;**
- Garantia de condições de trabalho aos catadores em locais adequados, com atividades de triagem de resíduos provenientes prioritariamente de serviços de coleta que disponham de segregação na fonte;
- **Disposição final de rejeitos no Aterro Sanitário de Brasília e aterros sanitários fora do Distrito Federal.**

A figura abaixo sintetiza o subprograma de rotas tecnológicas, a saber:

PLANO DISTRITAL DE SANEAMENTO BÁSICO E DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS						
PROGRAMA	1.2.	Programa de gestão global de Resíduos Domiciliares				
SUB-PROGRAMA	1.2.5.	SUBPROGRAMA 5 – Rotas tecnológicas				
FUNDAMENTAÇÃO	Estudos realizados para o Distrito Federal já previram alternativas de rotas tecnológicas para resíduos dos serviços de coleta convencional bem como a disposição final de rejeitos. Os modelos propostos, não apresentam soluções para os resíduos da coleta seletiva, porém pressupõem que todos os resíduos da coleta convencional devam, necessariamente passar por alguma das unidades do SLU, sejam de transbordo ou UTMBs para que passem por operações de triagem					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO	a) Verificação de atendimento ao PDGIRS - Indicador b) Verificação de atendimento ao PDGIRS - Meta física					
<b>METAS</b>						
CURTO PRAZO - 1 A 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS			LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS	
Implantar						
<b>PROJETOS E AÇÕES</b>						
CÓD.	DESCRIÇÃO	PRAZOS E INVESTIMENTOS			RESPONSÁVEL	ACOMPANHAMENTO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
1	Ampliação da eficiência global da conversão dos resíduos sólidos domiciliares em materiais recicláveis e composto orgânico				GDF	a
2	Utilizar CTRs projetados e implantação de CTRs para localidades mais afastadas do Plano Piloto, como receptores dos resíduos recicláveis provenientes da coleta seletiva				GDF	a
3	Utilizar UTMBs para tratamento dos resíduos orgânicos				GDF	a,b
4	Utilizar e Unidades de Transbordo, para uso exclusivo da transferência de resíduos, com previsão de triagem de resíduos para reciclagem em áreas contíguas (CTRs)				SLU	a,b
5	Reformar, ampliar e garantir a manutenção das Unidades de Transbordo	24.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00	SLU	a,b
6	Implantar nova UTMB, com capacidade de 1.000 ton/dia em local a ser definido com base em estudos futuros de desempenho dos serviços da coleta seletiva		30.000.000,00		SLU	a,b

Figura 2 – Síntese das rotas tecnológicas definidas no PDGIRS

De acordo com o Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos “os argumentos destas premissas estão balizados na necessidade premente de uma mudança no modelo de gestão com foco na valorização dos materiais para reciclagem e compostagem ao invés das práticas de aterramento, condição esta definida nas prioridades da legislação específica.

*A garantia de condições dignas de trabalho e exposição mínima a resíduos não segregados, em especial resíduos orgânicos e sanitários, compreende condição de proteção à saúde humana, portanto, destacamos as limitações nesta proposta quanto a triagem manual em resíduos provenientes da coleta convencional.*

*Esta condição, representa o cenário desejável a ser alcançado nos prazos conforme projeções apresentadas nas metas do PDGIRS. Neste contexto, a proposta para as rotas tecnológicas exigirá adequações ao modelo de coleta que permita a segregação máxima dos resíduos na fonte geradora”<sup>6</sup>.*

Assim, nos termos do PDGIRS, devem fazer parte da definição das rotas tecnológicas os serviços e as estruturas existentes e previstas, compreendendo:

- Coleta diferenciada de resíduos com segregação na fonte geradora;
- Estruturas de apoio para coleta de resíduos;
- CTRs para resíduos recicláveis secos;
- **Unidade de Tratamento Mecânico Biológico para resíduos orgânicos;**
- Unidades de Transbordo para resíduos não segregados;
- **Valorização energética por biodigestão nas UTMBs e conversão em Combustível Derivado de Resíduos (CDR)**, apresentam-se como possibilidades potenciais de minimização dos resíduos, reduzindo a quantidade a ser disposta em aterro sanitário;
- Disposição final de rejeitos, em aterros sanitários considerando as alternativas locais e regionais;

**O conceito aplicado é que as instalações destinadas a valorização como centros de triagem de resíduos e UTMBs e as unidades de transbordo, sejam próximas e se possível contíguas, caracterizando locais centralizados para o manejo de resíduos sólidos.**

---

<sup>6</sup> Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, página 96.

O Plano apresenta o modelo tecnológico proposto para cenário desejável para o Distrito Federal, para os próximos 20 anos, a saber:

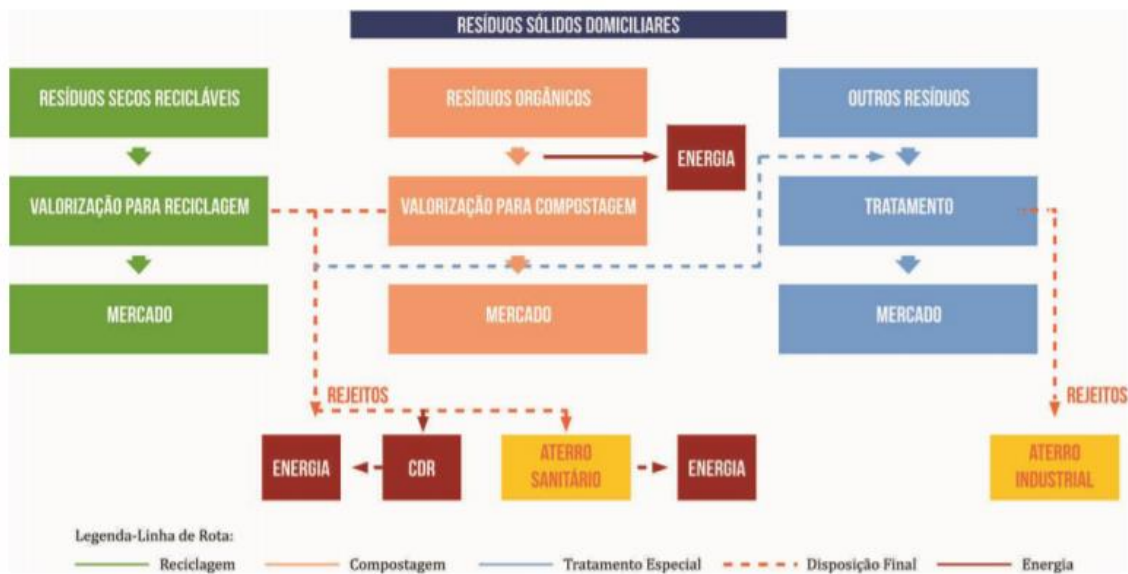


Figura 3 - Rotas Tecnológicas para Resíduos Sólidos Domiciliares do Distrito Federal - cenário desejável.

O Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, no âmbito dos indicadores qualitativos para resíduos de responsabilidade pública, dentre as metas a serem atingidas para os resíduos sólidos urbanos, aponta para **a necessidade da modernização das duas instalações de tratamento (Asa Sul e PSul) e implantação de uma UTMB no médio e longo prazo, de forma a proporcionar as condições para valorização orgânica dos resíduos.**

Com efeito, a Resolução ADASA<sup>7</sup> nº 21, de 2016, ao estabelecer as condições gerais da prestação e utilização dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos no Distrito Federal, prevê que os resíduos sólidos deverão ser destinados para tratamento **sempre que houver viabilidade técnica e econômico-**

<sup>7</sup> A ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – ADASA, vinculada à Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SEDUMA, da estrutura organizacional do Governo do Distrito Federal. Trata-se de autarquia, órgão independente, dotado de autonomia patrimonial, administrativa e financeira, com prazo de duração indeterminado, criada pela Lei distrital nº 3.365, de 2004, e com as competências ampliadas pela Lei distrital nº 4.285, de 2008.



**financeira**, conforme suas características, visando, entre outros processos, à triagem, à compostagem ou à biodigestão, para as seguintes unidades:

**I - unidade de triagem;**

**II - unidade de compostagem ou de biodigestão;**

**III - unidade de tratamento mecânico-biológico; ou**

**IV - outra unidade de processamento previsto nas normas legais.**

O art. 45 da mencionada Resolução ADASA nº 21, de 2016, determina que o tratamento de resíduos sólidos e a capacidade de processamento das instalações deverão adequar-se às metas de universalização das coletas seletivas estabelecidas no PDGIRS, bem como nas normas de regulação da Agência. Ademais, **as instalações destinadas ao tratamento de resíduos orgânicos deverão ser concebidas com tecnologias que comprovadamente reduzam a emissão de gases de efeito estufa**, em conformidade com a Lei federal nº 12.187, de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC.

## **1.2. Os Resíduos Sólidos Urbanos**

Segundo o Relatório Anual de 2021 publicado pelo SLU, a coleta de resíduos domiciliares foi de 729.083 toneladas em 2021, 786.122 toneladas em 2020, 782.125 toneladas em 2019 e 800.685 toneladas em 2018 e 828.765 em 2017.

A tabela a seguir resume os principais quantitativos das atividades operacionais executadas pelo SLU desde 2017:

*Tabela 1 - os principais quantitativos das atividades operacionais executadas pelo SLU desde 2017. Fonte: Relatório Anual 2021 – SLU.*

ATIVIDADE	UNIDADE	2017	2018	2019	2020	2021
Coleta dos resíduos domiciliares e comerciais	T	828.765	800.685	782.125	786.122,0	729.082,72
Coleta, tratamento e destinação dos resíduos de serviços de saúde	T	2.165	2.417	2.513	3.130,2	506,8
Coleta dos resíduos de remoção (coleta corretiva) (manual + mecanizada)	T	636.005	438.079	425.175	615.760,8	612.086,0
Varrição manual de vias e logradouros públicos	km	1.284.173	1.204.297	1.193.036	1.039.063,1	1.053.705,3
Varrição mecanizada de vias e logradouros públicos	km	41.288	42.187	61.407	152.814,3	171.517,1
Pintura de meios-fios	Equipe	71,30	75,40	78,70	70,56	118,40
Lavagem de vias e logradouros públicos	Equipe	72,00	72,19	78,70	71,62	73,67
Limpeza de Equipamentos e Bens Públicos	Equipe	-	-	-	47,32	47,96
Catação de papel em áreas verdes	Equipe	363,70	414,64	411,99	323,80	97,67
Limpeza Pós-eventos e Coleta de Resíduos de Caixa de Gordura	T	-	-	-	107,25	97,67
Resíduos processados em usinas de tratamento	T	230.916	238.851	225.357	228.422	251.348
Resíduos domiciliares aterrados	T	809.085	784.460	800.872	821.090	760.781
Coleta de animais mortos	T	63,06	83,00	76,18	65,84	76,82
Coleta seletiva	T	29.968	28.549	28.522	18.311,03	31.865,72
Transferência de resíduos	km x ton	17.004.130	18.072.534	21.468.117	35.193.461	31.692.294
Resíduos de entulhos aterrados na URE	T	-	1.303.662	1.423.028	1.589.393,18	1.466.145,31
Transporte de chorume	Viagem	-	946	1.542	-	-
Retirada de rejeitos das IRRs	Viagem	-	-	-	3.517,00	19.961,76
Retirada de entulhos dos PEVs	Equipe	-	4,916	17,89	54,88	59,88
Tratamento de chorume	m³	-	-	18.588	398.489,35	306.152,40

A SERENCO elaborou o Estudo Gravimétrico de Caracterização de Resíduos Sólidos Domiciliares (Anexo 3), que é utilizado oficialmente no PDGIRS. Este estudo aponta a **necessidade de continuidade da caracterização de RSU para o estabelecimento de séries históricas.**

**Como este é o estudo oficial mais completo, pelas restrições atuais frente à Covid-19 e pela necessidade de realização de um estudo de longo prazo, sugere-se que o mesmo seja utilizado como base para este trabalho, adotando as ressalvas necessárias em que a caracterização é uma aproximação da realidade, sem comprometimento pelo poder público de que os valores apresentados são considerados fixos.**

A seguir são apresentados os resultados do Estudo Gravimétrico de Caracterização de Resíduos Sólidos Domiciliares da SERENCO.

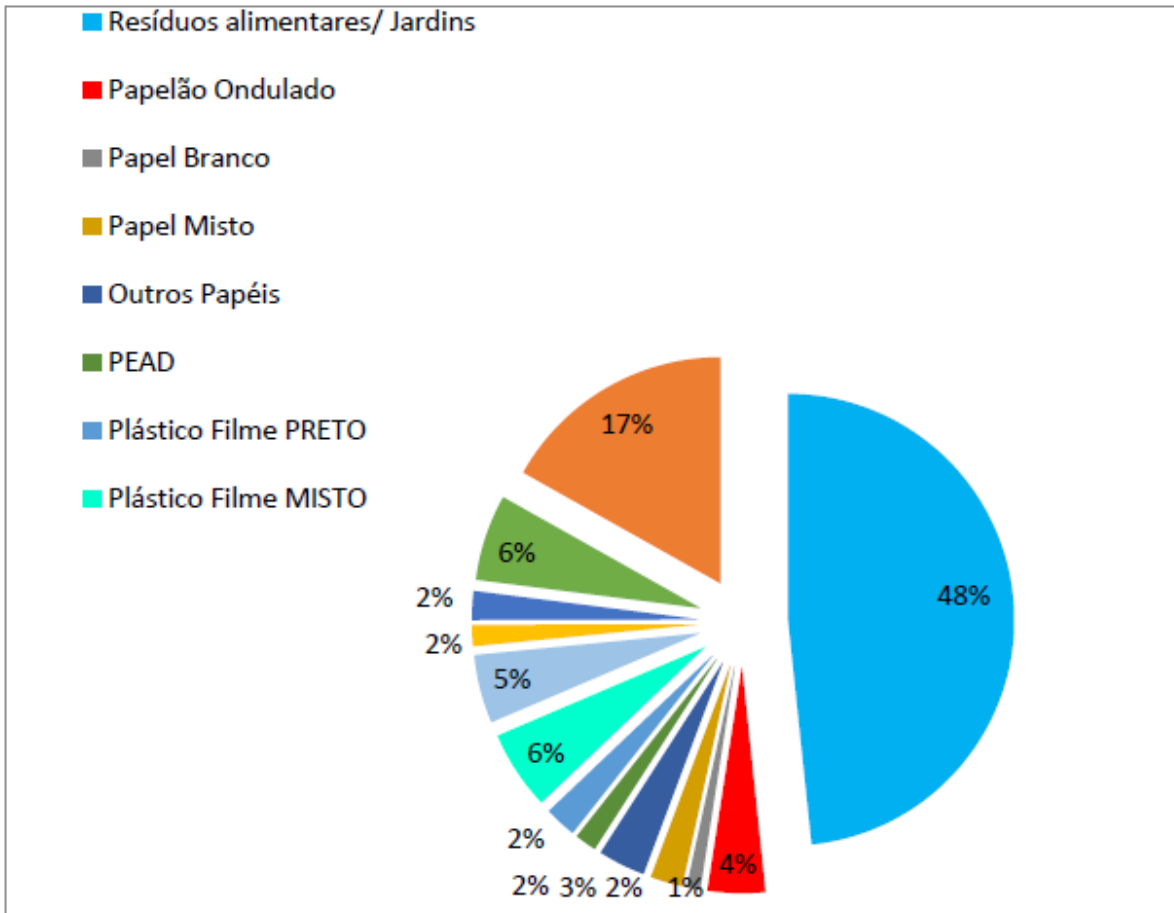


Figura 4 – Média de materiais na coleta convencional. Fonte: SERENCO

Também pode-se identificar no Estudo Gravimétrico de Caracterização de Resíduos Sólidos Domiciliares da SERENCO o percentual de rejeitos e recicláveis em diferentes regiões de Brasília, como mostrado na figura a seguir:

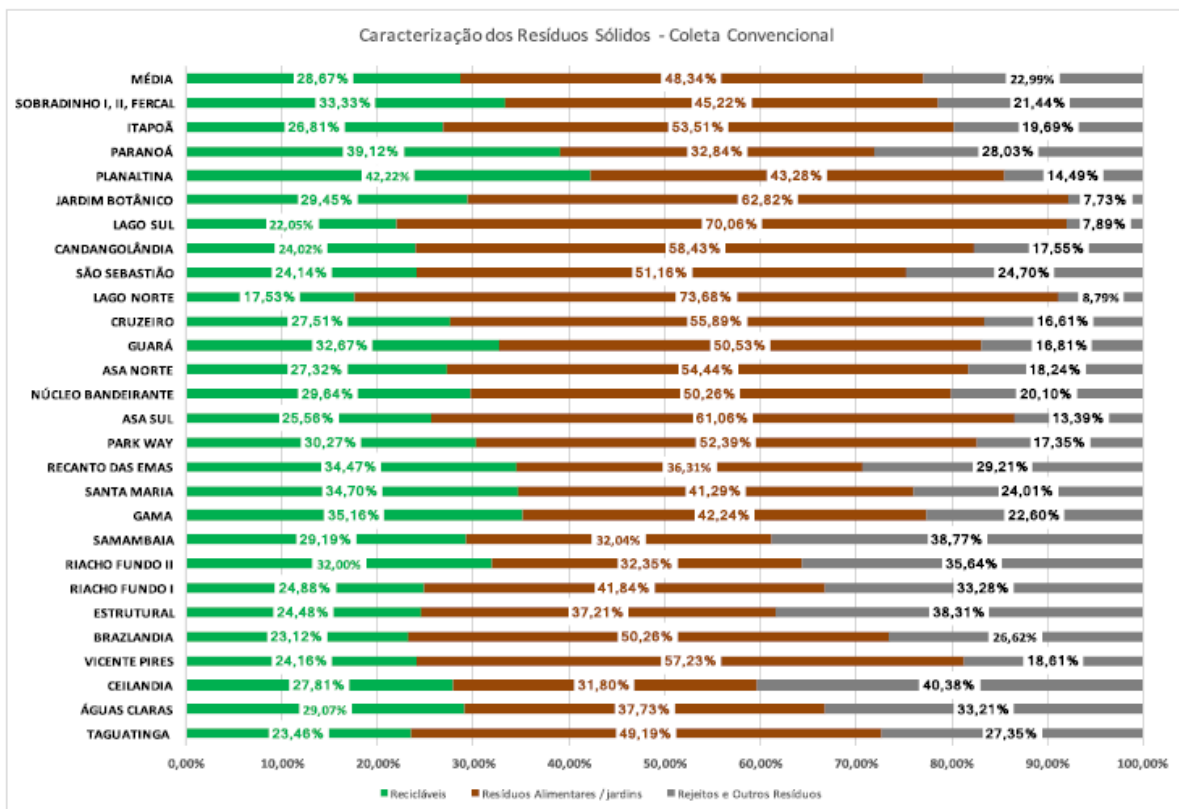


Figura 5 – Valores médios da coleta convencional Fonte: SERENCO

Verifica-se a alta variação na composição dos materiais em diferentes rotas de caminhões.

**A projeção de geração de resíduos é um fator de relevância**, mas com distintas interferências que limita a assertividade, uma vez que esta projeção é realizada em função do crescimento populacional, aumento do PIB, mudanças de padrões de produção e consumo, modernização do setor de embalagens, restrições legais a utilização de materiais, incremento da coleta seletiva, incremento de sistemas de logística reversa e economia circular, modificação de sistema de coleta (ex.: orgânicos, secos e rejeitos), dentre outros. O PDGIRS apresenta uma projeção da geração de resíduos domiciliares para o Distrito Federal, apontando que em 2017 seria gerado aproximadamente 900.000 t/ano e em 2037, 1.300.000 t/ano, conforme figura a seguir:

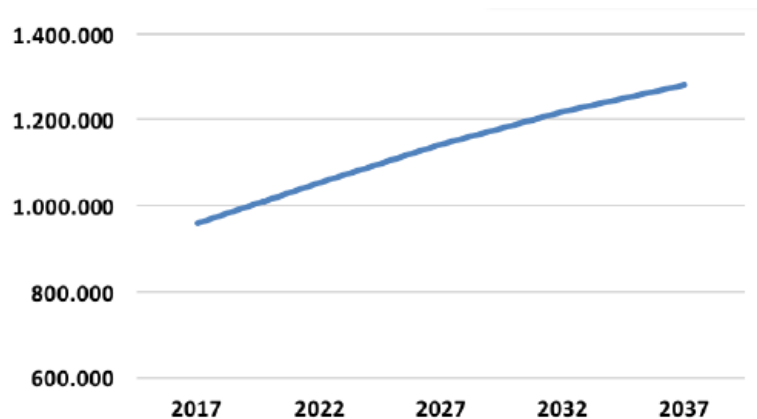


Figura 6 – Projeção da geração de resíduos domiciliares no Distrito Federal (toneladas) Fonte: SERENCO

Ressalta-se que **atualmente a principal prerrogativa na gestão de resíduos é a redução da quantidade de resíduos per capita**, aliada a todos os conceitos de economia circular, além da otimização da coleta seletiva, que resulta em um maior aproveitamento de materiais na etapa de tratamento mecânico. É importante notar que esta prerrogativa é fundamentalmente atrelada a uma conscientização e educação ambiental da população, o que se dará em um prazo mais longo.

### 1.3. Coleta convencional e Transporte

**A coleta convencional compreende os serviços regulares de coleta de resíduos sólidos domiciliares, realizados com frequência diária ou alternada** através de empresas contratadas pelo SLU, com uso de caminhões compactadores e equipes de coletores.

Por sua vez, os serviços de coleta seletiva atendem parcialmente ao Distrito Federal e são prestados parte por empresas privadas terceirizadas, parte – em circuitos definidos para localidades específicas – por organizações de catadores, contratadas pelo SLU consoante o Decreto nº 7.404/2010<sup>8</sup>.

O SLU dividiu a região do Distrito Federal em LOTE 1, LOTE 2 e LOTE 3, os quais foram contratados a prestação de serviço de coleta e transporte de resíduos urbanos,

---

<sup>8</sup> Disponível em: <http://www.slu.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/pdgirs.pdf>.

coleta seletiva, manual de entulhos, varrição, entre outros, conforme os seguintes contratos.

Por meio do Contrato n. 18/2019, o SLU contratou a EMPRESA VALOR AMBIENTAL LTDA., empresa especializada para a prestação dos seguintes serviços: coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos, inclusive em áreas de difícil acesso; coleta seletiva; coleta manual de entulhos, coleta mecanizada de entulhos, varrição manual de vias e logradouros públicos, varrição mecanizada de vias e logradouros públicos; operação das unidades de transbordo e serviços complementares (limpeza e lavagem de vias, equipamentos e bens públicos; catação de materiais soltos em vias públicas e áreas verdes; frisagem e pintura mecanizada de meios-fios; e limpeza de pós-eventos); além da caracterização dos resíduos sólidos por meio dos estudos gravimétricos; instalação de LEV (Local de Entrega Voluntária); instalação de contêineres semienterrados; instalação de lixeiras/papeleiras em diversos pontos do DF; implantação de equipamentos de rastreamento e monitoramento das rotas via satélite, nas Regiões Administrativas do Distrito Federal, urbanas e rurais, referente ao chamado LOTE 1.

O LOTE 1 inclui as seguintes Regiões Administrativas: Brasília; Cruzeiro; Sudoeste/Octogonal; Lago Norte; Varjão; Itapoã; Paranoá; São Sebastião; Fercal; Planaltina; Sobradinho I; e Sobradinho II. Além disso, o Contrato n. 18/2019 possui vigência de 60 meses, a partir de 05/07/2019 e possui, como regime de execução, a empreitada por preço unitário por tonelada, segundo o disposto nos arts. 6º e 10º da Lei federal nº 8.666/1993<sup>9</sup>.

O SLU contratou também, por meio do Contrato n. 19/2019, a EMPRESA SUSTENTARE SANEAMENTO S/A, empresa especializada para a prestação dos seguintes serviços: coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos, inclusive em áreas de difícil acesso; coleta seletiva; coleta manual de entulhos, coleta mecanizada de entulhos, varrição manual de vias e logradouros públicos, varrição mecanizada de vias e logradouros públicos; operação das unidades de transbordo e serviços

---

<sup>9</sup> Disponível em: <http://www.slu.df.gov.br/contratos-do-ano-2019/>.

complementares (limpeza e lavagem de vias, equipamentos e bens públicos; catação de materiais soltos em vias públicas e áreas verdes; frisagem e pintura mecanizada de meios-fios; e limpeza de pós-eventos); além da caracterização dos resíduos sólidos por meio dos estudos gravimétricos; instalação de LEV (Local de Entrega Voluntária); instalação de contêineres semienterrados; instalação de lixeiras/papeleiras em diversos pontos do DF; implantação de equipamentos de rastreamento e monitoramento das rotas via satélite, nas Regiões Administrativas do Distrito Federal, urbanas e rurais, referente ao chamando LOTE 2.

O LOTE 2 inclui as seguintes Regiões Administrativas: Brazilândia; Samambaia; Ceilândia; e Taguatinga. Além disso, o Contrato n. 19/2019 possui vigência de 60 meses, a partir de 05/07/2019 e possui, como regime de execução, a empreitada por preço unitário por tonelada, segundo o disposto nos arts. 6º e 10º da Lei federal nº 8.666/1993<sup>10</sup>.

Por meio do Contrato n. 24/2019, o SLU contratou a CONSITA TRATAMENTO DE RESÍDUOS S/A, empresa especializada para a prestação dos seguintes serviços: coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos, inclusive em áreas de difícil acesso; coleta seletiva; coleta manual de entulhos, coleta mecanizada de entulhos, varrição manual de vias e logradouros públicos, varrição mecanizada de vias e logradouros públicos; operação das unidades de transbordo e serviços complementares (limpeza e lavagem de vias, equipamentos e bens públicos; catação de materiais soltos em vias públicas e áreas verdes; frisagem e pintura mecanizada de meios-fios; e limpeza de pós-eventos); além da caracterização dos resíduos sólidos por meio dos estudos gravimétricos; instalação de LEV (Local de Entrega Voluntária); instalação de contêineres semienterrados; instalação de lixeiras/papeleiras em diversos pontos do DF; implantação de equipamentos de rastreamento e monitoramento das rotas via satélite, nas Regiões Administrativas do Distrito Federal, urbanas e rurais, referente ao chamado LOTE 3.

---

<sup>10</sup> Disponível em: <http://www.slu.df.gov.br/contratos-do-ano-2019/>.

O LOTE 3 inclui as seguintes Regiões Administrativas: Gama; Santa Maria; Riacho Fundo II; Guar; Candangolândia; Jardim Botânico; Lago Sul; Park Way; Núcleo Bandeirante; Riacho Fundo I; Recanto das Emas; guas Claras; Estrutural/SCIA; SAI; e Vicente Pires. Além disso, o Contrato n. 24/2019 possui vigência de 60 meses, a partir de 20/09/2019 e possui, como regime de execução, a empreitada por preço unitário por tonelada, segundo o disposto nos arts. 6 e 10 da Lei federal n 8.666/1993<sup>11</sup>.

Os Contratos 18 e 19/2019 estão vigentes até 05/07/2024, já o Contrato 24/2019 até 20/09/2024. Os três contratos possuem previsão de rescisão amigável, mediante manifestao escrita de uma das partes, com antecedência mínima de 60 (sessenta) dias ou rescisão unilateral mediante processo administrativo. Além disso são remunerados pelo valor mensal de tonelada de resíduos.

Diante deste cenário, a futura concessionária a ser contratada para a operação de uma Unidade de Tratamento Mecânico Biológico deverá relacionar-se com as contratadas mencionadas dos LOTES 1, 2 e 3, principalmente, no que diz respeito  gestão da unidade de recepção dos resíduos. Isto porque, as contratadas realizam a coleta de resíduos urbanos, insumo necessário para a UTMB.

Entretanto, apesar de ser possível regular a relação de interdependência entre estes atores, de 5 em 5 anos será necessário realizar novas licitações e contratações para os três LOTES e novos contratos de interdependência com a futura concessionária – caso seja considerada a alternativa de realizar uma concessão dos serviços objeto desta análise.

O transporte de resíduos de coleta convencional é executado de duas formas básicas: o transporte com caminhões compactadores ou em caminhões tipo carretas, de maior capacidade, utilizado para grandes volumes.

---

<sup>11</sup> Disponível em: <http://www.slu.df.gov.br/contratos-do-ano-2019/>.



Os resíduos domiciliares coletados pelos serviços de coleta convencional têm sua destinação para três caminhos distintos:

- a) diretamente ao Aterro Sanitário de Brasília (ASB);
- b) às unidades de Tratamento Mecânico-Biológico (Usinas da Asa Sul e da Ceilândia)
- e
- c) às unidades de transbordo (Brazlândia, Gama, Asa Sul e Sobradinho), seguindo posteriormente para o ASB.

As figuras a seguir ilustram as atuais unidades:

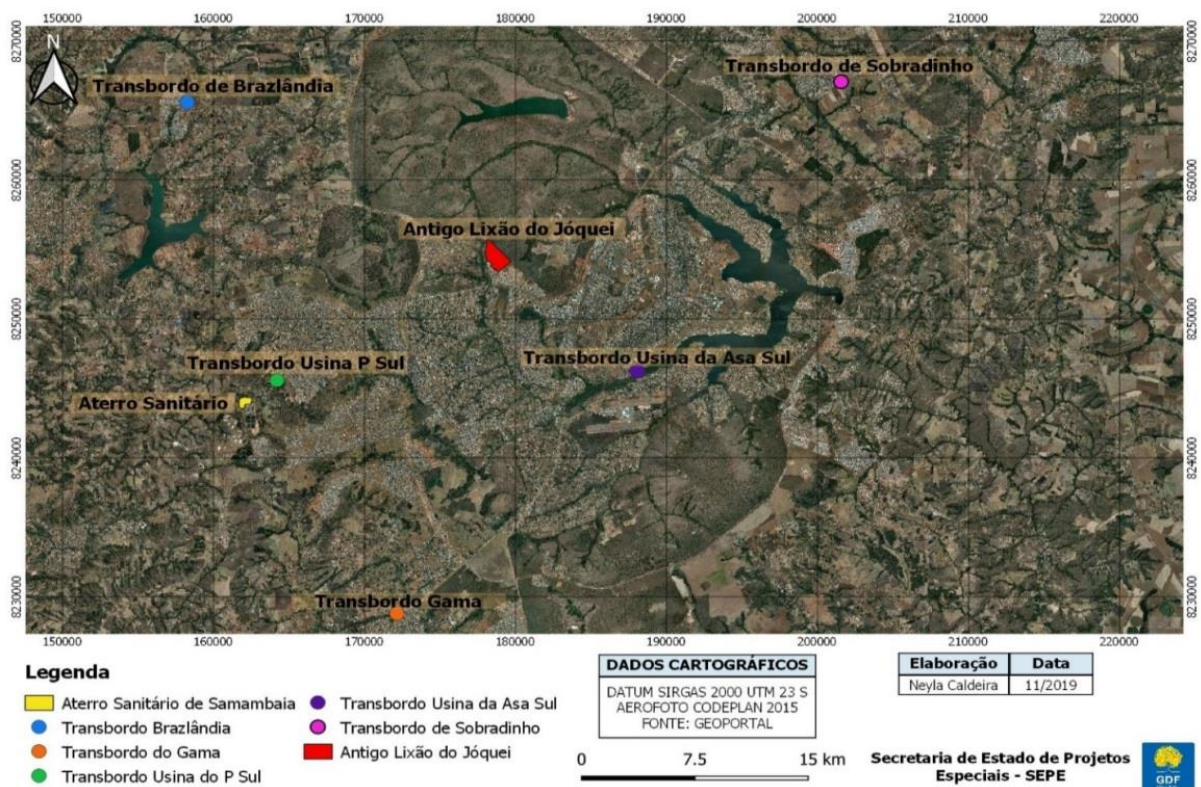


Figura 7 – Principais estruturas utilizadas para o transbordo, tratamento e disposição final dos RSU da coleta convencional.

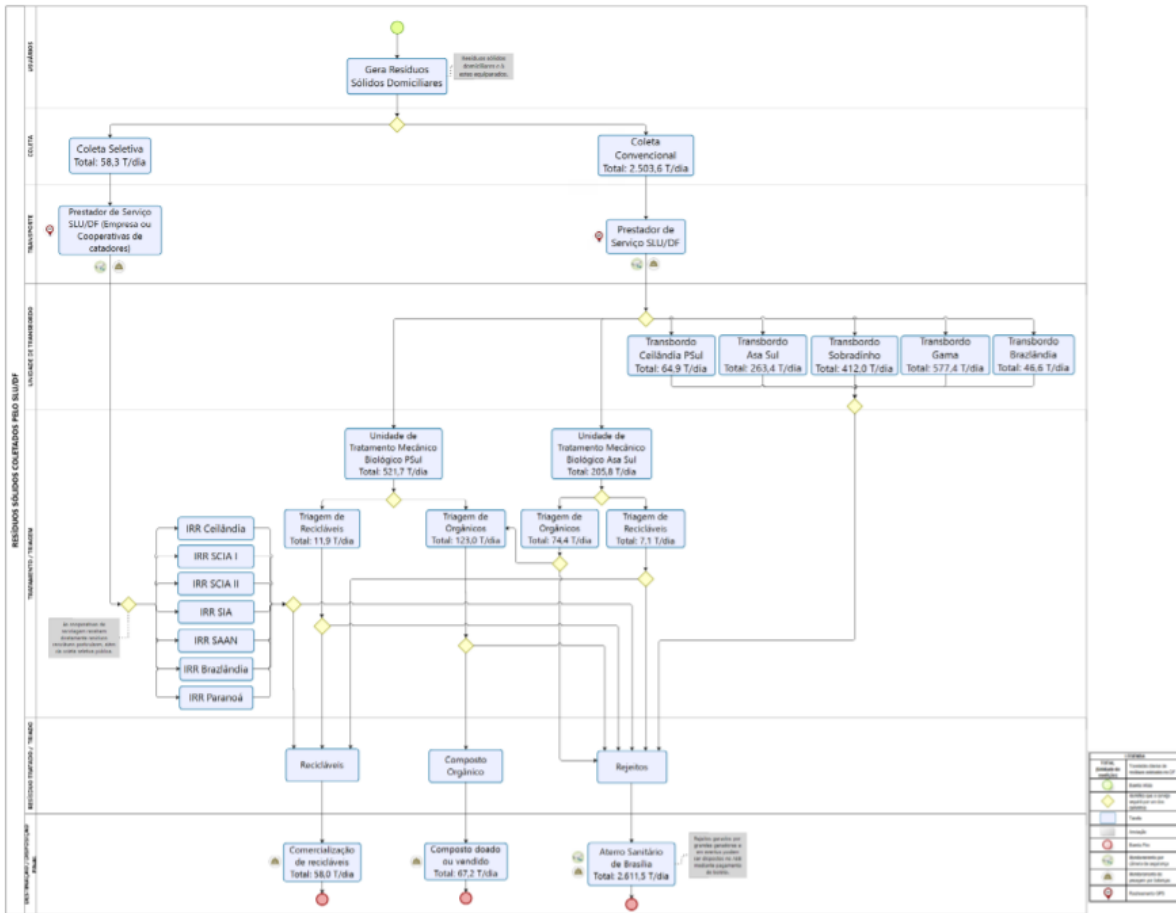


Figura 8 – Fluxo dos resíduos sólidos urbanos do Distrito Federal. Fonte: Relatório Anual 2020 SLU

#### 1.4. Unidades de Transbordo

Áreas de transbordo são áreas nas quais o resíduo é transferido de caminhões compactadores para caminhões transportadores. São realizadas basicamente para redução de custos de transporte, emissões de CO<sub>2</sub> e carbono negro, recursos humanos e veículos em trânsito. Geralmente o resíduo é descarregado em pátios ou fossos, sendo então introduzidos em caminhões de maior capacidade de carga.

Existem cinco áreas de transbordo em Brasília: Gama, Sobradinho, Brazlândia, que são exclusivamente áreas de transbordo e PSul e Asa Sul, que além de operações de transbordo, realizam operações de triagem e compostagem.

Durante muito tempo as áreas de transbordo tiveram uma ocupação irregular de cooperativas de catadores que faziam a triagem de recicláveis ali mesmo, no solo,

antes que os resíduos fossem carregados nas carretas. Esta prática foi proibida e hoje já não ocorre em nenhuma estação de transbordo.

Tais áreas ainda carecem de investimento, uma vez que a **descarga de resíduos não é feita em local apropriado, com áreas subdimensionadas**, falta de sistema de coleta de chorume, existindo um Termo de Ajustamento de Conduta – TAC, pelo qual o SLU se compromete a realizar as adequações necessárias. Tais reformas ainda não foram efetuadas.

Embora de propriedade do SLU, as áreas de transbordo são operadas pelas empresas que detêm os contratos de coleta de resíduos domiciliares de acordo com seus lotes, utilizando-as inclusive para a lavagem, limpeza e estacionamento dos seus caminhões.

A figura a seguir ilustra o transbordo de Sobradinho:



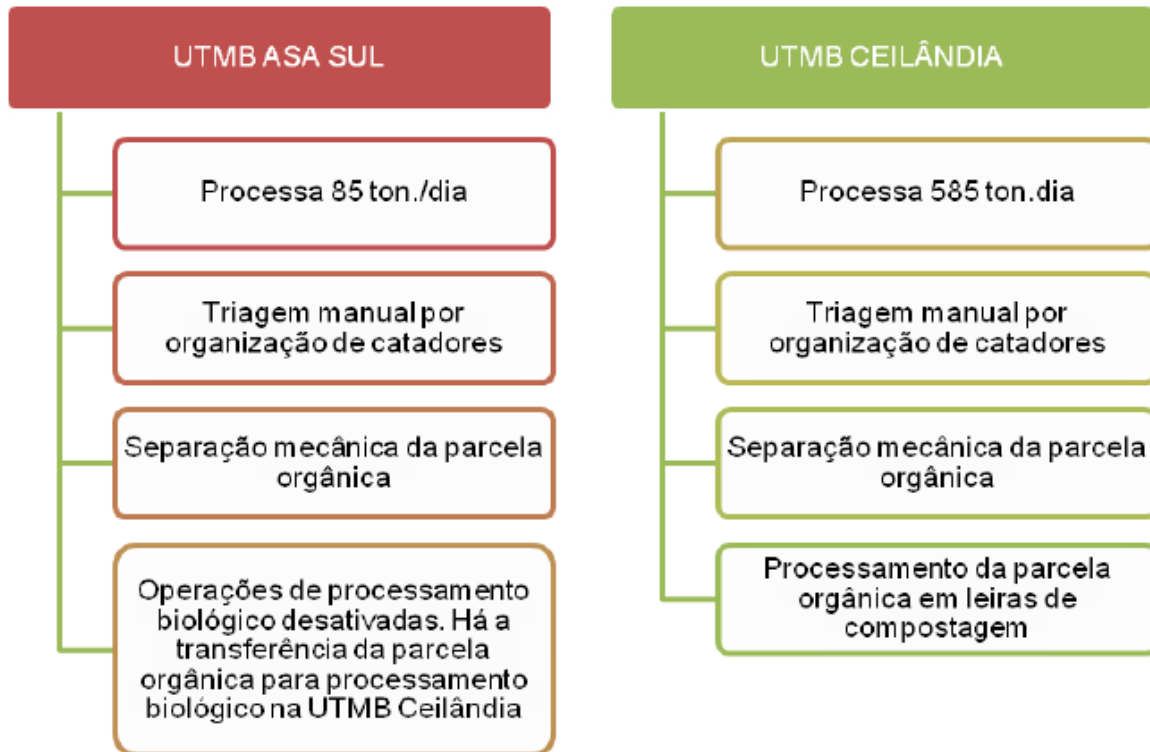
*Figura 9 – Transbordo de Sobradinho.*

## 1.5. Tratamento de resíduos

O tratamento para a valorização de resíduos domiciliares no Distrito Federal é feito, atualmente, por meio da reciclagem dos resíduos secos e dos resíduos orgânicos. Parte da fração orgânica é direcionada à estabilização via compostagem, realizada

pelo SLU, a partir das operações nas unidades de tratamento denominadas Unidades de Tratamento Mecânico Biológico de Resíduos Sólidos (UTMBs). **O Distrito Federal dispõe de duas UTMBs, a Unidade da Asa Sul e a Unidade da Ceilândia.**

Estas unidades, tem por objetivo a separação da fração orgânica dos resíduos, para o tratamento por compostagem, no caso, por sistema aberto através de leiras.



### 1.5.1 UTMB Asa Sul

**Em 1963, com uma população de aproximadamente 142 mil habitantes** e uma geração de aproximadamente 15 mil toneladas de RSU por ano, foi instalada a **primeira unidade de tratamento mecânico-biológico da América Latina** na L4 Sul/Asa Sul, às margens do Lago Sul. A totalidade dos resíduos eram direcionados para esta unidade e os rejeitos eram encaminhados para o que se tornou depois o Lixão da Estrutural.

A usina foi concebida em quatro linhas de triagem e **“compostagem acelerada” dos finos orgânicos**, sendo que atualmente duas estão desativadas. São operadas por cooperativas de catadores que realizam a triagem do material reciclável. O material orgânico segregado é direcionado à compostagem na Usina de PSul, uma vez que o equipamento de “compostagem acelerada” não é eficiente e a estabilização biológica nesta área pode ter um impacto negativo em relação à geração de odores na vizinhança.

Devido aos problemas operacionais no passado, duas das quatro linhas encontram-se desativadas, reduzindo a capacidade de triagem pela metade. Nesta instalação, não existe local suficiente para a operação completa de biodigestão aeróbia, de forma que o material orgânico separado é triturado e enviado para a Usina do PSul, em que existem leiras para a compostagem do material.

Faz-se importante ressaltar que a **Usina da Asa Sul também opera como área de transbordo**, recebendo, portanto, uma parcela dos resíduos da coleta convencional que não passa pela usina, mas apenas é descarregada e carregada em carretas.

A tecnologia instalada basicamente é a da década de 60, constituindo-se, portanto, uma unidade antiga e obsoleta.



*Figura 10 – Vista da UTMB Asa Sul na época da inauguração*

Esta usina possui os seguintes fluxos:

- a) Recebimento de resíduos da coleta convencional direcionados à usina;
- b) Recebimento de resíduos da coleta convencional como área de transbordo;
- c) Saída de material para compostagem na Usina PSul;
- d) Saída de material reciclado triado pelas cooperativas de catadores para comercialização;
- e) Saída de rejeitos da usina para o ASB; e
- f) Saída de material da coleta convencional em carretas para o ASB.

#### 1.5.2 Usina PSul (Ceilândia)

**Inaugurada em 1986 para ser referência em gestão de resíduos no Brasil está localizada em Ceilândia. Com capacidade projetada de 1.200 t/dia**, essa Usina possui duas linhas de triagem e segregação de materiais secos recicláveis e orgânicos. É operada através de contrato com uma empresa privada.

A Usina do PSul possui grande área adjacente, permitindo, assim, a construção das leiras de compostagem em que o material, tanto o triado localmente como o proveniente da Usina da Asa Sul, é direcionado a um sistema de compostagem com leiras e aeração por reviramento, sendo o material peneirado e maturado para ser comercializado/doado como composto orgânico.

**Este é considerado o maior sistema de compostagem do Brasil.**

**A tecnologia instalada basicamente é a da década de 80**, constituindo-se, portanto, uma unidade antiga e obsoleta.

Esta usina possui os seguintes fluxos:

- a) Recebimento de resíduos da coleta convencional direcionados à UTMB;
- b) Recebimento de material para compostagem proveniente da Usina Asa Sul;
- c) Saída de material reciclável triado pelas cooperativas de catadores para comercialização;
- d) Saída de rejeitos da usina para o ASB; e
- e) Saída de composto orgânico doado a usuários.



Figura 11 – UTMB de PSul

## 1.6. Coleta Seletiva e Cooperativas

A reciclagem de material seco é suportada pelas atividades de triagem e classificação de materiais recicláveis realizadas, predominantemente por organizações de catadores e catadores avulsos. O Distrito Federal dispõe de 34 organizações de catadores, entre cooperativas e associações, as quais congregam aproximadamente 2.707 associados. Entre elas são 10 associações e 24 cooperativas<sup>12</sup>.

Em 2014, o SLU contratou o Consórcio GAE/CONSTRUBAN/DBO, por meio do Contrato n. 015/2014, para prestar os serviços de implantação, operação e manutenção do Aterro Sanitário Oeste, localizado na Região Administrativa Samambaia, compreendendo as atividades de aterramento, espalhamento, compactação e cobertura de resíduos sólidos. O contrato possui vigência de 60 (sessenta) meses a partir de sua assinatura. Entretanto, ocorreram falhas de operação que resultaram em risco de vazamento de chumbo, entre outros problemas. O Contrato sofreu 4 (quatro) aditamentos e permanece vigente até a entrega do Aterro em perfeita operação e julgamento final da Ação Declaratória n. 0706245-33.2018.8.07.0018 – que discute a legalidade de glosas contratuais.

---

<sup>12</sup> Disponível em: <http://www.slu.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/pdgirs.pdf>.

Diante das falhas de operação, o SLU contratou, por meio do Contrato de Prestação de Serviços n. 06/2020, a empresa HYDROS SOLUÇÕES AMBIENTAIS LTDA., para a prestação de serviços de tratamento de chorume gerado no Aterro Sanitário de Brasília (ASB), em caráter emergencial, durante 180 dias, contador a partir de 10/02/2020<sup>13</sup>.

Em 21/01/2019, o SLU contratou, por meio do Contrato n. 05/2019, a COOPERATIVA DE TRABALHO DE CATADORES DE ECOLIMPO LTDA. para a prestação de serviços de coleta, transporte e destinação de resíduos urbanos recicláveis secos domiciliares e comerciais, com a remoção do rejeito, para disposição final em local definido pelo SLU, com execução mediante o regime de empreitada global, na Região Administrativa de São Sebastião. O Contrato possui vigência de 12 meses, podendo ser prorrogado por 60 meses.

Em 21/01/2019, o SLU contratou, por meio do Contrato n. 04/2019, a COOPERATIVA DE TRABALHO DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS E REUTILIZÁVEIS AMBIENTAL – COOPERE para a prestação de serviços de coleta, transporte e destinação de resíduos urbanos recicláveis secos domiciliares e comerciais, com a remoção do rejeito, para disposição final em local definido pelo SLU, com execução mediante o regime de empreitada global, para atender às necessidades do Serviço de Limpeza Urbana – SLU/DF nas Regiões Administrativas do Riacho Fundo I e II. O Contrato possui vigência de 12 meses, podendo ser prorrogado por 60 meses.<sup>14</sup>

Na mesma data, em 21/01/2019, o SLU contratou, por meio do Contrato n. 03/2019, a ASSOCIAÇÃO DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS VENCENDO OS OBSTÁCULOS para a prestação de serviços de coleta, transporte e destinação de resíduos urbanos recicláveis secos domiciliares e comerciais, com a remoção do rejeito, para disposição final em local definido pelo SLU, com execução mediante o regime de empreitada global, para atender às necessidades do Serviço de Limpeza Urbana – SLU/DF nas Regiões Administrativas do Cruzeiro Velho e Grandes

---

<sup>13</sup> Disponível em: [http://www.slu.df.gov.br/wp-content/uploads/2020/03/01-SEI\\_GDF-35359854-Contrato-06-2020.pdf](http://www.slu.df.gov.br/wp-content/uploads/2020/03/01-SEI_GDF-35359854-Contrato-06-2020.pdf).

<sup>14</sup> Disponível em: <http://www.slu.df.gov.br/contratos-do-ano-2019/>.



Geradores/GDF. O Contrato possui vigência de 12 meses, podendo ser prorrogado por 60 meses.<sup>15</sup>

Ainda em 21/01/2019, o SLU contratou, por meio do Contrato n. 02/2019, a COOPERATIVA DE RECICLAGEM DO DISTRITO FEDERAL E ENTORNO COOPERDIFE para a prestação de serviços de coleta, transporte e destinação de resíduos urbanos recicláveis secos domiciliares e comerciais, com a remoção do rejeito, para disposição final em local definido pelo SLU, com execução mediante o regime de empreitada global, para atender às necessidades do Serviço de Limpeza Urbana – SLU/DF na Região Administrativa do Sobradinho I. O Contrato possui vigência de 12 meses, podendo ser prorrogado por 60 meses.<sup>16</sup>

Em 21/01/2019, o SLU contratou, por meio do Contrato n. 01/2019, a ASSOCIAÇÃO DE CATADORES RECICLA MAIS BRASIL para a prestação de serviços de coleta, transporte e destinação de resíduos urbanos recicláveis secos domiciliares e comerciais, com a remoção do rejeito, para disposição final em local definido pelo SLU, com execução mediante o regime de empreitada global, para atender às necessidades do Serviço de Limpeza Urbana – SLU/DF nas Regiões Administrativas do Paranoá e Itapoã. O Contrato possui vigência de 12 meses, podendo ser prorrogado por 60 meses.<sup>17</sup>

Estes contratos podem possuir interdependência com o objeto da futura concessão – caso este seja o modelo contratual a ser adotado. Ou ainda, podem ser alterados os seus objetos, ou rescindidos. Deve ser feita uma análise da sobreposição das prestações dos serviços.

#### 1.7. Disposição Final

O ASB foi inaugurado no dia 17 de janeiro de 2017 com capacidade para atender todo o DF. É o primeiro aterro sanitário da Capital Federal. A área total do aterro é de aproximadamente 76 ha, sendo que a área de interferência para implantação do ASB

---

<sup>15</sup> Disponível em: <http://www.slu.df.gov.br/contratos-do-ano-2019/>.

<sup>16</sup> Disponível em: <http://www.slu.df.gov.br/contratos-do-ano-2019/>.

<sup>17</sup> Disponível em: <http://www.slu.df.gov.br/contratos-do-ano-2019/>.

é de aproximadamente 49 ha. Esse espaço contempla as áreas de disposição de resíduos (32 ha) e de apoio administrativo e operacional, a estação de recalque de chorume para a Estação de Tratamento de Esgoto Melchior e a área para disposição emergencial de resíduos sólidos de serviços de saúde, ainda não instalada.

Adjacente ao ASB existe uma gleba a ser destinada à ampliação do aterro de aproximadamente 60 ha. Com a incorporação dessa área (ainda em processo de cessão), a dimensão total do ASB passará a ser de aproximadamente 136 ha.

Além dos resíduos domiciliares, também recebe resíduos provenientes de caixas de gordura residenciais e do gradeamento primário e desarenador de todas as estações de tratamento de esgoto da Caesb, animais mortos removidos de vias públicas e resíduos dos grandes geradores, sendo estes últimos transportados pelos autorizatários e aterrados mediante pagamento ao SLU, de acordo com preços públicos definidos pela ADASA.

A tabela a seguir resume os quantitativos de resíduos recebidos no ASB nos anos de 2018, 2019, 2020 e 2021.

Quantitativos de resíduos aterrados no Aterro Sanitário de Brasília (em toneladas)				
	2018	2019	2020	2021
Média diária (t)	2.082,2	2.224,7	2.277,8	2.113,2
Total aterrado (t)	749.608,6	800.890,8	820.001,0	760.763,0

Tabela 2 – Quantitativos de resíduos recebidos no ASB. Fonte: SL

## 1.8. Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES)

Recém aprovado pelo Decreto Federal Nº 11.043, de 13 de abril de 2022, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES) estabelece metas, diretrizes, projetos, programas e ações voltadas à consecução dos objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) não se confunde com a PNRS, visto que representa a estratégia de longo prazo em âmbito nacional para operacionalizar as disposições legais, princípios, objetivos e diretrizes da Política. O Plano tem início com o diagnóstico da situação dos resíduos sólidos no país, seguido de uma proposição de cenários, no qual são contempladas tendências nacionais, internacionais e macroeconômicas. E, com base nas premissas consideradas em tais capítulos iniciais, são propostas as metas, diretrizes, projetos, programas e ações voltadas à consecução dos objetivos da Lei para um horizonte de 20 anos.

Estabelece 9 principais metas para RSU, uma meta para RCD e uma meta para RSS, a saber:

### **Meta 1 RSU - Aumentar a sustentabilidade econômico-financeira do manejo de resíduos pelos municípios.**

Indicador global 1.1 Percentual dos municípios que cobram pelos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos por instrumento de remuneração específica.

Resultado esperado:

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	10,7%	100%	100%	100%	100%	100%
Nordeste	4,1%	100%	100%	100%	100%	100%
Centro-Oeste	16,5%	100%	100%	100%	100%	100%
Sudeste	36,5%	100%	100%	100%	100%	100%
Sul	69%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>Brasil</b>	<b>29,2%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Figura 12 – Metas de Percentual de municípios que cobram pelos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos por instrumento de remuneração específica.

**Indicador global 1.2:** Percentual dos municípios com equilíbrio financeiro no custeio dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	1,3%	2,4%	4,6%	8,6%	16%	30%
Nordeste	0,1%	0,3%	1%	3,1%	9,6%	30%
Centro-Oeste	1,5%	3,1%	6,4%	13,4%	27,7%	57,5%
Sudeste	4,3%	8%	15,1%	28,3%	53%	99,4%
Sul	10,4%	18,2%	31,8%	55,6%	97,3%	100%
<b>Brasil</b>	<b>3,8%</b>	<b>6,9%</b>	<b>12,5%</b>	<b>23,2%</b>	<b>43,4%</b>	<b>68%</b>

Figura 13 - Metas de Percentual dos municípios com equilíbrio financeiro no custeio dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos

### Meta 2 RSU - Aumentar a capacidade de gestão dos municípios.

**Indicador global 2:** Percentual dos municípios com planos intermunicipais, microrregionais ou municipais de gestão de resíduos.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	30,9%	41,3%	55,1%	73,6%	98,3%	100%
Nordeste	17,2%	25,2%	36,9%	54%	79%	100%
Centro-Oeste	26,7%	36%	49%	67,2%	91,5%	100%
Sudeste	49,9%	62,9%	79,2%	100%	100%	100%
Sul	66%	81,1%	99,8%	100%	100%	100%
<b>Brasil</b>	<b>40%</b>	<b>51,8%</b>	<b>67,1%</b>	<b>82,4%</b>	<b>95,3%</b>	<b>100%</b>

Figura 14 – Metas de percentual dos municípios com planos intermunicipais, microrregionais ou municipais de gestão de resíduos.

**Indicador secundário 2.1:** Percentual dos municípios integrantes de consórcios públicos para a gestão de RSU.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	16,0%	24,2%	33,7%	47,1%	65,7%	91,8%
Nordeste	37,0%	44,8%	54,3%	65,7%	79,5%	96,3%
Centro-Oeste	49,3%	56,2%	64,2%	73,2%	83,5%	95,3%
Sudeste	44,5%	51,4%	59,3%	68,4%	79%	91,1%
Sul	39,1%	46,7%	55,8%	66,7%	79,7%	95,2%
<b>Brasil</b>	<b>39,1%</b>	<b>46,4%</b>	<b>55,3%</b>	<b>65,9%</b>	<b>78,6%</b>	<b>94,1%</b>

Figura 15 – Metas de percentual dos municípios integrantes de consórcios públicos para a gestão de RSU.

### Meta 3 RSU - Eliminar práticas de disposição final inadequada e encerrar lixões e aterros controlados.

**Indicador global 3:** Quantidade de lixões e aterros controlados que ainda recebem resíduos.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	-	0	0	0	0	0
Nordeste	-	0	0	0	0	0
Centro-Oeste	-	0	0	0	0	0
Sudeste	-	0	0	0	0	0
Sul	-	0	0	0	0	0
<b>Brasil</b>	<b>2.612</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Figura 16 – Quantidade de lixões e aterros controlados que ainda recebem resíduos.

**Indicador secundário 3.1:** Percentual de cobertura de coleta de RSU.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	83,6%	87,7%	92%	96,5%	100%	100%
Nordeste	86,1%	89,6%	93,3%	97%	100%	100%
Centro-Oeste	92,9%	95,5%	98,2%	100%	100%	100%
Sudeste	96,2%	98%	99,2%	100%	100%	100%
Sul	91,5%	93,2%	94,3%	100%	100%	100%
<b>Brasil</b>	<b>92%</b>	<b>93,9%</b>	<b>96,2%</b>	<b>98,9%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Figura 17 – Metas de percentual de cobertura de coleta de RSU

**Indicador secundário 3.2:** Quantidade de municípios que dispõem inadequadamente em lixão ou aterro controlado.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	357	0	0	0	0	0
Nordeste	1.340	0	0	0	0	0
Centro-Oeste	305	0	0	0	0	0
Sudeste	848	0	0	0	0	0
Sul	151	0	0	0	0	0
<b>Brasil</b>	<b>3.001</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Figura 18 – Metas de quantidade de municípios que dispõem inadequadamente em lixão ou aterro controlado.

**Indicador secundário 3.3:** Percentual da massa total com disposição final inadequada.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	60,1%	0%	0%	0%	0%	0%
Nordeste	39%	0%	0%	0%	0%	0%
Centro-Oeste	42,1%	0%	0%	0%	0%	0%
Sudeste	9,4%	0%	0%	0%	0%	0%
Sul	7,5%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Brasil</b>	<b>24,4%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>

Figura 19 – Metas de percentual de massa total com disposição final inadequada

**Meta 4 RSU - Reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada.**

**Indicador global 4:** Percentual da massa total recuperada.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	1,2%	15,3%	18%	20,7%	23,5%	26,2%
Nordeste	1,6%	11,3%	15,1%	18,9%	22,8%	26,6%
Centro-Oeste	1,9%	13,4%	18,5%	23,6%	28,8%	33,9%
Sudeste	1,9%	14,3%	26,7%	39,1%	51,5%	63,9%
Sul	4,7%	17,1%	29,5%	41,9%	54,3%	66,7%
<b>Brasil</b>	<b>2,2%</b>	<b>13,8%</b>	<b>22,4%</b>	<b>31%</b>	<b>39,6%</b>	<b>48,1%</b>

Figura 20 – Metas de percentual da massa total recuperada e não destinada a aterros sanitários

**Meta 5 RSU - Promover a inclusão social e emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.**

**Indicador global 5:** Percentual dos municípios com presença de catadores com contrato formalizado de prestação de serviços de manejo de materiais recicláveis por cooperativas e associações de catadores.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	3%	21,4%	39,8%	58,2%	76,6%	95%
Nordeste	2,4%	20,9%	39,4%	58%	76,5%	95%
Centro-Oeste	9,9%	26,9%	43,9%	60,9%	78%	95%
Sudeste	11,7%	28,4%	45%	61,7%	78,3%	95%
Sul	4,4%	22,6%	40,7%	58,8%	76,9%	95%
<b>Brasil</b>	<b>7,9%</b>	<b>24,5%</b>	<b>42,1%</b>	<b>59,7%</b>	<b>77,4%</b>	<b>95%</b>

Figura 21 – Metas de percentual dos municípios com presença de catadores com contrato formalizado de prestação de serviços de manejo de materiais recicláveis por cooperativas e associações de catadores.

**Meta 6 RSU - Aumentar a recuperação da fração seca dos RSU.**

**Indicador global 6:** Percentual de recuperação de materiais recicláveis.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	1,2%	3,2%	5,2%	7,2%	9,2%	11,2%
Nordeste	1,6%	3,6%	5,6%	7,6%	9,6%	11,5%
Centro-Oeste	1,9%	4,5%	7%	9,6%	12,1%	14,7%
Sudeste	1,9%	6,6%	11,4%	16,2%	21%	25,8%
Sul	4,7%	9,5%	14,3%	19,1%	23,9%	28,7%
<b>Brasil</b>	<b>2,2%</b>	<b>5,7%</b>	<b>9,2%</b>	<b>12,8%</b>	<b>16,4%</b>	<b>20%</b>

Figura 22 – Metas de percentual de recuperação de materiais recicláveis  
**Indicador secundário 6.1:** Percentual da população total com acesso à sistemas de coleta seletiva de resíduos secos.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	11,8%	18,4%	25,1%	31,7%	38,4%	45%
Nordeste	6,6%	14,3%	22%	29,6%	37,3%	45%
Centro-Oeste	40,2%	43,2%	46,1%	49,1%	52%	55%
Sudeste	42,3%	51,8%	61,4%	70,9%	80,5%	90%
Sul	74%	79,2%	84,4%	89,6%	94,8%	100%
<b>Brasil</b>	<b>37,8%</b>	<b>41,9%</b>	<b>49,6%</b>	<b>57,2%</b>	<b>64,9%</b>	<b>72,6%</b>

Figura 23 – Metas de percentual da população total com acesso à sistemas de coleta seletiva de resíduos secos.

**Indicador secundário 6.2:** Percentual de embalagens em geral recuperadas pelo sistema de logística reversa.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	-	3%	4%	4%	5%	5%
Nordeste	-	5%	5%	6%	7%	7%
Centro-Oeste	-	5%	5%	6%	7%	8%
Sudeste	-	12%	14%	16%	18%	20%
Sul	-	6%	7%	8%	9%	10%
<b>Brasil</b>	<b>SI*</b>	<b>30%</b>	<b>35%</b>	<b>40%</b>	<b>45%</b>	<b>50%</b>

\*Sem informação consolidada.

Figura 24 – Metas de percentual de embalagens em geral recuperadas pelo sistema de logística reversa.

### Meta 7 RSU - Aumentar a reciclagem da fração orgânica dos RSU

**Indicador global 7:** Percentual da massa total destinada para tratamento biológico.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	-	1,5%	3,0%	4,5%	6,0%	7,5%
Nordeste	-	1,5%	3,0%	4,5%	6,0%	7,5%
Centro-Oeste	-	1,9%	3,9%	5,8%	7,7%	9,6%
Sudeste	-	3,6%	7,2%	10,8%	14,4%	18,1%
Sul	-	3,6%	7,2%	10,8%	14,4%	18,1%
<b>Brasil</b>	<b>SI*</b>	<b>2,7%</b>	<b>5,4%</b>	<b>8,1%</b>	<b>10,8%</b>	<b>13,5%</b>

\*Sem informação consolidada.

Figura 25 – Metas de percentual da massa total destinada para tratamento biológico.

**Indicador secundário 7.1:** Percentual dos municípios com iniciativas de valorização de resíduos orgânicos.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Nordeste	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Centro-Oeste	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Sudeste	0%	25%	50%	75%	100%	100%
Sul	0%	25%	50%	75%	100%	100%
<b>Brasil</b>	<b>0%</b>	<b>20%</b>	<b>40%</b>	<b>60%</b>	<b>80%</b>	<b>100%</b>

Figura 26 – Metas de percentual dos municípios com iniciativas de valorização de resíduos orgânicos.

**Meta 8 RSU - Aumentar a recuperação e aproveitamento energético de biogás de RSU**

**Indicador global 8:** Percentual do biogás gerado pela fração orgânica do RSU aproveitado energeticamente.

	2020	2024	2028	2032	2036	2040
<b>Brasil</b>	<b>SI</b>	<b>16,8%</b>	<b>23,9%</b>	<b>26,4%</b>	<b>49,5%</b>	<b>63,4%</b>

Figura 27 – Metas de percentual do biogás gerado pela fração orgânica do RSU aproveitado energeticamente.

**Indicador secundário 8.1:** Potência instalada (em MW) a partir de biogás de aterro sanitário.

	2020	2024	2028	2032	2036	2040
<b>Brasil</b>	<b>87</b>	<b>99</b>	<b>158</b>	<b>209</b>	<b>252</b>	<b>257</b>

<sup>4</sup> Uma residência consome, em média, 0,293 MWh em um ano.

Figura 28 – Metas de potência instalada (em MW) a partir de biogás de aterro sanitário.

**Indicador Secundário 8.2:** Potência instalada (em MW) em unidades de digestão anaeróbia de resíduos orgânicos.



	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Brasil	0	12	24	38	53	69

Figura 29 – Metas de potência instalada (em MW) em unidades de digestão anaeróbia de resíduos orgânicos.

### **Meta 9 RSU - Aumentar a recuperação e aproveitamento energético por meio de tratamento térmico de RSU**

**Indicador global 9:** Potência instalada (em MW) em unidades de tratamento térmico de RSU.

	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Brasil	0	311	462	626	804	994

Figura 30 – Metas de potência instalada (em MW) em unidades de tratamento térmico de RSU.

## 2. JUSTIFICATIVA DO PROJETO

O conjunto de projetos desenvolvidos pelo SLU e SEPE, denominado Programa de Projetos de Gestão Integrada Sustentável de Resíduos Sólidos do DF e Entorno, além de se enquadrarem de forma integral e completa em todos os ditames legais, sociais, políticos, ambientais e econômicos, são de fundamental importância na atualidade, pois visam ainda dar solução aos questionamentos dos órgãos de controle do DF, em termos de:

- Encerramento definitivo e recuperação/remediação do Lixão da Estrutural;
- Adequação da estrutura do Aterro Sanitário de Brasília – ASB às condições de seu licenciamento, e às exigências dos órgãos ambientais e Ministério Público, bem como o PDGIRS;
- Adequação das áreas de transbordo de resíduos às suas finalidades sem a presença de catadores em situação de trabalho inadequada e sem a contaminação do solo e atmosférica;
- Reduzir emissões de gases do efeito estufa, contribuindo de forma significativa às metas do DF;
- Disponibilizar materiais recicláveis à cooperativas de catadores;
- Buscar a recuperação máxima de resíduos com a destinação a aterramento da parcela mínima, composta apenas de material não passível de aproveitamento/recuperação.

- Adequação das estruturas de reciclagem e tratamento de resíduos por compostagem a tecnologias mais modernas;
- Buscar maior eficiência nos gastos do Governo do Distrito Federal com a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.

Apenas pelas razões citadas, os projetos ora apresentados já se caracterizam como de suma importância para o Distrito Federal. Porém, é viável afirmar que, se implementados, tais projetos tornarão a Gestão de Resíduos do DF uma das mais modernas do mundo e referência para o país e para a América Latina.

Neste sentido, este projeto caracteriza-se como etapa fundamental na estruturação e modernização da gestão de RSU no DF uma vez que um Ecoparque é a instalação que deve ser priorizada na hierarquia de gestão de resíduos atual, trazendo conceitos de reciclagem de materiais e empoderamento das cooperativas de catadores, carbono e nutrientes, geração de biometano (combustível veicular), geração de empregos e renda, redução de massa enviada a aterros sanitários, dentre outros benefícios descritos no presente documento.

### 3. ASPECTOS TÉCNICOS E OPERACIONAIS

#### 3.1. Descrição do Modelo Operacional

A gestão de resíduos no Brasil ainda é focada na destinação final, sendo a reciclagem uma atividade realizada majoritariamente por “catadores” vinculados ou não a cooperativas. Isto faz com que os números de reciclagem no Brasil sejam insatisfatórios. **Unidades de Tratamento Mecânico Biológicos, ou comumente conhecidos como Ecoparques, tiveram um avanço tecnológico nos últimos 20 anos.** A Europa é o grande líder, tanto em número de instalações quanto na quantidade de resíduos tratados. Depois da Diretiva 31/1999 da Comunidade Europeia, que trouxe metas progressivas de redução de material biodegradável em aterros sanitários, iniciou-se um progressivo avanço deste tipo de instalação, destinado prioritariamente à recuperação e estabilização de materiais provenientes de coleta de resíduos domiciliares não segregados na origem. Desta forma, um

Ecoparque tem como principal objetivo segregar materiais de RSU misto. Como o resíduo tem uma variabilidade de composição em função da época do ano, rota, dia da semana, dentre outros, estas **unidades são bastante flexíveis quanto à composição do material de entrada**. Atualmente, com a intensificação da segregação na origem, e em função da diretiva europeia 851/2018, que prevê metas para o estabelecimento de coleta seletiva de resíduos biodegradáveis, estas unidades estão sendo adaptadas para recebimento da fração reciclável e da fração orgânica segregadas em origem. O principal objetivo desta modificação foi o de incrementar a segregação de materiais recicláveis e qualidade do composto gerado nos Ecoparques, e reduzir o percentual de rejeitos destas unidades.

Importante destacar que na hierarquia de gestão de resíduos recomendada pelas principais instituições internacionais, um Ecoparque sempre é a primeira unidade para o tratamento adequado de resíduos, pois é nesta unidade que ocorre recuperação de materiais, nas etapas de reciclagem e estabilização da fração orgânica. Esta unidade **ainda gera rejeito, que varia entre 30 e 55% do material de entrada a depender da configuração estabelecida**. Este rejeito pode ser direcionado a um aterro sanitário ou a um tratamento térmico.

A figura a seguir resume o tratamento de resíduos nos 28 países da Comunidade Europeia:

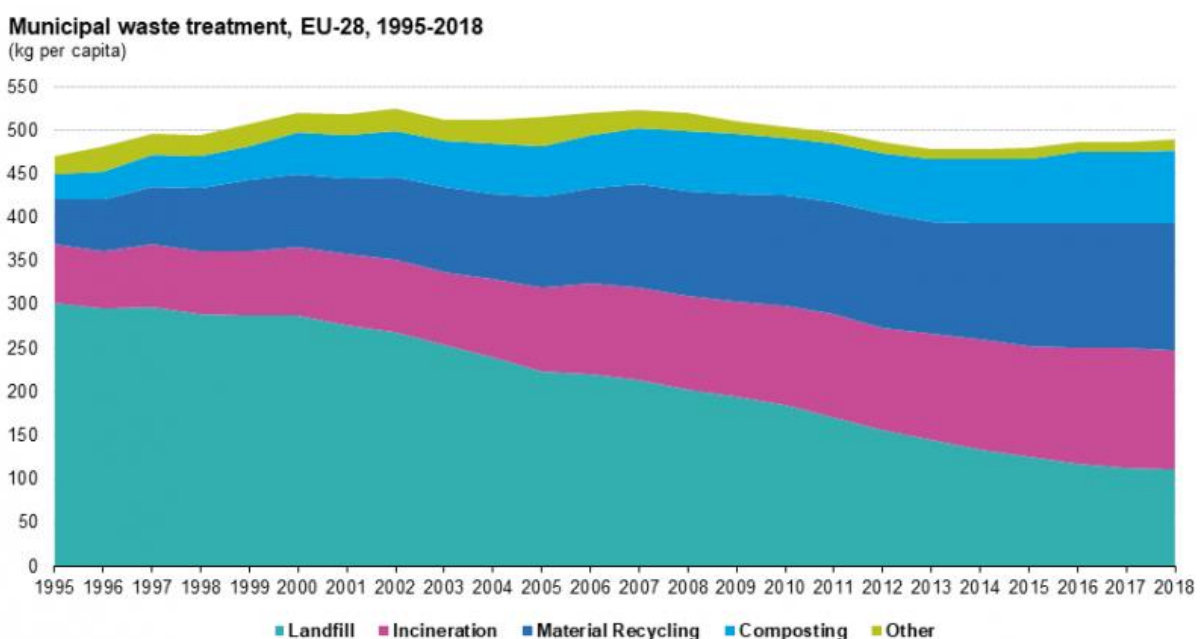


Figura 31 – Resumo do tipo de tratamento nos principais países europeus. Fonte: Eurostat

A grande meta atual é ampliar a parte superior do gráfico, focando em **incrementar a compostagem (aeróbia ou anaeróbia), reciclagem e outras alternativas de tratamento** e, por outro lado, **reduzir progressivamente o aterramento**. Importante salientar que as curvas azuis deste gráfico ocorrem majoritariamente em UTMBs, acarretando, conseqüentemente, na redução do aterramento.

Uma UTMB é constituída basicamente de uma etapa de recepção, uma unidade segregação e preparação de materiais (basicamente recicláveis, combustível derivado de resíduos (CDR), material biodegradável e rejeitos). Os recicláveis geralmente são compactados e comercializados, o CDR e rejeitos, dependendo da logística, podem ser compactados para reduzir custos de transporte, e a **fração orgânica pode ser estabilizada via aeróbia (compostagem) ou anaeróbia (metanização)**, sendo neste segundo caso, além da geração de composto, é gerado o biogás, que comumente é utilizado para geração de energia térmica, elétrica ou biocombustível. Importante destacar que a comercialização de CDR, na maioria dos casos é vinculada a uma cimenteira, o que acarreta riscos de garantia da previsibilidade da comercialização deste material, seja na quantidade ou valor atribuído.

A figura a seguir resume as etapas de uma UTMB:

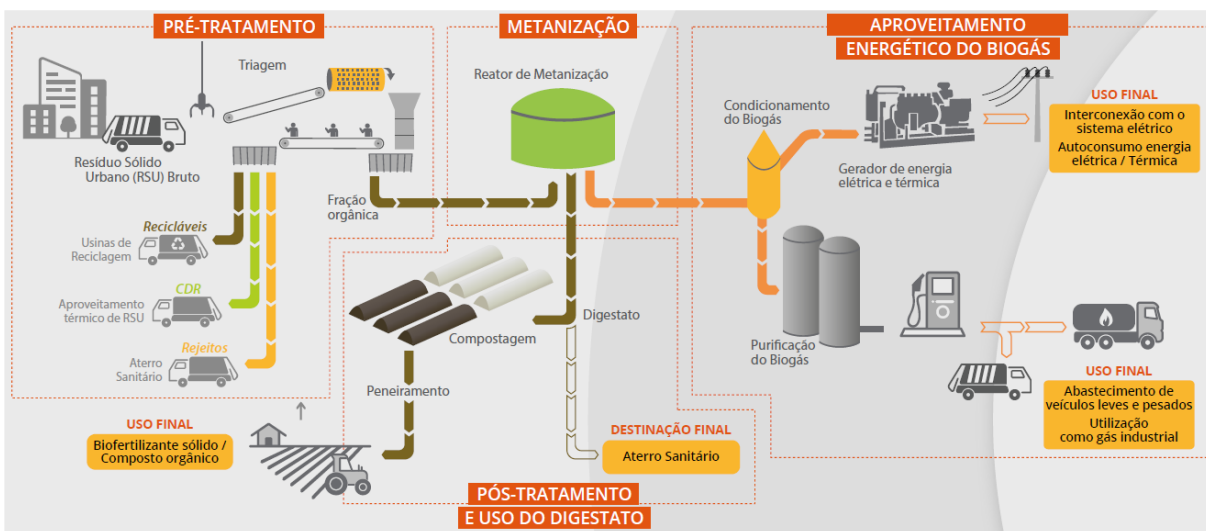


Figura 32 – Resumo de uma Unidade de Tratamento Mecânico-Biológico

Como pode ser observado, uma UTMB é basicamente o conceito adotado para o Distrito Federal desde sua construção – reciclagem de materiais e estabilização da fração orgânica, com as unidades de Asa Sul e PSul, inauguradas em 1963 e 1986, respectivamente. Como mencionado, as tecnologias evoluíram consideravelmente nos últimos anos, incrementando eficiências de segregação, qualidade dos produtos e reduzindo consumos energéticos, geração de rejeitos e área necessária para instalação.

Após avaliação técnica de possíveis cenários, foi definido aquele que melhor atende às necessidades do distrito, deve atender aos seguintes **pilares**:

- a) Atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos, PDGIRS e Lei 4.797 de 06/03/2012;**
- b) A unidade deve ser um modelo a ser seguido principalmente no Brasil, mas também deve ser um exemplo para países em vias de desenvolvimento;**
- c) A instalação deve priorizar equipamentos e fornecedores de primeira linha;**
- d) É necessário que a instalação tenha elevada disponibilidade operacional;**
- e) Todo o material reciclável segregado (volumosos, 2D, 3D e passante do trommel) deverá ser direcionado a galpões de cooperativas que deverão ser instalados anexos aos Ecoparques, sendo que toda a receita de comercialização destes materiais é de propriedade das cooperativas;**
- f) O sistema de estabilização biológica deve ser robusto e concebido para operar com um material com presença de até 15% de impróprios;**
- g) Deve-se reduzir a geração de lixiviados de planta, com o consequente tratamento e/ou destinação adequados;**
- h) Deve-se gerar biometano e o mesmo ser disponibilizado ao GDF;**
- i) Deve-se priorizar sistemas que ampliem a mitigação das emissões de gases do efeito estufa;**
- j) Deve-se trabalhar para que a contraprestação pública seja adequada à realidade do Distrito Federal;**
- k) Deve-se trabalhar com escalas de planta que aliem economia de escala buscar minimizar a alteração da logística atual dos resíduos;**

Em relação ao substrato, foi definido que o resíduo a tratar corresponde prioritariamente ao **resíduo sólido urbano (RSU) provenientes da coleta convencional**. Em função da falta de uma série histórica da composição gravimétrica dos resíduos do DF e que os dados oficiais são os apresentados no PDGIRS de 2017, as unidades devem utilizar a gravimetria ali contida. A gravimetria deverá ser adaptada em função da atualização do PDGIRS, que está prevista para ocorrer em 2022.

A meta de se tornar um modelo e desenvolver os primeiros Ecoparques para o Brasil é audaciosa e foi necessária a ampliação de discussões técnicas, visando garantir a definição tecnológica mais adequada ao projeto. Para tanto, foram consultados os principais fornecedores de instalações de pré-tratamento e estabilização biológica que estão ou pretendem estar presentes na América Latina, cabendo destacar:

<b>Tratamento mecânico</b>	<b>Tratamento biológico</b>	<b>Aproveitamento do biogás</b>
BHS Bianna Deisa Stadler Sutco Tomra	Aikan Bekon Convaero Biodegma Paques	Ecomethan ETW Greenlane Galileo Gruen Biogás

*Tabela 3 – Resumo das empresas consultadas*

### 3.2. Escala

A escala é um fator determinante para o sucesso de uma UTMB. Geralmente o dimensionamento ótimo para uma UTMB é relacionado ao tratamento mecânico. Os principais fornecedores indicam linhas entre 30 e 35t/h. **É recomendado que o tratamento mecânico possua duas ou mais linhas, com os principais objetivos:**

- a) Manter um recebimento de resíduos caso haja parada de uma linha;**
- b) Otimização de equipamentos (alguns equipamentos são comuns para as duas linhas);**
- c) Flexibilidade na operação e manutenção.**

Por outro lado, recomenda-se a operação em dois turnos de seis dias na semana, sendo o terceiro turno destinado a limpeza e manutenção preventiva da unidade.

A maioria dos projetos possuem duas linhas, geralmente “espelhadas”. Existem unidades com 3 ou 4 linhas, mas este ganho de escala no tratamento mecânico acarreta dificuldades operacionais para a gestão de contratos, versatilidade e operacionalização do tratamento biológico.

**É sempre recomendado que uma cidade possua mais de uma instalação,** em função da mitigação de riscos associados às falhas no processo e principalmente, por uma das maiores vantagens destas instalações que é a operacionalização em áreas industriais, **perto dos centros de massa dos resíduos.**

**Em um projeto centralizado, falhas do processo acarretarão na interrupção do tratamento e transferência de toda a massa de resíduos ao aterro sanitário ou tratamento térmico. Em instalações descentralizadas, em caso de parada de uma das instalações, parte dos resíduos não tratados podem ser desviados para a instalação operacional para, incrementando-se mais um turno de trabalho ou empregando a margem de segurança da própria capacidade de tratamento (capacidade de projeto é distinta da capacidade nominal da instalação), consegue-se tratar parte dos resíduos da outra instalação e recuperar o ritmo normal em um ou dois dias, sem enviar os resíduos não tratados ao aterro.**

Não se trata de duplicar capacidades de maneira global, mas sim **garantir versatilidade e flexibilidade à capacidade global de tratamento** e dispor de certas margens de segurança que garantem certa capacidade de reação ante situações inesperadas.

Outro ponto fundamental é a **logística dos caminhões de coleta**. O conceito de uma UTMB é justamente possibilitar a descentralização, de forma a reduzir custos com transporte de resíduos. Em municípios onde o aterro encontra-se em uma região logística onde não se faz necessário a instalação de transbordos, **recomenda-se construir uma unidade dentro da área do próprio aterro sanitário, uma vez que o fluxo dos rejeitos é facilitado**. Porém, em situações como no caso do **Distrito Federal**, essa mudança de logística acarretará uma grande oneração em transporte, aumento de veículos em circulação e emissões de GEE.

A gestão interna em unidades de maior porte também implica na logística da imensa quantidade de caminhões de entrada e saída da instalação, tanto para descarregar os resíduos quanto para retirar as frações já separadas (materiais recicláveis, CDR, orgânico ou rejeitos).

Com caminhões de coleta de alta compactação com capacidade de transportar 12 toneladas, uma unidade de **2.000t/dia por exemplo, necessita de aproximadamente 166 caminhões para descarregar**. Vale ressaltar que a coleta geralmente é realizada em horários pré-estabelecidos, ou seja, há horas pico de entrada de caminhões.



A retirada dos materiais geralmente se dá em carretas de 30/40m<sup>3</sup>, e com alguns materiais enfardados, o que requer geralmente entre 30 e 50% do número de caminhões de coleta, ou seja, pelo menos 220 caminhões irão transitar diariamente na unidade. Considerando um tempo médio de permanência de 7 minutos (controle/pesagem, descarregamento, controle/pesagem), necessitaria-se de 25,6 horas diárias. Ou seja, requer um plano logístico muito bem estruturado para reduzir o tempo médio de permanência e controle da unidade.

Ou seja, há um requerimento de espaço a ser considerado para a espera, manobras e controle, para que estas operações ocorram de forma contínua e não obstruam as vias públicas.

Por exemplo, Barcelona, um dos grandes nomes em UTMBs e com uma área metropolitana de 5,5 milhões de habitantes, possui atualmente 5 Ecoparques e uma incineradora.

É importante ressaltar ainda que foi preservada a destinação direta de resíduos ao ASB por questões logísticas, sendo prevista a instalação de um novo Ecoparque naquele local quando da estruturação do projeto específico para o Aterro.

Processos de compostagem e/ou metanização da fração biodegradável segregada no tratamento mecânico necessitam de aproximadamente 30 dias para estabilização e 30 dias para maturação, o que acarreta uma grande demanda de área para esta operação. Desta forma, **o processo biológico muitas vezes delimita o tamanho de uma instalação em função da área disponível para o empreendimento.**

**Levou-se em consideração aspectos de logística atual e impactos econômicos e ambientais na modificação dos transbordos, áreas disponíveis, escalas econômicas possíveis, mitigação de riscos do projeto e foi indicado que um modelo para a implantação de UTMBs (cabe salientar que esta configuração é apenas uma sugestão, sendo que poderão ser realizadas propostas de projetos com tecnologias similares, desde que eficiências técnica e operacional seja comprovada em escalas iguais ou superiores à este projeto:**

- 1) Realizar a instalação de 3 unidades (duas linhas de 35t/h cada);
- 2) Projetar as unidades com resíduos provenientes da coleta convencional (não segregados na origem);
- 3) Realizar coleta de materiais de grandes volumes, acondicioná-los em caçambas ou similar e envio ao galpão da cooperativa de catadores;
- 4) Segregar o fluxo posterior em quatro frações – Planares (2D), Rolantes (3D), transbordo (oversized), finos orgânicos e rejeitos de finos orgânicos). As frações 2D, 3D e transbordo devem ser enviadas via esteira ao galpão das cooperativas de catadores, separadamente.
- 5) Possibilitar que as unidades recebam resíduos de grandes geradores e lodo de esgoto, sem que interfiram na capacidade de tratamento estipulada em contrato, além de resíduos de podas e jardinagem;
- 6) Operar em 25 dias ou mais no mês, 2 turnos de oito horas trabalho e uma de descanso em cada turno, com um fator de capacidade de 90%, resultando em um total efetivo de 3.780 horas por ano;
- 7) Possibilidade de ampliação da unidade com operação em 30% do terceiro turno, de forma atender ao crescimento da geração de resíduos;
- 8) Não estimar receitas com composto orgânico, uma vez que este material será disponibilizado ao GDF;
- 9) Aproveitamento do biogás para geração de biometano – não estimar receitas com o biometano, uma vez que este produto será disponibilizado para o GDF;
- 10) Tratamento biológico via metanização extra-seca ou tecnologia comprovada para matéria orgânica recuperada (MOR) de coleta de resíduos não segregados em origem;
- 11) Maturação do composto via membranas semipermeáveis, reduzindo emissão de odores e garantindo rapidez nesta etapa.

De acordo com as áreas disponíveis é fluxo de resíduos nos 5 transbordos, determinou-se que o modelo ideal seria operacionalizar as instalações nas **Unidades de Gama, Asa Sul e PSUL**, uma vez que **Brazlândia** recebe pouca quantidade de resíduos e acarretaria uma grande mudança logística e **Asa Sul** ser uma instalação nas com disponibilidade de área limitante, além de estar localizada

**às margens do lago Sul.** Desta forma, foi determinado o seguinte fluxo de remanejamento de resíduos (de / para / quantidade):

- Brazlândia para PSUL: 1.200t/mês;
- ASB para PSUL: 3.500t/mês (resíduos destinados diretamente ao aterro);
- Sobradinho para PSUL: 7.700t/mês;
- Sobradinho para Gama: 2.950t/mês.

### 3.3. Locais de Instalação

Atualmente, o modelo adotado é a **instalação de UTMBs em áreas de transbordo e Usinas**, por diversos motivos:

- a) Já há fluxo de entrada e saída de resíduos no local;**
- b) Foram concebidos de forma a otimizar a logística dos resíduos;**
- c) São de propriedade do poder público;**
- d) Os locais de transbordo de Gama, Asa Sul e PSUL possuem a área necessária para a instalação das UTMBs;**
- e) Contratos de coleta são adaptados para a nova realidade, e não completamente reestruturados, sendo contemplados processos de transição, de forma a não prejudicar a logística atual de transporte dos resíduos;**
- f) As usinas de PSul e Asa Sul já possuem determinação de serem reformadas no PDGIRS, assim como a determinação da construção de mais uma unidade.**

Neste sentido, considerou-se as unidades de transbordo como metas para a estruturação das UTMBs. Pela área disponível, centros de massa, logística e localização, definiu-se por considerar as unidades de Gama, Asa Sul e PSul.

### 3.4. Layout básico

As áreas determinadas para locação da Unidade de Tratamento Mecânico Biológico de Gama, Asa Sul e PSul são apresentadas a seguir:

### 3.4.1 Gama



Figura 33- Layout preliminar para o Ecoparque Gama

### 3.4.2 Asa Sul



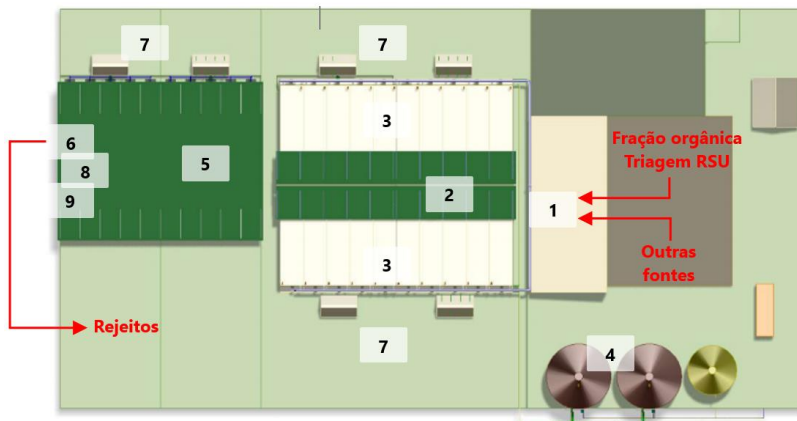
Figura 34- Layout preliminar para o Ecoparque Asa Sul

### 3.4.3 PSul



Figura 35- Layout preliminar para o Ecoparque PSul

### 3.4.4 Esquemático da Unidade de Metanização



#### Lista de Processos:

1. Recebimento dos rejeitos
2. Alimentação dos módulos
3. Biodigestão (módulos processo)
4. Metanização (tanques reação)
5. Estocagem de biogás
6. Condicionamento do biogás (**biogás**)
7. Maturação do composto (baías)
8. Afino (mesa vibratória / peneira) (**rejeitos**)
9. Estocagem e carregamento (**composto**)
10. Geração de energia (opcional) (**energia elétrica**)
11. Tratamento dos vapores (**biofiltros**)

#### Layout:

30.000 m<sup>2</sup>

### 3.5. Descritivo dos Processos de Tratamento Mecânico

O pré-tratamento ou tratamento mecânico é a unidade onde os resíduos são recebidos e segregados nas frações de interesse. O conhecimento das composições gravimétricas e granulométricas do resíduo é de fundamental importância para a concepção dessa unidade. Porém, é consenso entre especialistas de que não há viabilidade técnica e econômica de se conseguir uma análise confiável do resíduo sem uma unidade de pré-tratamento em operação.

Para a linha tratamento mecânico, o sistema foi subdividido em cinco seções principais:

1. Recepção
2. Primeira etapa de segregação
3. Linha dos finos
4. Linha 2D
5. Linha 3D

As seções serão descritas na sequência.

#### 3.5.1 Recepção

O primeiro equipamento de uma planta UTMB é uma balança para pesagem de caminhões, que pode ser instalada sobre o piso, semi-embutidas ou embutidas, de acordo com as exigências da situação, e incluem rampas de acesso tanto na entrada

quanto na saída do veículo. Dessa forma, pode-se aferir de forma precisa a quantidade de RSU vazados na instalação, bem como os materiais de saída (outputs). Determina-se a instalação de, no mínimo, **duas balanças, sendo uma para a entrada e outra para a saída**. Determina-se, ainda, que seja realizada uma **programação para a saída dos materiais** (recicláveis, composto e rejeitos) **para que não haja congestionamento na saída dos caminhões compactadores**. A figura a seguir ilustra uma balança de pesagem.



Figura 36 – Balança para pesagem dos caminhões (entrada à esquerda e saída à direita).

Após a pesagem, os caminhões basculam o material na área de recepção, que pode ocorrer de duas formas: i) em um pátio; ou ii) em um fosso.

Determina-se que o volume da área de recepção comporte, pelo menos, **três dias de recebimento de resíduos**. Do ponto de vista operacional, é recomendável que no fim das atividades diárias, o local de recepção esteja livre de materiais. A figura a seguir ilustra a recepção em fosso (esquerda) e em pátio (direita).



Figura 37 – Recepção em fosso (esquerda) e praia (direita).

Considerando principalmente a escala das unidades, a média concentração de recepção dos caminhões, possibilidade de remoção de volumosos antes de o material ingressar na linha, a menor geração de efluentes, facilidade operacional, **recomenda-se a utilização de pátio** para a recepção dos materiais. Recomenda-se que o pátio seja dividido em pelo menos duas partes, uma de maior capacidade e uma para recepção de materiais de outras origens (p.ex.:grandes geradores).

### 3.5.2 Primeira etapa de segregação

A primeira etapa de segregação consiste em, basicamente, quatro subsistemas:

- i) Alimentação primária (dosificação)
- ii) Triagem de grandes volumes
- iii) Cominuição do material
- iv) Classificação granulométrica

Quando a recepção é realizada em pátios, a **alimentação primária** é realizada basicamente através de dois subsistemas – alimentador primário enterrado e alimentador primário suspenso, conforme ilustram as figuras a seguir.





Figura 38 - Alimentador primário enterrado (esquerda) e suspenso (direita).

O alimentador primário suspenso possui menor custo de implantação, maior facilidade de manutenção e limpeza porém possui como principal desvantagem uma menor agilidade de alimentação e maior riscos de choques e danos ao mesmo.

**Recomenda-se a instalação de um alimentador primário enterrado.**

O material então é enviado à primeira cabine de triagem de materiais, denominada cabine de **triagem de volumosos**, que tem como principal objetivo **segregar papelão e materiais de grandes volumes** que possam danificar a linha.

A figura a seguir ilustra a entrada do material na cabine de volumosos.



Figura 39 – Cabine de triagem de materiais de grandes volumes

Os materiais volumosos segregados devem ser acondicionados em caçambas e disponibilizados no galpão da cooperativa de catadores.

Após a triagem dos materiais de grandes volumes, o equipamento posterior para **cominuição/fragmentação do material** pode ser um **pré-triturador (PreShredder)**

ou um rasga sacos (**Bags Opener**). O principal requisito desse sistema é a disponibilização dos materiais para a posterior segregação.

A utilização de um pré-triturador reduz a disponibilidade da instalação, já que o processo de manutenção demanda tempo elevado e, por essa razão, não são mais utilizados em plantas modernas. Além disso, a demanda energética, CAPEX e OPEX são bastante superiores. O ponto positivo deste equipamento é a garantia de abertura de todos os sacos, porém, uma desvantagem é justamente uma maximização da trituração, dificultando/minimizando a recuperação futura de materiais.

Algumas unidades são projetadas com a instalação de um sistema de abre sacos após a etapa de separação granulométrica. Nestes casos, são inseridas **facas nos trommels**, de forma a auxiliar a segregação nos mesmos. A principal alegação desta configuração é a possibilidade de dimensionamento de um rasga sacos de menor potência, porém, tem como desvantagem a diminuição da eficiência de segregação do trommel.

Por essas razões, **recomenda-se a instalação de um equipamento do tipo rasga sacos para a etapa de cominuição inicial**. Este equipamento consiste em um rotor com garras retráteis e um pente de altura regulável, e tem como função abrir os sacos de resíduos. O movimento do rotor leva o material até o pente onde a passagem é forçada e os materiais são rasgados.

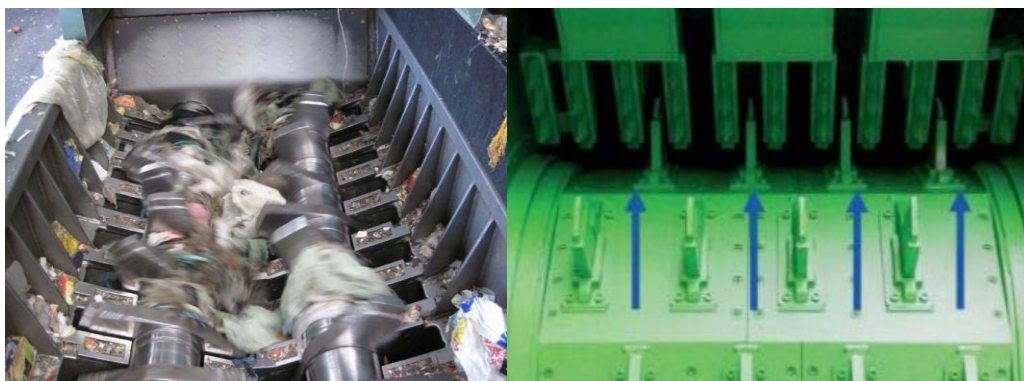


Figura 40 – Pré-triturador (esquerda) e rasga sacos (direita).

### 3.5.2.1 Trommel (Peneira Rotativa)

A etapa seguinte à cominuição é a **separação granulométrica**, que pode ser realizada através de dois equipamentos: **peneira rotativa (*Trommel*) ou peneira de discos (*Disc Screen*)**.

A principal função dessa etapa é a separação de materiais de duas ou mais granulometrias.

**Um trommel pode ter apenas uma malha de peneiras, ou até três malhas**, sendo que usualmente há uma **primeira malha redonda de 60-80 mm (separação dos finos)**.

O mesmo trommel pode ter uma ou duas outras malhas, separando o material em mais duas ou três frações (**frações peneiradas e passantes**). As malhas intermediárias, geralmente entre 120 e 300mm, separam principalmente o **material a ser reciclado (linhas intermediárias) do resíduo de planta (linha passante)**. As **linhas intermediárias se encontram a grande maioria da “inteligência tecnológica” de segregação da unidade**. Cabe destacar que de uma maneira geral os **separadores ópticos não são eficientes com materiais com altura superior a 300mm**. Desta forma, na linha passante é realizada basicamente uma triagem manual, sendo o mesmo enviado à linha de resíduo de planta.

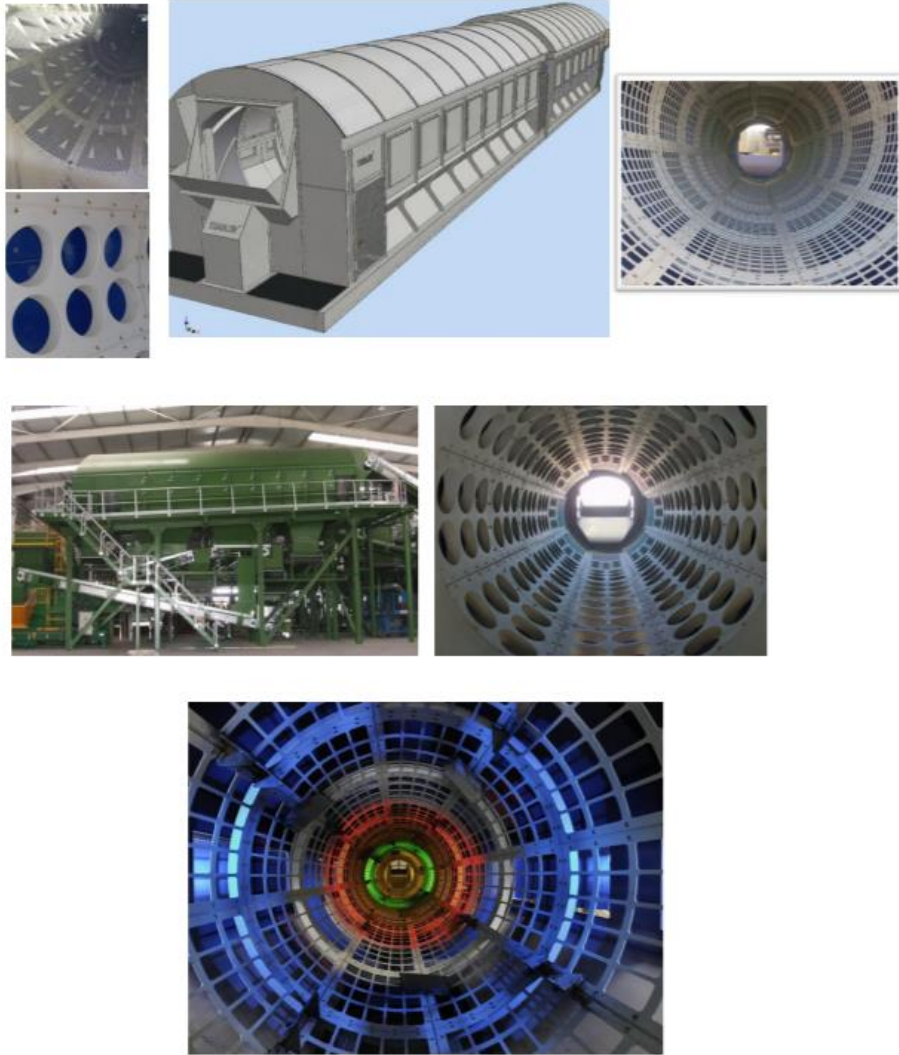


Figura 41 – Vistas de um trommel.

### 3.5.2.2 Peneira de discos

A peneira de discos é um equipamento de peneiramento em que discos com movimentos constantes e com abertura pré-determinada separam os materiais, geralmente em duas frações. Também possui a função de agitação do material, aumentando a área de contato entre o equipamento e os materiais.

Geralmente, a malha segrega o material fino e o passante é destinado à linha de maior granulometria, em que um triturador secundário é instalado para diminuir frações maiores determinada granulometria, geralmente diminuindo o material a 300-350mm para melhor atuação dos sensores ópticos.

A figura a seguir ilustra este equipamento:



Figura 42 – Vistas de uma peneira rotativa

A principal vantagem deste tipo de equipamento é que, ao contrário do trommel, toda a área de peneiramento é utilizada e, no trommel, apenas o quarto inferior realiza a segregação. A principal desvantagem é o enrolamento de materiais nos discos e a dificuldade de limpeza dos mesmos. **Considerando que a maioria das plantas de pré-tratamento de resíduos sólidos urbanos não segregados na fonte utilizam trommel, que um maior número de fornecedores inseridos no mercado latino americano utilizam este sistema, a robustez operacional da unidade, definiu-se que deve ser adotado o sistema de separação granulométrica do tipo trommel.**

Por outro lado, uma vez que é bastante frequente no Brasil o descarte de resíduos em sacos dentro de sacos maiores e que um rasga sacos não abre sacos com tamanhos inferiores a 30cm, **recomenda-se que os mesmos sejam dotados de facas, de forma a maximizar a segregação de materiais.**

A partir da etapa de segregação granulométrica, os materiais se dividem em linhas distintas, sendo elas:

- Linha dos Finos
- Linha Intermediária: 3D / 2D
- Linha transbordo (*oversized*)

#### 3.5.2.3 Linha de finos (orgânicos)

Cerca de **40 a 50% do material de entrada de uma unidade de pré-tratamento é direcionado à fração de finos**, geralmente denominada linha de orgânicos. Dependendo da caracterização do resíduo, dimensiona-se a malha entre 50mm e 80mm. Cabe ressaltar que **quanto menor a malha, maior a pureza da fração orgânica. Por outro lado, há maior perda de matéria orgânica que é destinada à fração intermediária.**

A fração dos finos pode ser submetida a diferentes processos de remoção de impróprios antes de ser enviada à estabilização biológica e, como principais opções, cabe destacar:

#### 3.5.2.4 Separador magnético – remoção de metais ferrosos

O separador magnético é um equipamento que possui um **eletroímã e uma correia de remoção do material**. Geralmente é posicionado acima e no final de uma esteira. O campo magnético gerado atrai os materiais ferrosos para a sua esteira de rodagem e transporta os materiais para uma região onde não há atuação de campo magnético do equipamento, fazendo com que o material caia por gravidade à respectiva baia de armazenamento. As figuras a seguir ilustram esse equipamento.

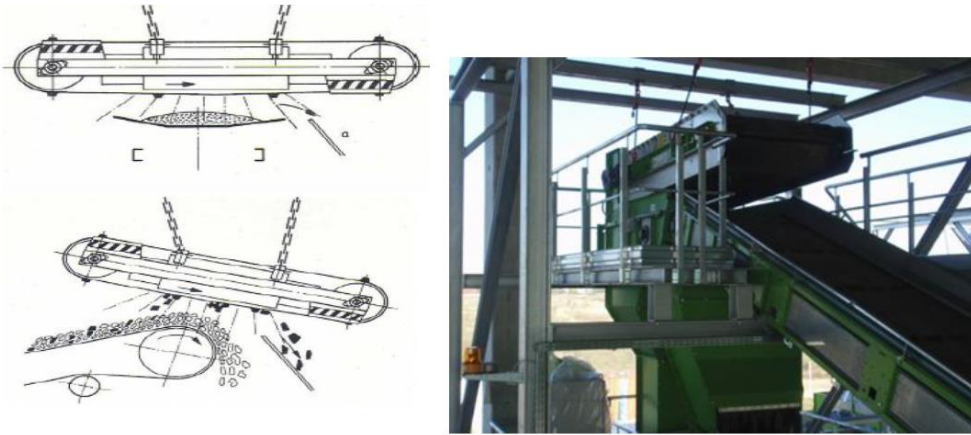


Figura 43 – Detalhe de um separador magnético

### 3.5.2.5 Separador indutivo – separação de metais não ferrosos

Também denominados **Separadores de Corrente Eddy ou Foucault**, são destinados à recuperação mecânica de metais não ferrosos. Seu funcionamento consiste na criação de fortes correntes “Foucault” nas partículas de metais não-ferrosos que os atravessam e os **induzem aos mesmos campos magnéticos opostos aos campos externos, sendo os materiais lançados para fora do fluxo de material transportado**. A figura a seguir ilustra esse equipamento.

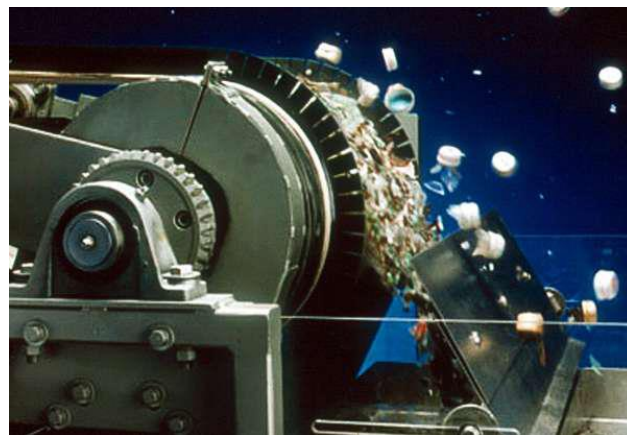


Figura 44 – Separador Foucault

### 3.5.2.6 Peneira vibratória (tipo Flip-flop)

**Esse equipamento separa o material de maior granulometria - geralmente maior do que 40mm – que é enviado a um separador óptico**. Trata-se de uma esteira inclinada em que as peneiras que a compõem estão geralmente sobrepostas e realizam **movimentos oscilatórios e vibratórios**, de forma a permitir maior tempo

de permanência na peneira e promover a separação de materiais que estejam agregados. As figuras a seguir ilustram esse sistema.

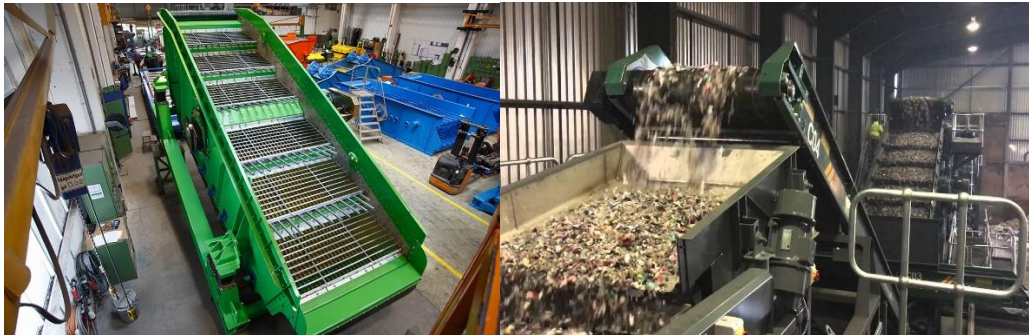


Figura 45 –Peneiras do tipo “Flip-Flop”.

### 3.5.2.7 Separador Raio X (XRaY) – Remoção de vidros por sistema de cascata

Um dos principais materiais impróprios presentes na linha de orgânicos são os materiais que se rompem nas etapas anteriores, como por exemplo o vidro. Uma tecnologia com alto rendimento na separação destes materiais são os Separadores de Raio X. Estes equipamentos usam os sensores com tecnologia de câmera de raios-X que **detectam materiais de baixas granulometrias (geralmente > 0,8mm), possibilitando a identificação de inertes (geralmente vidros) de acordo com a densidade atômica**, independentemente de sua superfície. Vale ressaltar que um dos grandes **problemas de sistemas contínuos de tratamento da fração orgânica é a presença de vidros, que decantam nos reatores criando zonas mortas e dificultando ou impossibilitando os sistemas de agitação.**

As figuras a seguir ilustram esse sistema:

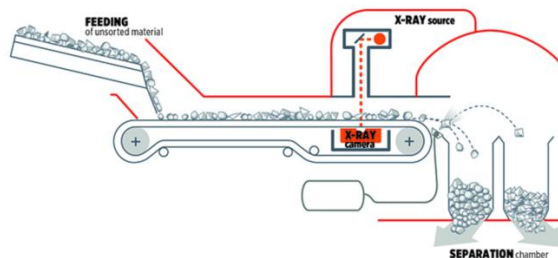


Figura 46 – Vista geral do equipamento (esquerda) e princípio de funcionamento (direita).



**Recomenda-se a instalação deste equipamento para garantir a qualidade do composto orgânico gerado.**

#### 3.5.2.8 Visão geral quanto à linha de finos

Quanto maior for o requerimento de pureza do material para o sistema de estabilização biológica, mais etapas devem ser inseridas e maior o custo de implantação e de operação do subsistema. Por outro lado, uma vez que o **material orgânico se encontra úmido, todo processo de separação é limitado, sendo que, além de não possibilitar uma boa pureza, parte do orgânico é perdido juntamente com a remoção dos impróprios.**

Tanto do ponto de vista de eficiência técnica quanto econômica, a **separação no material estabilizado é mais efetiva, uma vez que ele se encontra com uma menor concentração de umidade e em menor volume.** Como a tecnologia de estabilização biológica a ser utilizada é o **sistema extra-seco de metanização, onde não há o requerimento de se trabalhar com um material livre de impróprios,** definiu-se como estratégia a **utilização de sistemas convencionais de limpeza (separadores magnéticos e peneira vibratória,** sendo que a remoção final dos impróprios deverá ser realizada após a etapa de estabilização biológica.

As figuras a seguir ilustram distintas qualidades da fração dos finos.



Figura 47 – Esteira de transporte de fração fino (esquerda) e pátio de armazenagem da fração fino a ser submetida à estabilização biológica (direita).

#### 3.5.2.9 Linha intermediária

Essa fração corresponde a aproximadamente **30-40% da fração de entrada e nela está contida a maior parte dos materiais com valor de mercado para a reciclagem**. Assim, este material deverá ser segregado em 2D e 3D para posterior envio aos galpões das cooperativas de catadores.

#### 3.5.2.10 Separador Balístico

Geralmente a primeira etapa de segregação dos materiais intermediários consiste na utilização de separadores balísticos. Esses equipamentos separam os materiais **em três diferentes fluxos: Fração dos finos, fração dos rolantes (3D) e fração dos planares (2D)**.

Recomenda-se a instalação de uma **cabine prévia de triagem para remoção de alguns materiais que possam interferir na eficiência deste equipamento, como por exemplo os tecidos**, que são enrolados e caem para a fração 3D, sendo posteriormente desenrolados e prejudicando o funcionamento de equipamentos subsequentes.

O processo de separação balística contempla pás de movimentos oscilatórios de inclinação positiva (podendo ser ajustável) e possuem uma **malha de peneiramento**

**(fração dos finos), uma saída na parte inferior (fração dos rolantes) e uma saída na parte superior (fração dos planares).**

De forma a realizar um ajuste fino com o resíduo local, adaptando o equipamento ao tipo de material a ser tratado, é recomendável que a inclinação possa ser ajustada hidraulicamente e a malha de peneiramento trocada por outra de granulometria distinta. A seguir as diferentes frações separadas pelo Separador Balístico:

- **Fração dos finos:** É a fração constituída por materiais pequenos, grande parte da matéria orgânica (e também tampas de embalagens, papel picado, cacos de vidro, etc.) que passam através da malha de tamanhos pré-determinados para os separadores balísticos. **Os separadores descarregam os finos nas esteiras dos balísticos e são direcionados às esteiras iniciais da fração dos finos,** de forma a possibilitar a remoção de parte do material inorgânico presente.

- **Fração Rolantes (3D):** É a fração de materiais rígidos que rola para trás no sentido contrário ao da inclinação das pás (**garrafas, caixas de leite e suco, latas, materiais rígidos em geral**). O material 3D cai nas esteiras de coleta de fração 3D.

- **Fração Planares (2D):** É a fração com materiais planos e ou largos e mais maleáveis (**filme plástico, papel, papelão, sacos, roupas, etc**). Esses materiais são transportados para a parte superior das pás no sentido positivo da inclinação. Os planares dos balísticos **caem por calhas até as esteiras de aceleração,** respectivamente. **O material não recuperado na linha 2D deve se juntar com o transbordo do trommel ou peneira de discos para envio aos galpões das cooperativas de catadores.**

Dessa forma, a fração de finos do separador balístico é direcionada à fração de finos da segunda etapa de segregação e passa pelos mesmos equipamentos descritos anteriormente. As linhas 2D e 3D são destinadas à linhas específicas, resumidas a seguir:

Esta fração é composta majoritariamente por materiais tridimensionais, ou seja, **garrafas, latas, ECALs (embalagens de cartão para alimentos líquidos), etc. É nessa fração que está contida a maior parte do material de alto valor agregado.**

Esta fração deverá ser direcionada aos galpões das cooperativas de catadores através de esteiras.

A linha 2D é composta **basicamente de plásticos filme, papéis, papelão, tecidos, entre outros**. Nessa linha são instalados basicamente separadores ópticos para segregação de plásticos filme de determinada composição, seguido de cabines de triagem para segregação de papelão e outros materiais desejados. O material não segregado é utilizado para geração (caso seja produzido) de CDR da instalação, uma vez que nessa linha estão presentes os materiais de alto poder calorífico que não possuem bom preço de mercado de recicláveis, como tecidos, madeira e plásticos filmes.

**Esta fração deverá ser direcionada aos galpões das cooperativas de catadores através de esteiras.**

### **3.6. Processos de Tratamento Biológico e Geração de Biogás**

Basicamente o sistema de estabilização biológica pode ocorrer de duas formas.

- Sistema biológico aeróbico
- Sistema biológico anaeróbico

Ambos os sistemas utilizam microrganismos para oxidar o carbono e, com isso, reduz a relação C:N, estabilizando a matéria orgânica e volatilizando o carbono. Os sistemas aeróbicos requerem oxigênio para a estabilização. Assim, sistemas de grande escala otimizam a aeração do material e conseqüentemente reduzem o tempo de detenção do mesmo. Em todos os processos há dependência de **equipamentos que consomem energia – revolvedores de leira e/ou blowers de insuflamento de ar**. Dessa forma, para **grandes instalações, esse tipo de tecnologia consome considerável quantidade de energia, sendo que, apesar de possuírem um menor custo de implantação, o custo operacional tende a ser considerável**.

Já os **sistemas anaeróbicos** utilizam microrganismos que degradam a matéria orgânica, sendo **o carbono transferido à fase gasosa na forma de metano e dióxido de carbono**. O metano, principal constituinte do gás natural, pode ser utilizado como biocombustível. Assim, além do composto gerado (denominado digestato e que ainda requer uma etapa final de maturação), há a geração de biocombustível e redução mais acentuada de emissões de gases do efeito estufa (GEE). Além disso, **por ser um sistema completamente hermético, a emissão de odores é bastante reduzida**.

Para as UTMBs do Distrito Federal foi determinado o sistema anaeróbico para a etapa de estabilização biológica, devido principalmente aos seguintes fatores:

- i) Balanço energético positivo;
- ii) Potencializa a redução das emissões de GEE;
- iii) Geração de biometano;
- iv) Menor emissão de odores;

Existem basicamente três rotas tecnológicas para a metanização da matéria orgânica dos resíduos recuperada (MOR) nas plantas de pré-tratamento:

- i) Sistema Úmido;
- ii) Sistema Seco;
- iii) Sistema Extra-Seco.

O **sistema úmido** baseia-se em reatores anaeróbicos em sistema contínuo com tecnologia similar aos utilizados no tratamento de esgoto ou efluentes agrícolas. Dessa forma, **a MOR passa por um processo de hidratação e trituração, transformando-se em uma “sopa”,** que é então introduzida no reator para a estabilização. **Com um complexo sistema de pré-tratamento adicional para remoção dos materiais indesejados da MOR (plásticos, vidros, etc) e para trituração e introdução de líquidos (gradeamentos, desaeradores, pulpers, etc), há considerável complexidade e demanda energética e de água nessa etapa.** Por outro lado, após o processo de metanização, o digestato, que se encontra em estado líquido, ou é **comercializado como biofertilizante líquido (o que em centros**

**urbanos é praticamente impossível devido à logística** – contém aproximadamente 95% de umidade) ou necessita passar por um processo de tratamento de efluentes. **Por essas razões, atualmente esse sistema não é amplamente aplicado em plantas de TMB.**

**O sistema seco baseia-se na não utilização de água para diluir a MOR.** O material é misturado com o digestato (para criação de um lodo bombeável) e introduzido nos reatores de metanização em sistema contínuo. O grande diferencial desse tipo de tecnologia é a **simplicidade do pré-tratamento (basicamente apenas um sistema de mistura de digestato e MOR e uma bomba do tipo pistão para introdução do material nos digestores)** e geração de um digestato com uma maior concentração de sólidos que o sistema úmido (aproximadamente 15-20% contra 5-10% de sólidos totais). Isso resulta em uma menor demanda energética da instalação, menor complexidade operacional e menor taxa de geração de digestato.

Por outro lado, **dificulta-se a remoção de impróprios antes do sistema de metanização**, sendo que a MOR introduzida geralmente está contaminada, o que prejudica a estabilidade do reator, seja pela criação de zonas sedimentáveis (pedras, vidros, etc), **fixação nos sistemas de mistura, formação de capas flotantes, e outros problemas operacionais.** E, ao final do processo, o digestato não se encontra em estado sólido e sim na forma de um lodo. Com isso, **são necessários sistemas de desaguamento** (separação sólido-líquido), compostos basicamente de prensas e centrífugas, acarretando, além de uma **complexidade operacional, em uma demanda energética importante.**

O material sólido resultante da separação é enviado a sistemas de compostagem/biosecação e o material líquido ou é comercializado na forma de **biofertilizante líquido (o que é dificultado em centros urbanos)** ou é destinado a uma estação de tratamento de efluentes. **Devido a esses fatores, a maioria das instalações que utilizam o sistema seco opta por tratar apenas resíduos orgânicos segregados na fonte, de forma a minimizar problemas operacionais.**

A última geração de sistemas anaeróbicos denomina-se **sistemas extra-secos ou secos em descontínuo.** Essa tecnologia foi derivada da tecnologia de compostagem

em túneis. Resumidamente, a tecnologia consiste em um sistema de batelada sequencial, onde a **MOR resultante do sistema de pré-tratamento é coletada e introduzida por pás carregadeiras em câmaras denominadas garagens ou túneis.** Há uma porta hermética em cada túnel onde o material depositado permanece por aproximadamente **30 dias**. Com o auxílio de alguns subsistemas que serão descritos posteriormente, ocorre a estabilização parcial da matéria orgânica. Após esse período, a porta é aberta e o material removido também por uma pá carregadeira e levado a um sistema de compostagem/biosecação.

Os grandes diferenciais desse tipo de tecnologia são a **simplicidade operacional, robustez do sistema, possibilidade de operação com material contendo impróprios, baixa demanda energética, mínima geração de biofertilizante líquido e menor custo de implantação e operação frente às tecnologias úmida e seca.** A **principal desvantagem desse sistema é sua horizontalidade,** demandando uma área maior para a estabilização e menor taxa de geração de biogás por tonelada de resíduo tratado. **Por outro lado, requer menor área para pré e pós-tratamento, não requer área para a construção de uma estação de efluentes e, como a demanda energética do sistema é menor frente aos sistemas seco e úmido, o balanço energético tende a ser similar.**

A tabela a seguir compara as três tecnologias com potencial de utilização na estabilização anaeróbia da MOR.

Tabela 4 - Comparação dos processos biológicos de estabilização anaeróbia pelas vias úmida, seca e extra-seca (-- desfavorável; - levemente desfavorável; o indiferente; + levemente favorável; ++ altamente favorável)

Critério	Via úmida	Via seca	Via extra-seca
Complexidade dos equipamentos	--	o	+
•Pré-tratamento	-	o	++
•Desaguamento			
Instabilidade dos reatores	o	o	+
Disponibilidade da planta	o	o	+
Desgaste / manutenção	o	o	+
Sedimentação / Acúmulo Impróprios	o	-	++
Demanda de área	o	+	-
Água excedente	-	o	++
Produtividade de metano	o	o	-
Facilidade de operação	-	o	+
Custos de Investimento	-	o	+
Custos de operação	-	o	+
*Depende das receitas de venda de energia		o	+

**Fonte:** Adaptado de Center for Research, Education and Demonstration on Waste Management (CREED) & Technische Universität Braunschweig.

**Desta forma a modelagem técnica econômico e financeira baseou-se em sistemas secos e extra-secos, uma vez este tipo de tecnologia tem como principais benefícios a possibilidade de se operar com uma maior taxa de impróprios e pela reduzida geração de digestato líquido, que implica em uma logística de aplicação complexa para o Distrito Federal.**

O sistema de metanização tipo garagem se caracteriza por sua construção em forma de túneis, ou garagens, **operando em bateladas sequenciais**, ou seja, os túneis são sequencialmente abertos, esvaziados e alimentados com MOR. Os reatores são dispostos na horizontal, de formato retangular, construídos geralmente em concreto armado. O sistema de alimentação e extração é realizado por pá carregadeira, e o resíduo permanece no interior do reator pelo período total de metanização.

Como sistema auxiliar, realiza-se a recirculação do lixiviado, que é direcionado a um reator de líquido para posterior reintrodução no processo, via aspersão no material em digestão. No interior dos túneis de metanização **não existe sistema de agitação, sendo o processo otimizado com a recirculação do lixiviado.**

Terminado o processo de metanização, ar ambiente é injetado no túnel reator de forma a eliminar o metano presente, minimizando riscos de explosão durante a abertura do reator para a retirada do material digerido. **Após a extração, o material digerido é encaminhado para maturação, onde o processo de estabilização é finalizado. O grande diferencial do sistema é a possibilidade de utilização de resíduo com elevado teor de impróprios (plásticos, vidros, madeira pedras e outros).** Devido ao fato de o reator ser continuamente aberto para remoção do material digerido, **não há possibilidade de acúmulo de impróprios no seu interior**, fato que ocorre com frequência nas tecnologias úmidas e secas e que prejudica seu funcionamento.

As figuras a seguir resumem o sistema extra-seco, com destaque para os componentes:



1) porta hermética; 2) substrato (resíduo orgânico); 3) drenagem do líquido lixiviado; 4) sistema de recirculação de lixiviado/aspersão de inóculo; 5) reator anaeróbico de mistura completa (CSTR) para estabilização do lixiviado e produção de inóculo (UPI); 6) aproveitamento energético do biogás;

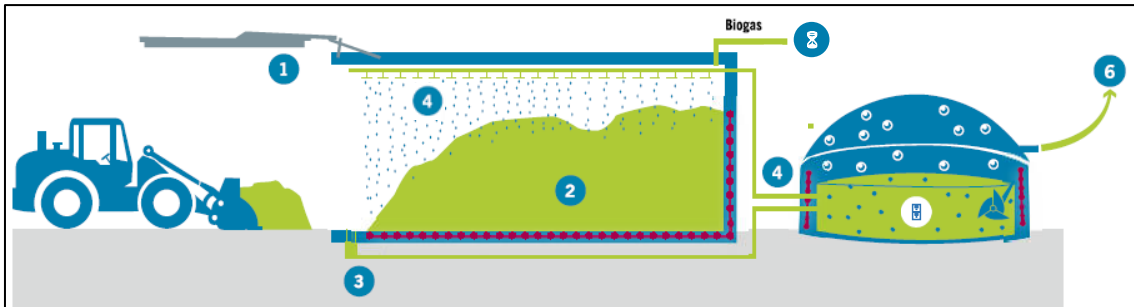


Figura 48 - Configuração básica de um sistema de metanização extra-seco, em túneis.

As figuras a seguir exemplificam um fluxograma resumido de um sistema extra-seco e um layout geral do sistema.

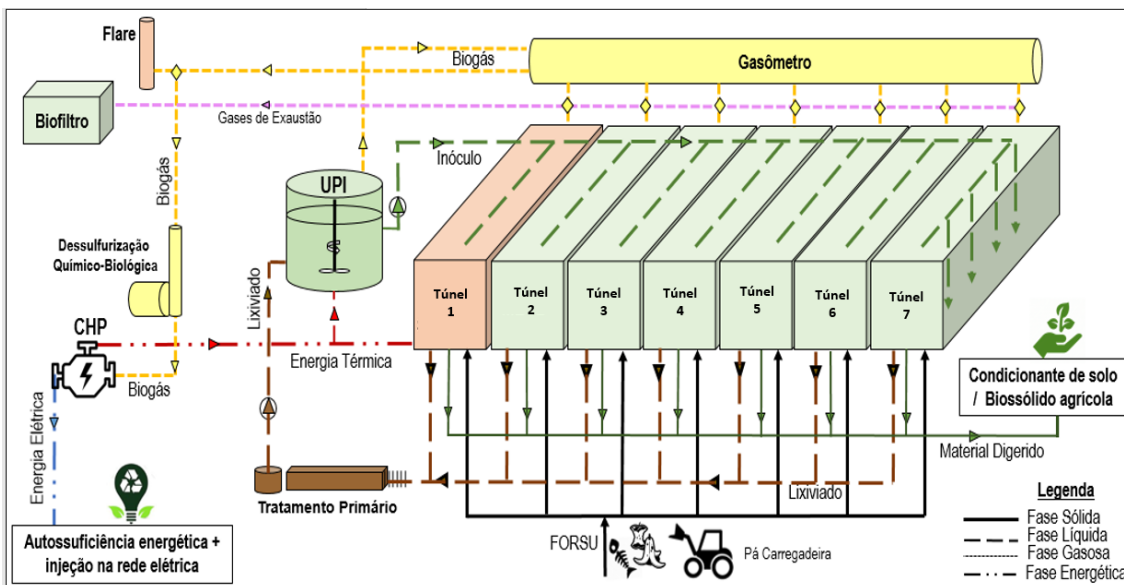


Figura 49 – Fluxograma resumido de uma unidade de metanização extra-seca.

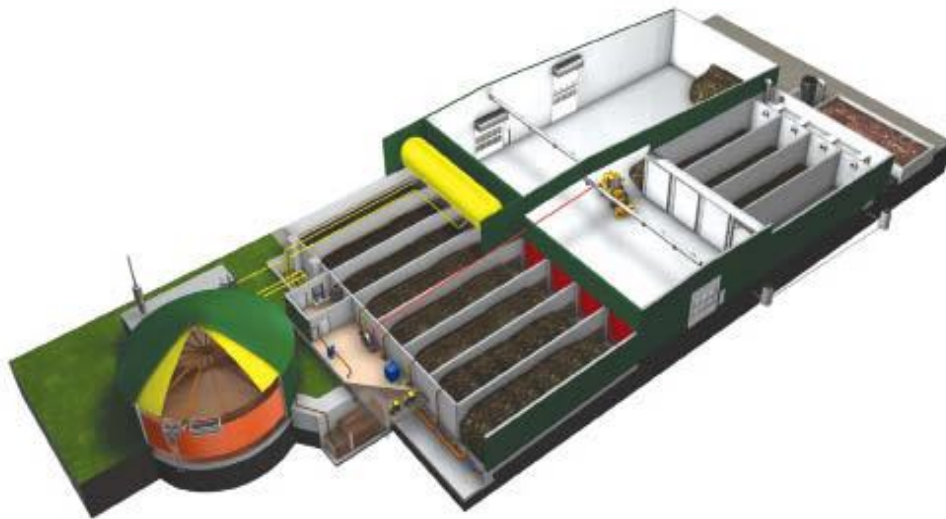


Figura 50 – Visão geral da instalação.

**O tempo de batelada requerido para o tratamento da MOR é de aproximadamente 30 dias, a depender das estratégias operacionais adotadas.**

Ao longo do processo de metanização ocorre a formação de biogás, cuja vazão e teor de metano variam ao longo do tempo de batelada.

A depender da configuração de processo, é possível controlar as condições ambientais internas do reator, tais como umidade, temperatura e pH. O monitoramento e controle desses parâmetros são fundamentais para assegurar a estabilidade das reações bioquímicas e de transferência de massa e, assim, a eficiência de tratamento e de produção de metano.

O processo que ocorre na planta de metanização é dividido em 4 etapas principais:

- Introdução;
- Aeração;
- Metanização;
- Encerramento do processo de geração de biogás e esvaziamento dos túneis;
- Pós-tratamento do digestato.

As etapas do processo são apresentadas a seguir, juntamente com as respectivas matérias-primas e produtos gerados em cada fase.

### 3.6.1 Etapa 1 – Introdução

A MOR é direcionada a um pátio de recepção de matéria orgânica localizado na parte frontal dos túneis de metanização. **Na etapa de introdução, a porta do túnel é aberta**

**para que o ar atmosférico entre, enquanto o ar do interior do túnel é direcionado aos biofiltros por meio de sistema de exaustão; com isso, a renovação do ar é garantida.** A MOR recebida é então inserida no túnel com o auxílio de pá carregadeira. A porta do túnel é fechada, encerrando a etapa. Cada batelada é realizada de maneira sequencial, sendo que o material permanece por um período de 30 dias ininterruptos dentro do túnel.

**As portas dos túneis de metanização possuem sistema de vedação adequado que garante a estanqueidade do sistema,** impedindo a entrada de ar atmosférico, vazamentos de biogás e líquido percolado do processo.

De uma maneira geral, a altura máxima da leira de MOR é de aproximadamente três metros.

### 3.6.2 Etapa 2 – Aeração

Inicia-se a injeção de **ar atmosférico pela base do túnel para promover o incremento da temperatura do substrato para 55°C.** A injeção de oxigênio resulta no **auto-aquecimento da pilha de resíduos no interior dos túneis, promovido através das reações exotérmicas de microrganismos aeróbicos.** Após atingir a temperatura desejada, a injeção de ar é interrompida e o excesso de ar é direcionado aos biofiltros pelo sistema de exaustão, encerrando a etapa.

### 3.6.3 Etapa 3 - Metanização

Inicia-se a **aspersão de inóculo** (solução oriunda da unidade produtora de inóculo (UPI) composta por microrganismos) pela parte superior de cada túnel, com objetivo de **otimizar a degradação da matéria orgânica contida nos túneis e, conseqüentemente, aumentar a taxa de geração de biogás.** Paralelamente, inicia-se a coleta do excesso de lixiviado (parte líquida do substrato composta por água, matéria-orgânica e microrganismos), através do sistema de drenagem do piso dos túneis. Todo lixiviado coletado passa por um sistema de tratamento preliminar (para remoção de sólidos grosseiros e areia) e então é bombeado para a UPI. Dessa forma, estabelece-se um ciclo de recirculação de líquido entre os túneis e a UPI.

**A UPI também é um processo de anaeróbico de tratamento e, conseqüentemente, também gera biogás,** que é temporariamente acumulado em

um gasômetro na parte superior do túnel (o mesmo utilizado para o armazenamento do biogás gerado pelos túneis).

**Todo biogás gerado, rico em metano, será direcionado para o sistema de tratamento e purificação de biogás e geração de biometano.**

De uma maneira geral, a produtividade de biogás nessa etapa varia entre 90 e 120Nm<sup>3</sup> por tonelada de resíduo tratado com uma concentração média de 55% de metano.

#### 3.6.4 Etapa 4 –Encerramento do Processo de Geração de Biogás e esvaziamento dos túneis

Encerrada a etapa anterior, **é injetado ar ambiente no túnel para encerramento do processo de produção de biogás, de modo a possibilitar a abertura segura do túnel para a retirada do material digerido.** A remoção do material digerido é realizada com o auxílio da mesma pá carregadeira utilizada na introdução da MOR. Direciona-se o ar ambiente do túnel ao biofiltro a fim de remover o odor antes do lançamento na atmosfera. Essa etapa é encerrada quando todo o material é removido do interior do túnel.

**O biossólido retirado do túnel de metanização, também denominado digestato,** requer um pós-tratamento anaeróbico para sua estabilização e deve ser enviado a um sistema de maturação, descrito posteriormente.

**A conversão para biometano é em função da quantidade de metano produzida. Dessa forma, considerando que cada tonelada de MOR produza 100Nm<sup>3</sup> de biogás com 55% de metano.**

**Considerando que a Resolução Normativa n° 8 de 2015 da ANP estabelece que a concentração de metano no biometano no Brasil seja de 90%, cada tonelada de MOR tem o potencial de gerar 61 Nm<sup>3</sup> de biometano (sem considerar rendimentos e perdas). Considerando que o PCI do biometano é de aproximadamente 90% do Diesel, cada tonelada de MOR tem o potencial de geração de 55 litros de diesel equivalente.**

As figuras a seguir ilustram sistemas de tratamento anaeróbico utilizando tecnologia de metanização extrasseca.



Figura 51 – Portas dos túneis de metanização.



Figura 52 – Detalhe do interior do túnel.

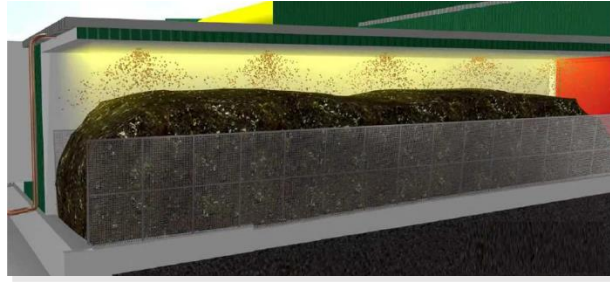


Figura 53 – Detalhe inoculação material no interior do túnel.



Figura 54 – Detalhes tubulações de biogás e exaustão.



Figura 55 – Material de entrada (direita) e saída (esquerda).

### 3.6.5 Pós-tratamento do digestato

A tecnologia de pós-tratamento (maturação/secagem) do digestato proposta é o sistema de **leiras cobertas com membranas semi-permeáveis**. Essa tecnologia foi proposta para as UTMBs do Distrito Federal devido, principalmente, à preocupação com odores (requerimento de se realizar um sistema fechado), o

espaço limitado (necessário otimizar o tempo de detenção), a simplicidade operacional (redução de custos de operação e não prejudicar o fator de capacidade da instalação) e, sobretudo, as vantagens do sistema, que vem se popularizando em diversos países do mundo devido, principalmente a:

- Sistema "in-vessel" (sistema fechado/encapsulado) – de uma maneira geral os sistemas são denominados CASP (Covered Aerated Static Piles) ou CACS (Covered Aerated Channels Systems);
- Contenção de odores pelas membranas (aproximadamente 95% do odor é retido nas membranas);
- Propicia uma atmosfera salubre aos operários (poros da membrana são menores que o diâmetro de germes) – contenção de bioaerossóis;
- Baixa produção de lixiviados devido ao rápido incremento da temperatura;
- Sistema de coleta e reuso do lixiviado para umidificação das leiras;
- Baixo consumo energético;
- Baixa geração de ruídos;
- Baixo tempo de detenção;
- Baixa demanda de ar (a membrana cria uma bolsa de ar e retém o mesmo);
- Sistema totalmente automatizado;
- Baixo custo operacional;
- Simplicidade operacional.
- Possibilidade de modificar o sistema para realização de compostagem ou biosecagem do material.

O sistema constitui-se pela formação de uma leira em trincheiras de até 10 metros de largura, 2,5 metros de altura e até 50 metros de comprimento. Sob o piso ou em uma tubulação inserida sob o concreto, há injeção de ar na parte inferior de forma a permitir a aeração da leira. Uma tecnologia utiliza um revolvedor de leiras para auxiliar na aeração da massa de resíduos.

Cada leira deve ter uma parede de concreto nas laterais e ao fundo, de forma a permitir a instalação da membrana e propiciar uma economia de espaço, uma vez que a leira forma uma superfície retangular e não piramidal. Tubos de aeração estão sob

cada leira, que servem como dutos para fornecer ar para a leira e para coletar líquidos percolados.

Geralmente cada leira possui um ventilador para fornecer ar para o material em maturação através dos tubos de aeração.

0

As figuras a seguir ilustram o sistema proposto.

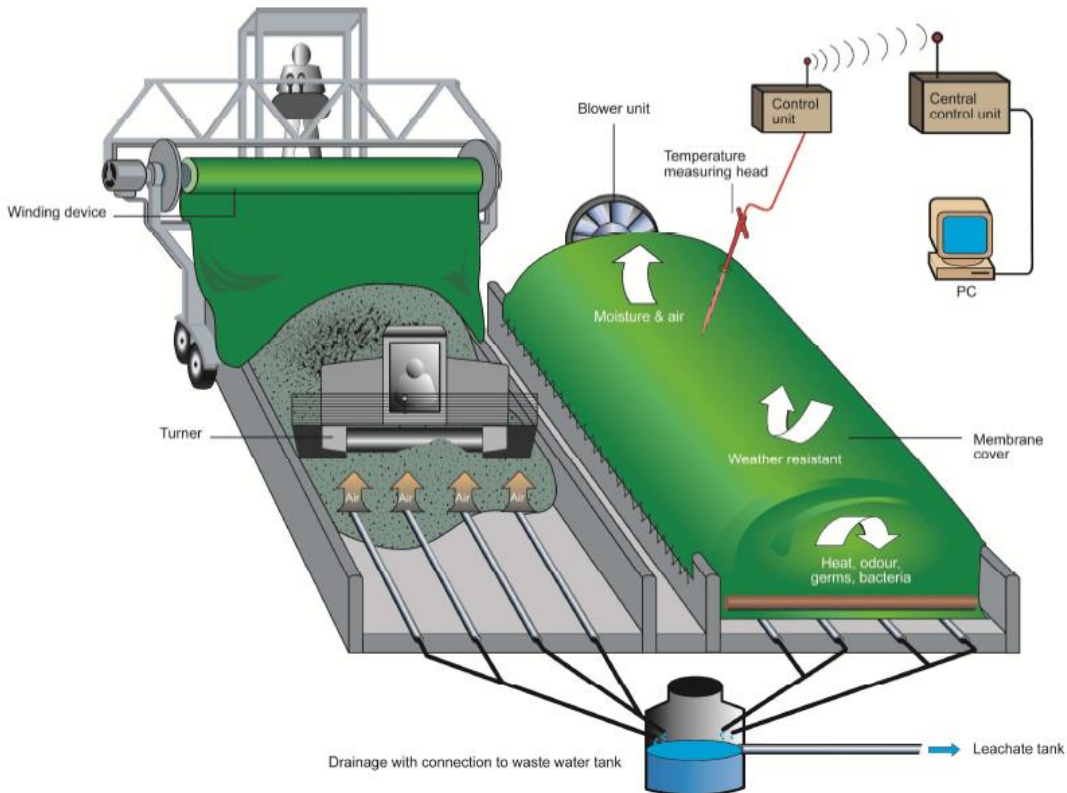


Figura 56 – Sistema com membranas. Utilização de revolvedor de leiras (esquerda) e aeração com blower (direita).

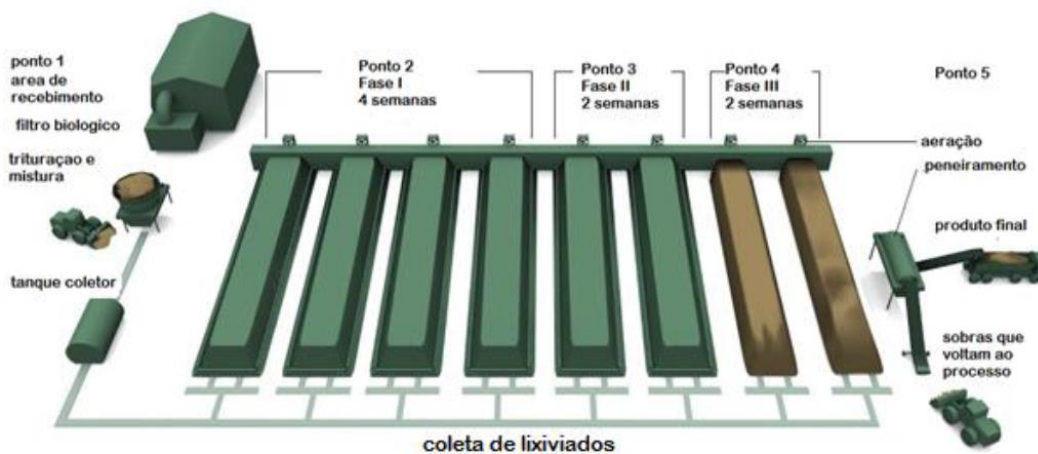




Figura 57 – Esquema geral de um sistema de membranas.

A membrana controla a permeabilidade do ar e a extração de umidade durante a maturação, impedindo que o processo de compostagem seque o material ou que o mesmo permaneça molhado. **A membrana permite uma distribuição uniforme de ar através de todo o volume de material, garantindo assim que as temperaturas sejam atingidas homoganeamente em toda a leira.** O efeito isolador da cobertura e a pressurização do sistema assegura uma distribuição uniforme da temperatura, logo a obtenção da **temperatura necessária para higienização (*Process To Further Reduce Pathogens - PFRP*) do material em toda a leira pode ser assegurada.** A estrutura microporosa da membrana reduz significativamente a saída de microrganismos pela parede da membrana (alguns fabricantes fornecem estudos de testes microbiológicos que aprovam que os microrganismos podem ser reduzidos em até 99%, garantindo assim a segurança e saúde ocupacional dos trabalhadores.

Quanto à contenção de odores, a maior parte desses gases é solúvel em água. O laminado trabalha contra substâncias gasosas que escapam do material em maturação como uma barreira de difusão. Um fino filme de água condensada se desenvolve na parte interna da membrana durante o processo de maturação e retém odores e outras substâncias gasosas. Ou seja, os gases solubilizam na água e retornam para a leira e continuam o processo de quebra das moléculas pelo processo de maturação. Isso resulta na **redução considerável no fluxo total de emissões, inclusive de dióxido de carbono, reduzindo as emissões de gases do efeito estufa.**

O percolato é coletado embaixo das leiras e direcionado através de tubulação para uma caixa de armazenagem para umidificação das leiras.

**A demanda de energia do sistema é de aproximadamente 2 kW por tonelada tratada.**

As figuras a seguir ilustram os subsistemas.

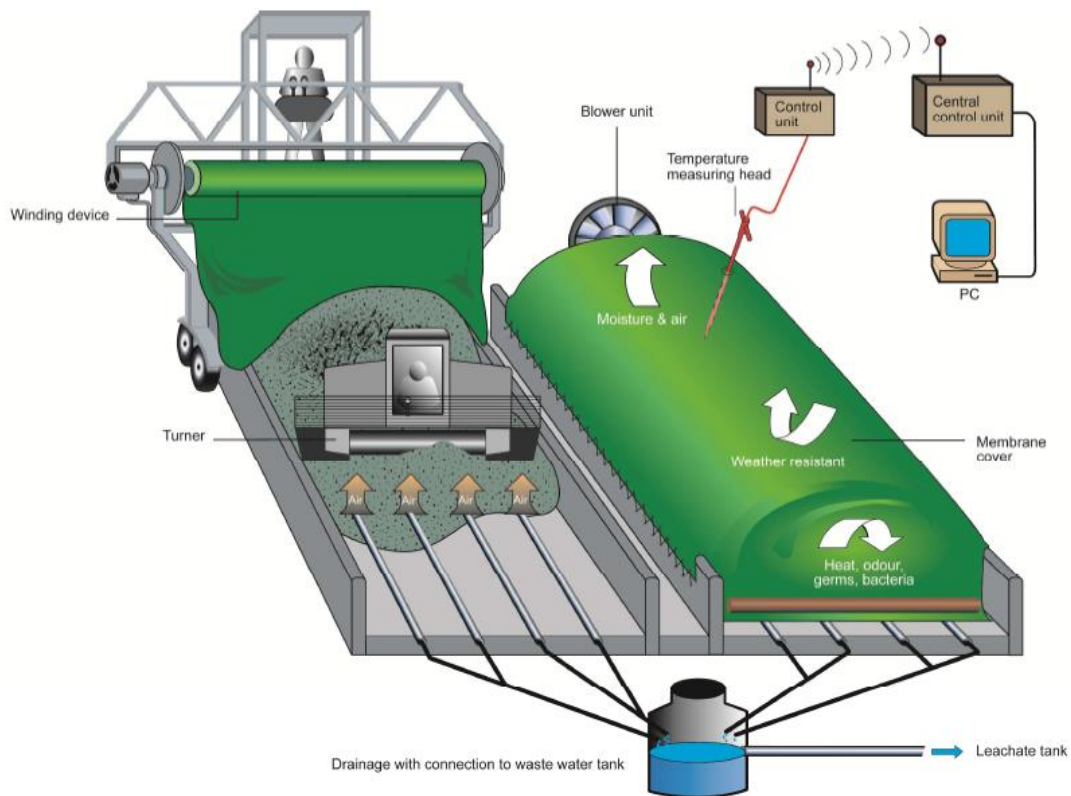


Figura 58 – Esquema geral de um sistema com membranas. Utilização de revolvente de leiras (esquerda) e aeração com blower (direita).



Figura 59 – Vistas do sistema de membranas. Corredor entre trincheiras (esquerda), encapsulamento da leira (meio), controle online (direita).



Figura 60 – Detalhe do sistema de aeração do sistema.

### 3.6.6 Aproveitamento do biogás

O biogás é uma mistura de gases gerados durante a estabilização anaeróbia da matéria orgânica. Sua composição é variável, dependendo do tipo e concentração da matéria orgânica a ser digerida, das condições físico-químicas no interior do digestor (pH, alcalinidade, temperatura) e da presença de outros ânions, como o sulfato e o nitrato.

A viabilidade do uso energético do biogás gerado em sistemas anaeróbios depende diretamente da eficiência de processos de condicionamento deste biogás, de forma a reduzir e/ou eliminar compostos indesejáveis de acordo com a utilização desejada (geração de eletricidade, calor, biometano, etc) e tecnologia requerida (PSA, membranas, water scrubber, etc).

O biogás gerado da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos por **sistemas extra-secos** é um gás saturado em água e possui uma concentração de metano média entre **55 e 65%**, CO<sub>2</sub> entre 35 e 45% e H<sub>2</sub>S entre 2.000 – 2.500ppmV. Possui também traços de outros gases, como compostos orgânicos voláteis, nitrogênio, dentre outros. Não há uma concentração de siloxanos que requeira um sistema específico de remoção deste composto químico.

**O aproveitamento do biogás deverá ser através da geração de biometano. Deverão ser adotadas tecnologias de primeira linha, ou seja, que garantam a maior eficiência de conversão do biogás nos produtos acima estipulados.**

Como o processo ocorre em bateladas sequenciais, onde as etapas do processo de metanização ocorrem de maneira sequencial em cada reator, para o maior aproveitamento do biogás, é recomendado que o mesmo seja armazenado em um **gasômetro, de forma a “homogeneizar” o gás gerado em diferentes vazões e concentrações.**

**O gasômetro deverá prioritariamente ser instalado na parte superior dos túneis de forma a otimizar área requerida com um volume mínimo de armazenagem de 3 horas da geração total de biogás.**

O biogás deverá então ser direcionado a um **sistema de condicionamento de forma a tornar o biogás apto para utilização energética.** A aplicação efetiva do tratamento anaeróbio visando à geração de biometano depende diretamente da eficiência de processos de limpeza do biogás, de forma a reduzir e/ou eliminar compostos indesejáveis ao biometano. Entre as principais impurezas que demandam remoção estão o sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ), água ( $H_2O_{\text{vapor}}$ ) e de material particulado e o  $CO_2$ . Basicamente o biogás deverá ser submetido a um sistema de remoção de  $H_2S$  e umidade para posterior remoção do  $CO_2$ .

As tabelas a seguir resumem os principais sistemas de remoção de  $H_2S$ , vantagens, desvantagens.

Tabela 5 - Principais características e análise comparativa dos principais métodos de controle do sulfeto de hidrogênio

Rota tecnológica	Principais características	Vantagens	Desvantagens
Adsorção	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Refere-se ao processo em que as moléculas entram em contato com a superfície de um adsorvente sólido e se ligam via forças moleculares fracas. A superfície de um adsorvente inclui todas as áreas acessíveis e pode, portanto, ser extensiva a sólidos que incorporam uma rede interna de poros, incluindo aqueles com diâmetros de dimensões moleculares</li> <li>– Um tratamento típico por adsorção consiste em uma coluna vertical, empacotada com meios suportes estáticos de material granular. O carvão ativado é o adsorvente mais comumente utilizado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Custos de capital moderados</li> <li>– Mecanicamente simples</li> <li>– Ocupam pequena área (devido ao baixo tempo de retenção)</li> <li>– Estável e de desempenho elevado e confiável</li> <li>– Pode remover seletivamente H<sub>2</sub>S quando combinado com um adsorvente com afinidade pelo H<sub>2</sub>S (ex. carvão ativado)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Os poluentes são transferidos para uma nova fase ao invés de serem destruídos</li> <li>– Custos operacionais muito elevados (substituição/regeneração do carvão ativado)</li> <li>– Vida útil do carvão ativado reduzida pela umidade do gás</li> <li>– Gera corrente secundária de resíduo (carvão não regenerável)</li> <li>– Perda de carga mediana</li> <li>– Somente aplicável para baixas cargas de contaminantes (para permitir vida útil aceitável para o carvão ativado)</li> <li>– Pode ser um problema para a remoção seletiva de H<sub>2</sub>S e recuperação de metano como biocombustível, uma vez que hidrocarbonetos são apenas ligeiramente polares e, portanto, são preferencialmente adsorvidos antes dos compostos polares, como o H<sub>2</sub>S.</li> </ul>
Absorção (Lavador com água)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Refere-se à transferência do H<sub>2</sub>S presente no biogás para uma fase líquida não-volátil. Diferentemente dos lavadores químicos, água limpa é usualmente utilizada como líquido de lavagem, sem a adição de produtos químicos. As colunas empacotadas são projetadas de maneira similar aos lavadores químicos, objetivando a promoção de grande área interfacial entre o gás poluente e o adsorvente (água). A fase líquida contaminada resultante é usualmente tratada biologicamente e recirculada para o lavador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Custos de capital moderados</li> <li>– Custos operacionais moderados</li> <li>– Fácil operação</li> <li>– Podem operar com a presença de material particulado na corrente gasosa</li> <li>– Ocupam área relativamente pequena</li> <li>– Tecnologia comprovada e estabelecida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– O H<sub>2</sub>S é transferido para uma nova fase ao invés de serem destruídos.</li> <li>– Somente aplicável para correntes gasosas moderadamente contaminadas</li> <li>– Não remove a maioria dos compostos orgânicos voláteis</li> </ul>
Lavador químico	<ul style="list-style-type: none"> <li>– O princípio básico de um lavador químico empacotado é a absorção do H<sub>2</sub>S presente na corrente gasosa, no líquido de lavagem. Isso é alcançado pelo intenso contato do biogás com a solução absorvente, no interior de uma coluna empacotada especialmente projetada para propiciar uma grande área interfacial. Produtos químicos são adicionados à solução lavadora com o objetivo de incrementar a absorção e remoção do H<sub>2</sub>S.</li> <li>– Principais tipos: i) contracorrente, no qual ambas as correntes (gasosa e líquida) fluem verticalmente, a gasosa no modo ascendente e a líquida no modo descendente; ii) horizontal ou fluxo cruzado, no qual a corrente líquida flui verticalmente, enquanto a gasosa atravessa o meio suporte horizontalmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Custos de capital moderados</li> <li>– Podem operar com a presença de material particulado na corrente gasosa</li> <li>– Ocupam pequena área</li> <li>– Habilidade de suportar cargas variáveis</li> <li>– Tecnologia comprovada e estabelecida</li> <li>– Podem remover seletivamente o H<sub>2</sub>S presente no biogás, mas podem gerar halometano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Custos operacionais elevados</li> <li>– Desempenho reduzido pela formação de incrustações</li> <li>– Necessidade de sistemas complexos de alimentação de produtos químicos</li> <li>– Pode haver reação com o CO<sub>2</sub>, consumindo maior quantidade de compostos químicos</li> <li>– Requer produtos químicos tóxicos e perigosos</li> <li>– Possibilidade de arraste gasoso dos produtos químicos não utilizados</li> <li>– Manutenção elevada</li> <li>– Geração de halometanos</li> </ul>

Rota tecnológica	Principais características	Vantagens	Desvantagens
Oxidação catalítica (quelato férrico)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Trata-se de uma variante dos lavadores químicos, no qual é utilizado um catalisador seletivo para acelerar a reação entre H<sub>2</sub>S e O<sub>2</sub> para produzir enxofre.</li> <li>– O catalisador é regenerado e o enxofre é retirado na forma de uma lama, devendo ser disposto apropriadamente e/ou recuperado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Custos operacionais baixos</li> <li>– Pode remover H<sub>2</sub>S com elevada eficiência (&gt;99,9%).</li> <li>– Pode remover seletivamente o H<sub>2</sub>S presente nos gases de reatores anaeróbios.</li> <li>– Pode ser mais barato que a adsorção com carvão ativado granulado na faixa de concentração de 20 a 60 ppmv.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Custos de capital elevados</li> <li>– Pouca utilização em escala comercial de correntes gasosas de biogás</li> </ul>
Inibição química	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Refere-se a medidas de controle utilizadas para o controle do H<sub>2</sub>S presentes na fase líquida, antes que este seja liberado para a fase gasosa.</li> <li>– Produtos químicos são usualmente injetados no interior da corrente líquida visando interromper a produção do sulfeto ou reagir com este no líquido.</li> <li>– A prática mais usada é a adição de sais de ferro para propiciar a precipitação do sulfeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Custos de capital baixos</li> <li>– Elevada eficiência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Custos operacionais elevados</li> <li>– Controle de sulfeto em baixos níveis pode ser difícil</li> <li>– Aumenta a produção de lodo.</li> </ul>
Biofiltro	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Constituído de um único reator (absorção e a biodegradação ocorrem no mesmo reator) com biomassa e fase aquosa</li> <li>– O gás a ser tratado é forçado através de um meio suporte constituído de material natural (carvão, turfa, solo, cavaco de madeira, composto etc.) ou sintético, no qual microrganismos ficam aderidos na forma de um biofilme. Os compostos voláteis biodegradáveis são absorvidos pelo meio suporte e pelo biofilme, sendo biologicamente oxidados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Custos de capital moderados</li> <li>– Custos operacionais baixos</li> <li>– Aplicável para o tratamento de grandes vazões e baixas/médias concentrações H<sub>2</sub>S</li> <li>– Área superficial específica mais elevada que a dos biofiltros percoladores</li> <li>– Proporcionam a degradação de compostos menos solúveis em água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Critérios de projeto ainda em desenvolvimento</li> <li>– Apropriados somente para o tratamento de baixas/médias concentrações de H<sub>2</sub>S</li> <li>– Maior tempo de residência requerido frente a processos químicos.</li> <li>– Controle limitado das condições das reações (quando da inexistência de uma fase líquida)</li> <li>– Caminhos preferenciais da corrente gasosa podem ser um problema</li> <li>– Adaptação lenta a flutuações na concentração do H<sub>2</sub>S</li> <li>– Riscos de explosão devido à adição de oxigênio</li> <li>– Requer controle automatizado do processo</li> <li>– Degradação do meio suporte</li> </ul>
Dessulfuração biológica interna ao digestor	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Instalação de uma malha ou peneira no interior do reator anaeróbio para fixação dos microrganismos;</li> <li>– Remoção primária do sulfeto de hidrogênio; e</li> <li>– Injeção de 2 a 12% de ar no interior do digestor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Simplicidade operacional;</li> <li>– Baixo custo de implantação e operação;</li> <li>– Reduzido requisito energético;</li> <li>– Não emprega produtos químicos; e</li> <li>– Formação de enxofre elementar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Controlabilidade limitada do sistema;</li> <li>– Baixa eficiência para reduzir picos de concentração de H<sub>2</sub>S;</li> <li>– Acúmulo de O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> no fluxo gasoso; e</li> <li>– Necessidade de parada do sistema para limpeza periódica.</li> </ul>

Rota tecnológica	Principais características	Vantagens	Desvantagens
Biopercolador	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Constituído de um único reator (absorção e biodegradação ocorrem no mesmo reator) com biomassa imobilizada e fase aquosa móvel.</li> <li>– O gás a ser tratado é forçado através de uma coluna não submergida, preenchida com material de enchimento coberto por um biofilme ativo. No topo do material de enchimento, é feita a aspersão de uma fase líquida que é continuamente recirculada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Custos de capital baixos a moderados</li> <li>– Custos operacionais baixos</li> <li>– Projeto flexível</li> <li>– Adequado para correntes gasosas com concentrações moderadas de H<sub>2</sub>S</li> <li>– Possibilidade de adição de nutrientes e de controle de pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Critérios de projeto ainda em desenvolvimento.</li> <li>– Tempo de residência requerido superior aos processos químicos (a dissolução na fase líquida é a etapa limitante).</li> <li>– Controle operacional limitado</li> <li>– Caminhos preferenciais podem ser problema</li> <li>– Requerimento de automatizar o sistema devido aos riscos de explosão pela adição de oxigênio</li> </ul>
Biolavador	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Constituído de um lavador e de um biorreator (a absorção ocorre predominantemente no lavador enquanto a biodegradação ocorre no biorreator) com uma fase aquosa móvel. No biorreator há a predominância de biomassa suspensa.</li> <li>– O gás a ser tratado é forçado no sentido ascendente através do lavador, enquanto a fase líquida, retirada do biorreator, é distribuída sobre o topo do meio suporte contido na torre lavadora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bom controle das condições das reações (pH, nutrientes etc.)</li> <li>– Boa estabilidade operacional</li> <li>– Possibilidade de evitar acumulação de produtos</li> <li>– Ocupam menor área que os biofiltros</li> <li>– Baixa perda de pressão</li> <li>– Elevada transferência de massa</li> <li>– Adequado para correntes gasosas com elevadas concentrações de H<sub>2</sub>S</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Custos de capital elevados</li> <li>– Custos operacionais elevados</li> <li>– Perda de micro-organismos de crescimento lento</li> <li>– Períodos de paralisação de poucos dias são prejudiciais.</li> <li>– Produção de biomassa excedente.</li> <li>– Disposição final do lodo excedente.</li> <li>– Procedimento de partida complexo</li> </ul>

Tabela 6 - Análise comparativa dos principais métodos para controle de sulfeto de hidrogênio

Categoria	Método	Aspectos econômicos					Sustentabilidade	Confiabilidade	Simplicidade	Eficiência na remoção compostos de enxofre	Remoção de H <sub>2</sub> S em elevadas concentrações	Remoção seletiva de H <sub>2</sub> S
		Custo de implantação	Custos de operação e manutenção	Requisito de energia	Requisito de produtos químicos	Requisito de área						
Físico	Adsorção	++	+	+++ <sup>(*)</sup>	+	+++++	++	+++++	+++	+++++	+	+ /+++++
	Lavador com água	+++	+++	+++	+++++	++++	+++	++++	+++	+++	+	+
Químico	<b>Lavador químico</b>	+++	+	+++	+	+++++	+	+++++	++	+++++	+++++	+++
	<b>Oxidação catalítica</b>	++	+++	+++	++	+++++	+++	++++	++	+++++	++++	+++++
	Inibição química	+++++	++++	+++++	+	+++++	++	++	+++++	+++	+++	+
Biológico	<b>Biofiltro</b>	+++++	+++++	+++++	+++	+++	+++++	+++	+++	++++	+++	++++
	<b>Biopercolador</b>	+++	++++	+++++	++++	+++	++++	++++	+++	++++	++++	++++
	Biolavador	++	++	++	+++	+++++	++	+++++	++	++++	+++++	+
	Dessulfuração interna ao digestor	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	++	+++++	+	+	++++

+++++: mais favorável    +: menos favorável    +++++, +++, ++: níveis intermediários, em ordem crescente    + /+++++: variável de acordo com o tipo de processo, equipamento, variante ou projeto

(\*) Desconsiderado o consumo de energia para regeneração do adsorvente.

**Nota:** os campos métodos destacados em negrito e hachurados em cinza são os que reúnem aspectos mais favoráveis para a remoção seletiva de sulfeto de hidrogênio do biogás. Destes, o lavador químico apresenta custos mais elevados.



**Recomenda-se a utilização de um sistema biológico externo (biolavador) para remoção de H<sub>2</sub>S em função dos benefícios apresentados.**

### 3.6.7 Aproveitamento energético do biogás em sistemas de biometano

Segundo a Agência Nacional do Petróleo e Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), biometano biocombustível gasoso constituído essencialmente de metano, derivado da purificação do Biogás. Processos de purificação resumem-se a principalmente concentração do biogás para atender especificações estabelecidas. No Brasil, a Resolução ANP nº 685/2017 apresenta a especificação do biometano oriundo de resíduos sólidos urbanos, conforme apresentado na tabela a seguir:

Característica	Unidade	Limite (1)			Método			
		Norte	Nordeste	Centro-Oeste, Sudeste e Sul	NBR	ASTM D	ISO	NF
Poder Calorífico Superior	kJ/m <sup>3</sup>	34.000 a 38.400	35.000 a 43.000		15213	3588	6976	
	kWh/m <sup>3</sup>	9,47 a 10,67	9,72 a 11,94					
Índice de Wobbe	kJ/m <sup>3</sup>	40.500 a 45.000	46.500 a 53.500		15213		6976	
Metano, mín.	% mol.	90,0	90,0		14903	1945	6974	
Etano (2)	% mol.	anotar	anotar		14903	1945	6974	
Propano (2)	% mol.	anotar	anotar		14903	1945	6974	
Butanos e mais pesados (2)	% mol.	anotar	anotar		14903	1945	6974	
Oxigênio, máx.	% mol.	0,8	0,8		14903	1945	6974	
CO <sub>2</sub> , máx.	% mol.	3,0	3,0		14903	1945	6974	
CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> , máx.	% mol	10			14903	1945	6974	
Enxofre Total, máx.(3,4)	mg/m <sup>3</sup>	70			15631	5504	6326-3 6326-5 19739	
Gás Sulfídrico (H <sub>2</sub> S), máx.	mg/m <sup>3</sup>	10			15631	D4084 - 07 D4323 - 15 5504 6228	6326-3 19739	
Ponto de orvalho de água a 1atm, máx. (5)	°C	-39	-39	-45	15765	5454	6327 10101-2 10101-3 11541	
Ponto de orvalho de hidrocarbonetos (6, 7)	°C	15	15	0	16338		23874	
Teor de siloxanos, máx.	mgSi/m <sup>3</sup>	0,3	0,3		16560 16561			
Clorados, máx.	mg (Cl/m <sup>3</sup> )	5,0	5,0				1911	
Fluorados, máx.	mg (F/m <sup>3</sup> )	5,0	5,0				15713	X43-304

Tabela 7– Especificação do biometano de aterros sanitários segundo a ANP nº 685/2017.

Desta forma, o processo de purificação a ser utilizado deve garantir a especificação estabelecida pela ANP, de acordo com a figura acima.

Os principais processos de remoção de CO<sub>2</sub> podem ser resumidos de acordo com a tabela a seguir:

PROCESSOS DE TRATAMENTO DO BIOGÁS						
Remoção de	<b>Dióxido de Carbono - CO<sub>2</sub></b>					
O que é?	O dióxido de carbono é um gás incolor, inodoro e não inflamável a pressão e temperatura ambiente, que compõe o biogás juntamente com o gás metano. Sua remoção se faz necessária pelo fato deste ser um gás inerte e sua presença reduzir o poder calorífico do biogás.					
Princípio	<b>Absorção</b>			<b>Adsorção</b>	<b>Filtração</b>	<b>Resfriamento</b>
Tecnologia	<b>Water Scrubbing</b>	<b>Aminas</b>	<b>Solventes Orgânicos</b>	<b>PSA</b>	<b>Membranas</b>	<b>Crioseparação</b>
Descrição	O biogás é injetado na base da coluna de absorção sob pressão e temperatura controlados. O CO <sub>2</sub> , em função da diferença de solubilidade é absorvido fisicamente no solvente (água), sendo removido e enviado com a solução líquida para a coluna de regeneração. O metano passa pela coluna e é coletado na base superior da coluna.	O biogás bruto é injetado na base da coluna de absorção onde entra em contato com a solução de aminas. O CO <sub>2</sub> reage com a amina e é transferido para a solução. A amina consumida no processo é enviada para uma coluna de regeneração.	O processo é semelhante ao aplicado em sistemas <i>water scrubbing</i> , operando a partir de absorção física. A grande diferença é que a solubilidade de CO <sub>2</sub> em solventes orgânicos é muito superior do que em água pura, resultando em um volume de solvente menor.	O biogás é submetido a colunas pressurizadas contendo adsorvente. Nesse processo, (devido ao tamanho dos poros, porosidade e afinidade do adsorvente) o adsorvente retém as moléculas de CO <sub>2</sub> em sua estrutura, permitindo que boa parte do metano passe livremente pela coluna até o topo onde é capturado.	Esta tecnologia visa passar a corrente de gás por membranas que possuem diferentes permeabilidades. A seletividade e a permeabilidade das membranas permitem que o CO <sub>2</sub> seja separado da corrente de gás em um sistema operando com pressão elevada.	O biogás é resfriado a alta pressão, onde o CO <sub>2</sub> passa para o estado líquido enquanto o metano permanece em estado gasoso. Desta forma, os dois gases podem ser separados.
Tipo de regeneração	Regeneração por injeção de ar/modulação de pressão.	A regeneração é feita com adição de calor.	Regeneração por injeção de ar/modulação de pressão.	Regeneração por modulação de pressão.	-	-
Necessidade de pré-tratamento	H <sub>2</sub> S: Permite concentrações moderadas, parte pode ser removida durante a purificação; O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> : Não são removidos durante o processo; VOC: Permite concentrações moderadas, parte pode ser removida durante o processo de purificação; NH <sub>3</sub> : Necessária remoção antes da etapa de purificação.	H <sub>2</sub> S: Permite concentrações moderadas, parte pode ser removida durante a purificação porém necessita de tratamento complementar posterior para polimento; O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> : Não são removidos durante o processo; VOC: Permite concentrações moderadas, parte pode ser removida durante o processo de purificação; NH <sub>3</sub> : Permite concentrações moderadas, onde parte é removida durante o processo de purificação.	H <sub>2</sub> S: Permite concentrações moderadas, parte pode ser removida durante a purificação; O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> : Não são removidos durante o processo; VOC: Permite concentrações moderadas, parte pode ser removida durante o processo de purificação; NH <sub>3</sub> : Permite concentrações moderadas, onde parte é removida durante o processo de purificação.	H <sub>2</sub> S: Permite apenas baixas concentrações, necessário tratamento anterior a etapa de purificação; O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> : O <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> podem ser parcialmente separados com o CO <sub>2</sub> , porém o H <sub>2</sub> permanece no fluxo de gás após a purificação; VOC: Necessária uma etapa de tratamento antes da purificação; NH <sub>3</sub> : Necessária uma etapa de tratamento antes da purificação.	H <sub>2</sub> S: Permite baixas concentrações, parte sairá com o gás purificado; O <sub>2</sub> ,N <sub>2</sub> ,H <sub>2</sub> : Parte é removida com o CO <sub>2</sub> e parte sai junto com o fluxo de gás; VOC: Permite concentrações moderadas, parte pode ser removida no processo; NH <sub>3</sub> : Deve ser removida antes da etapa de purificação.	H <sub>2</sub> S: Permite concentrações moderadas, sendo removido no primeiro estágio de refrigeração; O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> : Não é removido durante o processo; VOC: Permite concentrações moderadas e altas, sendo removido no primeiro estágio de refrigeração; NH <sub>3</sub> : Permite concentrações moderadas e altas, sendo removido no primeiro estágio de refrigeração.
Pressão de trabalho (bar)	5 - 9	4	7 - 8	4 - 8	10 - 20	10 - 30
Energia consumida (kWh/Nm <sup>3</sup> biometano)	0,20 - 0,30	0,12 - 0,14 (+ 0,55 kWh/Nm <sup>3</sup> de biometano de calor)	0,21	0,20 - 0,30	0,20 - 0,30	0,42 - 0,63
Eficiência	>97% CH <sub>4</sub>	> 99% CH <sub>4</sub>	>97% CH <sub>4</sub>	95 - 98% CH <sub>4</sub>	92 - 96% CH <sub>4</sub>	90 - 98% CH <sub>4</sub>
Perda de Metano	1%	< 0,1%	0,5 - 2%	1 - 1,5%	0,50%	-
Vantagens	- Alta eficiência na remoção de CO <sub>2</sub> ;	- Alta eficiência de remoção de CO <sub>2</sub> ;	- Alta eficiência na remoção de CO <sub>2</sub> ;	- Alta eficiência na remoção de CO <sub>2</sub> ;	- Simples operação; - Simples construção;	- Alta eficiência na separação de CO <sub>2</sub>

Tabela 8 – Principais processos de purificação do biogás. Fonte: Biometano: Combustível verde. GEF Biogás Brasil, 2021.

Uma vez que o Distrito Federal não possui rede de gás natural canalizado, o biometano gerado deverá ser acondicionado em reservatórios que garantam o armazenamento de 3 (três) dias de produção para que ele seja disponibilizado ao GDF. Os reservatórios devem ser do tipo skid para que possam ser transportados até o local de utilização, sistema denominado gasoduto virtual.

De forma a garantir sua logística, a mesma quantidade de reservatórios de armazenamento deve ser disponibilizada para transporte, ou seja, a capacidade nominal de armazenamento em skids deve corresponder ao volume de produção de biometano de 6 (seis) dias. A pressão dos skids e consequentemente de disponibilização do biometano deve ser igual ou superior a 250 bar.

As figuras a seguir ilustram o esquema de armazenamento em skids:



Figura 61 – Skids de armazenamento com capacidade nominal de 2.100m<sup>3</sup> cada a 250 bar (esquerda) e representação dos cilindros no interior de cada skid (direita). Fonte: Galileo

## Disponibilidade de Resíduos

De acordo com o PDGIRS (Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, 2017), a geração per capita de resíduos domiciliares do DF é de **0,86 Kg/hab. dia, contabilizando 75.000 t/mês.**

Impactam na disponibilidade de resíduos o crescimento populacional, cuja projeção até 2037 será um **acréscimo médio de 1,86% ao ano** (PDGIRS, 2017).

Entretanto, de acordo com o **Relatório Anual 2021 do SLU**, a série histórica entre 2017 e 2021 apresentou uma **redução de -2,7% ao ano** na coleta dos resíduos domiciliares, caindo de 828.765 t/ano em 2017 para 729.083 t/ano em 2021. **A**

**redução na geração per capita de resíduos é uma tendência mundial, decorrente de políticas públicas direcionadas a esta finalidade.**

**Outro ponto considerado na evolução da disponibilidade de resíduos é a coleta seletiva no DF, que conforme avança em abrangência e eficiência, vai retirando materiais recicláveis da coleta convencional, redirecionando-os para o sistema exclusivo de recicláveis (cooperativas), não abrangido pelo escopo deste projeto. O impacto da coleta seletiva será sentido não apenas em redução da massa total, mas principalmente na alteração da composição gravimétrica da coleta convencional alvo do projeto, O avanço da coleta seletiva da situação atual a patamares mais elevados de eficiência gera uma diminuição no percentual de materiais potencialmente recicláveis dos resíduos do projeto ao longo do tempo (coleta convencional porta a porta), verificado pela redução do percentual de materiais recicláveis e incremento da fração orgânica.**

Ainda de acordo com o Relatório Anual 2021 do SLU, a coleta seletiva em 2021 totalizou 31.866 toneladas. Desse total, 16.497 toneladas foram coletadas no Lote I (área correspondente ao transbordo de Sobradinho), 5.917 toneladas ao Lote II e 9.452 toneladas ao Lote III. Para efeitos de modelagem, e considerando uma abrangência de 100% dos serviços, **a eficiência média da coleta seletiva no DF corresponde a aproximadamente 14,9%.**

#### ***Eficiência Coleta Seletiva***

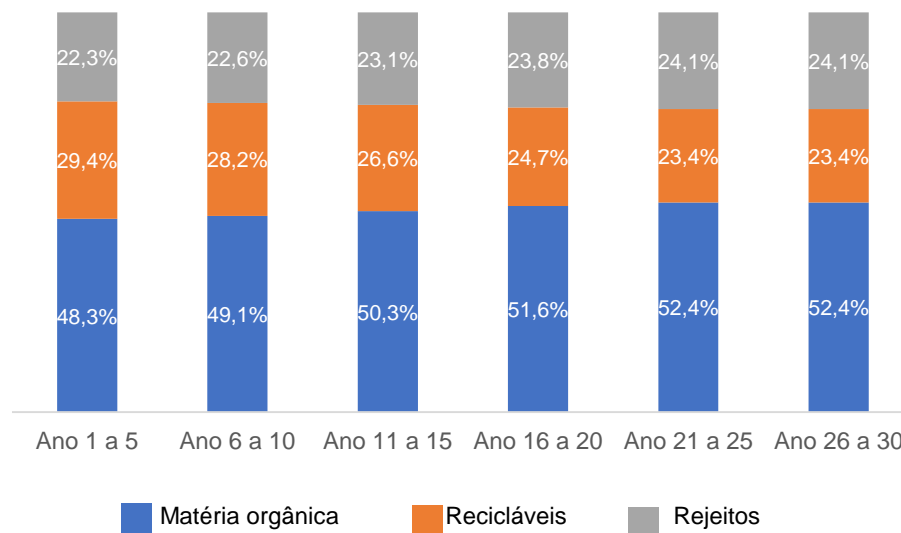
$$= \frac{\text{Massa Coleta Seletiva}}{\text{Massa Total RDO} \times \% \text{ Materiais Recicláveis no RDO}}$$

$$\text{Eficiência Coleta Seletiva} = \frac{31.866}{729.083 \times 29,4\%} = 14,9\%$$

De acordo com os pontos expostos acima, e procurado adotar uma premissa mais realista ao projeto com relação à disponibilidade futura de resíduos ao projeto, optou-se por considerar um **acréscimo de 1,00% ao ano na disponibilidade de resíduos** para o tratamento mecânico biológico, acompanhado de uma **redução de 16% na presença de materiais recicláveis** nos resíduos entre os anos 1 e 25 do projeto decorrente ao aumento de mais de 200% da eficiência da coleta seletiva (de 7,9% a

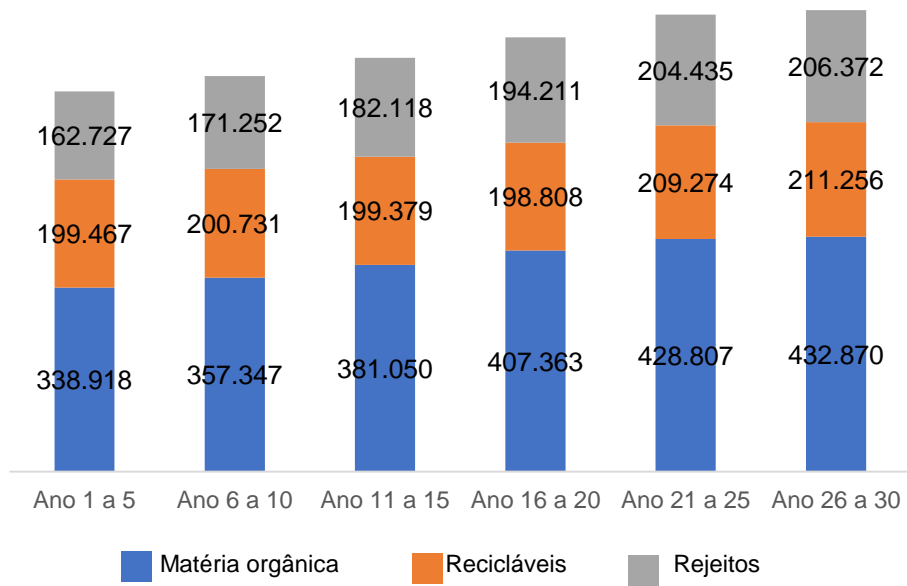
30%). Estima-se que países como Espanha e Portugal, com coleta seletiva implementada a mais de duas décadas, alcancem eficiência do sistema em torno de 30 a 35%. O gráfico 3.5.1 apresenta uma estimativa da evolução da composição média dos resíduos da coleta convencional ao longo do contrato, enquanto o gráfico 3.5.2 a evolução da composição em massa. A tabela 3.5.3 apresenta a evolução da composição gravimétrica detalhada dos resíduos disponibilizados para tratamento.

**Gráfico 3.5.1 – Evolução estimada da composição média dos resíduos da coleta convencional**



Notas: composição gravimétrica média por período

**Gráfico 3.5.2 – Evolução estimada da composição média dos resíduos da coleta convencional**



Notas: valores médios anuais por período, em toneladas

**Gráfico 3.5.3 – Evolução estimada da composição gravimétrica dos resíduos da coleta convencional**

Material	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
	1 a 5	6 a 10	11 a 15	16 a 20	21 a 25	26 a 30
<b>Matéria orgânica</b>	<b>48,3%</b>	<b>49,1%</b>	<b>50,3%</b>	<b>51,6%</b>	<b>52,4%</b>	<b>52,4%</b>
Resíduos alimentares	46,6%	47,4%	48,5%	49,8%	50,6%	50,6%
Resíduos de jardim	1,7%	1,7%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%
<b>Plásticos</b>	<b>14,4%</b>	<b>13,8%</b>	<b>13,0%</b>	<b>12,0%</b>	<b>11,4%</b>	<b>11,4%</b>
PET	1,8%	1,7%	1,6%	1,5%	1,4%	1,4%
PEAD	1,5%	1,5%	1,4%	1,3%	1,2%	1,2%
PP	1,2%	1,2%	1,1%	1,0%	1,0%	1,0%
Plástico filme PE	2,3%	2,2%	2,1%	1,9%	1,8%	1,8%
Plástico filme misto	5,7%	5,4%	5,1%	4,8%	4,5%	4,5%
Outros plásticos	1,9%	1,8%	1,7%	1,6%	1,5%	1,5%
<b>Papéis</b>	<b>10,8%</b>	<b>10,3%</b>	<b>9,7%</b>	<b>9,0%</b>	<b>8,6%</b>	<b>8,6%</b>
Papelão ondulado	4,1%	3,9%	3,7%	3,4%	3,3%	3,3%
Papel branco	1,0%	0,9%	0,9%	0,8%	0,8%	0,8%
Papel misto	2,3%	2,2%	2,1%	1,9%	1,8%	1,8%
Tetrapak	1,3%	1,3%	1,2%	1,1%	1,1%	1,1%
Outros papéis	2,0%	1,9%	1,8%	1,7%	1,6%	1,6%
<b>Metais</b>	<b>1,5%</b>	<b>1,4%</b>	<b>1,3%</b>	<b>1,2%</b>	<b>1,2%</b>	<b>1,2%</b>
Ferrosos	1,0%	0,9%	0,9%	0,8%	0,8%	0,8%
Alumínio	0,5%	0,5%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%
<b>Vidros</b>	<b>1,9%</b>	<b>1,8%</b>	<b>1,7%</b>	<b>1,6%</b>	<b>1,5%</b>	<b>1,5%</b>
<b>Outros resíduos</b>	<b>23,2%</b>	<b>23,5%</b>	<b>24,0%</b>	<b>24,6%</b>	<b>24,9%</b>	<b>24,9%</b>
Tecidos, vestuários e calçados	4,5%	4,5%	4,6%	4,8%	4,8%	4,8%
Madeiras	0,7%	0,7%	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%
Borrachas	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Isopor	0,6%	0,6%	0,6%	0,5%	0,5%	0,5%
Fraldas e absorventes	2,7%	2,8%	2,8%	2,9%	3,0%	3,0%
Areia, pedras e outros	14,3%	14,6%	14,9%	15,3%	15,6%	15,6%

Nota: composição do ano 1 conforme dados do PDGIRS, 2016

O estudo elaborado pela SLU de redistribuição dos resíduos domiciliares (RDO) da coleta convencional entre os transbordos de Sobradinho, PSUL e Asa Sul e o Aterro ASB, aponta uma **disponibilidade média de 68.000 t/mês** de resíduos para processamento dentro do novo contrato, distribuídos nas três unidades de tratamento da seguinte forma: **18.700 t/m em Gama, 18.700 t/m em Asa Sul e 18.700 t/m em PSUL, sendo os 11.900 t/m restantes direcionados da coleta diretamente ao ASB.**

A tabela 3.5.4 a seguir apresenta a evolução das quantidades médias dos resíduos disponibilizadas para tratamento ao longo do contrato, a partir da situação atual.

**Tabela 3.5.4 – Evolução da disponibilidade dos resíduos**

Descrição	Ano 1 a 5	Ano 6 a 10	Ano 11 a 15	Ano 16 a 20	Ano 21 a 25	Ano 26 a 30
Disponibilidade resíduos (t/mês)	57.531	59.846	62.572	65.677	69.383	73.528
Gama	19.177	19.949	20.857	21.892	23.128	24.509
Asa Sul	19.177	19.949	20.857	21.892	23.128	24.509
PSUL	19.177	19.949	20.857	21.892	23.128	24.509

Nota: valores médios por período de 05 anos, em t/mês de resíduos domiciliares da coleta convencional

### 3.7. Definição das Capacidades, Estimativas de Produção e Metas das Unidades de Tratamento

#### 3.7.1. Tratamento Mecânico

Com base nas quantidades estimadas de resíduos domiciliares da coleta convencional disponibilizados para tratamento, definiu-se a capacidade média do sistema de tratamento mecânico. **A entrada principal dos resíduos no sistema é através do tratamento mecânico** (apenas a fração de coleta seletiva de orgânicos, coleta de feiras livres ou similar poderia ser introduzida diretamente na etapa de tratamento biológico).

**As premissas de operação levam em conta as rotinas adotadas em unidades similares em operação pelo mundo, e nas recomendações das empresas fabricantes e integradoras dos equipamentos.**

**As premissas são:**

- **Turnos de operação: 2;**
- **Horas por turno: 8 horas;**
- **Período de descanso ou “setup” por turno com parada da produção: 1 hora;**
- **Disponibilidade operacional: 90%;**



- **Dias trabalhados por mês: 25 dias.**

A tabelas 3.8.1.1 a 3.8.1.3 apresentam os cálculos das capacidades médias dos sistemas e quantidades de resíduos processados, de acordo com as premissas acima.

**A capacidade nominal recomendada para as plantas de tratamento mecânico deve ser entre 60 a 70 ton/h de entrada de materiais, podendo chegar a até 75 ton/h ao longo do período do contrato. Vale salientar que esta capacidade refere-se à capacidade de absorção da unidade e posterior segregação em linha de recicláveis (2D e 3D) e orgânicos, sendo que as linhas volumosos, 2D, 3D e transbordo deverão ser direcionadas aos galpões das cooperativas de catadores.**

**Tabela 3.8.1.1 – Cálculo das Capacidades do Tratamento Mecânico (Gama)**

Descrição	Ano 1 a 5	Ano 6 a 10	Ano 11 a 15	Ano 16 a 20	Ano 21 a 25	Ano 26 a 30
Capacidade planta (t/h)	61	64	67	70	74	75
Turnos	2	2	2	2	2	2
Total de Horas por Turno	8	8	8	8	8	8
Período de Parada por Turno	1	1	1	1	1	1
Disp. Operacional	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Dias Trabalho por mês	25	25	25	25	25	25
Capacidade Processamento RSU t/d	769	806	844	882	932	945
Capacidade Processamento RSU t/m	19.215	20.160	21.105	22.050	23.310	23.625
Disponibilidade de resíduos t/m	19.177	19.949	20.857	21.892	23.128	24.509

**Tabela 3.8.1.2 – Cálculo das Capacidades do Tratamento Mecânico (Asa Sul)**

Descrição	Ano 1 a 5	Ano 6 a 10	Ano 11 a 15	Ano 16 a 20	Ano 21 a 25	Ano 26 a 30
Capacidade planta (t/h)	61	64	67	70	74	75
Turnos	2	2	2	2	2	2
Total de Horas por Turno	8	8	8	8	8	8
Período de Parada por Turno	1	1	1	1	1	1
Disp. Operacional	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Dias Trabalho por mês	25	25	25	25	25	25
Capacidade Processamento RSU t/d	769	806	844	882	932	945
Capacidade Processamento RSU t/m	19.215	20.160	21.105	22.050	23.310	23.625
Disponibilidade de resíduos t/m	19.177	19.949	20.857	21.892	23.128	24.509

Nota: "OK" significa que a capacidade da planta é suficiente para tratar 100% da disponibilidade de resíduos. "Ajustar!" significa que a disponibilidade de resíduos começa ultrapassar a capacidade da planta.

**Tabela 3.8.1.3. – Cálculo das Capacidades do Tratamento Mecânico (Psul)**

Descrição	Ano 1 a 5	Ano 6 a 10	Ano 11 a 15	Ano 16 a 20	Ano 21 a 25	Ano 26 a 30
Capacidade planta (t/h)	61	64	67	70	74	75
Turnos	2	2	2	2	2	2
Total de Horas por Turno	8	8	8	8	8	8
Período de Parada por Turno	1	1	1	1	1	1
Disp. Operacional	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Dias Trabalho por mês	25	25	25	25	25	25
RSU Processado t/d	769	806	844	882	932	945
RSU Processado t/m	19.215	20.160	21.105	22.050	23.310	23.625
Disponibilidade de resíduos t/m	19.177	19.949	20.857	21.892	23.128	24.509

**Vale salientar que estão previstos ao longo do contrato modernizações das unidades. Desta forma, com a evolução tecnológica esperada, é de se esperar que todas as instalações possibilitarão o tratamento integral dos resíduos. Por outro lado, poderão ser ajustadas rotinas operacionais (trabalho parcial no 3º turno, de forma a cumprir com as metas de tratamento.**

Em continuação, calculou-se os balanços de massa médios por período, com a indicação das quantidades processadas, materiais recicláveis recuperados e rejeitos gerados.

**A eficiência do sistema de tratamento mecânico**, definida em termos de recuperação das frações específicas de materiais com base na gravimetria dos resíduos na entrada, **foi definida com base em estudo de mercado realizado na etapa inicial do projeto** (apresentado Anexo 02 - Análise das Propostas de Tratamento Mecânico). O alvo da recuperação através do tratamento mecânico são os materiais de maior valor agregado, tais como plásticos rígidos e metais. Além disso, a eficiência de recuperação desses materiais é significativamente maior em comparação com outras frações (plásticos filmes e papéis, por exemplo).

**As eficiências de recuperação adotadas devem ser de no mínimo:**

- PET, PEAD, PP: 85%;
- Plásticos filmes: 60%;
- Papelão e papéis: 40%;
- Tetrapak: 85%;
- Metais ferrosos: 85%;
- Metais não ferrosos: 65%;
- Recuperação da fração orgânica e envio para biodigestão (sobre gravimetria de entrada): 85%;
- Presença de contaminantes na fração orgânica (em massa): <10% de outros materiais (plásticos, metais, vidros, papéis entre outros resíduos);

**Com relação à separação da fração orgânica incorporada nos resíduos domiciliares da coleta convencional, a eficiência recomendada é de 85%**, ou seja, 85% da fração orgânica presente nos resíduos será separada e destinada à etapa de tratamento biológico. Outra premissa de eficiência a ser considerada com relação à separação da fração orgânica, diz respeito ao percentual de “impurezas” presentes na fração orgânica, como resíduos plásticos, vidros, metais entre outros. **Segundo recomendações das empresas projetistas e fabricantes dos processos de biodigestão, a tecnologia extra-seca, adotada neste projeto, tem um limite admissível de impróprios na fração orgânica de até 15% (em massa).**

- Eficiências atingidas pelo tratamento biológico UTB:
  - Rendimento da metanização: >90 Nm<sup>3</sup>/ton de fração orgânica;

A tabela 3.8.1.4 apresenta um resumo do **balanço de massa do tratamento mecânico** consolidado para as operações de Gama, PSUL e Asa Sul e a tabela 3.8.1.5 o detalhamento dos materiais recuperados.

***Tabela 3.8.1.4 – Evolução do balanço de massa consolidado do tratamento mecânico***

Descrição	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
	1 a 5	6 a 10	11 a 15	16 a 20	21 a 25	26 a 30
1. Entrada RSU	690.370	717.883	750.865	788.120	832.594	850.500

	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2. Saída recicláveis	101.148	101.024	99.405	96.799	97.148	99.237
	14,7%	14,1%	13,2%	12,3%	11,7%	11,7%
3. Saída finos orgânicos (p/ biodigestão)	301.649	317.495	337.845	361.515	386.656	394.971
	43,7%	44,2%	45,0%	45,9%	46,4%	46,4%
4. Destinação rejeitos (WtE ou aterro)	287.573	299.364	337.845	329.177	348.791	356.292
Poder calorífico estimado (Kcal/Kg)	1.658	1.618	1.560	1.480	1.452	1452
	45,5%	45,5%	45,0%	45,4%	45,4%	45,4%

Nota: balanço médio anual por período, valores em ton/ano e percentuais sobre a massa total de entrada

Pode-se observar o **incremento da quantidade total de resíduos disponibilizados ao tratamento mecânico, e conseqüentemente o acréscimo das saídas de finos orgânicos para biodigestão e demais rejeitos para destinação final (projeto de tratamento térmico WtE ou aterro).**

Em decorrência da alteração da composição dos resíduos ao longo do tempo (retirada de materiais recicláveis pela coleta seletiva), **observa-se a redução gradual da quantidade de materiais recicláveis recuperados e no poder calorífico dos rejeitos destinados a destinação final ou ao tratamento térmico.**

A etapa de tratamento mecânico depende da eficiência de segregação das cooperativas. Foi estimada uma recuperação **entre 11,7 % a 14,7% da massa total de entrada em materiais recicláveis** como plásticos, papelão e metais, que serão vendidos ao mercado e reinseridos na cadeia produtiva. **Entre 43,7 e 46,4% da massa total compreende a fração de orgânicos recuperada** e destinada à etapa de tratamento biológico.

Os rejeitos foram calculados de acordo com as eficiências de recuperação da fração orgânica e recicláveis. São gerados entre 45% e 45,5%.

Ficará, entretanto, o balanço de massa final consolidado dependendo realmente da capacidade de recuperação de materiais pelas cooperativas de catadores.

### 3.7.2. Tratamento Biológico e Geração de Biogás

As entradas do tratamento biológico compreendem às saídas de rejeitos orgânicos do balanço de massas do tratamento mecânico, linha 3. **A tabela 3.8.2.1 apresenta o balanço de massa consolidado para a etapa de tratamento biológico.**

**As principais premissas de eficiência consideradas no balanço de massas do processo de biodigestão e geração de biometano são:**

- **Taxa de degradação de sólidos voláteis (SV): 50%;**
- **Concentração de metano no biogás: 55%;**
- **Perda de água no biogás: 101,7 g/m<sup>3</sup>;**
- **Rendimento do biogás: 850 m<sup>3</sup>/tSV<sub>deg</sub>;**
- **Fator de capacidade de biodigestão: 95%;**
- **Perdas de metano no processo de purificação: 5%;**
- **Fator de capacidade do sistema de purificação: 90%.**

Descrição	Ano 1 a 5	Ano 6 a 10	Ano 11 a 15	Ano 16 a 20	Ano 21 a 25	Ano 26 a 30
Entrada fração orgânica (t/a)	301.649 100%	317.495 100%	337.845 100%	361.515 100%	386.656 100%	394.971 100%
Saída composto (t/a)	110.426 36,6%	116.476 36,7%	126.045 37,3%	137.209 38%	148.859 38,5%	152.602 38,6%
Redução massa (perda H <sub>2</sub> O e volatilização)	125.042 41,5%	132.092 41,6%	141.275 41,8%	152.134 42,1%	163.156 42,2%	166.665 42,2%
Destinação rejeitos (WtE ou aterro) (t/a)	26.511 8,8%	27.062 8,5%	27.555 8,2%	27.987 7,7%	28.987 7,5%	29.614 7,5%
Geração de biogás (Nm <sup>3</sup> x ano)	27.148.411	28.629.195	30.601.090	32.882.568	35.255.799	36.014.003
Rendimento (Nm <sup>3</sup> /t)	90	90	91	91	91	91
Geração de biometano (Nm <sup>3</sup> x ano)	14.973.103	15.789.796	16.877.351	18.135.649	19.444.552	19.862.723

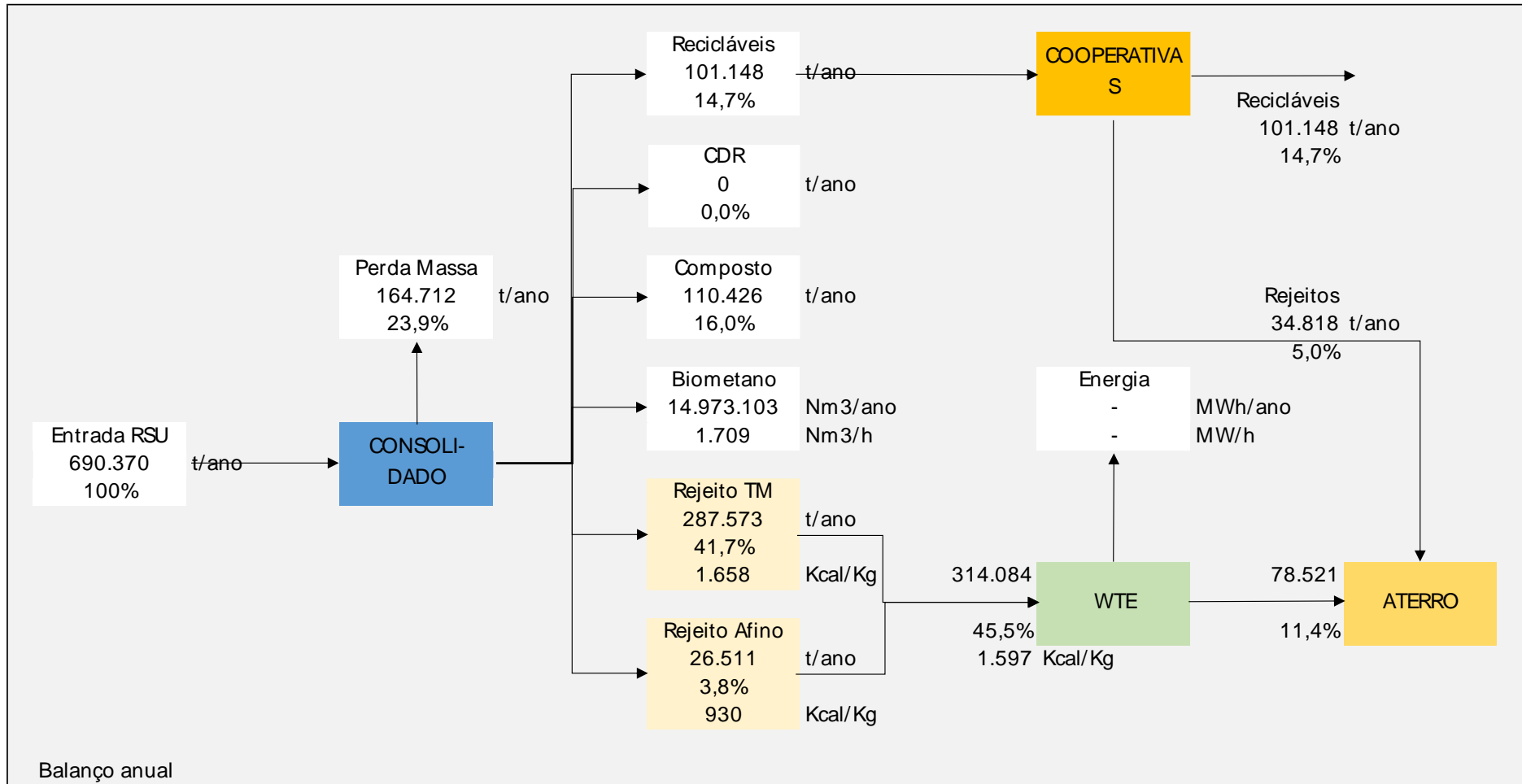
### 3.8. Balanço de Massa e Fluxograma da UTMB

As figuras 3.9.1 e 3.9.2 apresentam um **resumo dos inputs e outputs do projeto em termos de massa e energia e respectivo fluxo de processo (tratamentos mecânico e biológico).** O balanço de massa considera o envio dos rejeitos a uma

**etapa final de tratamento térmico antes da disposição em aterro, atualmente em análise pela SEPE através de edital de chamamento publicado em 09/02/2021.**

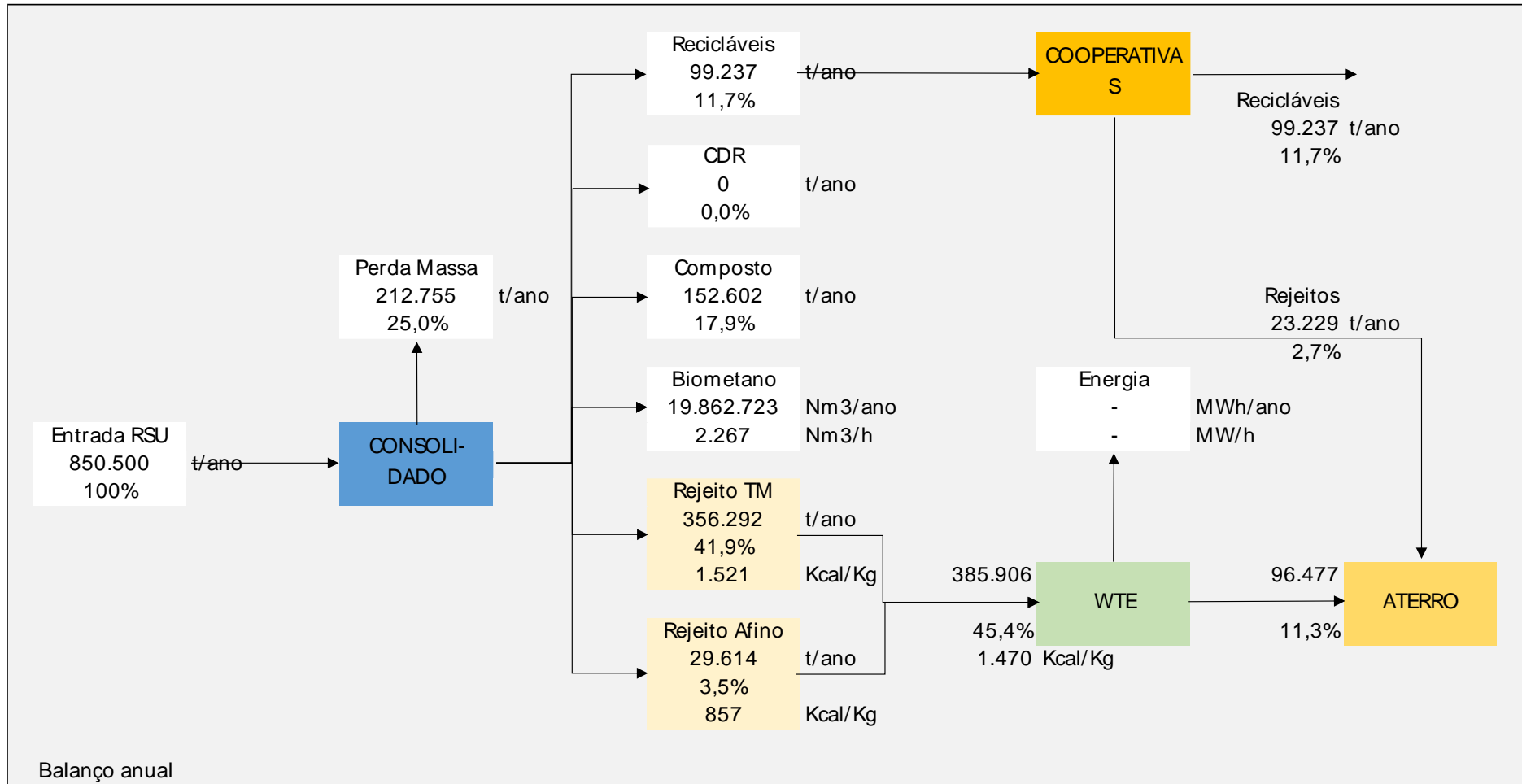
**Os processos de tratamento mecânico e biológico são capazes de proporcionar uma redução de massa destinada a aterro de aproximadamente 50% (em comparação com a massa total de entrada no sistema). Caso os rejeitos sejam destinados a uma etapa de tratamento térmico (incineração) para aproveitamento energético antes da destinação a aterro, a redução total pode chegar em aproximadamente 90%.**

**Figura 3.9.1 – Balanço de massa anual consolidado e fluxo dos resíduos até a destinação final (média Ano 1 a 5)**





**Figura 3.9.2 – Balanço de massa anual consolidado e fluxo dos resíduos até a destinação final (média Ano 26 a 30)**



### 3.9. Requerimento de Mão de Obra

Estima-se que o **headcount** de cada uma das operações seja de 69 pessoas no total, sendo 35 na operação, 25 na manutenção e 09 na administração e suporte.

A tabela 3.10.1 apresenta a estimativa dos recursos humanos necessários à operação da unidade de Gama.

**Tabela 3.10.1 – Estimativa de recursos humanos necessários (Gama)**

Descrição	Quant Total
<b>CUSTOS E DESPESAS DE MÃO DE OBRA</b>	<b>69</b>
<b>Operação</b>	<b>35</b>
Encarregado de produção	3
Operador de máquinas	8
Operador de carregadeira	4
Motorista	6
Triador de resíduos	3
Ajudante de serviços gerais	11
<b>Manutenção</b>	<b>25</b>
Encarregado de manutenção	2
Mecânico	6
Eletricista	6
Ajudante de serviços gerais	11
<b>Administração e Suporte</b>	<b>9</b>
Gerente de planta	1
Engenheiro de produção	1
Coordenador adm financeiro	1
Coordenador RH	1
Analista adm financeiro	1
Analista comercial	1
Analista RH	1
Auxiliar adm	1
Técnico de segurança	1

## 4. ASPECTOS SOCIAIS E AMBIENTAIS

### 4.1. Aspectos Sociais

O projeto prevê a geração de 210 empregos diretos e os mais de 520 indiretos. Por outro lado, prevê o fornecimento de material para aproximadamente 500 catadores. Considerando o valor médio dos recicláveis, há um potencial de geração de cerca de até R\$80 milhões anuais de renda para cooperativas e associações de catadores, através da recuperação e envio de materiais recicláveis pré-triados pelos 03 Ecoparques;

Introdução no mercado local de cerca de R\$109,1 milhões por ano, sendo R\$15,3 milhões em pagamentos de salários e R\$93,9 milhões através da contratação de serviços e aquisição de materiais e insumos;

Arrecadação total estimada de impostos ao longo do contrato de R\$1.516.502.195,00, sendo R\$792.200.155,00 de impostos sobre as receitas e R\$724.302.040,00 de impostos e contribuições sobre o lucro. Estima-se que sejam arrecadados R\$140.835.583,00 em impostos distritais (ISS);

**Ainda com relação aos impactos sociais, é importante destacar que o projeto aqui proposto não interfere na atual estrutura e funcionamento do programa de coleta seletiva e reciclagem estabelecido entre SLU-DF e associações cooperativas de catadores de materiais recicláveis.**

De acordo com o modelo operacional proposto pelo projeto Ecoparques, os resíduos da coleta seletiva continuarão sendo integralmente direcionados ao sistema atual em operação. Os Ecoparques receberão apenas os resíduos da coleta convencional que atualmente tem como destino a disposição no aterro sanitário de Brasília (ASB). Sendo assim, não haverá nenhuma perda de receita ou trabalho aos catadores associados envolvidos no atual programa de reciclagem do DF. Pelo contrário, a modelagem operacional prevê o provável aumento futuro da eficiência da coleta seletiva e acréscimo da quantidade de materiais reciclados recuperados por essa via em mais de 3 vezes, reduzindo conseqüentemente o percentual de materiais recicláveis nos resíduos da coleta seletiva. Deve-se destacar que eventuais investimentos necessários para adequar a atual infraestrutura de triagem das

associações de catadores ao provável aumento da coleta seletiva de materiais recicláveis não são abordados no projeto dos Ecoparques, uma vez que sua abrangência se restringe ao tratamento e valorização dos resíduos da coleta convencional. Posto isto, ressalta-se que o projeto Ecoparques aqui proposto não impactará na dinâmica operacional atual e futura das associações de catadores.

**O investimento previsto abordando o atual sistema de triagem e reciclagem por cooperativas de catadores será a construção de uma nova infraestrutura para realocar o sistema de triagem atualmente em funcionamento no transbordo PSUL para um novo local, a ser definido pela SLU. Atualmente PSUL tem alocadas três cooperativas de catadores no local.**

**Adicionalmente, como forma de gerar um impacto social e econômico positivo às pessoas que, informalmente ou formalmente dentro das associações de catadores, atuam com a coleta e reciclagem de materiais recicláveis, sugere-se que esse grupo tenha prioridade de contratação para preenchimento dos futuros quadros de trabalhadores dos Ecoparques. Sugere-se também o envolvimento da Secretaria de Desenvolvimento Social do DF e SESI-DF no apoio à capacitação dessas pessoas e atuação conjunta com as futuras concessionárias no estabelecimento e manutenção desse programa de inclusão.** Outra possibilidade de indução à melhoria de renda das cooperativas será o recebimento, pelos Ecoparques, do material separado pelas mesmas nos IRRs, uma vez que a maior massa separada nos Ecoparques propiciará um melhor condicionamento e logística para a venda de recicláveis, o que resultará em maior preço de venda que poderá ser compartilhado com as cooperativas.

#### 4.2. Aspectos Ambientais

**A implantação do projeto resulta em diversos impactos ambientais positivos. O primeiro deles refere-se ao aumento dos índices de reciclagem do DF.**

Com a implantação dos projetos, cerca de 46.979 ton/ano de materiais recicláveis serão recuperados na etapa de tratamento mecânico e reinseridos na cadeia de reciclagem, **incremento de mais de 250% frente as atuais 18.199 ton** geradas pelo

sistema de coleta seletiva e reciclagem do DF (segundo dados de comercialização pelas cooperativas e associações de catadores do relatório Ampliação da Coleta Seletiva e Impactos da Pandemia nos Serviços de Limpeza Urbana, 2021). **O índice de reciclagem por habitante do DF saltará de 6,4 Kg/hab x ano para 22,9 Kg/hab x ano.**

Com relação aos resíduos orgânicos, a implantação dos projetos propiciará o **tratamento biológico de cerca de 306.000 t/ano de resíduos orgânicos, o representa um incremento de 394%** frente às 61.975 t/ano processadas nas usinas em de PSUL e L4-Sul (a serem desativadas), o que representa o tratamento de 80% da fração orgânica dos resíduos domiciliares enviados às UTMBs. Importante salientar que o tratamento da fração orgânica (aproximadamente 50% da massa total dos RSU do DF, acarreta em grandes impactos positivos, como a redução de emissões de GEE, redução da geração de chorume, aumento de vida útil do ASB, redução da atração de vetores, de geração de odores, dentre outros benefícios, em alinhamento com a Lei 6.518 de 12 de março de 2020, que dispõe sobre a obrigatoriedade de tratamento dos resíduos sólidos orgânicos no Distrito Federal por processos biológicos.

Estão previstos nos investimentos galpões industriais fechados operados em pressão negativa e sistemas de exaustão e tratamento de gases (sistemas de desodorização de forma a mitigar a **geração de ruído e odor gerados pela operação das unidades.**

#### 4.3. Aspectos Climáticos

A avaliação do **impacto da implementação do projeto em termos de redução de emissões** foi realizada com apoio da **Calculadora de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no Manejo de RSU para o Brasil** " (Calculadora de Emissões de GEE para Resíduos). A ferramenta foi desenvolvida pelo IFEU (*Institute for Energy and Environmental Research GmbH*) com financiamento inicial do Banco de Desenvolvimento KfW, recentemente atualizada e adaptada para aplicação no Brasil, como parte do projeto Cooperação para a Proteção do Clima na Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (ProteGEEr). O objetivo foi disponibilizar uma ferramenta de cálculo de emissões para apoiar a discussão e revisão das políticas e planos de gestão de resíduos no Brasil, tendo o clima como um fator adicional de análise.

O método de cálculo usado na Calculadora de Emissões de GEE para Resíduos adaptada para o Brasil segue a **abordagem da Avaliação de Ciclo de Vida**, ou *Life Cycle Assessment* (LCA), em inglês, metodologia padronizada internacionalmente (ISO 14040/18). A LCA, ou ACV, foi reconhecida pela Comissão Europeia como o melhor método para avaliar os potenciais impactos ambientais dos produtos disponíveis ao consumo (COM (2003) 302<sup>18</sup>, 2003).

**Apesar de amplamente utilizada, sendo consolidada mundialmente** como abordagem adequada para o planejamento da gestão de resíduos pautado na economia circular, **esta metodologia não é utilizada para quantificar e reportar as emissões de GEE internacionalmente**. Neste caso, são adotadas diretrizes comuns estabelecidas pela comunidade internacional, publicadas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC (no acrônimo em inglês)<sup>19</sup>.

Em termos práticos, a Calculadora de Emissões de GEE para Resíduos permite a comparação de cenários concomitantemente, sendo comum a adoção de um cenário-base para representar a situação atual, e oferecer uma visão comparativa em relação às demais opções projetadas.

A priori, a Calculadora considera todo o potencial de emissão contida na massa do RSU, a geração de biogás e seu potencial de transformação energética é trazido para um único tempo, como um resultado, expresso em tCO<sub>2eq</sub>. Ou seja, as emissões calculadas incluem todas as emissões, atuais e futuras, relacionadas às quantidades de resíduos considerados nos cenários, de acordo com sua destinação ou tipo de tratamento. Isso significa que, quando os resíduos são enviados para o aterro, por exemplo, as emissões calculadas de GEE, dadas em toneladas de CO<sub>2eq</sub> por tonelada de resíduo, incluem as emissões acumuladas que esta quantidade de resíduos é

---

<sup>18</sup> COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT COM(2003) 302 final / “Integrated Product Policy Building on Environmental Life-Cycle Thinking”, Brussels, 18.6.2003. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0302:FIN:en:PDF>

<sup>19</sup> A metodologia padrão adotada internacionalmente para os cálculos de emissões nacionais se baseia nas diretrizes estabelecidas pelo IPCC, organização científico-política criada em 1988 no âmbito das Nações Unidas (ONU, acrônimo em inglês). As diretrizes definidas pelo “IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, de 2006, fazem parte da versão mais atualizada desta metodologia, que apoia a elaboração dos inventários a nível internacional, possibilitando acompanhamento e uma avaliação comparativa das emissões entre os países.

capaz de gerar durante todo seu processo de degradação. Este método corresponde à abordagem "Nível 1" conforme Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climática (IPCC, sigla em inglês).

Como a Calculadora considera todo o potencial de emissão de GEE contido na massa do RSU, isto se reflete, obviamente, no potencial de geração de biogás que pode ser capturado e convertido energeticamente. No entanto, todo este potencial também é trazido para um único tempo (por ser decorrente da degradação destes materiais) podendo, então, ser convertido em diferentes fontes de energias, seja para uso elétrico ou veicular. Isto significa que, em síntese, é possível estimar a eletricidade potencial capaz de ser gerada nos aterros sanitários, por exemplo, mas não quando ela estará disponível, ou a potência instalada a qual corresponde, pois isto implicaria em assumir condições temporais para a degradabilidade, para a geração de eletricidade, eficiência de processo, etc.

Estas e outras limitações e características da ACV serão discutidas mais a fundo a luz dos resultados obtidos, considerando a avaliação de estratégias de aproveitamento energético dos RSU.

No entanto, uma importante ressalva deve ser feita - os resultados apresentados pela Calculadora não são representativos o suficiente para afirmar a viabilidade das opções tecnológicas e dos processos para cada situação modelada; é crucial que decisões estratégicas de gestão de resíduos considerem aspectos mais amplos de planejamento territorial urbano, logística, mercados, entre outros fatores, e sejam embasados por estudos técnicos, econômico-financeiros e legais específicos.

De toda forma, a Calculadora oferece como vantagem potencial a perspectiva do impacto destas medidas em termos de fluxo de materiais e balanço de massa, e, principalmente, em termos de emissões de GEE, demonstrando alternativas para mitigação no setor, sob diferentes condições

Dados e premissas adotadas para a elaboração dos cenários de quantificação

Considerando os avanços tecnológicos previstos para Brasília, apresentados no decorrer deste relatório, foram previstos três cenários para modelagem de emissões:

- Cenário Base – Situação Atual (2020)
- Cenário UTMBs + Rejeito para aterro sanitário (100%)
- Cenário UTMBs + Rejeito para WtE (100%)

Primeiramente, foram necessárias informações comuns aos cenários, como geração de RSU, sua composição e dados da matriz energética nacional, cujos valores e referências serão apresentados na sequência.

Posteriormente, foram consolidados os dados relacionados à implementação de UTMBs, em relação às taxas de reciclagem de resíduos secos e orgânicos, incluindo a destinação dos rejeitos para aterros ou encaminhados para a recuperação energética em uma instalação WtE.

Os dados iniciais adotados na quantificação de emissões para o setor de RSU, e que foram comuns a todos os cenários avaliados, são apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**



**Tabela 9 – Dados base para a composição dos cenários na Calculadora de Emissões de GEE de Resíduos**

Dados Básicos		
Dado	Comentários	
Quantidade total de resíduos	23,42 milhões	Massa total considerada no estudo
Classificação do teor de água dos resíduos	Alto teor de água	Opção mais indicada para o Brasil, segundo a Calculadora, considerando ser comum um teor de água acima de 40%
Fator Médio Anual (tCO <sub>2</sub> /MWh)	75	Fator de Emissão de CO <sub>2</sub> do Sistema Interligado Nacional do Brasil (SIN), disponibilizado pelo MCTI1

1 Disponível para download no sítio eletrônico do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações: [http://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/arquivos/emissoes\\_co2/Inventario\\_Corporativo\\_2020\\_out.xlsx](http://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/arquivos/emissoes_co2/Inventario_Corporativo_2020_out.xlsx)

Além da quantidade total de resíduos, dado-chave da quantificação, o teor de água presente no RSU é relevante por afetar diretamente o poder calorífico destes materiais, podendo ter um impacto relevante quando se considera rota de incineração, por exemplo. No entanto, para o Brasil, é recomendada a adoção de valor alto, devido à elevada parcela de orgânicos e condições climáticas favoráveis à rápida degradação.

A Calculadora assume esta condição, sendo necessário, portanto, distinguir entre resíduos com baixo ou alto teor de água. A definição do teor de água deve ser orientada pelas condições climáticas do país ou região em estudo. Em geral, sugere-se que países com clima tropical e com elevada presença de orgânicos, a exemplo do Brasil, adote a condição de “alto” teor de água, o que foi assumido na modelagem dos cenários.

Em relação ao fator de emissão de GEE por kwh para geração de eletricidade, trata-se de um dado específico do país e está relacionado ao mix das fontes de geração de energia usados na produção de eletricidade, levando em consideração todas as usinas que estão gerando energia naquele período. O Fator de Emissão de CO<sub>2</sub> do Sistema Interligado Nacional do Brasil (SIN), é disponibilizado pelo MCTI em base mensal, com apuração do valor médio anual ao final de doze meses. O valor médio considerado para 2018 (ano referência para o cenário base) foi de 75 tCO<sub>2</sub>/MWh, conforme apuração anual para este ano.

Para realizar o balanço de emissões do setor, a Calculadora utiliza o fator de emissão, em CO<sub>2eq</sub>/KWh para calcular as emissões de GEE relacionadas à demanda de

eletricidade de cada um dos processos considerados no gerenciamento dos resíduos, o que inclui, também, as demandas de eletricidade para produção de matéria-prima primária (vidro, papel, etc) e matéria-prima secundária, a partir dos processos de reciclagem de materiais, que também possuem consumo energético associado. Neste balanço, é contabilizado, ainda, o benefício da eletricidade gerada por uma tecnologia de tratamento de resíduos (como decorrente da captura e aproveitamento energético de biogás em aterros, por exemplo), que reduz a demanda pela energia do SIN, o que gera crédito de emissões.

Em relação à composição dos resíduos, foi adotada a gravimetria prevista para os anos 1 a 5 na modelagem operacional da UTMB, conforme segue.

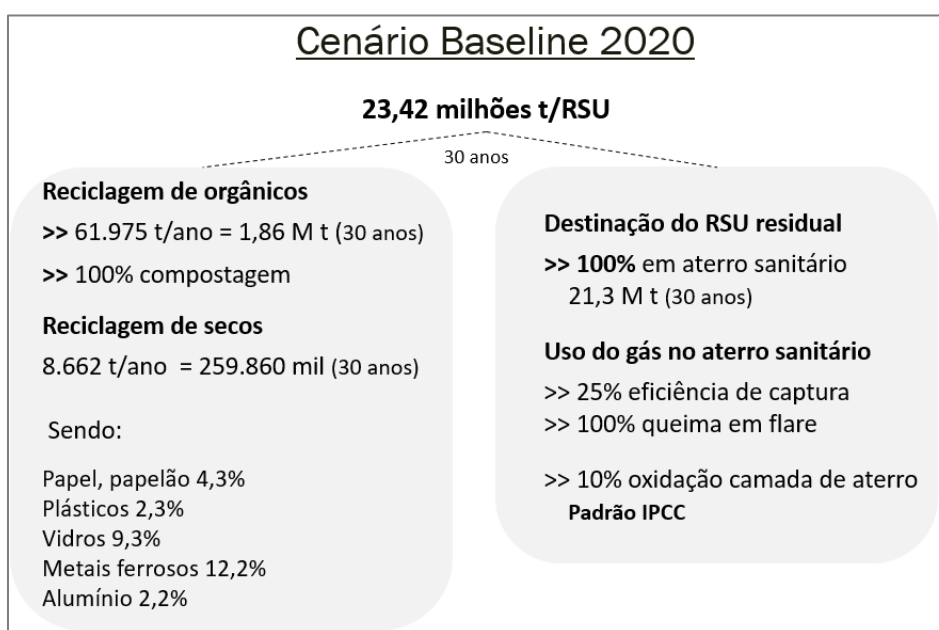
***Tabela 10 – Composição do RSU adotada na quantificação de emissões (anos 1 a 5 da modelagem operacional das três UTMBs consideradas no estudo)***

<b>COMPOSIÇÃO DO RSU</b> <b>Calculadora de Emissões de GEE / RSU</b>	
<b>COMPONENTES</b>	<b>REPRESENTATIVIDADE</b> <b>(% em peso úmido)</b>
Resíduos de alimentos	46,6%
Resíduos de parques e jardins	1,7%
Papel/papelão	10,8%
Plásticos	14,4%

Vidros	1,9%
Metais ferrosos	1,0%
Alumínio	0,5%
Têxteis	4,5%
Borracha, couro	0,3%
Fraldas descartáveis	2,7%
Outros*	14,9%

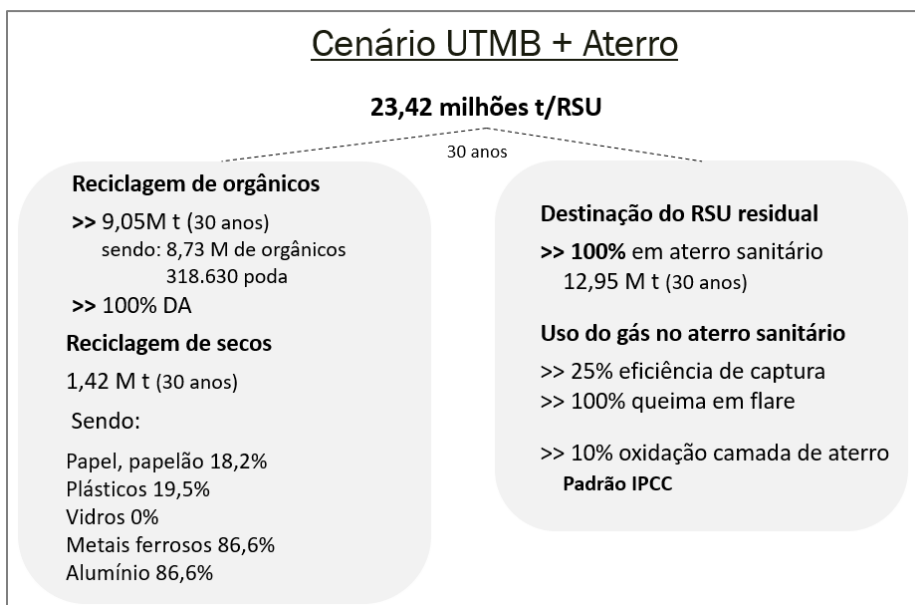
\* Nesta categoria foram associadas as frações de areia, pedras e cont. biológicos (14,3%) e isopor (0,6%).

As condições de cada um dos três cenários modelados são apresentadas a seguir.



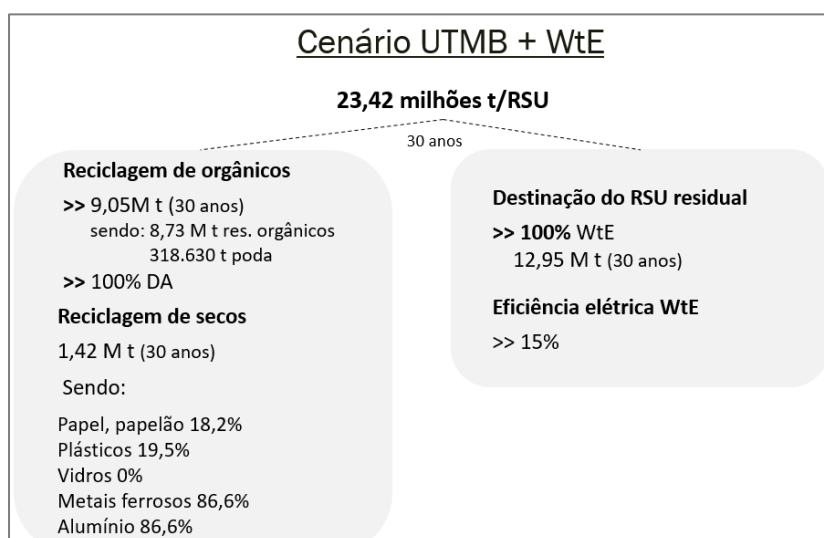
**Figura 62 – Situação do gerenciamento de RSU no Cenário Baseline (2020)**

Em contraponto ao cenário atual, o segundo cenário de evolução do setor avalia a instalação e operação das UTMBs para recebimento da totalidade da massa de resíduos (23,42 milhões de t de RSU), com as mesmas características gravimétricas. No entanto, nesta ocasião, considera-se a ampliação da valorização de orgânicos, destinados integralmente à digestão anaeróbia (DA). Os secos são recuperados com maior eficiência, e resultam na reciclagem de 1,42 milhões de toneladas de materiais. As condições de operação do aterro sanitário, em termos de eficiência de captura de gás, queima integral em flare e existência de camada de oxidação foram pressupostos assumidos na modelagem.



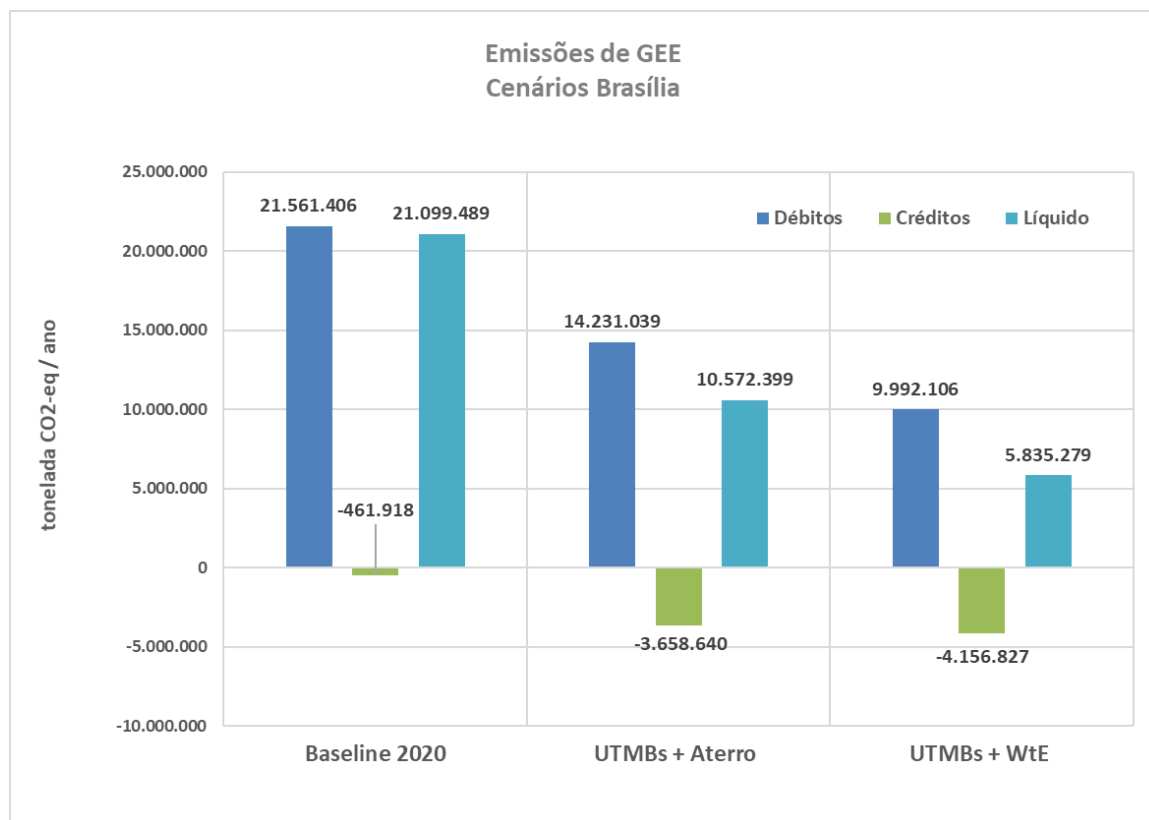
**Figura 63 – Situação do gerenciamento de RSU no Cenário com UTMBs e destinação da fração residual do RSU ao aterro sanitário**

No terceiro cenário avaliado, os dados de reciclagem de secos e orgânicos se mantiveram constantes. No entanto, a totalidade do RSU residual, material de saída das UTMBs, passa a ser destinada integralmente para o aproveitamento energético em plantas WtE.



**Figura 64 – Situação do gerenciamento de RSU no Cenário com UTMBs e destinação da fração residual do RSU à recuperação energética (WtE)**

Os resultados obtidos para os cenários modelados, em termos de crédito, débito e emissões totais relacionadas ao gerenciamento desta fração de resíduos são apresentados na sequência.



**Figura 65 – Gráfico de emissões de GEE dos cenários modelados. A primeira coluna de cada cenário corresponde aos débitos de emissões (realizadas), a segunda aos créditos (evitadas) e a terceira coluna indica o saldo líquido de emissões (=débitos-créditos), em milhões de tCO<sub>2e</sub>**

A **manutenção da situação baseline vigente** para o quantitativo de RSU avaliado (23, 42 milhões de t RSU) **resulta em emissões totais líquidas totais da ordem de 21 milhões de toneladas de CO<sub>2eq</sub>, ou seja, 0,90 tCO<sub>2eq</sub> por tonelada de RSU manejado.** Apesar da baixa expressividade da reciclagem neste cenário, que totalizou 9% da massa total de resíduos (dos quais 88% são orgânicos e 12% secos), as emissões evitadas decorrentes destes processos, conjuntamente, são de aproximadamente 462 mil tCO<sub>2eq</sub>. Este crédito de emissões (equivalente às emissões evitadas) é decorrente da substituição de matéria-prima por material secundário (reciclado) e consequente *saving* de energia em relação ao uso de matéria prima virgem, bem como em função da substituição de fertilizantes devido à produção de composto com possibilidade de uso agrícola. A contribuição de cada fração reciclada

para esta mitigação de emissões é apresentada na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

O segundo cenário avaliado, referente à **implementação das UTMBs com envio do RSU residual (rejeito) ao aterro sanitário**, resultou em uma redução líquida de emissões que somaram **10,5 milhões de tCO<sub>2eq</sub> em relação ao cenário base, o equivalente a 49,9% de redução de emissões**. Nesta condição de valorização do RSU, a intensidade de emissões se reduz para 0,45 tCO<sub>2eq</sub> por tonelada de RSU manejado.

O **terceiro cenário** considerado manteve a condição de implementação das UTMBs, porém, considerou o envio do RSU residual (rejeito) integralmente ao tratamento térmico. Neste cenário, as **emissões líquidas totais chegaram a 5,8 milhões de tCO<sub>2eq</sub>, uma redução de 72,3% de redução de emissões em relação ao cenário baseline e de 44,8% em relação ao cenário anterior**, que destina a saída das UTMBs ao aterramento.

Neste cenário, a **intensidade de emissões se reduz para 0,25 tCO<sub>2eq</sub> por tonelada de RSU manejado**.

O resultado do cenário baseline em termos de emissões de GEE, em tCO<sub>2eq</sub>, relacionado à reciclagem e disposição final, por tipos de materiais, é apresentado a seguir.

***Tabela 11 – Emissões de GEE (tCO<sub>2-eq</sub>) relacionado às opções de gerenciamento (reciclagem e disposição final) e fluxos de massa correspondentes (t/ano) para o Cenário Baseline***

<b>CENÁRIO BASELINE   2020</b>			
	<b>Total de Resíduos 30 anos</b>	<b>Emissões evitadas tCO<sub>2eq</sub></b>	<b>Emissões líquidas tCO<sub>2eq</sub></b>
<b>Resíduos reciclados</b>	<b>2.115.880</b>	<b>-461.918</b>	<b>-92.821</b>
Resíduos de alimentos	1.856.020	-44.359	131.963
Resíduos de jardins e parques	0	0	0
Papel, papelão	109.141	-168.951	-31.869

Plásticos	77.958	-148.884	-116.921
Vidros	41.578	-25.113	-5.023
Metais ferrosos	28.585	-48.937	-47.107
Alumínio	2.599	-25.674	-23.863
<b>Destinação do RSU residual</b>	<b>21.312.798</b>	<b>0</b>	<b>21.192.309</b>
Aterro sanitário	21.312.798	0	21.192.309

Com base na diferenciação das emissões por tipo de material, tendo também seus quantitativos em massa, é possível avaliar **quais são mais intensivos energeticamente para serem produzidos, o que resulta em maior potencial de mitigação quando substituídos**, como é o caso do alumínio (9,18 tCO<sub>2eq</sub> de emissões líquidas evitadas por tonelada de alumínio reciclado) e do **plástico (1,5 tCO<sub>2eq</sub> por tonelada)**.

Os resultados de emissões por tipo de material do cenário de UTMBs e destinação a aterros sanitários são apresentados na tabela a seguir.

***Tabela 12 – Emissões de GEE (tCO<sub>2-eq</sub>) relacionado às opções de gerenciamento (reciclagem e disposição final) e fluxos de massa correspondentes (t/ano) para o Cenário UTMBs com destinação do RSU residual (rejeito) para aterro sanitário.***

<b>CENÁRIO UTMBs + ATERRO SANITÁRIO</b>			
	<b>Total de Resíduos t/ano</b>	<b>Emissões evitadas tCO<sub>2eq</sub></b>	<b>Emissões líquidas tCO<sub>2eq</sub></b>
<b>Resíduos reciclados</b>	<b>10.476.049</b>	<b>-3.658.640</b>	<b>-1.912.378</b>
Resíduos de alimentos	8.734.211	-326.659	459.420
Resíduos de jardins e parques	318.630	-11.917	16.760
Papel, papelão	459.902	-711.929	-134.291
Plásticos	658.967	-1.258.496	-988.319
Vidros	0	0	0
Metais ferrosos	202.892	-347.352	-334.367
Alumínio	101.446	-1.002.288	-931.580

<b>Destinação do RSU residual</b>	<b>12.952.629</b>	<b>0</b>	<b>12.484.776</b>
Aterro sanitário	12.952.629	0	12.484.776

Em relação aos resultados de emissões relacionadas ao tratamento de orgânicos, é importante enfatizar que a sua contribuição ocorre, principalmente, ao evitar emissões que ocorreriam em caso de sua destinação final no solo, que se grava em condições anaeróbias, como é o caso de aterros sanitários. **Cada tonelada de resíduo orgânico pode gerar emissões de até 1,46 tCO<sub>2eq</sub>, caso seja disposto em um aterro** com uma eficiência média de captura (35%) e liberado diretamente para a atmosfera, sem a adoção de queimadores ou uso energético. Caso fosse destinado a um aterro com sistema de captura com mesma eficiência, mas com queimadores do tipo flare, ainda assim cada tonelada de resíduo teria o potencial de gerar emissões da ordem de 0,91tCO<sub>2eq</sub>. **Este é o potencial de mitigação que pode ser atribuído ao desvio de orgânicos do aterramento.**

Quando avaliamos o cenário de UTMB e tratamento térmico, a única alteração são as emissões relacionadas à fração de 12.952.629 de RSU residual (pós reciclagem de secos e orgânicos). Enquanto sua destinação ao aterro sanitário emite 12,48 milhões de tCO<sub>2eq</sub>, o tratamento térmico resulta em emissões da ordem de 7,4 milhões de tCO<sub>2eq</sub>.

***Tabela 13 – Emissões de GEE (tCO<sub>2</sub>-eq) relacionado às opções de gerenciamento (reciclagem e disposição final) e fluxos de massa correspondentes (t/ano) para o Cenário UTMBs com destinação do RSU residual (rejeito) para tratamento térmico.***

<b>CENÁRIO UTMBs + WtE</b>			
	<b>Total de Resíduos t/ano</b>	<b>Emissões evitadas tCO<sub>2eq</sub></b>	<b>Emissões líquidas tCO<sub>2eq</sub></b>
<b>Resíduos reciclados</b>	<b>10.476.049</b>	<b>-3.658.640</b>	<b>-1.912.378</b>
Resíduos de alimentos	8.734.211	-326.659	459.420
Resíduos de jardins e parques	318.630	-11.917	16.760
Papel, papelão	459.902	-711.929	-134.291
Plásticos	658.967	-1.258.496	-988.319
Vidros	0	0	0



Metais ferrosos	202.892	-347.352	-334.367
Alumínio	101.446	-1.002.288	-931.580

<b>Destinação do RSU residual</b>	<b>12.952.629</b>	<b>0</b>	<b>7.747.657</b>
Incineração (WtE)	12.952.629	-498.187	7.747.657

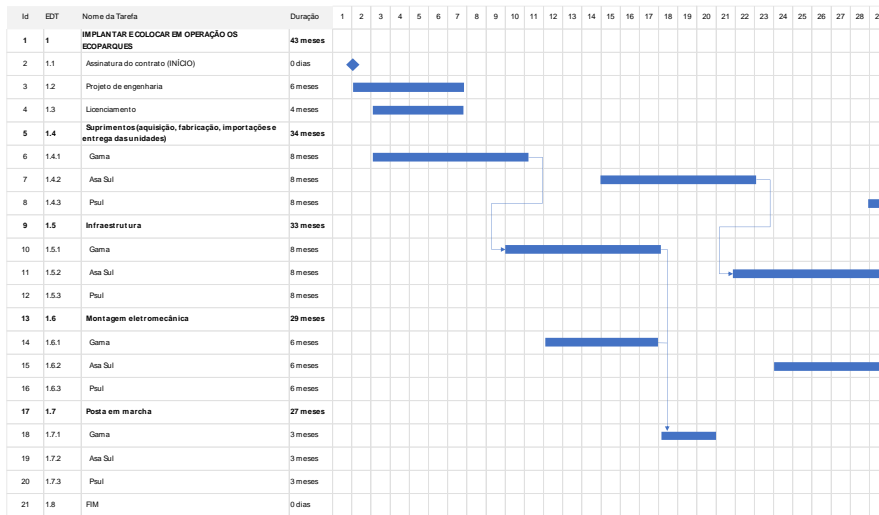
Certificados de mitigação de emissões de gases do efeito estufa podem ser contabilizados como receitas acessórias ao projeto.

## 5. CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO

Este capítulo trata da realização dos investimentos e entrada em operação dos ECOPARQUES.

O edital de concessão considera a contratação de um lote único, ou seja, os três ECOPARQUES de um mesmo operador. Desta forma, definiu-se um cronograma mínimo desejado de escalonamento dos investimentos e entrada em operação dos ECOPARQUES. A tabela 10.1 apresenta os principais eventos, atividades e datas requeridas de entrega a serem cumpridos pelo futuro concessionário. A figura 10.2 apresenta o cronograma em formato de gráfico de Gantt para melhor visualização do escalonamento das atividades.

**Figura 1.14.1 – Cronograma macro de investimentos – lote único**



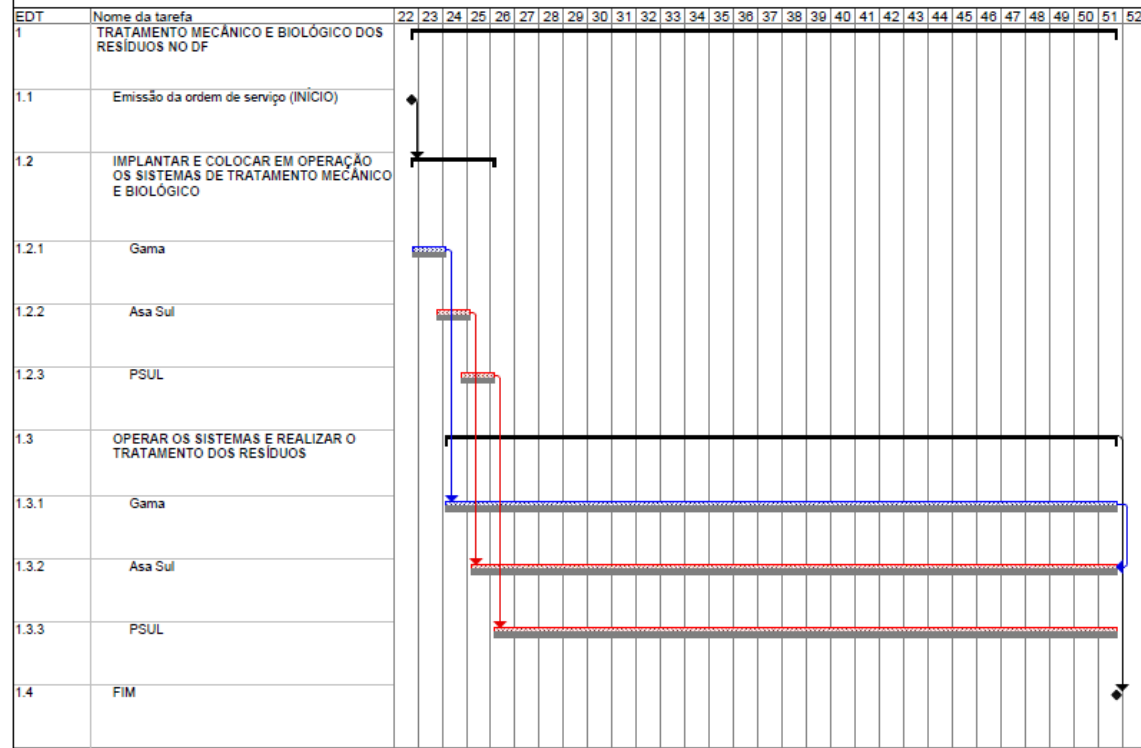
O prazo total do contrato será de 30 anos.

**Tabela 10.1 – Cronograma de macro de investimento e operação**

<b>ID</b>	<b>Evento</b>	<b>Prazo (anos)</b>	<b>Início Previsto</b>	<b>Término Previsto</b>
<b>1</b>	<b>TRATAMENTO MECÂNICO E BIOLÓGICO DOS RESÍDUOS</b>	<b>30</b>	<b>Set/22</b>	<b>Out/51</b>
1.1	Emissão da Ordem de Compra (INÍCIO)	0	Set/22	Set/22
<b>1.2</b>	<b>IMPLANTAR E COLOCAR EM OPERAÇÃO OS SISTEMAS DE TRATAMENTO MECÂNICO E BIOLÓGICO</b>	<b>3,5</b>	<b>Set/22</b>	<b>Fev/26</b>
1.2.1	Gama	1,5	Set/22	Fev/24
1.2.2	Asa Sul	1,5	Set/23	Fev/25
1.2.3	PSUL	1,5	Set/24	Fev/26
<b>1.3</b>	<b>OPERAR OS SISTEMAS E REALIZAR O TRATAMENTO DOS RESÍDUOS</b>	<b>30</b>	<b>Mar/24</b>	<b>Out/51</b>
1.3.1	Gama	30	Mar/24	Out/51
1.3.2	Asa Sul	29	Mar/25	Out/51
1.3.3	PSUL	28	Mar/26	Out/51

**Figura 10.2 – Cronograma de macro de investimento e operação**

**CRONOGRAMA MACRO - ECOPARQUES GDF**





**ABiogás**  
Associação Brasileira do Biogás



**CIBIOGAS**  
ENERGIAS RENOVÁVEIS



MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



**Biogás**  
BRASIL