CONISUD

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DA REGIÃO SUDOESTE DA GRANDE SÃO PAULO

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO

DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA

Estudo de Viabilidade Técnica e Econômico-Financeira (EVTE)
São Paulo - 2024

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DA REGIÃO SUDOESTE DA GRANDE SÃO PAULO – CONISUD

Estudo de Viabilidade Técnica e Econômico-Financeira (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA

VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

São Paulo - 2024

Esta obra é disponibilizada nos termos da Licença Creative Commons – Atribuição – Não Comercial – Compartilhamento pela mesma licença 4.0 Internacional. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte.

APRESENTAÇÃO

O presente documento apresenta o estudo de viabilidade técnica e econômica (EVTE) do Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo – CONISUD, para a *implantação e operação de usina de recuperação de materiais e geração de energia visando à redução de massa a ser encaminhada para destino final a partir dos resíduos sólidos urbanos*.

Em síntese, realizou-se um diagnóstico da situação atual dos serviços relacionados ao tratamento e disposição final dos resíduos sólidos nos municípios de Itapecerica da Serra, Juquitiba, Embu-Guaçu e São Lourenço da Serra, no estado de São Paulo; a descrição das tecnologias comumente aplicadas para recuperação energética de RSU; a descrição da solução adotada para o estudo; a estimativa de investimentos e despesas necessários à implantação e operação da usina de recuperação de energia, baseada em um estudo de demanda; a estimativa das possíveis receitas oriundas de contraprestação e da utilização da energia gerada; e a estruturação do modelo de negócio demonstrando a viabilidade econômico-financeira da solução.

A estrutura do documento se encontra organizada em 13 (treze) capítulos, conforme se segue:

Capítulo 1 – Introdução;
Capítulo 2 – Conhecimento da situação atual do tratamento e disposição final dos resíduos sólidos;
Capítulo 3 – Avaliação de impacto ambiental e urbanístico;
Capítulo 4 – Descritivo conceitual da solução proposta;
Capítulo 5 – Descrição das tecnologias disponíveis;
Capítulo 6 – Demanda;
Capítulo 7 – Solução adotada;
Capítulo 8 – Investimentos estimados;
Capítulo 9 – Operação, conservação e manutenção;
Capítulo 10 – Cálculo da receita pela contraprestação para tratamento de RSU;
Capítulo 11 – Aspectos econômicos da central de tratamento e geração de energia;
Capítulo 12 – Modelo de negócios e de serviços;
Capítulo 13 – Referências bibliográficas.

SIGLAS E ABREVIATURAS

CDR: Combustível Derivado de Resíduos

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONISUD: Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

ETE: Estações de Tratamento de Esgoto ou Efluentes

IPHAN: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

PMGIRS: Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PPP: Parceria Público-Privada

RCC: Resíduos de Construção Civil

RSS: Resíduos de Serviços de Saúde

RSU: Resíduos Sólidos Urbanos

SIACR: Sistema de Áreas Contaminadas e Reabilitadas

SISNAMA: Sistema Nacional de Meio Ambiente

SNIS: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNVS: Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

SPE: Sociedade com Fins Específicos

URE: Unidade de Recuperação Energética

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO 9

2. CONHECIMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL DO TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS 11

2.1. TIPOLOGIA DE RESÍDUOS SOB RESPONSABILIDADE DA MUNICIPALIDADE 11
2.2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PROVENIENTES DA COLETA CONVENCIONAL 12
2.2.1. Itapecerica da Serra 12
2.2.2. Juquitiba 13
2.2.3. Embu-Guaçu 14
2.2.4. São Lourenço da Serra 15
2.3. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PROVENIENTES DA COLETA SELETIVA 16
2.3.1. Itapecerica da Serra 16
2.3.2. JUQUITIBA 16
2.3.3. Embu-Guaçu 17
2.3.4. São Lourenço da Serra 17
2.4. RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO 17
2.4.1. ITAPECERICA DA SERRA 17
2.4.2. JUQUITIBA 18
2.4.3. Embu-Guaçu 18
2.4.4. São Lourenço da Serra 18
2.5. RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE 18
2.5.1. ITAPECERICA DA SERRA 18
2.5.2. JUQUITIBA 18
2.5.3. Embu-Guaçu 19
2.6. OUTROS RESÍDUOS 19
2.6.1. ITAPECERICA DA SERRA 19
2.6.2. JUQUITIBA 19
2.6.3. EMBU-GUAÇU 19
2.6.4. SÃO LOURENÇO DA SERRA 20
2.7. ESTRUTURA ADMINISTRATIVA DA GESTÃO AMBIENTAL E RESÍDUOS SÓLIDOS MUNICIPAL 20
2.7.1. ITAPECERICA DA SERRA 20
2.7.2. JUQUITIBA 20
2.7.3. EMBU-GUAÇU 21
2.7.4. SÃO LOURENÇO DA SERRA 22
2.8. COBRANÇA PELOS SERVIÇOS 22
2.8.1. ITAPECERICA DA SERRA 22
2.8.2. JUQUITIBA 23
2.8.3. EMBU-GUAÇU 23
2.8.4. SÃO LOURENÇO DA SERRA 23
2.9. IDENTIFICAÇÃO DOS PASSIVOS AMBIENTAIS RELACIONADOS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS 23
2.9.1. ITAPECERICA DA SERRA 23
2.9.2. JUQUITIBA 24
2.9.3. EMBU-GUAÇU 24
2.9.4. SÃO LOURENÇO DA SERRA 25

2.10. GRAVIMETRIA 28
2.10.1. ITAPECERICA DA SERRA 28
2.10.2. JUQUITIBA 28
2.10.3. EMBU-GUAÇU E SÃO LOURENÇO DA SERRA 28
2.11. QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NO MUNICÍPIO 28
2.11.1. ITAPECERICA DA SERRA 28
2.11.2. JUQUITIBA 29
2.11.3. EMBU-GUAÇU 30
2.11.4. ISÃO LOURENÇO DA SERRA 30

3. AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL E URBANÍSTICO 32

3.1 ASPECTOS GERAIS 32
3.2 PREVENÇÃO DE POLUIÇÃO E DA DEGRADAÇÃO SOCIOAMBIENTAL 33

4. DESCRITIVO CONCEITUAL DA SOLUÇÃO PROPOSTA 36

5. DESCRIÇÃO DAS TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS 40

6. DEMANDA 78

7. SOLUÇÃO ADOTADA 97

8. INVESTIMENTOS ESTIMADOS 105

9. OPERAÇÃO, CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO (OPEX) 108

10. CÁLCULO DA RECEITA PELA CONTRAPRESTAÇÃO PARA TRATAMENTO DE RSU 112

11. ASPECTOS ECONÔMICOS DA CENTRAL DE TRATAMENTO E GERAÇÃO DE ENERGIA 118

12. MODELO DE NEGÓCIOS E DE SERVIÇOS 120

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 133

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem como objetivo apresentar o Estudo de Viabilidade Técnica e Econômico-Financeira para a IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS dos municípios de Itapecerica da Serra, Embu-Guaçu, Juquitiba e São Lourenço da Serra, ou seja, municípios estes que integram o Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo – CONISUD.

Atualmente, os resíduos gerados pelos municípios aqui mencionados, que são integrantes do consórcio, são dispostos no Aterro Sanitário Solvi Essencis Soluções Ambientais S.A. Localizado Rod. dos Bandeirantes, km 33, Caieiras - SP, 07700-000, com uma distância média de 47 km para Itapecerica da Serra, 63 km para Embu-Guaçu, 66 km para São Lourenço da Serra e 84 km para Juquitiba.

No intuito de propor nova alternativa a situação atual, foi realizado o presente estudo, em consonância ao previsto no art. 11, inciso II, da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e a nova redação dada pela Lei nº 14.026, de 2020.

O estudo foi desenvolvido com auxílio da equipe técnica do CONISUD e do Conselho técnico e de representantes das prefeituras integrantes do CONISUD.

O sistema propõe eliminar a destinação de resíduo bruto em aterro sanitário, através da valorização dos materiais reaproveitáveis, inclusive como insumo energético. Pretende também agregar valor econômico aos produtos resultantes dos processos de aproveitamento, reduzindo custos com tratamento e disposição final de resíduos. Como consequência, contribui-se para a não geração de passivos ambientais.

Em linhas gerais, o presente estudo visa a implantação e operação de usina de recuperação de materiais e geração de energia, visando à redução de massa a ser encaminhada para destino final a partir dos resíduos sólidos urbanos e aproveitamento energético.

Nota-se que os dados utilizados neste estudo são apenas referenciais e não criam obrigações ou direitos para a Concessionária ou para o Poder Concedente. O presente EVTE não objetiva direcionar a Concessionária na escolha da tecnologia ou projeto logístico, devendo a mesma formular a solução passível de oferecer a melhor relação custo/benefício, garantindo no mínimo os ganhos obtidos nesta modelagem, conforme metodologia constante do edital.

CAPÍTULO 2

CONHECIMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL DO TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

2. CONHECIMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL DO TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

O conhecimento da situação atual do manejo de resíduos sólidos, especialmente no que se refere ao tratamento e disposição final, nos municípios de Embu-Guaçu, Itapecerica da Serra, Juquitiba e São Lourenço da Serra, faz-se necessário no intuito de fundamentar as premissas e considerações adotadas no presente Estudo de Viabilidade.

O levantamento de informações e estruturas existentes nos municípios foi realizado através de visitas de campo, em agosto de 2023, e consulta a documentos técnicos como o Plano Municipal de Saneamento Básico de Juquitiba-SP; Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) de Juquitiba-SP, Itapecerica da Serra-SP e Embu-Guaçu-SP; e Projeção de cenários econômicos, tecnológicos e sustentáveis para a gestão dos resíduos do município de Juquitiba-SP.

2.1. Tipologia de Resíduos sob Responsabilidade da Municipalidade

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010), os resíduos sólidos são classificados, segundo a sua origem, em:

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

2.2. Resíduos Sólidos Urbanos provenientes da coleta convencional

2.2.1. Itapecerica da Serra

Em Itapecerica da Serra, a antiga disposição final teve suas atividades encerradas em 2008, na região de Potuverá. Atualmente os resíduos sólidos urbanos coletados são destinados à área de transbordo, localizada no entorno da antiga área de disposição (Figuras 1 a 3), e posteriormente enviados ao aterro sanitário de Caieiras.

No local, há um galpão de triagem para a coleta seletiva, uma pequena sede administrativa e uma balança utilizada para pesagem das carretas que saem do transbordo para Caieiras, mas que eventualmente se encontra em situação não operacional.

Os resíduos de varrição e poda, tem como destino área específica no entorno da estação de transbordo, não recebendo qualquer tipo de tratamento.

Na área constata-se a existência de catadores realizando triagem de maneira desordenada e informal (Figura 3).

Figura 1: Área da antiga disposição final, estação de transbordo e galpão de triagem em Itapecerica da Serra**.**

Fonte: Adaptado do Google Earth pela MS Engenharia, 2023.

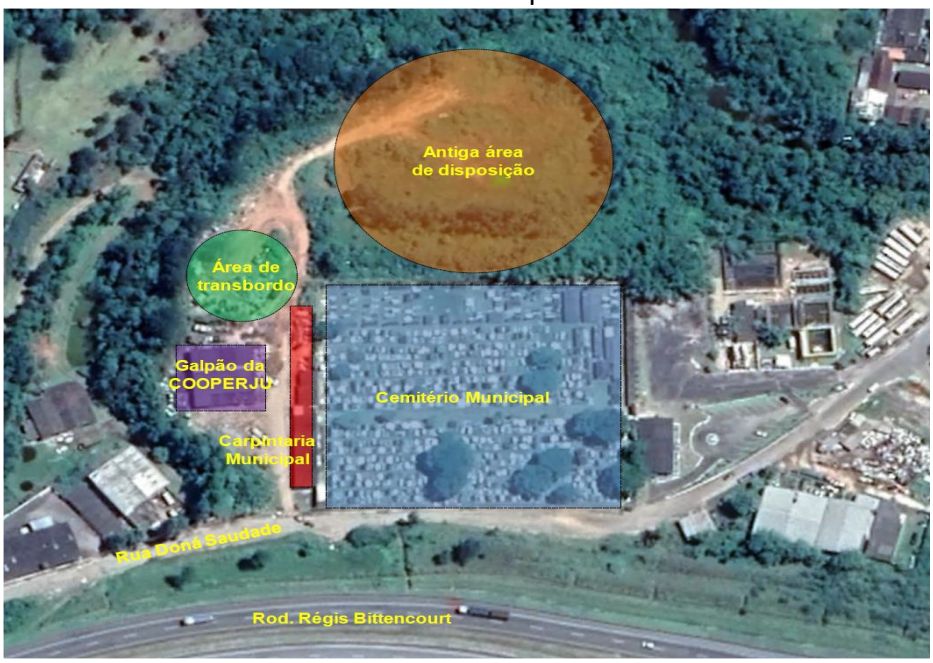
Figuras 2 e 3: Estação de transbordo e triagem informal na área de transbordo em Itapecerica da Serra.

Fonte: MS Engenharia, 2023.

2.2.2. Juquitiba

De acordo com o PMGIRS de Juquitiba (2019), desde o encerramento das atividades do antigo local de destinação final, os RSU coletados são destinados à área de transbordo, localizada no entorno da antiga área de disposição, Rua Doná Saudade, 7000 (Figuras 4 a 6), e posteriormente enviados ao aterro sanitário de Caieiras. A operação de transbordo é realizada por funcionários e equipamentos da administração pública municipal, já a carga e o transporte até o aterro sanitário são realizados por empresa contratada.

Figura 4: Área da antiga disposição final, estação de transbordo e galpão de triagem da COPERJU em Juquitiba.



Fonte: JUQUITIBA (PMGIRS), 2019.

Figuras 5 e 6: Estação de transbordo e galpão de triagem da COPERJU em Juquitiba.

Fonte: JUQUITIBA (PMGIRS), 2019.

A destinação final é feita no aterro sanitário da ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS S.A. no município de Caieiras, contratada pela Prefeitura Municipal.

2.2.3. Embu-Guaçu

Em Embu-Guaçu, desde o encerramento das atividades do antigo local de disposição final, os RSU coletados são destinados à área de transbordo, rodovia Bento Rotger Domingues, km 43 – Itararé (figuras de 7 a 10), e posteriormente enviados ao aterro sanitário da Essencis Soluções Ambientais S.A., no município de Caieiras.

Figura 7: Área de transbordo, rodovia Bento Rotger Domingues, km 43 – Itararé.

Fonte: Google Maps, adaptado por MS Engenharia, 2023.

O centro de triagem não está em funcionamento no momento, pois o galpão necessita de reforma estrutural e a municipalidade está em busca de recursos para executar a obra.

Figuras 8, 9 e 10: Fotos da estação de transbordo de Embu Guaçu.

Fonte: MS Engenharia.

2.2.4. São Lourenço da Serra

Desde 2008, o município de São Lourenço da Serra encaminha seus resíduos para disposição final em aterro privado, da Essencis Soluções Ambientais S.A., no município de

Caieiras, a aproximadamente 75km de distância. O encaminhamento dos resíduos é realizado por cada caminhão coletor, por falta de um local adequado e licenciado para transbordo.

2.3. Resíduos Sólidos Urbanos provenientes da coleta seletiva

2.3.1. Itapecerica da Serra

De acordo com a prefeitura municipal de Itapecerica da Serra-SP, o Programa Sócio Ambiental da Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos no Município de Itapecerica da Serra existe há 15 anos, criado através da Lei Nº 1836/2007 e promovido por mútua e ampla colaboração por meio de acordo de cooperação entre a Prefeitura e a Cooperativa de Itapecerica da Serra - COOPER CRIS. Com o programa o poder público viabiliza a infraestrutura e dispõe para a cooperativa:

- Dois galpões de triagem de materiais recicláveis, sendo o centro de triagem principal localizado na Av. dos Itapecericanos- Parque Paraíso, próximo a zona central da cidade, e, o outro galpão de triagem localizada no bairro Potuverá, no antigo local de disposição final;
- Caminhões, combustível e motoristas, disponibilizados para a coleta dos materiais recicláveis, atendendo as rotas dentro do município;
- Bens móveis e equipamentos necessários para execução do Programa;
- Cestas básicas e café da manhã para todos os cooperados;
- Energia, água e canal de atendimento oficial para a Coleta Seletiva;
- Manutenção da frota e dos galpões;
- Equipamentos de Proteção Individual.

A operação da coleta, triagem e destinação adequada dos materiais recicláveis ficam a cargo da cooperativa.

Segundo informações da prefeitura, quanto a coleta seletiva, foi relatado que existe coleta porta a porta de reciclados feita pela cooperativa.

De acordo com informações do SNIS (2022), um total de 1.000 toneladas são coletadas por catadores com o apoio da prefeitura, por meio de coleta porta a porta e em postos de entrega voluntária, com uma estimativa de materiais recuperados da ordem de 251 toneladas.

2.3.2. Juquitiba

Segundo o PMGIRS de Juquitiba (2019), a coleta seletiva é realizada somente em grandes geradores cadastrados e mediante solicitação, o caminhão baú utilizado é de propriedade da administração pública municipal. Os materiais coletados são destinados à COOPERJU - Cooperativa dos Trabalhadores em Reciclagem de Juquitiba instalada na área onde é realizado o transbordo dos RSU. Segundo informações do SNIS (2022), a cooperativa é composta por 7 associados.

2.3.3. Embu-Guaçu

De acordo com a prefeitura municipal de Embu-Guaçu-SP, a coleta seletiva ocorre de forma parcial no município. O serviço de coleta porta a porta é realizado nos condomínios fechados e nos comércios do município por catadores de forma independente/MEI que vendem os materiais em cooperativas da região.

Vale ressaltar que o município possui um Termo de Cooperação com a Prefeitura de Itapecerica para destinar os materiais recicláveis oriundos de Campanhas de Educação Ambiental e futura loja de Eco-troca para a Cooperativa de Itapecerica da Serra e São Lourenço da Serra.

2.3.4. São Lourenço da Serra

Segundo informações do SNIS (2022), no município de São Lourenço da Serra – SP não é realizada coleta seletiva.

2.4. Resíduos de construção civil e demolição

2.4.1. Itapecerica da Serra

Segundo a prefeitura municipal, os resíduos de construção civil, de varrição e poda, dentre outros, têm como destino área específica no entorno da estação de transbordo, dispostos desordenadamente e sem tratamento (Figuras 11 e 12). Os resíduos da Construção Civil não são depositados em Aterro de Resíduos da Construção Civil, em desconformidade à Resolução nº 307/2002 do CONAMA.

Figuras 11 e 12: Local de disposição de resíduos de construção civil em Itapecerica da Serra.

Fonte: MS Engenharia, 2023.

2.4.2. Juquitiba

Segundo o PMGIRS de Juquitiba (2019), os resíduos de construção e demolição são de responsabilidade da Secretaria de Obras e Serviços do município. Todavia, segundo informações do SNIS (2022), a prefeitura não executa coleta de resíduos sólidos da construção civil.

2.4.3. Embu-Guaçu

De acordo com a prefeitura municipal de Embu-Guaçu-SP, não há coleta e tratamento dos resíduos originados da construção civil, sendo os resíduos de RCC gerados em obras licenciadas encaminhados para fora do município para Áreas de Transbordo e Triagem particulares e devidamente licenciadas, já os resíduos de RCC que não são de obras regulares a prefeitura recolhe dos locais descartados indevidamente e reaproveita na manutenção de estradas.

2.4.4. São Lourenço da Serra

De acordo com a prefeitura municipal de São Lourenço da Serra-SP, os resíduos de construção civil são utilizados na manutenção de estradas.

Recentemente, o CONISUD adquiriu e está licenciando uma usina móvel de RCC que deverá atender os municípios participantes do consórcio.

2.5. Resíduos de Serviços de Saúde

2.5.1. Itapecerica da Serra

De acordo com a revisão e elaboração do PMGIRS de Itapecerica da Serra (2015), os Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) são tratados e destinados de forma adequada por uma empresa terceirizada, contratada especificamente para gestão deste tipo de resíduo.

Segundo informações do SNIS (2022), a empresa contratada responsável pela coleta remete os resíduos para o município de Mauá-SP.

2.5.2. Juquitiba

Segundo Certificados de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental (CADRI) emitidos pela CETESB, a Prefeitura Municipal de Juquitiba destina seus resíduos sólidos de serviços de saúde, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Destinação resíduos sólidos de serviços de saúde de Juquitiba-SP.

Entidade de destinação	Local	Tratamento	Tipologia do resíduo	Quantidade autorizada (t/ano)
Silcon Ambiental LTDA	Mauá-SP	Incineração	Resíduos sépticos provenientes de serviços de saúde, medicamentos	3,05

			vencidos ou fora de especificação nos estados sólido e líquido.	
Ambserv Tratamento de Resíduos LTDA	Pariquera-Açu-SP	Aterro Industrial Terceiros, Autoclavagem	Proveniente do atendimento à saúde.	11,50
Dejopak Gestão de Resíduos LTDA	Várzea Paulista-SP	Incinerador, autoclavagem e aterro sanitário	Medicamentos oriundos do atendimento à população em postos de saúde do município, gases, seringas, frascos perfurocortantes e outros materiais ambulatoriais contaminados.	12,00

Fonte: Certificados de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental (CADRI). CETESB, 2023.

2.5.3. Embu-Guaçu

De acordo com informações da prefeitura os Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde são coletados pela empresa Ambiserv Tratamento de Resíduos LTDA, que encaminha para autoclavagem na unidade da Ambiserv em Pariquera-Açu/SP e disposição final no aterro de rejeitos localizado em Rio Negrinhos/SC, operado pela empresa Hera Sul Tratamento de Resíduos LTDA. A quantidade de RSS coletados registrada é de 4,0 toneladas no ano.

Outros resíduos

2.5.4. Itapecerica da Serra

Nos pontos de entrega voluntária, há espaço destinado para entrega de Pneus. Vale ressaltar que outra iniciativa de controle de descarte de materiais passiveis de logística reversa, como os pneus inservíveis, foi o cadastramento dos borracheiros da cidade, visando assim um maior controle sob as atividades desempenhadas por eles no que diz respeito a geração de resíduos pneumáticos.

2.5.5. Juquitiba

De acordo com a prefeitura municipal de Juquitiba-SP, os resíduos industriais e pneumáticos são coletados na coleta convencional. Para pilhas, baterias e óleo de cozinha são disponibilizados recipientes próprios em locais específicos, e após coleta, são encaminhados à empresa para disposição final adequada.

2.5.6. Embu-Guaçu

De acordo com a prefeitura municipal de Embu-Guaçu-SP, os resíduos industriais, pneumáticos, eletrônicos, pilhas, baterias, óleo de cozinha e de serviços saneamento, não são coletados pela prefeitura, no entanto, para todos os empreendimentos licenciados, estes comprovam obrigatoriamente a destinação de seus resíduos adequadamente para reaproveitamento ou tratamento em locais licenciados fora do município. De qualquer modo, para os outros resíduos há a Fiscalização por parte da empresa contratada que

notifica o gestor do contrato caso encontre descarte de resíduos inadequados, além da ação do mutirão da dengue e fiscalização de posturas.

2.5.7. São Lourenço da Serra

De acordo com a prefeitura municipal de São Lourenço da Serra-SP, os resíduos pneumáticos, eletrônicos, pilhas e baterias são de responsabilidade das empresas e comércio. Quanto ao óleo de cozinha, o mesmo é coletado por moradores autônomos que utilizam para fazer sabão e comercializar. Não há cadastro da quantidade de óleo de cozinha gerado no município e dos moradores que realizam essa coleta.

2.6. Estrutura Administrativa da Gestão Ambiental e Resíduos Sólidos Municipal

2.6.1. Itapecerica da Serra

Segundo a prefeitura, os serviços de manejo de resíduos sólidos ficam a cargo da Secretaria de Obras do município.

De acordo com informações do SNIS (2022), no município, há um total de 83 (oitenta e três) trabalhadores remunerados, 12 empregados por agente público e 71 por agente privado, que se encontram alocados realizando serviços referente ao manejo de resíduos sólidos.

Em 19/12/2023, a prefeitura de Itapecerica da Serra firmou o Contrato Nº 5.507/2023, Contrato de Concessão Administrativa para Prestação do Serviço Público de Limpeza Urbana, Coleta e Manejo de Resíduos Sólidos no Município de Itapecerica da Serra – Concorrência Pública nº 002/2023 – Edital nº 059/2023.

2.6.2. Juquitiba

Segundo o PMGIRS de Juquitiba (2019), a gestão ambiental e dos resíduos sólidos no município é realizada pela Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente – SAMA (Quadro 2).

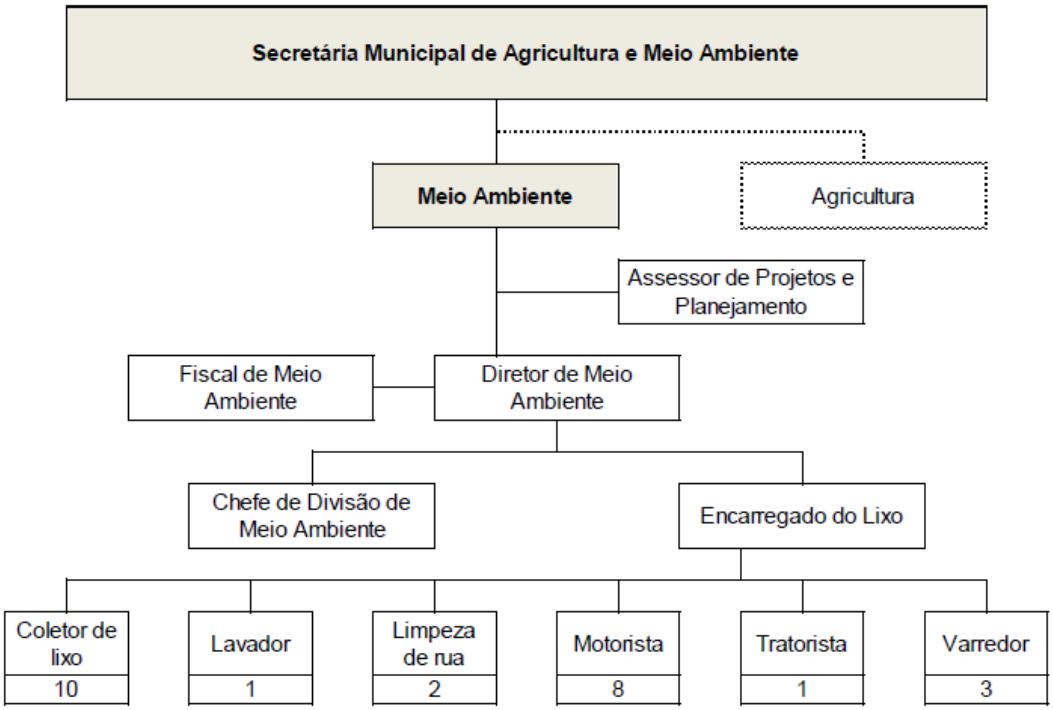
A secretaria é composta por 6 (seis) servidores e apresenta o organograma visualizado na Figura 13.

Quadro 2 – Estrutura administrativa da SAMA em Juquitiba-SP

CARGO/FUNÇÃO	QUANTIDADE
Secretária de Agricultura e Meio Ambiente	1
Diretora do Meio Ambiente	1
Diretor Distrital - Assessor de Projetos e Planejamento	1
Chefe de Divisão Meio Ambiente	1
Diretora de Promoção Social - Encarregada do Lixo	1
Fiscal Ambiental	1

Fonte: JUQUITIBA (PMGIRS), 2019.

Figura 13: Organograma da SAMA em Juquitiba-SP



Fonte: JUQUITIBA (PMGIRS), 2019.

Segundo informações do SNIS (2022), no município, há um total de 24 (vinte e quatro) trabalhadores remunerados, 22 empregados por agente público e 2 por agente privado, que se que encontram alocados realizando serviços referente ao manejo de resíduos sólidos.

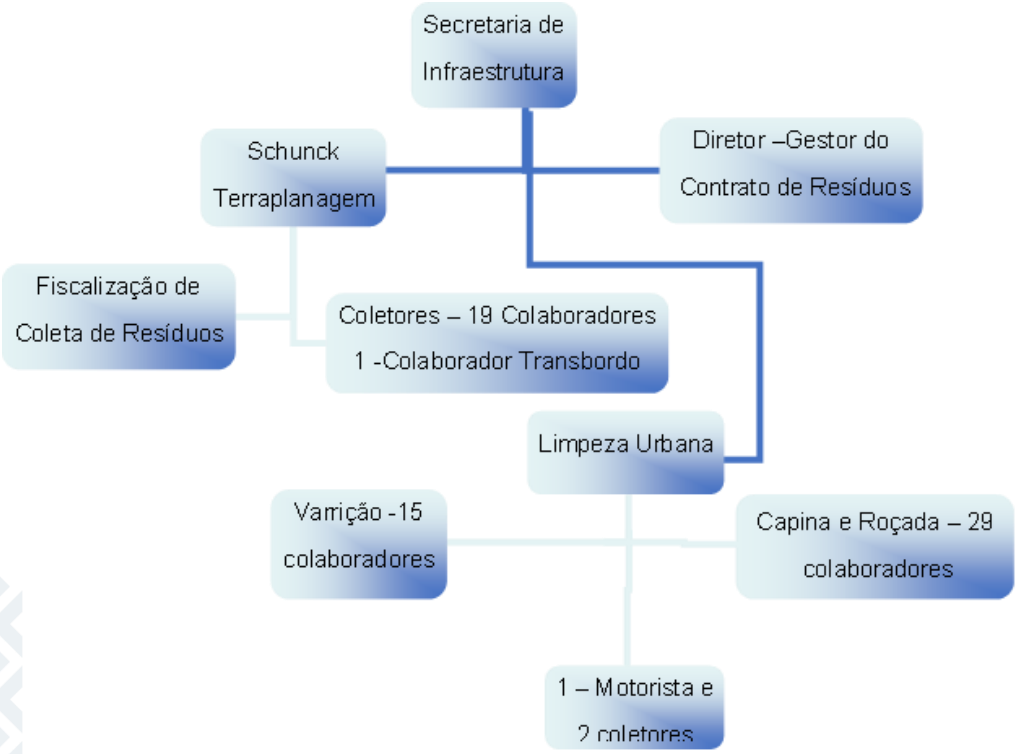
2.6.3. Embu-Guaçu

Segundo a prefeitura, os serviços de limpeza urbana e gestão dos resíduos sólidos ficam a cargo da Secretaria de Infraestrutura do município.

O serviço público de coleta, transporte e destinação final dos Resíduos Sólidos urbanos é realizado pela empresa SCHUNCK TERRAPLANAGEM E TRANSPORTE EIRELI, contrato n°008/2024, com a vigência de 11/04/2024 a 10/04/2025.

O serviço público de Limpeza Urbana, Coleta e Manejo de Resíduos Sólidos do município ocorre conforme organograma apresentado na Figura 14.

Figura 14: Organograma de gestão dos resíduos sólidos de Embu-Guaçu-SP



Fonte: Prefeitura Municipal de Embu-Guaçu, 2023.

De acordo com informações do SNIS (2022), no município, um total de 89 (oitenta e nove) trabalhadores remunerados, todos empregados por agentes públicos, se encontram alocados realizando serviços referente ao manejo de resíduos sólidos.

2.6.4. São Lourenço da Serra

Segundo a prefeitura, a estrutura administrativa de gestão ambiental de São Lourenço da Serra é composta pelo Departamento de Meio Ambiente e o Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente - COMDEMA.

De acordo com informações do SNIS (2022), no município, um total de 41 (quarenta e um) trabalhadores remunerados, todos empregados por agentes públicos, se encontram alocados realizando serviços referente ao manejo de resíduos sólidos.

2.7. Cobrança pelos serviços

2.7.1. Itapecerica da Serra

Segundo informações do SNIS (2022), no município de Itapecerica da Serra-SP há cobrança pelos serviços de manejo de resíduos sólidos prestados, através de taxa específica no mesmo boleto do IPTU.

Cobrança regulamentada pelo Decreto 3.466 de 16/12/2022.

2.7.2. Juquitiba

Segundo informações do SNIS (2022), no município de Juquitiba-SP há cobrança pelos serviços de manejo de resíduos sólidos prestados, através de taxa específica no mesmo boleto do IPTU.

2.7.3. Embu-Guaçu

Segundo informações do SNIS (2022), no município de Embu-Guaçu-SP há cobrança pelos serviços de manejo de resíduos sólidos prestados, através de taxa específica no mesmo boleto do IPTU.

2.7.4. São Lourenço da Serra

Segundo informações do SNIS (2022), no município de São Lourenço da Serra -SP há cobrança pelos serviços de manejo de resíduos sólidos prestados, através de taxa específica no mesmo boleto do IPTU.

Taxa de coleta de lixo regulamentada pelo Decreto nº 2011 de 28 de janeiro de 2021.

2.8. Identificação dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos

2.8.1. Itapecerica da Serra

Áreas contaminadas no município

Segundo o Sistema de Áreas Contaminadas e Reabilitadas (SIACR, 2024), disponibilizado pela CETESB, atualmente existem 1 (uma) área contaminada em processo de remediação e 5 (cinco) áreas reabilitadas para o uso declarado no município, relacionadas a postos de combustíveis, comércios e industrias, nenhuma relacionada ao manejo de resíduos sólidos (Quadro 3).

Antiga disposição final

De acordo com a revisão e elaboração do PMGIRS de Itapecerica da Serra (2015), a antiga área de disposição final, na região de Potuverá, encontra-se com a operação encerrada em fase de remediação ambiental. O local foi utilizado como lixão por mais de 20 anos, segundo relatos dos moradores locais. Em 1997 recebeu algumas adequações, como colocação de manta de proteção do solo e recolhimento de chorume, classificado desde então pela CETESB como aterro controlado.

Atualmente, a área da antiga disposição se encontra coberta por vegetação e em monitoramento.

2.8.2. Juquitiba

Áreas contaminadas no município

Segundo o Sistema de Áreas Contaminadas e Reabilitadas (SIACR, 2024), disponibilizado pela CETESB, atualmente existem 4 (quatro) áreas contaminadas em processo de remediação no município, todas relacionadas a postos de combustíveis e nenhuma relacionada ao manejo de resíduos sólidos, conforme relação a seguir (Quadro 3):

- Auto Posto Juquimagrão Ltda. Rua Jorge Victor Vieira, 274;
- Centro Automotivo Gualhu Ltda. Rodovia Regis Bittencourt Km 314, S/N;
- Petroleo e Derivados Tupinamba Ltda. Rodovia Regis Bittencourt Pista Norte;
- Presidente Juquitiba Auto Posto Ltda. Rodovia Regis Bittencourt.

Antiga disposição final

Segundo o PMGIRS de Juquitiba (2019), a antiga área de disposição final na Rua Doná Saudade, 7000, encontra-se com a operação encerrada estando coberta por vegetação rasteiras, principalmente gramíneas (Figuras 15 e 16).

Figuras 15 e 16: Antiga área de disposição em Juquitiba.

Fonte: JUQUITIBA (PMGIRS), 2019.

2.8.3. Embu-Guaçu

Áreas contaminadas no município

Segundo o Sistema de Áreas Contaminadas e Reabilitadas (SIACR, 2024), disponibilizado pela CETESB, atualmente existem 3 (três) áreas contaminadas com risco confirmado ou em processo de remediação, relacionadas a postos de combustíveis e comércio de cerâmica, nenhuma relacionada ao manejo de resíduos sólidos (Quadro 3).

Antiga disposição final

O antigo local de disposição final, localizado na rodovia Bento Rotger Domingues, km 43 - Itararé, encontra-se com a operação encerrada.

2.8.4. São Lourenço da Serra

Áreas contaminadas no município

Segundo o Sistema de Áreas Contaminadas e Reabilitadas (SIACR, 2024), disponibilizado pela CETESB, atualmente existem 2 (duas) áreas contaminadas com risco confirmado ou em processo de remediação, relacionadas a posto de combustível e comércio de produtos minerais, nenhuma relacionada ao manejo de resíduos sólidos (Quadro 3).

Quadro 3: Passivos Ambientais

Município	Empreendimento	Endereço	Atividade	Classificação	Grupo Contaminante	Fonte Contaminação	Meios impactados
Juquitiba	Auto Posto Juquimagrão Ltda.	Rua Jorge Victor Vieira, 274	Combustíveis para veículos automotores (postos revendedores), comércio	Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)	Combustíveis Automotivos, Solventes Aromáticos e PAHs	Armazenagem	Águas Subterrâneas/Subsolo (DENTRO)
	Presidente Juquitiba Auto Posto Ltda.	Rodovia Regis Bittencourt,	Combustíveis e lubrificantes para veículos; comércio varejista	Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)	Combustíveis Automotivos, Solventes Aromáticos e PAHs	Armazenagem/Acidentes	Águas Subterrâneas/Subsolo
	Petroleo e Derivados Tupinamba Ltda.	Rodovia Regis Bittencourt - Pista Norte	Posto de abastecimento de veículos	Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)	Combustíveis Automotivos, Solventes Aromáticos e PAHs	Armazenagem	Águas Subterrâneas/Subsolo
	Centro Automotivo Gualhu Ltda.	Rodovia Regis Bittencourt, Km 314, S/N	Combustíveis e lubrificantes para veículos; comércio varejista	Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)	Combustíveis Automotivos	Armazenagem	Águas Subterrâneas
São Lourenço da Serra	Petróleo São Lourenço Ltda.	Rodovia Regis Bittencourt,	Combustíveis e lubrificantes para veículos; comércio varejista	Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)	Combustíveis Automotivos, Solventes Aromáticos e PAHs	Armazenagem	Águas Subterrâneas
	Plumbum Comércio e Repres de Produtos Minerais e Industriais Ltda.	Estrada da Barrinha, 500		Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi)	Metais	Produção	Solo Superficial/Águas Subterrâneas/Subsolo
Embu-Guaçu	Imerys Ceramics Brasil - Minérios para Cerâmicas Ltda.	Estrada Santa Rita, km 61	Caulim; extração	Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi)	Metais, Outros inorgânicos, Solventes Halogenados, Contaminantes	Produção	Águas Subterrâneas
	Auto Posto Cobra Grande Ltda.	Rua Coronel Luiz Tenório de Brito, 272	Combustíveis e lubrificantes para veículos; comércio varejista	Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)	Combustíveis Automotivos, Solventes Aromáticos e PAHs	Armazenagem	Águas Subterrâneas/Subsolo
	Auto Posto Itararé Ltda.	Rua Alba Storrari de Azevedo, 13	Combustíveis e lubrificantes para	Área Contaminada em Processo de	Combustíveis Automotivos, Solventes Aromáticos e PAHs	Armazenagem	Subsolo

Fonte: SIACR, 2024.

Quadro 3: Passivos Ambientais (continuação)

			veículos; comércio varejista	Remediação (ACRe)			
Itapecerica da Serra	Natura Cosméticos S/A	Rodovia Regis Bittencourt (Rod. BR 116), S/N	Comércio atacadista de produtos de beeza, exportação e escritório adm	Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)	Metais, Outros inorgânicos, Contaminantes	Infiltração	Águas Subterrâneas
	Auto Posto Batalha LTDA	Rodovia Regis Bittencourt, S/N	Posto de abastecimento de veículos	Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)	Combustíveis Automotivos, Solventes Aromáticos e PAHs	Armazenagem	Águas Subterrâneas/Subsolo
	Auto Posto Quarenta e Um Ltda.	Rodovia Regis Bittencourt, S/N	Combustíveis e lubrificantes para veículos; comércio varejista	Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)	Combustíveis Automotivos, Solventes Aromáticos e PAHs	Armazenagem	Águas Subterrâneas/Subsolo
	Presidente 6 Auto Posto Ltda.	Rodovia Regis Bittencourt, S/N	Combustíveis e lubrificantes para veículos; comércio varejista	Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)	Combustíveis Automotivos, Solventes Aromáticos	Armazenagem	Águas Subterrâneas/Subsolo
	Mário Fukuhara Depósito de Sucatas	Rua Manacá da Serra, 921		Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)	PCBs/POPs	Descartes	Águas Subterrâneas
	Plasfan Ind. E Com. De Plásticos Ltda. (Ars Suessen Máquinas S/A)	Est. De Itapecerica - Santo Amaro 4651	Indústria	Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)	Contaminantes	Produção	Águas Subterrâneas

Fonte: SIACR, 2024.

2.9. Gravimetria

2.9.1. Itapecerica da Serra

A caracterização dos resíduos sólidos urbanos gerados no município foi realizada na área de transbordo em novembro de 2014, e é apresentado no Quadro 4.

Quadro 4: Composição Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos de Itapecerica da Serra -SP

Materiais	%
Plástico (PET + Rígido)	10,0%
Papel e Papelão	3,2%
Vidros	0,7%
Matéria orgânica	62,1%
Metal	0,3%
Eletrônicos e Pilhas	0,2%
Madeira	0,6%
Têxteis e Couro	4,9%
Outros (material não identificável)	18,0%

Fonte: ITAPECERICA DE SERRA (PMGRS), 2015.

2.9.2. Juquitiba

A caracterização dos resíduos sólidos gerados no município de Juquitiba-SP foi realizada em agosto de 2022, através do método de quarteamento (ABNT NBR 10007/2004) em oito bairros distintos, utilizando parcela dos resíduos coletados de caminhões compactadores. O resultado é apresentado no Quadro 5.

Quadro 5: Composição Gravimétrica dos resíduos sólidos de Juquitiba-SP

Materiais	%
Plástico (PET + Rígido)	3,33%
Papel e Papelão	5,57%
Vidros	2,38%
RSU | Indiferenciados	88,72%

Fonte: ATERRA, 2022.

2.9.3. Embu-Guaçu e São Lourenço da Serra

Para os municípios de Embu-Guaçu e São Lourenço da Serra não foram localizados estudos sobre a caracterização dos resíduos sólidos gerados.

2.10. Quantificação dos Resíduos Gerados no Município

2.10.1. Itapecerica da Serra

De acordo com a revisão e elaboração do PMGIRS de Itapecerica da Serra (2015), foi realizada estimativa de geração de resíduos sólidos domiciliares (Quadro 6). Para os anos de

2018 a 2020, o município apresentou média de 159,4 toneladas por dia de resíduos sólidos domiciliares.

Quadro 6: Estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares em Itapecerica da Serra -SP.

ANO	Média diária (t)
2018	156,81
2019	159.43
2020	162.09

Fonte: ITAPECERICA DE SERRA (PMGRS), 2015.

De acordo com informações da Prefeitura Municipal, no período de 01/01/2022 a 31/12/2022 foram coletadas 52.871,47 toneladas, resultando em uma média diária de 146,865 toneladas. No período de 01/01/2023 a 31/05/2023 foram coletadas 23.249,02 toneladas, resultando em uma média diária de 154,99 toneladas. Considerando os anos de 2022 e 2023, Itapecerica da Serra encaminhou para a disposição final, em média 150,92 toneladas por dia.

2.10.2. Juquitiba

Segundo o PMGIRS de Juquitiba (2019), no ano de 2018, o município apresentou uma média de 16,31 toneladas por dia de resíduos sólidos urbanos encaminhados à destinação final (Quadro 7).

Quadro 7: Quantitativo dos resíduos sólidos urbanos encaminhados à destinação final de Juquitiba-SP

ANO	Mês	Quant		Valor (RS)	Dias (do mês)	Quant. Média diária (t)
		Peso (kg)	Viagens (und)			
2018	Janeiro	631.430	36	46.353,90	31	20,37
	Fevereiro	556.500	42	53.671,55	28	19,88
	Março	524.260	37	47.302,50	31	16,91
	Abril	479.550	35	44.562,10	30	15,99
	Maio	381.840	32	40.761,75	31	12,32
	Junho	567.940	25	32.456,40	30	18,93
	Julho	438.340	37	48.274,90	31	14,14
	Agosto	457.500	29	37.258,90	31	14,76
	Setembro	437.690	30	38.887,50	30	14,59
	Outubro	492.350	28	35.681,00	31	15,88
	Novembro	467.910	32	41.849,75	30	15,60
	Dezembro	-	-	-	-	-

Fonte: JUQUITIBA (PMGIRS), 2019.

De acordo com informações da Prefeitura Municipal, os meses de maio e junho de 2023 apresentaram, respectivamente, 407,5 e 465,9 toneladas geradas, resultando em uma média de 14,56t/dia.

2.10.3. Embu-Guaçu

Segundo o Inventario Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos (2021), o município apresentou uma média de 54,82 toneladas por dia de resíduos sólidos urbanos encaminhados à destinação final. Ademais, de acordo com informações da Prefeitura Municipal de Embu-Guaçu - SP, encaminhadas por questionário, o município encaminha para a disposição final, em média 50,60 toneladas por dia (Quadro 8).

Quadro 8: Geração de resíduos sólidos domiciliares em Embu-Guaçu -SP.

ANO	Média diária (t)	Fonte
2021	54,82	Inventario Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2021
2023	50,60	Prefeitura Municipal

Fonte: CETESB, 2022 e Prefeitura Municipal de Embu-Guaçu-SP, 2023.

2.10.4. São Lourenço da Serra

Segundo o Inventario Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos (2021), o município apresentou uma média de 10,28 toneladas por dia de resíduos sólidos urbanos encaminhados à destinação final. Ademais, de acordo com informações da Prefeitura Municipal de São Lourenço da Serra - SP, encaminhadas por questionário, o município encaminha para a disposição final, em média 9,00 toneladas por dia (Quadro 9).

Quadro 9: Geração de resíduos sólidos domiciliares em São Lourenço da Serra -SP

ANO	Média diária (t)	Fonte
2021	10,28	Inventario Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2021
2023	9,00	Prefeitura Municipal

Fonte: CETESB, 2022 e Prefeitura Municipal de São Lourenço da Serra-SP, 2023.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL E URBANÍSTICO

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

3. AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL E URBANÍSTICO

3.1 Aspectos Gerais

Diretrizes Ambientais para a Unidade de Recuperação de Energia (URE)

A Concessionária responsável pela implantação da Unidade de Recuperação de Energia (URE) deve seguir as seguintes diretrizes ambientais, baseadas em princípios e práticas fundamentais:

- A prevalência do interesse público;
- A melhoria contínua do desempenho ambiental da empresa;
- O combate à miséria e seus efeitos, que prejudicam não apenas a qualidade de vida, mas também a qualidade ambiental da região e de seus recursos naturais onde se instalará a URE;
- A multidisciplinariedade no trato das questões ambientais;
- A participação comunitária na defesa do Meio Ambiente;
- A integração com as políticas de Meio Ambiente nas esferas de competência da União, Estado, Município e as demais ações do governo, buscando identificar e controlar os resíduos gerados;
- Treinamento e conscientização de seus colaboradores internos e externos acerca da importância da dimensão ambiental ao negócio, através de divulgação e ações de educação ambiental, visando o envolvimento de todos com a implementação das presentes diretrizes;
- O uso racional dos recursos naturais;
- A mitigação e minimização dos impactos ambientais;
- A Educação e a Conscientização ambiental como ação mobilizadora da sociedade;
- O incentivo a pesquisa científica e tecnológica direcionada para o uso, proteção, monitoramento e recuperação dos recursos ambientais;
- A recuperação do dano ambiental;
- Aperfeiçoamento profissional e tecnológico, buscando a minimização dos aspectos ambientais negativos e otimização dos positivos no empreendimento;
- A adequação das atividades e ações econômicas, sociais, urbanas e do Poder Público, às imposições do equilíbrio ambiental;
- A busca permanente de soluções negociadas entre o Poder Público e a iniciativa privada para a redução dos impactos ambientais;
- A adoção no processo de planejamento, de normas relativas ao desenvolvimento urbano e econômico que priorize a proteção ambiental, a utilização adequada do espaço territorial e dos recursos naturais e que possibilitem novas oportunidades de geração de trabalho e renda;
- O licenciamento ambiental e o controle das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- A melhoria constante da qualidade do ar, da água, do solo, da paisagem e dos níveis de ruído e vibrações, mantendo-os dentro dos padrões técnicos estabelecidos pelas

legislações de Controle de Poluição Ambiental Federal, Estadual e do Município no que couber;

- O acondicionamento, armazenamento, a reciclagem, o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos;
- Tratamento adequado dos efluentes líquidos e gasosos provenientes dos sistemas operacionais da URE;
- O cumprimento de normas de segurança no tocante à manipulação, armazenagem e transporte de produtos, substâncias, materiais e resíduos perigosos ou tóxicos.
- A conservação e recuperação dos rios, córregos e matas ciliares e áreas florestadas impactadas;
- A garantia de crescentes níveis de salubridade ambiental, através do provimento de infraestrutura sanitária e de condições de salubridade das edificações e instalações operacionais;
- Auditoria ambiental periódica, utilizando indicadores, e arquivando todos os resultados relativos a cada uma delas, que servirão de suporte para o aperfeiçoamento das fases de planejamento, implantação e operação;
- Obtenção das licenças ambientais necessárias para o início das operações.

Gestão de Resíduos Sólidos e Desenvolvimento Sustentável

A gestão dos resíduos sólidos e o desenvolvimento sustentável devem focar na qualidade de vida da população, baseando-se na educação como direito fundamental para o exercício da cidadania e em conformidade com a Lei Federal Nº 12.305/2010.

Programa de Coleta Seletiva

Implementar a coleta seletiva como forma de gerar trabalho, renda, inclusão social e minimizar impactos ambientais.

Estímulo à Pesquisa e Uso de Materiais Reciclados

Fomentar a pesquisa e o uso de matérias-primas recicladas, viabilizando programas governamentais e parcerias com universidades, indústrias, estabelecimentos comerciais, empresas de serviços, comunidade organizada e instituições interessadas.

3.2 Prevenção de poluição e da degradação socioambiental

Com relação ao tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos e posterior geração de energia, estes deverão após estudos de alternativas tecnológicas e de localização, ter sua caracterização realizada com base nas informações e subsídios a seguir relacionados:

- Localização do empreendimento, considerando a(s) região(ões) atingida(s), os pontos de captação de água e lançamento de efluentes, enquadramento dos corpos d'água em sua respectiva classe de uso (Resolução CONAMA), bacia hidrográfica e coordenadas geográficas;

• Concepção e forma operacional da unidade;

• Sistemas de proteção ambiental para atendimento às disposições Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

• Obras de implantação;

• Monitoramento ambiental (monitoramento da qualidade das águas subterrâneas; superficiais; emissões atmosféricas).

Especificamente para a implantação da estação de recepção e geração de energia, deverá ser elaborado um diagnóstico da área diretamente afetada pelo empreendimento, refletindo as atuais condições dos meios físico, biológico e socioeconômico.

As informações deverão ser inter-relacionadas, resultando num diagnóstico integrado que permita a avaliação dos impactos resultantes da implantação do empreendimento.

Para tanto, as seguintes informações deverão ser consideradas:

• Delimitação da área de influência do empreendimento;

• Compatibilidade do empreendimento com a legislação incidente: do Município, do Estado e do Governo Federal, em especial com relação às áreas de interesse ambiental, com mapeamento das restrições à ocupação, de acordo com as disposições da Resolução CONAMA;

• Caracterização do uso e ocupação atual do solo;

• Caracterização da área quanto aos aspectos geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos;

• Caracterização da infraestrutura básica existente no local, tais como fornecimento de energia elétrica, abastecimento de água, redes de esgoto, dentre outros;

• Dados sobre a qualidade do ar, considerando as disposições da resolução CONAMA e demais Legislações Técnicas – ABNT NBR 10151 e NBR 10152;

• Levantamento da existência de sítios arqueológicos, em conformidade com a Portaria IPHAN n.º 230/02 e demais Legislações.

Diante do diagnóstico ambiental da área de influência do empreendimento e de sua caracterização, devem ser identificados os principais impactos que poderão ocorrer, em função das diversas ações previstas para a sua implantação e operação, tais como: alteração da qualidade do ar, alteração hídrica subterrânea, conflitos de uso e ocupação do solo e de água, interferência com infraestrutura existente, desapropriações e relocação de população, dentre outros.

Considerando os impactos identificados deverão ser previstas medidas mitigadoras, compensatórias e/ou de controle ambiental, tais como:

• Implantação de sistemas de coleta seletiva e/ou triagem dos resíduos, com posterior reaproveitamento dos materiais com reciclagem e geração de energia;

• Tratamento dos gases gerados, com possibilidade de aproveitamento energético;

• Tratamento de líquidos percolados, para atendimento às disposições da legislação.

CAPÍTULO 4

DESCRITIVO CONCEITUAL DA SOLUÇÃO PROPOSTA

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

4. DESCRITIVO CONCEITUAL DA SOLUÇÃO PROPOSTA

A proposta considera a implantação de uma usina de tratamento de resíduos sólidos urbanos composta de unidade de geração de energia.

Os resíduos que chegarem à usina serão controlados quanto à origem, quantidade e natureza, por meio de um Sistema de Gestão Integrado com o gestor dos serviços pelo CONISUD.

A pesagem de todas as cargas recebidas determinará a quantidade, em massa, de resíduo consumido na usina, objetivando o controle do rendimento global da planta.

Esse sistema de tratamento de RSU - Resíduos Sólidos Urbanos é uma alternativa para reduzir o volume de resíduos em aterro, eliminando principalmente os elementos contaminantes.

Para tanto o sistema contará com unidades integrantes da solução referencial, tais sejam:

- Unidade de recepção de resíduos e produção de CDR – Combustível Derivado de Resíduos, de origem industrial e/ou urbana;
- Unidade de geração de energia (gaseificação);
- Lavador de Gases;
- Disposição final de até 15% dos resíduos tratados em condição inerte.

O Poder Concedente, o Município, inserido nesse contexto e amparado na Lei Federal 9.074/95, que dispensa Autorização Legislativa para os casos de saneamento básico, está autorizado a contratar a Parceria Público-Privada (PPP). Reproduzimos a seguir, *in verbis*, o Art. 2 da Lei Federal 9.074/95 que trata da *dispensa de Autorização Legislativa para os casos de saneamento básico*:

> ***Art. 2 º*** *- É vedado à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios executarem obras e serviços públicos por meio de concessão e permissão de serviço público, sem lei que lhes autorize e fixe os termos, dispensada a lei autorizativa nos casos de saneamento básico e limpeza urbana e nos já referidos na Constituição Federal, nas Constituições Estaduais e nas Leis Orgânicas do Distrito Federal e Municípios, observado, em qualquer caso, os termos da Lei no 8.987, de 1995."*

Nesse caso, um Contrato de Concessão Administrativa será realizado através de licitação e contratação de uma SPE (Sociedade com Fins Específicos), e terá as seguintes atribuições no processo:

• Remunerar mensalmente a SPE, através de medição Mensal do RSU entregue para o tratamento e destinação final, através de conta especificamente constituída;

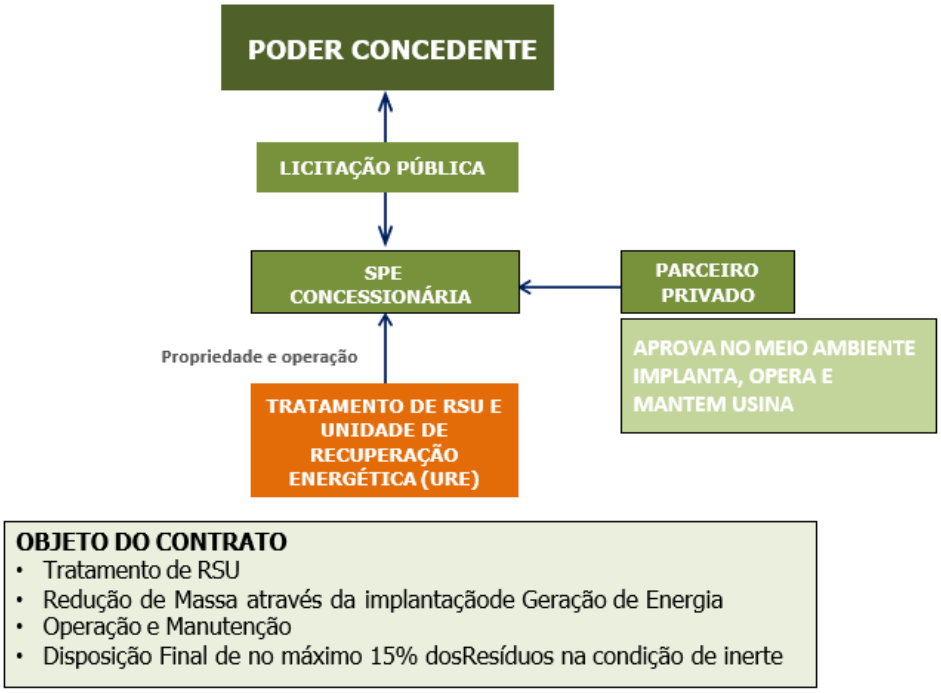
• Constituir Fundo Contábil para a gestão dos recursos destinados ao objeto da Concessão, o qual receberá a transferência dos pagamentos pelo CONISUD;

• Ter o PPA – LDO – LOA com previsão do Programa e da despesa;

Caberá a SPE, portanto, dentro dessa conceituação, executar os serviços concedidos pelo CONISUD para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos, implantação e operação de usina de geração de energia. Outra obrigação que incorrerá por conta da SPE será o atendimento aos parâmetros de desempenho previstos no Contrato de Concessão.

A Figura 17 apresenta a estrutura geral do projeto com as relações entre Poder Concedente e Concessionária.

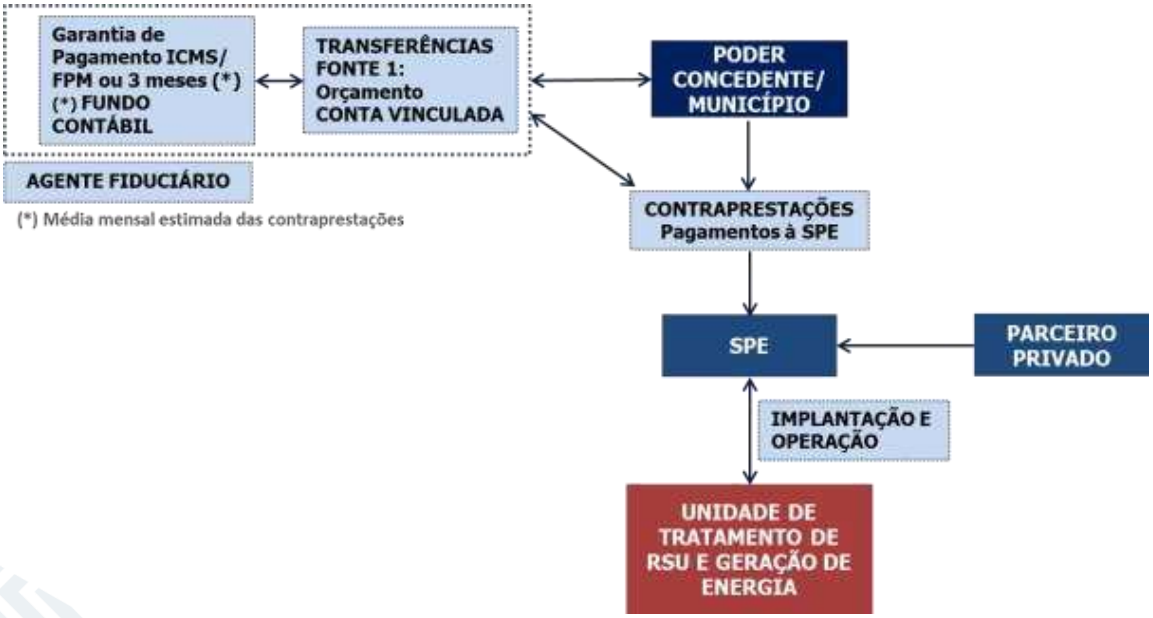
Figura 17 - Estrutura Geral do Projeto



Fonte: VOLTA REDONDA, 2021

O Contrato de PPP pressupõe a existência de mecanismo de pagamento e garantia à Concessionária nos termos da legislação vigente. Assim deve-se prever a constituição pelo Poder Concedente de conta específica para pagamento e garantia de pelo menos 3 contraprestações gerida por agente fiduciário a ser contratado (Figura 18).

Figura 18: Mecanismo de Pagamento e Garantia à Concessionária.



Fonte: VOLTA REDONDA, 2021

CAPÍTULO 5

DESCRIÇÃO DAS TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

5. DESCRIÇÃO DAS TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS

Diante de uma variedade de tecnologias disponíveis no mercado para o tratamento de resíduos sólidos urbanos com a geração de energia, baseado nas condições específicas apresentadas pelos municípios de Itapecerica da Serra, Juquitiba, Embu-Guaçu e São Lourenço da Serra, quanto ao volume e características dos resíduos, e expectativas no âmbito do consórcio, resultando na decisão pela avaliação do emprego das tecnologias de gaseificação e incineração.

A tecnologia adotada atualmente de utilização de aterro sanitário como solução, não será considerada diante das condições levantadas na fase de estudos, bem como pela determinação das administrações públicas em se adotar solução envolvendo aproveitamento energético imediato, com o intuito de reduzir o volume de resíduos depositados nos aterros.

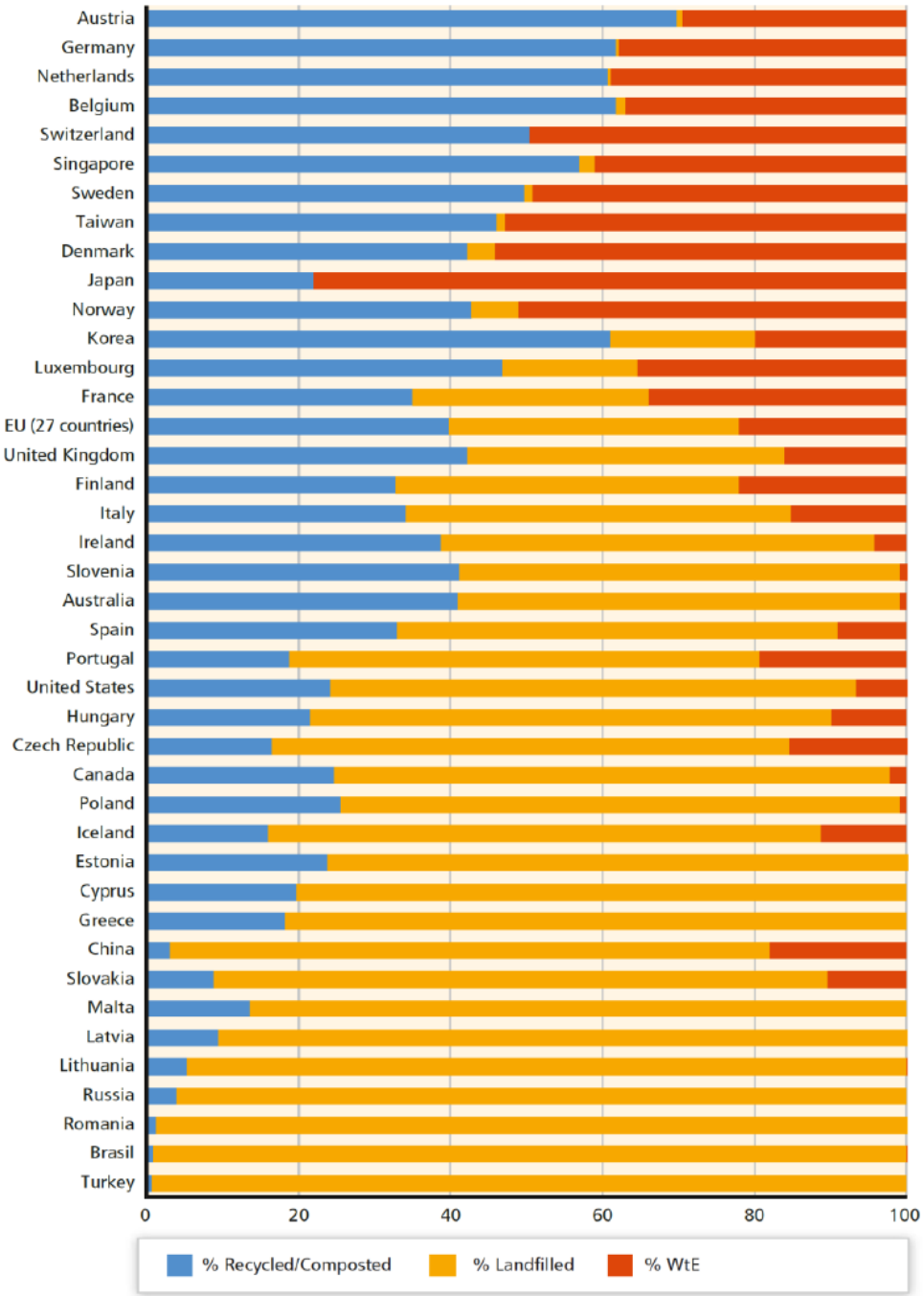
Desta forma, o estudo considera a geração termoelétrica proveniente dos Resíduos Sólidos Urbanos – RSU, por ser uma fonte de energia substituta aos combustíveis fósseis atualmente utilizados, além do atendimento da lei 12.305/10 que propõe um destino final ao resíduo, com participação na logística reversa de produtos como pneu e linha branca, eliminação da contaminação do solo e lençol freático pelo chorume proveniente da decomposição dos compostos orgânicos presentes no RSU e principalmente, pela utilização de uma fonte de energia descartada e inesgotável, em uma fonte de energia nobre, crescente e utilizável, como a energia elétrica ou térmica.

Segundo o panorama mundial Waste-to-energy da Associação Brasileira de Recuperação Energética (ABREN), há mais de 2.000 plantas Waste To Energy em operação pelo mundo, sendo mais expressiva sua utilização na Ásia com 1.172 plantas no Japão, 339 na China e 22 na Índia, seguida pela Europa com 522 plantas e pelos Estados Unidos com 87 plantas Waste to Energy em operação (ORIZON, 2023).

Na Figura 19 verifica-se que as usinas Waste-to-Energy (WTE) contribuem com mais de 40% do tratamento de resíduos sólidos em países como Japão, Dinamarca, Taiwan, Noruega, Suécia, Suíça e Singapura. No caso do Japão, esse percentual é de quase 80% (ABREN, 2020).

As usinas de geração de energia que utilizam RSU como combustível, chamadas de URE (Unidade de Recuperação Energética de Resíduos), participam desde 2021 dos leilões públicos de novos empreendimentos de atendimento ao mercado das distribuidoras de energia elétrica, concessionárias do serviço público, reguladas e fiscalizadas pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). A inclusão desses projetos de recuperação energética de RSU como tecnologia candidata a atender os contratos de energia provenientes dos leilões públicos foi uma importante iniciativa do governo federal para reduzir os custos e os severos impactos ambientais do lixo gerado (ABREN, 2023).

Figura 19: Panorama da reciclagem, compostagem e tratamento térmico de RSU no mundo.



Fonte: Plano Institucional – ABREN, 2020.

5.1 *Unidade de Recuperação de Energia*

As URE em sua quase totalidade utilizam o ciclo Rankine como forma de produção de energia, em resumo, a energia contida no RSU, transformada em calor/vapor aciona um turbo gerador. Simplificadamente este é o conceito.

De maneira geral, as UREs atuam por meio de 3 (três) fases, a saber:

a. Unidade de recepção e preparo dos resíduos;
b. Unidade de recuperação de energia dos resíduos;
c. Unidade de geração de energia.

Considerando o tipo de tecnologia de recuperação de energia aplicada, há variações de tratamento empregado e equipamentos utilizados em cada etapa.

Segundo L. Chand Malav et al. (2020):

"As tecnologias WtE funcionam de duas maneiras: processos diretos e indiretos. O primeiro envolve a produção de combustíveis derivados de resíduos e resíduos agrícolas e a sua queima direta, enquanto o último envolve processos termoquímicos e biológicos, como gaseificação, incineração, pirólise, biometanação, produção de gás de aterro, compostagem e bioetanol , ou seja, produzem combustíveis alternativos.

Os processos diretos de WtE geram energia pelo tratamento mecânico/biológico de materiais não recicláveis. Os resíduos sólidos não recicláveis são utilizados como combustível/matéria-prima, também conhecido como combustível derivado de resíduos (CDR). O CDR é conhecido como uma boa fonte de energia renovável que pode ser uma alternativa ao carvão, que poderia ser utilizado em caldeiras. Também corrige problemas como o manuseamento de cinzas, a emissão de gases de combustão e a poluição atmosférica, que estão associados às centrais eléctricas a carvão. As principais etapas envolvidas neste processo são liberação preliminar, triagem granulométrica, trituração, separação magnética e pelotização. Os pellets CDR são amplamente utilizados na indústria de celulose, madeira, fábricas de cimento e serrarias. Lodo ativado, resíduos agrícolas e pneus descartados também têm potencial para produzir energia diretamente. No entanto, os processos diretos podem produzir gases de combustão e lodo ativado que é uma grande fonte de metais pesados. No entanto, é melhor do que o despejo a céu aberto e a queima de resíduos em termos de poluição. Os resíduos agrícolas e agrícolas podem ser reutilizados nas indústrias de produção de celulose e ração animal.

O valor calorífico dos pellets CDR [nos estudos consultados pelos autores] varia de 1.912 a 3.346 kcal/kg. No geral, 45 fábricas de CDR estão em funcionamento ou em teste em diferentes estados da Índia (Nova Deli, Karnataka, Andhra Pradesh, Rajastão e Maharashtra), que utilizam cerca de 10% do total de resíduos sólidos do país. A produção de pellets CDR, como método WtE, é uma abordagem economicamente viável para a gestão de resíduos".

No que diz respeito ao poder calorífico dos vários tipos de materiais oriundos dos RSU do país, temos os seguintes valores, conforme Quadro 10:

Quadro 10: poder calorífico de diferentes materiais.

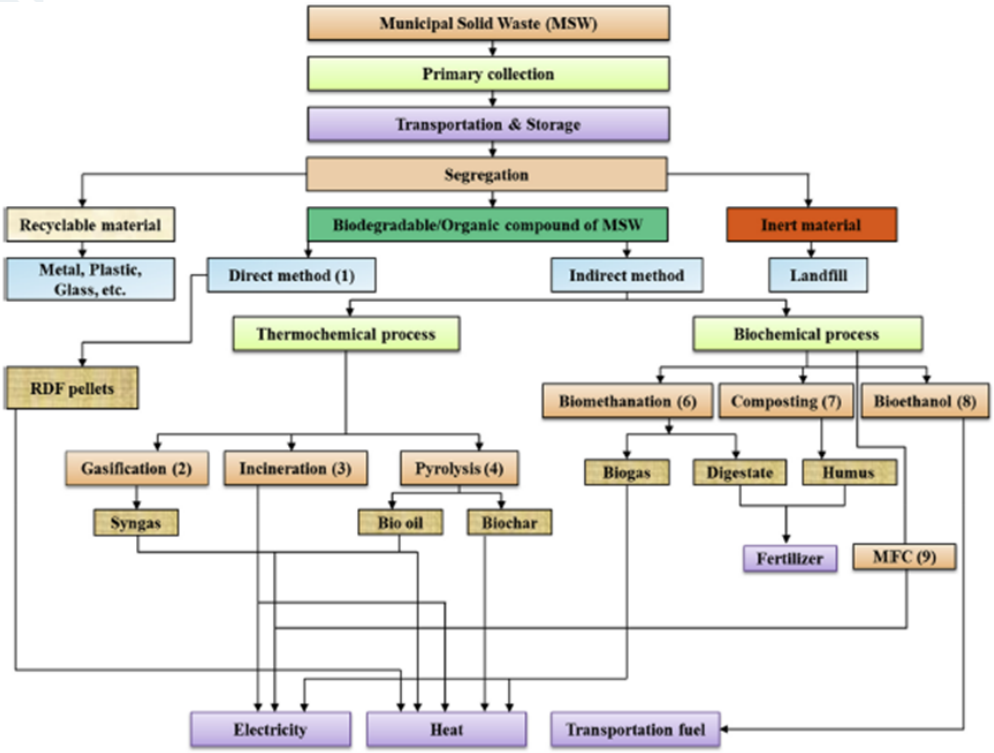
Material	Poder calorífico em kcal/Kg
Plásticos	6.300
Borracha	6.780
Couro	3.630
Têxteis	3.480
Madeira	2.520
Alimentos	1.310
Papel	4.030

Fonte: EPE 2008

Já os principais processos indiretos de transformação de resíduos em energia são de dois tipos principais: os termoquímicos e os bioquímicos.

A figura 20 mostra o fluxo dos principais processos:

Figura 20: Principais tecnologias para geração de energia a partir de resíduos.



Fonte: Journal of cleaner production, 2020.

Dadas as características e a composição dos resíduos considerados neste processo, que não são adequadas a tecnologias bioquímicas, vamos nos concentrar na descrição de processos termoquímicos.

"A ideia fundamental da decomposição dos resíduos orgânicos pela ação do calor é utilizada no processo de conversão termoquímica. Isto significa que a biomassa é convertida em biocombustíveis. A transformação termoquímica raramente envolve adição química e pode utilizar uma infinidade de matérias-primas dentro de um determinado período. Inclui, entre outras atividades, métodos como incineração, pirólise e gaseificação." A.H. Khan et al. (2022).

5.1.1 Incineração

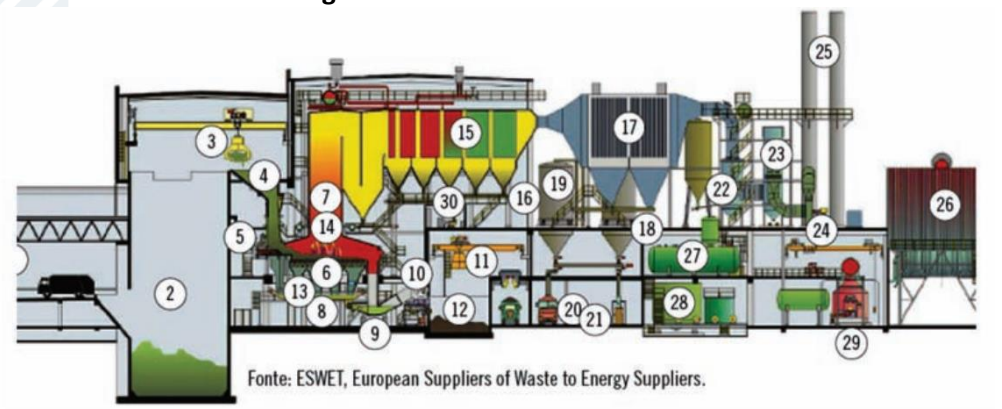
A incineração de resíduos utiliza equipamentos de recepção dos resíduos equivalentes aos utilizados em outros processos, dentre eles, fossos ou silos de fundo móvel.

Posteriormente, tem-se a opção de implantar uma linha de recuperação de recicláveis, composta de equipamento rasga saco, separadores magnéticos, separadores aerólicos, separadores de não ferrosos e outros equipamentos de separação.

Em sequência, o resíduo segue para um forno de queima acoplado a caldeira para geração de vapor. Nesta etapa, faz-se necessário o controle das emissões provocadas pelo grande consumo de oxigênio que o processo exige, devido às emissões nocivas, tais como SO_X, NO_X, Dioxinas e Furanos.

São necessários, portanto, a utilização de filtros de manga, filtros de carvão ativado bem como a instalação de dispositivos de lavagem dos gases de emissão, provenientes dos processos de produção de calor e vapor (Figura 21).

Figura 21 – Incinerador de resíduos sólidos.



1 - Local de Recebimento de RSU
2 - Poço de Armazenamento de RSU (Bunker)
3 - Ponte Rolante de RSU
4 - Moega de Alimentação
5 - Alimentador da Grelha
6 - Grelha de Incineração
7 - Fornalha
8 - Transportador/Peneira de Cinzas
9 - Extrator de Cinzas de Fundo
10 - Peneira Vibratória
11 - Talha de Cinzas de Fundo
12 - Poço de Armazenamento Auxiliar (Bunker Auxiliar)
13 - Ar de Combustão Primário
14 - Ar de Combustão Secundário + Sistema de Abatimento de NOx
15 - Caldeira de Recuperação de Calor
16 - Transportador de Cinzas de Caldeira
17 - Reator de Tratamento de Gazes de Combustão
18 - Transportador de Resíduos do Tratamento de Gases de Combustão
19 - Silo de Cinzas de Caldeira e Resíduos do Tratamento de Gases de Combustão
20 - Estação de Carregamento de Cinzas e Resíduos
21 - Ensacamento de Cinzas e Resíduos
22 - Lavador de Gases
23 - Filtro de Mangas
24 - Ventilador de Tiragem Induzida
25 - Chaminé
26 - Aerocondensador
27 - Tanque de Água de Alimentação
28 - Planta de Tratamento de Água (Desmineralização)
29 - Turbina / Gerador
30 - Sala de Controle

Fonte: SESWET, European Suppliers of Waste to Energ Suppliers – ABRELPE, 2012.

“Geralmente, a incineração é um processo de tratamento térmico de materiais combustíveis presentes nos resíduos. O processo geralmente ocorre a aproximadamente 850 ◦C e converte os materiais combustíveis em CO2 e H2O. Os materiais não combustíveis na forma de cinzas residuais que precisam ser gerenciados com segurança. Infelizmente, na Índia, o processo de incineração não é muito popular ou amplamente praticado, o que se deve à existência de altos níveis de matéria orgânica (40 e 60%), alto teor de umidade (40 e 60%), materiais altamente inertes (30 e 50%) e baixo CV (800e1100 kcal/kg) em RSU. Vários tipos de tecnologias de incineração são grelha móvel, grelha fixa, forno rotativo e leito fluidizado. A Figura 21 apresenta a representação esquemática do processo de incineração. Através deste processo, a produção de energia a partir de RSU é diretamente convertida em geração de eletricidade. Todo o processo é realizado em três etapas, nomeadamente o processo de incineração, recuperação de energia e controlo da poluição.

A Índia estabeleceu a sua primeira instalação de incineração de RSU em grande escala em Timarpur, Nova Deli, em 1987, com capacidade de 300 toneladas/dia, pelo voluntário Miljotecknik da Dinamarca. Depois disso, outra planta foi criada no Bhaba Atomic Research Institute (BARC), Trombay (perto de Mumbai) com a finalidade de tratar os resíduos institucionais”. L. Chand Malav et al. (2020).

“A incineração é uma técnica amplamente conhecida que fornece um modelo barato para extração de calor. O componente combustível reagirá no processo de cremação com oxigênio, resultando em termoeletricidade, gases e cinzas, a temperaturas superiores a 800 ◦C. O objetivo principal é para criar vapor, gerando energia através do controle da combustão de resíduos com recuperação de calor. Esta abordagem é preferível devido ao espaço de instalação compacto, bom desempenho e maior redução nos volumes de resíduos.

Devido à composição densa, teor de umidade e proporção de componentes inertes nos resíduos, a produção líquida de energia deste procedimento é calculada. As cinzas podem ser utilizadas na fabricação de cimento e materiais de construção e outros itens como subproduto da combustão de resíduos sólidos que geralmente são inertes. Nas instalações de combustão, os gases de exaustão são monitorados e processados, com custos elevados e desvantagens significativas.

Um exame da energia avançada dos RSU e do efeito ambiental foi realizado enquanto o ciclo de vapor passava por uma planta de combustão e recuperação de energia para regeneração de eletricidade. Indicadores de desempenho termodinâmico foram criados para detectar os componentes e a extensão da destruição energética. Usando esses dados, a empresa estimou que uma possível redução de 8,4% na destruição total de energia poderia ser alcançada na planta, aumentando a eficácia dos componentes da planta responsáveis pela destruição de energia” A.H. Khan et al. (2022).

“A incineração é uma tecnologia bem estabelecida que oferece um modelo barato para a extração de energia térmica. Nas temperaturas de incineração de mais de 800 ◦C, produzindo assim energia térmica, gases e cinzas. Envolve principalmente a combustão

controlada de resíduos com recuperação de calor para produzir vapor, que por sua vez gera eletricidade. Uma pequena área de instalação, alto rendimento e maior redução no volume de resíduos são as razões pelas quais este método é preferido.

O rendimento líquido de energia deste processo é determinado pela densidade, composição, teor de umidade e porcentagem de materiais inertes presentes nos resíduos. A cinza, um subproduto da combustão de resíduos sólidos que normalmente é inerte, pode ser usada para fazer cimento, materiais de construção e outros produtos. As instalações de incineração requerem monitorização e tratamento dos gases de exaustão, o que acarreta custos elevados, tornando-as um dos seus principais inconvenientes." A.V. Shah et al. (2021)

"Em uma incineração clássica, primeiro, os resíduos são queimados diretamente na câmara de combustão a uma temperatura adequada (900-950°C) utilizando gases de combustão e ar pré-aquecido. Após o processo de incineração de resíduos, o vapor superaquecido é produzido e então utilizado em um sistema de cogeração para produzir energia e calor [30]. A energia eléctrica é produzida por uma turbina ligada a um gerador e o calor por um sistema de aquecimento urbano. O maior impacto ambiental da incineração de RSU é a produção de emissões de gases de efeito estufa (GEE), causando preocupações de saúde pública [31]. No entanto, alguns esforços para controlar estas preocupações resultaram em regulamentos para reduzir a quantidade de emissões específicas, tais como: dióxido de enxofre, fluoreto de hidrogénio, óxido de azoto e dióxido de azoto, total carbono orgânico, cloreto de hidrogênio, monóxido de carbono, poeira e metais pesados voláteis. Por outro lado, algumas tecnologias avançadas foram desenvolvidas para reduzir estes efeitos. Por exemplo, uma planta híbrida que utiliza incineração e gaseificação foi desenvolvida para reduzir metais pesados voláteis." Diego Moya et al. (2017)

"A maioria dos estados dos EUA classifica a incineração de RSU como uma fonte de energia renovável. É a conversão térmica mais comum para combustíveis contendo carbono, como carvão, biomassa ou RSU. Os incineradores têm um número crescente de preocupações e podem não conseguir cobrir os custos operacionais. As taxas de depósito para incineração de resíduos são duas a três vezes mais altas do que para reciclagem, compostagem ou aterro controlado. A incineração é um processo exotérmico que envolve a oxidação completa dos RSU e gera gases de combustão, cinzas e calor. ... A queima em massa é o tipo de tratamento térmico mais comum, onde os RSU não processados ou não triados são queimados em grandes incineradores na presença de excesso de ar, com caldeira e gerador para produção de energia elétrica. Os EUA têm 58 instalações de queima em massa, 4 instalações modulares e 13 instalações baseadas em combustível derivado de resíduos (CDR). A maioria das instalações de queima em massa possui uma grelha inclinada ou móvel que vibra para agitar os resíduos e misturá-los com o ar. As outras alternativas de incineração por queima em massa são forno rotativo e leito fluidizado. Os sistemas modulares são pequenos e podem ser facilmente transportados. Os sistemas modulares também queimam RSU não tratados e misturados. Quase todas estas tecnologias recebem toneladas de matéria-prima de RSU todos os dias e distribuem eletricidade à população local.

Vantagens: Os incineradores aceitam RSU não processados ou não triados. Esses sistemas não apenas recuperam a energia da queima dos resíduos, mas também reduzem o volume de resíduos sólidos em quase 90% e proporcionam um desvio do aterro.

Desvantagens: Os sistemas de queima em massa exigem sistemas caros de controle da poluição do ar e podem enfrentar exigências rigorosas de licença em alguns estados dos EUA. Alguns incineradores requerem pré-secagem da matéria-prima se a umidade for muito alta e as cinzas restantes contiverem poluentes inorgânicos lixiviáveis. Esses poluentes precisam de descarte adequado e são, em sua maioria, depositados em aterros.

A tendência atual na incineração e outras conversões térmicas é atualizar a matéria-prima dos RSU através de etapas de pré-tratamento de densificação energética. Os sistemas de densificação usam peletizadora, prensa de comprimidos, prensa de rolo, extrusora, cuber, prensa de briquetagem e aglomerador de pressão para cisalhar, misturar e compactar os resíduos. A incineração de resíduos pré-tratados e homogeneizados necessita de etapas de processamento adicionais; no entanto, melhora o ganho líquido de energia ou a recuperação de energia e a qualidade da combustão da matéria-prima dos RSU. Reduz consideravelmente o volume, o tamanho e o teor de umidade dos resíduos e o custo geral de armazenamento e transporte. A incineração destes resíduos com densidade energética oferece uma produção de energia eficiente com emissões reduzidas." C. Mukherjee et al. (2020).

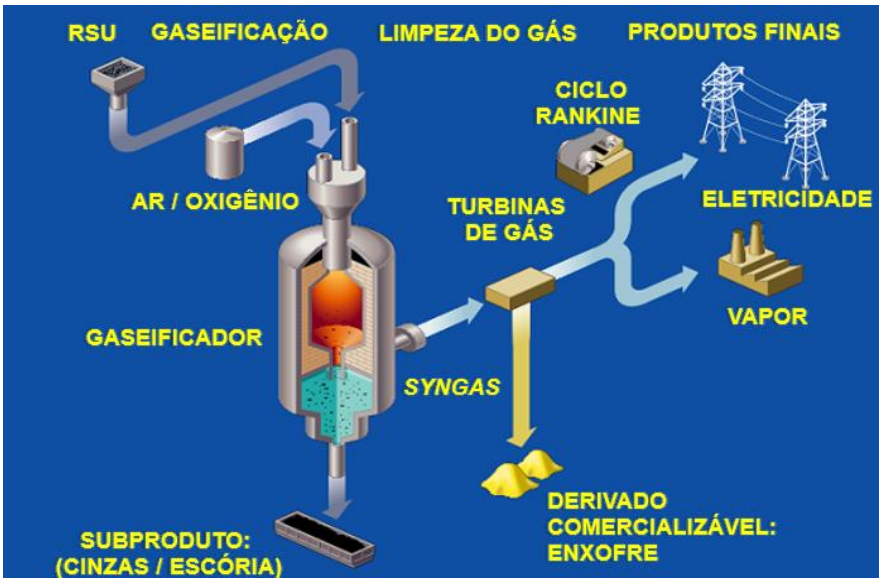
5.1.2 Gaseificação

O processo de gaseificação difere da incineração, principalmente, pela baixa quantidade de oxigênio que este utiliza no interior do reator. A geração de energia continua utilizando o ciclo Rankine com emprego de caldeira e turbo-gerador a vapor (Figura 22).

O processo exige um cuidado adicional no preparo prévio do resíduo considerando que este deve ter uma certa homogeneidade, bem como granulometria e umidade especificas. Contudo, apresenta por características do próprio processo, uma qualidade ambiental mais adequada às exigências atuais, independente do tratamento dos produtos de combustão.

Há diferentes tipos de processos de gaseificação, cada um adequado a um determinado tipo de aplicação, a seguir se elenca os principais.

Figura 22 – Esquema de Processo de Gaseificação



Fonte: OLIVEIRA, 2019.

A. Gaseificação em leito fixo

No leito fixo, a matéria a ser gaseificada se move por ação da gravidade, ou seja, apresenta um movimento descendente no interior do reator. Essa tecnologia apresenta vantagens para conversão de biomassa em pequena escala e apresenta elevada eficiência energética. Os gaseificadores de leito fixo são divididos em contracorrente, concorrente e fluxo cruzado (NÁSNER, 2015 *apud* Menezes Neto, 2018).

B. Gaseificação em leito fluidizado

Neste tipo de gaseificador, as partículas do combustível são mantidas suspensas em um leito de partículas inertes, que pode ser de areia, cinzas ou alumina, criando melhores condições de transferência de calor e homogeneidade de temperatura na câmara de reação (CENBIO, 2002; SANCHEZ et al., 2011 apud Menezes Neto, 2018). A gaseificação em leito fluidizado é mais adequada a uma quantidade maior de biomassa, por ser mais flexível quanto às características dos insumos (CENBIO, 2002 *apud* Menezes Neto, 2018).

SANCHEZ et al (2011) *apud* Menezes Neto (2018) concordam ao afirmar que a gaseificação em leito fluidizado aceita uma variabilidade maior de umidade, granulometria, baixa massa específica e outras propriedades, quando comparado a outros métodos de gaseificação.

Os gaseificadores em leito fluidizado podem ser do tipo borbulhante ou circulante, distinguindo-se basicamente pela velocidade com a qual o material atravessa o leito, sendo de 1 m/s, no primeiro caso, e de 7 a 10 m/s, em leito fluidizado circulante (CENBIO, 2002 *apud* Menezes Neto, 2018).

Em leito fluidizado circulante, uma variedade maior de matéria-prima pode ser aplicada. No entanto, como as temperaturas de operação são mais baixas, cargas mais reativas são preferidas (QUITETE; SOUZA, 2014 apud Menezes Neto, 2018).

C. Gaseificação assistida por plasma

A gaseificação assistida por plasma é aquela em que parte da energia injetada no sistema é fornecida por uma tocha de plasma, objetivando a geração de um gás combustível ou gás de síntese. A alta eficiência que o sistema permite na conversão de energia elétrica em energia térmica possibilita a obtenção de altas temperaturas e densidades de energia, que acarretam alguns benefícios para o processo, tais como: rápido aquecimento do reator; instalações menores para uma quantidade específica de material; fusão de materiais resistentes à alta temperatura; possibilidade de desacoplar a geração de calor do fluxo de oxidante, uma vez que a energia injetada pela tocha independe de reações exotérmicas ocorridas no reator, pois o provimento de energia é externo (rede elétrica); e maior controle do processo, entretanto, apesar das vantagens, o procedimento ainda esbarra em problemas, por conta do alto custo da energia elétrica (SANCHEZ et al., 2011 apud Menezes Neto, 2018).

Os gaseificadores podem também ser classificados segundo Sánchez et al (2002) *apud* Rumão (2013), de acordo com:

- O poder calorífico do gás produzido (baixo: até 5 MJ/Nm3; médio: de 5 a 10 MJ/Nm3; alto: 10 a 40 MJ/Nm3);
- O tipo de agente gaseificador (ar, vapor, oxigênio ou hidrogênio na hidrogaseificação);
- A pressão de operação (pressão atmosférica e pressurizado – até 6 MP);
- O tipo e forma da biomassa (resíduos agrícolas, resíduos industriais, resíduos sólidos urbanos, biomassa in natura, biomassa peletizada e biomassa pulverizada).

O poder calorífico e a composição do gás produzido no gaseificador são função do tipo e quantidade do agente gaseificador utilizado. A gaseificação direta ocorre quando o agente de gaseificação é utilizado para oxidar parcialmente o material, fornecendo energia para manter a temperatura do processo. O oxigênio é majoritariamente usado para a combustão ou gaseificação parcial no gaseificador. Se a quantidade de O_2 fornecida for baixa, há produção de CO, por outro lado, se este for alimentado a um caudal superior, há favorecimento da formação de CO_2. Quando a quantidade de O_2 excede a quantidade estequiométrica, o processo é revertido de gaseificação para combustão. No caso de utilização de vapor de água como agente gaseificador, os gases produzidos apresentam uma razão H/C superior. A gaseificação pode também ser realizada de forma indireta, isto é, o processo decorre com agentes de gaseificação isentos de oxigênio, obrigando a que haja fornecimento de calor por via de uma fonte externa. A título de exemplo, a pirólise é um tipo de gaseificação indireta, cujo processo ocorre em atmosfera inerte. Independentemente do agente de gaseificação, em todas as situações referidas anteriormente, há geração de um gás combustível, alcatrão e

de um resíduo sólido contendo carbono resultante da combustão incompleta de matéria orgânica, designada *char*. Consoante o tipo de agente de gaseificação optado, o poder calorífico do gás produzido é variável (SILVA, 2021).

Ainda sobre gaseificação, temos algumas colocações em estudos mais recentes:

"A gaseificação, como técnica WtE, tem sido amplamente praticada nas últimas décadas para extrair energia de RSU (Thakare e Nandi, 2016). Refere-se ao processo de aquecimento de RSU sob condições de oxigênio parcial. A gaseificação é um processo de oxidação parcial e geralmente ocorre a uma temperatura que varia entre 750 e 1100 ◦C. Isto é estimado como uma reação endotérmica, pois requer energia/calor externo para iniciar e manter o processo de gaseificação. Além disso, a classificação é uma fase essencial através da qual materiais inertes, como metais e vidro, são removidos antes da gaseificação. O principal produto da gaseificação é um gás de produção/gás de síntese/gás de síntese (consistindo principalmente de CO, H2 e CH4) com poucos gases secundários não combustíveis (CO2 e N2). O gás produtor também contém alguns contaminantes, como pequenas partículas de carvão, que precisam ser removidas/recuperadas antes da geração de energia. Syngas tem um alto poder calorífico e é capaz de produzir energia. Em todo o mundo, há uma série de tecnologias de gaseificação que são diferentes umas das outras em termos de tecnologias de reatores e operações básicas.

O valor calorífico (CV) do gás de síntese gerado a partir da gaseificação é 4 a 10 MJ/Nm3. A Índia tem apenas alguns gaseificadores, que funcionam com resíduos sólidos como resíduos florestais, pó de serração e resíduos agrícolas. Na Índia, os gaseificadores existem em dois designs diferentes. O primeiro projeto (planta de gaseificação NERIFIER) foi estabelecido em Nohar, Hanungarh, Rajasthan, pela Navreet Energy Research and Information, a fim de queimar poeira de serraria, resíduos agrícolas e resíduos florestais. A segunda planta foi estabelecida no campus Gaul Pahari, Nova Delhi, pelo Instituto de Pesquisa Energética (TERI). A seleção dos gaseificadores é realizada com base na qualidade do combustível disponível, na capacidade e nas condições de qualidade do gás. Os reatores aplicados aos processos de gaseificação são divididos principalmente em dois tipos: leito fixo e leito fluidizado." L. Chand Malav et al. (2020)

"A gaseificação é uma nova tecnologia para WTE de RSU em muitos países desenvolvidos. Desempenha um papel importante na geração de energia. A energia limpa é obtida a baixo custo e podem ser utilizados diferentes tipos de matérias-primas, como RSU e biomassa. A gaseificação é um processo termoquímico no qual materiais residuais carbonáceos e orgânicos são convertidos em gás sintético denominado gás de síntese em um reator.

Hidrogênio, CO (monóxido de carbono) e CH4 (metano) são os principais constituintes do gás de síntese. A quantidade de energia presente no gás de síntese é um terço do gás natural e sua energia varia de 4 a 50 MJ/Nm3. Pode ser facilmente armazenado, transferido e injetado na rede de gasodutos de gás natural. Requer energia mínima em torno de 1500°c. A

energia presente no gás de síntese é utilizada em turbinas a gás ou em motores de combustão interna para geração de eletricidade. Também é obtida escória que pode ser utilizada na construção de estradas. Também usando o processo Fischer Tropsch, o gás de síntese pode ser usado na produção de hidrogênio, éter dimetílico, metanol e outros combustíveis sintéticos. É a tecnologia WTE mais sustentável para tratar RSU mistos contendo resíduos inorgânicos de maior qualidade, em vez da incineração, uma vez que produz grande quantidade de calor, energia e múltiplos combustíveis secundários, mas na incineração apenas é produzido calor. Em pequena escala, os sistemas de gaseificação com motor de combustão interna podem ser operados por longos períodos de tempo para proporcionar alta eficiência de eletricidade e emissões mínimas. Existem vários tipos de gaseificadores. Eles têm suas próprias vantagens, desvantagens e características operacionais distintas.

Gaseificação por plasma

Neste processo, o gás ionizado com forte arco elétrico produz plasma muito quente. A faixa de potência está entre 2 MW e 20 MW e a temperatura varia entre 2.000 °C e 6.000 °C. Tochas de plasma operando a temperaturas de 5.540 °C são utilizadas em gaseificadores. A temperaturas tão altas, todos os resíduos alimentados nos gaseificadores, incluindo metais, materiais tóxicos e silício, fundem-se em resíduos não tóxicos. Compostos plásticos, orgânicos e sintéticos, os gases venenosos se dissociam em seus principais átomos constituintes de carbono, hidrogênio, oxigênio e elementos.

Esses componentes se recombinam rapidamente e formam hidrogênio e monóxido de carbono. A mistura resultante obtida é chamada de gás de síntese. Os metais recuperados durante a gaseificação podem ser devolvidos com segurança às unidades metalúrgicas. A gaseificação por plasma converte completamente resíduos e materiais perigosos em seus respectivos elementos constituintes. Na gaseificação obtém-se combustível claro, não se observa emissão de ordens sujas e não se produzem cinzas nocivas. Existem certos benefícios da gaseificação que são mencionados abaixo.

a. A gaseificação ocorre a alta temperatura, o que dissocia qualquer ligação, portanto qualquer tipo de resíduo pode ser aproveitado.

b. A gaseificação por plasma ocorre em sistema incompletamente fechado para que restos, cinzas, poeiras e gases tóxicos não sejam liberados no ambiente externo. Os metais recuperados são devolvidos às indústrias metalúrgicas e a escória obtida é utilizada na indústria rodoviária e de cimento. Gases não tóxicos são armazenados em cilindros de gás. Esses gases armazenados podem ser usados como combustível e geração de eletricidade.

c. A proporção de diminuição na quantidade de resíduos após a gaseificação por plasma é de 300:1 e a da incineração é de 5:1, pois é produzida uma grande quantidade de cinzas.

d. 10–500 toneladas de resíduos podem ser convertidas usando a tecnologia de gaseificação por plasma.

e. Lavadores especiais a água e a seco são utilizados para controlar os contaminantes presentes nos gases e escórias produzidos durante o processo.

f. Os resíduos eletrónicos só podem ser estabilizados por gaseificação por plasma, uma vez que os resíduos eletrónicos não são biodegradáveis.

g. a plasmagaseificação ocorre a temperaturas muito altas e em sistema fechado, portanto, visa melhorar a saúde pública e ajuda a alcançar a deterioração completa e irreversível de compostos perigosos e venenosos, bactérias e vírus mortais que são prejudiciais à saúde humana.

h. A energia elétrica gerada pelo processo de gaseificação é muito mais barata e eficiente do que a gerada pelo processo de incineração" Kaur et al. (2023)

"A gaseificação envolve o uso de calor e um ambiente com redução de oxigênio para a oxidação parcial da matéria-prima à base de carbono para produzir energia. Nesse processo, com fornecimento controlado de oxigênio e alta temperatura, a matéria-prima residual é convertida em produtos gasosos. Isto acontece através de uma série de processos que incluem uma combinação de gases combustíveis, pequenas quantidades de carvão, cinzas e gás de síntese. Para gerar gás enriquecido com hidrogénio, o processo de gaseificação é potencialmente uma estratégia eficaz e limpa. Em geral, os métodos de gaseificação são categorizados pelo tipo de gaseificador e meio de oxidação.

A gaseificação ocorre geralmente a uma temperatura mais alta do que a pirólise: 550–900 ◦C para gaseificação de ar e 1000–1600 ◦C se oxigênio puro, gás enriquecido com oxigênio ou vapor for usado. Como uma mercadoria valiosa, este processo produz gás de síntese, enquanto a formação de alcatrão é um dos grandes problemas associados à gaseificação. Alcatrões, halogênios e compostos alcalinos são liberados no gás do produto no processo de gaseificação e podem causar problemas ambientais e técnicos." A.V. Shah et al. (2021).

"Utilizando RSU como fonte de matéria-prima, a produção de gás de síntese via gaseificação é um processo inovador de produção de combustível alternativo em relação aos métodos de incineração tradicionais. A gaseificação é uma abordagem de conversão termoquímica onde os componentes carbonosos dos RSU são convertidos em produtos gasosos em altas temperaturas de reação sob reagentes de gaseificação específicos. A gaseificação produz gás sintético, por isso o processo também é conhecido como gás de síntese ou gás de produção. Os principais componentes do gás de síntese são hidrogênio (H2), metano (CH4), dióxido de carbono (CO2), monóxido de carbono (CO), vestígios de gases inertes, hidrocarbonetos, poluentes gasosos e alcatrão. Diversas metodologias para desenvolvimento de tecnologia têm sido investigadas através de duas categorias baseadas no efeito dos agentes

de gaseificação, tais como 1) gaseificação direta e 2) gaseificação indireta. Durante a gaseificação direta, o agente de gaseificação oxida parcialmente o material de alimentação, enquanto a reação de oxidação fornece a energia necessária para manter a temperatura do processo estável. A gaseificação direta tem algumas vantagens sobre a gaseificação indireta. No entanto, o custo de produção de oxigênio puro representa cerca de 20% do custo total de produção. Ao contrário disso, a gaseificação indireta ocorre sem o apoio do agente gaseificador. Para manter a alta temperatura do processo, o vapor é bombeado através das caldeiras em vez de usar ar ou oxigênio para reagir. O Steam também ajuda a aumentar o conteúdo de H2 no gás de síntese. A presença de nitrogênio afeta significativamente o poder calorífico, na ausência de nitrogênio na gaseificação indireta, tanto a eficiência volumétrica quanto o maior poder calorífico aumentam. Normalmente, a gaseificação pode ser considerada como um processo entre a pirólise e a combustão que envolve a oxidação parcial dos RSU. A temperatura no processo de gaseificação fica entre 650 e 800 ◦C. O RSU bruto não é adequado para o processo; portanto, é necessária uma separação geral para separar vidro, metais e materiais inertes nos estágios primários. Após o processo de separação, é feita a homogeneização dos resíduos residuais. O alcatrão produzido no processo pode causar obstruções e outros problemas operacionais na planta. Sistemas de processamento secundário de alta temperatura podem ser usados para "quebrar" o alcatrão e purificar o gás produzido antes de aplicar sistemas de recuperação de energia denominados "limpeza de gás" ou "polimento", permitindo maior recuperação de energia" T. Raj et al. (2023).

"O processo de gaseificação para produzir energia a partir de resíduos foi desenvolvido nas últimas três décadas. Este bioprocesso envolve oxidação parcial e seu principal produto é o gás combustível. A gaseificação pode reduzir a massa de resíduos em 70% e mais de 90% do volume de resíduos. Um estudo recente indicou que este tratamento térmico de resíduos é uma opção prática viável para a conversão de WTE, limitando as emissões de gases de efeito estufa e reduzindo as opções de disposição em aterros. Neste processo, parte da energia é utilizada para produzir calor para gaseificar o combustível restante. As principais vantagens do WTE-T são: redução de contaminantes orgânicos; redução de massa e volume de resíduos (80% e 90% respectivamente); elevado potencial de poupança de terras; utilização de recicláveis; redução de emissões e encargos ambientais; compatível ambientalmente para a cogeração (produção de calor e eletricidade) como recurso renovável de resíduos; viabilidade técnica e económica; e possui uma ampla faixa de temperaturas de trabalho (700-900°C).

Em termos gerais, o biogás (gás de síntese) produzido a partir do processo de gaseificação é rico em energia e suficientemente limpo para produzir energia numa turbina ou motor a gás. No entanto, hoje em dia, existem oito diferentes tecnologias de reatores para o processo de gaseificação de resíduos (forno rotativo; leito fixo, arrastado e fluidizado; reator de plasma; eixo vertical e forno de grelha móvel) e diferentes configurações de planta. O combustível syngas é uma mistura de hidrogênio, dióxido de carbono e metano, que é uma fonte potencial para produzir eletricidade em uma usina baseada em turbina." M.M. Hasan et al. (2021).

“A crescente popularidade da gaseificação de RSU nos EUA é o resultado de crescentes preocupações técnicas, ambientais e económicas com os incineradores de resíduos. Atualmente, os EUA têm 33 usinas de gaseificação que funcionam principalmente com combustíveis à base de carbono, como carvão, petróleo e gás, com menor quantidade de matéria-prima de biomassa/resíduos. Há uma demanda crescente para o desenvolvimento de gaseificadores compactos e de pequena escala para RSU em vilas, cidades ou em bases militares. As plantas de gaseificação poderiam ser integradas com plantas industriais e termelétricas pré-existentes, devido à sua flexibilidade e compactabidade. A gaseificação divide os RSU em uma mistura de subprodutos de monóxido de carbono, hidrogênio e dióxido de carbono, conhecidos coletivamente como gás de síntese (gás sintético ou gás produtor) com valor de aquecimento utilizável por meio de uma sequência de etapas de reação exotérmica e endotérmica. O processo envolve uma oxidação parcial ou incompleta realizada na presença de quantidades controladas de oxidantes (ar, oxigênio ou vapor) em temperaturas muito altas acima de 550 ºC.... A gaseificação convencional de resíduos sólidos ocorre em uma variedade de gaseificadores ou altos-fornos compreendendo leito fixo descendente e ascendente, leito fluidizado, fluxo arrastado e leito duplo. A gaseificação em leito fixo de RSU gera energia em pequena escala, menos de 1 MW, enquanto a gaseificação em leito fluidizado (FBG) de outras matérias-primas pode produzir 15–150 MW de energia. A FBG oferece grandes vantagens, como distribuição uniforme de temperatura, temperaturas operacionais elevadas, facilidade de operação e fácil aumento de escala. O gaseificador de leito fluidizado duplo (DFB) é outra tecnologia promissora para produzir gás de síntese de alta qualidade. O carvão nos gaseificadores DFB é convertido no combustor, enquanto nos FBGs típicos a conversão do carvão é bastante limitada. A eficiência da gaseificação da biomassa é baseada na energia (valor calorífico inferior, LHV) ou na energia (química e física). A eficiência é definida como a razão entre a energia do gás de síntese e a energia da biomassa.

A Energia Solar Concentrada (CSP) pode ser usada para fornecer a energia inicial necessária para a gaseificação e melhorar significativamente a meta de eficiência de carbono. Para o processo de biomassa para líquido (BTL), uma eficiência de carbono de 60-70% pode ser alcançada com a utilização de CSP. Subprodutos como alcatrão e carvão são eliminados principalmente de um gaseificador através da otimização dos parâmetros operacionais, como relação entre ar ou vapor e biomassa, temperatura, pressão, agentes gaseificadores, uso de catalisadores e projeto do gaseificador. Quase 100% da remoção de alcatrão é viável com tratamentos catalíticos. Os catalisadores de níquel são altamente eficientes, mas são desativados devido à deposição de carbono na superfície do catalisador. Os métodos secundários de remoção de alcatrão envolvem métodos de tratamento físico ou mecânico fora do gaseificador.

Vantagens: A gaseificação é uma opção termoquímica mais limpa que a incineração. As condições de reação dentro de um gaseificador são redutoras, o que evita a formação de dioxinas, furanos e NOX e também melhora a qualidade dos subprodutos sólidos, evita a oxidação de metais e gera cinzas inertes e vitrificadas. Syngas após limpeza e lavagem

adequadas gera combustíveis de qualidade superior e energia mais limpa. O gás de síntese limpo pode ser convertido pela síntese Fischer-Tropsch em combustíveis líquidos para uso em motores de combustão interna.

Desvantagens: Requer uma série de pré-tratamento e limpeza do gás de síntese que acrescenta desafio e custo. A gaseificação de resíduos utilizando catalisadores melhora o rendimento e a pureza do gás de síntese; no entanto, isso aumenta o custo de produção. A gaseificação é mais adequada para resíduos homogéneos (tais como aparas de madeira, resíduos de pneus, papel e cartão e plásticos); a natureza heterogênea dos RSU torna a gaseificação e a limpeza do gás de síntese mais desafiadoras. Para aumentar o poder calorífico, a gaseificação pode exigir o pré-processamento de resíduos por trituração e densificação usando etapas como RDF, torrefação e pelotização. Embora a gaseificação seja uma tecnologia bem estabelecida, ela precisa lidar com alcatrão, carvão e partículas no gás de síntese. O alcatrão pode condensar a baixas temperaturas e entupir as tubulações e equipamentos a jusante. As empresas [segundo o autor] ainda não superaram [totalmente] estes desafios, pelo que não podem ser encontradas muitas instalações autónomas de gaseificação de resíduos em grande escala nos EUA ou no mundo." C. Mukherjee et al. (2020).

"Gaseificação assistida por plasma: há um interesse crescente na gaseificação de RSU assistida por plasma nos EUA. A gaseificação por plasma pode utilizar uma variedade de tipos de resíduos, incluindo RSU, pneus e resíduos perigosos. Esta tecnologia utiliza uma tocha de plasma AC ou DC como fonte de calor para pirolisar componentes de resíduos sólidos em gás de síntese. A energia térmica é gerada por uma tocha de plasma que passa uma corrente elétrica através de um gás, geralmente ar ou oxigênio usado para oxidação. A gaseificação de plasma em leito fluidizado em resíduos sólidos é uma tecnologia emergente e promissora que deve melhorar o desempenho da gaseificação.

Vantagens: É uma tecnologia WTE eficiente e mais limpa. O plasma estimula maiores rendimentos de gás de síntese do que os gaseificadores normais. Ele opera em temperaturas muito altas, muitas vezes superiores a 5.000 ºC, e os componentes de resíduos inorgânicos são removidos como escória vitrificada inerte, com lixiviabilidade mínima de elementos tóxicos. A quantidade de materiais tóxicos no produto de gás de síntese é muito menor do que a incineração e as técnicas convencionais de gaseificação. Além disso, a gaseificação por plasma apresenta toxicidade de lixiviado de escória muito menor do que as cinzas de incinerador em aterros sanitários.

Desvantagens: Embora esta tecnologia tenha sido reconhecida em algumas indústrias metalúrgicas e químicas, a sua utilização em resíduos sólidos é relativamente recente. Nenhuma tecnologia comercial de gaseificação de plasma de RSU está operacional nos EUA até o momento; a maioria desses sistemas ainda está em fase de demonstração ou validação experimental para uso em escala industrial e piloto. As bases militares dos EUA estão

explorando a viabilidade das técnicas WTE disponíveis para soluções de gestão de resíduos nas suas instalações.” C. Mukherjee et al. (2020).

Hidrogaseificação (HG)

Ainda na rota dos processos de gaseificação, os últimos avanços tecnológicos foram patenteados no ano de 2018 sob o nome de hidrogaseificação, não existindo ainda, no repositório científico, quantidades significativas de publicações.

O princípio de funcionamento da HG é similar aos processos de gaseificação em leito fluidizado, com fluxo descendente dos resíduos (CDR, biomassa ou blend de ambos), em balão superaquecido (600 a 800ºC), sem presença de oxigênio.

Nessa condição, os compostos sólidos formados, em sua maioria, por hidrogênio e carbono, são convertidos a uma mistura de gases combustíveis, como ocorre na gaseificação convencional

Ocorre que o termo HIDRO, no nome da tecnologia, é dado pela capacidade do sistema de gaseificar resíduos com umidades (água) de até 45% em massa, ante limite de aproximadamente 10% dos demais processos de gaseificação.

Dessa maneira, o preparo da matéria-prima, seja biomassa ou CDR, é mais simples, uma vez que a etapa de secagem se torna desnecessária.

Em resíduos de baixa ou nenhuma umidade (pneus, plásticos, por exemplo) torna-se necessária a adição de água, para perfeito aproveitamento do processo.

Isso porque essa água, seja da composição original do resíduo, ou mesmo fornecida, quando submetida ao processo de hidrogaseificação, é hidrolisada dando origem ao gás hidrogênio.

Assim, enquanto os processos convencionais de gaseificação apresentam syngas produzido com 8 a 12% de H2 em média, o processo de HG irá produzir syngas com teores de até 50% em massa de H2.

Nos processos de gaseificação convencionais, é necessária a admissão, de forma controlada, de ar atmosférico no reator, para combustão parcial do syngas e manutenção das temperaturas de reação, sem a necessidade de fonte externas de energia para esse fim. O efeito colateral é a presença de níveis de até 40% em massa de N2 no syngas da gaseificação convencional.

Já no processo de HG, o oxigênio originado na hidrólise da água cumpre esse papel na combustão parcial do gás gerado, eliminando a necessidade de injeção de ar atmosférico, resultando em syngas com teores de, no máximo, 2% de N2.

O resultado dessas duas diferenças, maior H2 e menor N2, torna o O PCI do syngas do processo de HG 2 a 3 vezes superior ao syngas dos processos de gaseificação convencionais.

Outro ponto importante a destacar na tecnologia de HG é o de que essa característica do syngas, o elevado teor de H2, permite seu uso como matéria-prima para o processo Fischer-Tropisch, sendo possível originar combustíveis líquidos dessa associação de tecnologias.

Pirólise

"Através do processo de conversão termoquímica de pirólise, o RSU é submetido à degradação térmica em alta temperatura variando entre 300 e 800 ◦C em ambiente inerte. A variação de temperatura depende dos materiais utilizados no processo. Na pirólise, o pré-tratamento é uma etapa importante para a remoção de vidro, materiais inertes e metais. Este processo começa com a decomposição térmica de resíduos pré-tratados, a 300 ◦C, em câmaras aquecidas sem oxigênio. Então, a temperatura aumenta até 800 ◦C em uma atmosfera não reativa. Dependendo da taxa de aquecimento, temperatura final, e tempo de residência sólido, os produtos da pirólise podem ser biocarvão ou bio-óleo. Além do produto principal, também podem ser obtidos produtos gasosos menores contendo metano, monóxido de carbono, hidrogênio e dióxido de carbono. Com base na transferência de calor, a pirólise é dividida em pirólise rápida (produção de bio-óleo) e pirólise lenta (produção de carvão vegetal). A pirólise é considerada uma alternativa promissora ao processo de incineração, que permite alta recuperação de energia e recursos. Recentemente, a pirólise tem recebido grande atenção devido à sua alta eficiência energética, e também supera as desvantagens existentes na incineração, como problemas de transporte e desafios na exploração de novos locais adequados que possam ser usados para incineradores e aterros sanitários." L. Chand Malav et al. (2020).

"A pirólise é originada de 2 palavras gregas piro e lise, (piro significa fogo e lise significa decomposição), ou seja, decomposição do fogo. É considerado um tipo especial de termólise. É uma rota de conversão térmica para geração de energia para RSU. A pirólise é um processo endotérmico onde o calor é fornecido para a queima de resíduos. É comumente empregado para material orgânico. O processo de pirólise ocorre em ambiente livre de oxigênio e as partes vaporosas da matéria-prima são vaporizadas durante o aquecimento. 3 produtos principais são formados. Eles são:

1. Os vapores são obtidos e esses vapores podem ser convertidos em líquido (óleo e água) por processo de condensação

2. Resíduo contendo carvão e cinzas que são ricos em carbono e podem ser usados para aquecimento.

3. Outros gases (CO, CO2 e metano).

A pirólise rápida requer aquecimento rápido a temperaturas variando de 4000°C a 600°C e rápida extinção de vapores para reduzir e controlar as reações secundárias. Os sólidos e líquidos obtidos podem ser utilizados como pasta de biogás para gaseificação. Em temperaturas de processamento mais baixas e tempo de residência de vapor mais longo, há formação de produto sólido como carvão. Quando a temperatura de processamento é mais alta e o tempo de residência dos vapores é maior do que os gases são obtidos. O líquido é obtido sob menor temperatura de processamento e menor tempo de residência do vapor. A pirólise é o primeiro processo químico que ocorre na queima" Kaur et al. (2023).

"Pirólise é a decomposição térmica de resíduos sólidos na ausência de oxigênio ou na presença de gases inertes. Em comparação à incineração, a pirólise possui temperatura de processo mais baixa, variando de 300 a 850 ◦C. Além disso, a pirólise emite uma quantidade menor de poluentes atmosféricos em comparação à incineração. A pirólise está associada a dois conjuntos de processos de decomposição: decomposição primária do combustível sólido e reações secundárias do produto orgânico volátil condensável (alcatrão) em gases de baixo peso molecular, deixando cinzas como um resíduo indesejável. A presença de uma grande quantidade de substratos inorgânicos, como o potássio, na matéria-prima pode causar incrustações e agregação de resíduos, causando falhas na planta. A liberação de gases de combustão e suas estratégias de tratamento tornam a pirólise uma abordagem mais cara para a mitigação de RSU. Com essas desvantagens, a pirólise também tem muitas vantagens, como o fato do produto formado é o óleo líquido, de alto poder calorífico (38 MJ kg-1), fácil de transportar e um menor volume de gases de combustão por kg de resíduos são produzidos neste processo em comparação com a gaseificação e a incineração, reduzindo os custos de tratamento dos gases de combustão. Além disso, a escala das instalações de pirólise é mais flexível do que a das instalações de incineração. Hoje em dia, a pirólise está ganhando mais atenção do que outras abordagens de decomposição termoquímica por sua flexibilidade para gerar uma combinação de produtos sólidos, líquidos e gasosos em diferentes proporções apenas pela variação de parâmetros operacionais, como temperatura ou taxa de aquecimento. Também oferece uma oportunidade de transformar materiais de baixa densidade energética em biocombustíveis de alta densidade energética, recuperando ao mesmo tempo produtos químicos de alto valor. Uma das maiores vantagens do uso da pirólise é o amplo espectro de matérias-primas disponíveis, desde resíduos domésticos até resíduos industriais." T. Raj et al. (2023).

"A pirólise rápida é um processo que pode fornecer produtos finais líquidos, sólidos e gasosos usando RSU como matéria-prima. Dependendo do peso inicial e do conteúdo da matéria-prima, este processo pode produzir até 61-75% de biocombustíveis líquidos, 15-25% de resíduos de carvão vegetal e 10-20% de gases como subproduto. O processo é caracterizado por um curto tempo de retenção de vapor. No entanto, o rápido resfriamento de vapores e aerossóis garante um maior rendimento de bio-óleo. A pirólise rápida pode fornecer biocombustível para caldeiras, turbinas, fontes de alimentação e motores para aplicações industriais. A produção de bio-óleo por pirólise instantânea pode chegar a 75%. A pirólise

instantânea é realizada por desvolatilização rápida sob condições atmosféricas inertes, altas temperaturas de pirólise em torno de 450–1000 ◦C e uma taxa de aquecimento mais alta. Este processo tem baixa estabilidade térmica. Devido ao efeito catalítico do carvão, o óleo torna-se viscoso e às vezes contém alguns resíduos sólidos.

Pirólise lenta: A pirólise lenta utiliza baixas temperaturas e baixas taxas de aquecimento para produzir carvão de boa qualidade. O tempo de residência do vapor neste processo situa-se entre 5 e 30 min. Devido à baixa temperatura e baixa taxa de aquecimento, as frações orgânicas voláteis na fase de vapor continuam a reagir, produzindo carvão e frações líquidas como produtos. A qualidade do bio-óleo produzido neste processo é baixa. Um tempo de residência mais longo induz rachaduras, resultando em menor rendimento de bio-óleo. Devido ao maior tempo de retenção e aos baixos valores de transferência de calor, a pirólise lenta é uma abordagem mais cara para a pirólise.

Pirólise a vácuo: A pirólise a vácuo usa um sistema de vácuo dentro do reator de pirólise para criar uma pressão subatmosférica. Por causa do vácuo, o ponto de ebulição da matéria-prima dentro do reator é inferior ao que seria à pressão atmosférica; a conversão de carbono pode ser alcançada mais facilmente usando este tipo de pirólise e pode se tornar mais fácil evitar a ocorrência de reações colaterais. Na pirólise instantânea a vácuo, a temperatura necessária para a conversão pode ser reduzida substancialmente. O tempo de residência é bastante curto neste tipo de processo químico devido à pressão operacional muito baixa; em escala laboratorial, o tempo de exposição pode estar na faixa de milissegundos.

A carbonização é um processo que utiliza temperaturas operacionais mais altas e tem um tempo de residência mais longo. O processo de carbonização visa produzir produtos altamente carbonáceos, como carvão vegetal e biocarvão. O carvão vegetal é um material altamente carbonáceo que pode servir como substituto do carvão como combustível. Também serve como matéria-prima em diversas indústrias. O carvão processado é usado como absorvente em diversas aplicações. Além disso, pode ser usado como fertilizante do solo e, portanto, é denominado “biocarvão”.

Na pirólise convencional, existem taxas de aquecimento moderadas na faixa de cerca de 10 ◦C min com temperaturas máximas de 600 ◦C, proporcionando uma distribuição aproximadamente igual de óleos, carvão e gases.

A hidropirólise integrada é um processo termoquímico catalítico de pirólise estimado para fornecer uma rota econômica de um amplo espectro de resíduos orgânicos para combustíveis líquidos fungíveis para transporte de hidrocarbonetos. Qualquer tipo de biomassa não alimentar, como resíduos florestais e agrícolas, algas, plantas aquáticas ou frações celulósicas de resíduos urbanos, incluindo a maioria dos tipos de plásticos, pode ser usada para produzir gasolina, combustíveis de hidrocarbonetos para aviação e diesel e /ou outras misturas. O processo tem quatro elementos: condicionamento da biomassa,

dimensionamento e secagem dos resíduos para remover a umidade. A segunda envolve a hidrodesoxigenação da biomassa para produzir produtos brutos de hidrocarbonetos. Isto serve para remover o oxigênio e componentes altamente reativos e corrosivos para fornecer um produto de hidrocarboneto estável. O terceiro elemento é um hidrotratador de leito fixo, que utiliza outro proprietário. O quarto elemento é uma Unidade de Fabricação de H2 (HMU), que converte gases leves gerados na primeira etapa em H2 renovável como produto." T. Raj et al. (2023).

"A pirólise é um processo irreversível através do qual diferentes tipos de materiais, como orgânicos e plásticos, são decompostos termicamente. Os materiais que são submetidos à pirólise sofrem uma mudança contínua em sua fase física e composição química. A tecnologia de pirólise tem uma ampla gama de aplicações. Por exemplo, as indústrias químicas produzem metanol, carvão vegetal e carvão ativado aplicando esta tecnologia. Vários materiais, como pedra, cerâmica, vidro ou terra, obtidos durante a triagem de resíduos para o processo de pirólise, podem ser utilizados como materiais de construção ou coberturas de aterros. Além destas, a tecnologia de pirólise apresenta diversas vantagens sobre outras tecnologias de recuperação de energia. Uma ampla gama de matérias-primas pode ser utilizada nesta tecnologia. Minimiza os resíduos de aterros, a emissão de gases de aterro e o risco de contaminação de corpos d'água. Além disso, construir uma planta de pirólise é um processo relativamente rápido.

Tipos de pirólise

Dependendo das condições associadas ao processo, a pirólise pode ser categorizada em três tipos, denominadas pirólise lenta, rápida e instantânea.

Pirólise lenta

A pirólise lenta pode ser definida como um processo em lote através do qual o biocarvão é geralmente produzido a uma temperatura em torno de 300 ◦C e a taxa de aquecimento varia de 0,1 a 0,8 ◦C/s. Os tempos de residência para sólidos e gases neste processo são geralmente mais longos, podendo variar de minutos a dias. A maior parte da literatura existente sobre o processo de pirólise lenta é baseada em sua aplicação para produzir apenas biocarvão. No entanto, parte da literatura, por exemplo Stamatov et al. [66], estudaram a produção de bio-óleo através de pirólise lenta. A carbonização é um tipo de processo de pirólise lenta em que diferentes matérias-primas são tratadas sob pirólise sem condensar os produtos da pirólise. Este método tem sido seguido há séculos para a fabricação de carvão vegetal e é realizado onde o biocarvão é o produto necessário. As propriedades da matéria-prima, por exemplo, teor de umidade, cinzas, carbono fixo, matéria volátil e temperatura do processo têm influências significativas na quantidade de biocarvão e bioóleo produzidos.

Pirólise rápida

O processo rápido de pirólise é considerado uma tecnologia avançada. Devido à sua maior capacidade de produção de bio-óleo em comparação com outros processos, tem recebido grande atenção. É um processo contínuo e ocorre em faixas de temperatura de 400 a 700 ◦C. O objetivo principal deste processo é evitar que os produtos da pirólise se decomponham em compostos não condensáveis. Os parâmetros neste processo são rigorosamente controlados para obter maiores rendimentos de bio-óleo. Este processo requer uma taxa de transferência de calor muito alta. Geralmente, a taxa de aquecimento está entre 10 e 100 ◦C/s e o tempo de residência varia de 0,5 a 2 s. Esta alta taxa de aquecimento está associada à moagem da matéria-prima em partículas muito finas. Na pirólise rápida, a reação dentro do reator geralmente ocorre durante um período muito breve. Para vários pesquisadores, a maior quantidade de bio-óleo pode ser produzida quando a temperatura de reação é de 500 ◦C. Este processo também gera biocarvão e gás de síntese e o rendimento do gás de síntese aumenta à medida que os rendimentos da queda de biocarvão e bio-óleo. A otimização dos parâmetros do processo pode fornecer o rendimento esperado do produto.

Pirólise instantânea

A pirólise instantânea (flash) é considerada a tecnologia de pirólise mais avançada pela qual uma grande quantidade de gás de síntese e bio-óleo de boa qualidade com muito baixo teor de água podem ser recuperados. Este processo de pirólise é realizado em altas temperaturas variando de 700 a 900 ◦C ou acima e taxa de aquecimento muito alta acima de 1000 ◦C/s. O tempo de residência é comparativamente menor do que o usado para processo de pirólise rápida, ou seja, menos de 0,5 s. O tamanho das partículas da matéria-prima deve ser o menor possível, pois este processo requer uma taxa de aquecimento muito alta. Cerca de 80% da energia contida na matéria-prima pode ser convertida em diferentes produtos energéticos aplicando este processo e a densidade de energia nos produtos produzidos é maior em comparação com a matéria-prima. Porém, o bio-óleo produzido a partir deste processo contém grande quantidade de oxigênio o que indica a corrosividade e instabilidade deste produto. Também contém poluentes como metais pesados e nitrogênio e para remover esses poluentes é necessária uma grande quantidade de hidrogênio, o que é muito caro." M.M. Hasan et al. (2021).

"A pirólise é outro substituto atraente para a incineração de RSU nos EUA. O rápido desenvolvimento da tecnologia de pirólise, comumente chamada de transformação de plástico em petróleo, poderia contribuir com bilhões de dólares para a economia dos EUA. A RES Polyflow, com sede em Ohio, é líder do setor na conversão de plásticos e polímeros misturados piroliticamente em combustíveis sem classificação ou limpeza significativa. A pirólise degrada termicamente os polímeros e plásticos contendo hidrocarbonetos de cadeia grande na ausência de ar externo ou suprimento de oxigênio, produzindo uma mistura de gás combustível, bio-óleo líquido, alcatrão e carvão a altas temperaturas de 300-600 °C. Os

catalisadores, se utilizados na pirólise, melhoram o rendimento do produto e reduzem a necessidade de energia para o processo. Vários catalisadores variam de catalisadores construídos com níquel e rutênio, zeólitas e dolomita. A pirólise também ganhou atenção significativa devido ao alto rendimento de líquido sob altas taxas de aquecimento, uma temperatura de reação de 425-600 ºC e curto tempo de residência do vapor no reator. O aquecimento pirolítico pode ser realizado por meios convencionais ou por microondas.

O RSU é uma matéria-prima eficiente para pirólise e o processo pode ser comercializado para obter combustível de alta qualidade. Uma copirólise de diferentes componentes de RSU observou que interações sinérgicas de vários componentes de RSU, especialmente plásticos, produzem combustíveis com altos valores de aquecimento comparáveis aos combustíveis fósseis convencionais. A maioria das instalações industriais de pirólise de RSU são integradas com processos de gaseificação ou combustão. Os reatores de pirólise relatados incluem reatores de leito fixo, forno rotativo, leito fluidizado e reatores tubulares, mas apenas fornos rotativos e reatores tubulares são aplicados em instalações de expansão. A saída dos sistemas comerciais de pirólise é principalmente energia ou calor; bio-óleo, gás de síntese reformado e carvão. O carvão proveniente da pirólise dos RSU é de alto poder calorífico e, portanto, uma potencial fonte de combustível sólido.

Vantagens: A matéria-prima é aquecida diretamente por meios convencionais ou por micro-ondas e não há necessidade de trituração da matéria-prima. O processo de pirólise pode ser utilizado para comercialização em larga escala devido ao seu baixo custo de produção e flexibilidade. Catalisadores naturais como carvão, zeólitas e dolomitas estão prontamente disponíveis e aumentam a eficiência na pirólise.

Desvantagens: A separação física prévia dos incombustíveis (metal e vidro), evita os efeitos adversos durante a pirólise. A necessidade de catalisadores aumenta os custos e alguns catalisadores naturais ou sintéticos apresentam algumas limitações devido à estrutura, propriedades físicas e químicas. Por exemplo, impurezas e contaminantes no RSU heterogêneo podem desativar os catalisadores na matéria-prima. Catalisadores sintéticos como níquel e rutênio são de alto custo e são desativados em uma taxa muito mais rápida do que os catalisadores naturais. A temperatura é mantida relativamente alta para manter os catalisadores na faixa ideal de tamanho de partícula e na forma ativada. O carvão produzido pela pirólise pode estar contaminado com metais pesados e poluentes orgânicos. O Syngas de pirólise de RSU pode estar contaminado com gases indesejáveis, como HCl, H2S, SO2 e NH3. As instalações de pirólise empregam dispositivos de controle de emissões para medir e melhorar a qualidade dos produtos gasosos, líquidos e carbonizados para tornar a pirólise de RSU um processo mais benéfico para o meio ambiente.” C. Mukherjee et al. (2020).

Estrutura para equacionamento da política de resíduos sólidos na dimensão municipal

Em um artigo recente, Batista et al. (2021) estruturam cinco pilares que influenciam o desenvolvimento de soluções adequadas para os resíduos sólidos urbanos em países em desenvolvimento:

"Portanto, a falta de métodos atualizados, de recursos técnicos e econômicos, de uma ferramenta de apoio à decisão para ajustes contratuais de longo prazo, bem como a falta de recursos e de mão de obra qualificada são fatores que contribuem para a utilização de lixões a céu aberto e aterros sanitários como destino final dos RSU. Além disso, a falta de conhecimento sobre a tecnologia de recuperação de energia de resíduos são indicadores de que a GRS nos países em desenvolvimento é influenciada por cinco pilares, a saber: (a) Políticas Públicas; (b) Técnicas de Disposição; (c) Aspectos Legais; (d) PPP – Parcerias Público Privadas; e (e) Recuperação de Energia.

O pilar **Políticas Públicas** é motivado pela acentuada falta de tratamento dos resíduos urbanos, o que exige dos órgãos públicos o desenvolvimento de uma gestão integrada, eficiente e sustentável. Em países em desenvolvimento, como os da América Latina, são evidentes os problemas de governança institucional, inclusive contra as autoridades ambientais para mitigar perdas significativas em centros populacionais, em áreas urbanas e rurais. Embora os procedimentos governamentais nas diferentes pastas ministeriais sejam realizados para gerar recursos econômicos eficazes e oportunos para atender a população nas demandas futuras, a lacuna está na capacidade real de estabelecer intervenções articuladas e coerentes entre os diferentes atores sociais, públicos e privados que intervir na gestão dos fatores de risco.

Este pilar visa que o governo atue com visão empresarial, executando serviços, otimizando o uso dos recursos naturais com foco na rentabilidade econômico-financeira da atividade no controle de gastos em paralelo com a preservação do meio ambiente.

O pilar **Técnicas de Disposição** é motivado pela falta de modelos de gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos que enfatizem as diretrizes planejadas para os países em desenvolvimento. Os países em desenvolvimento carecem de modelos de gestão de resíduos sólidos integrada que enfatizem diretrizes estratégicas, arranjos institucionais, aspectos legais, mecanismos de financiamento e instrumentos facilitadores para o controle social de políticas públicas. A importância dos diagnósticos reside na possibilidade de estabelecer metas, ações e procedimentos que garantam os objetivos da sociedade elencados de forma compatível com a realidade dos municípios. Os resíduos sólidos com destinação inadequada agravam os impactos socioambientais, degradando o solo, comprometendo os recursos hídricos, poluindo o ar, além de agravar as condições de insalubridade dos centros urbanos.

O pilar **Aspectos Jurídicos** é motivado pela necessidade de o gestor ambiental fazer uso das normas legais e financeiras para informar a sociedade, aplicando sanções legais em casos

de descumprimento. O desequilíbrio ambiental exige medidas capazes de mudar a cultura e o interesse do cidadão pela preservação do meio ambiente para as gerações presentes e futuras tendo como prioridades o caráter pedagógico, entre outros.

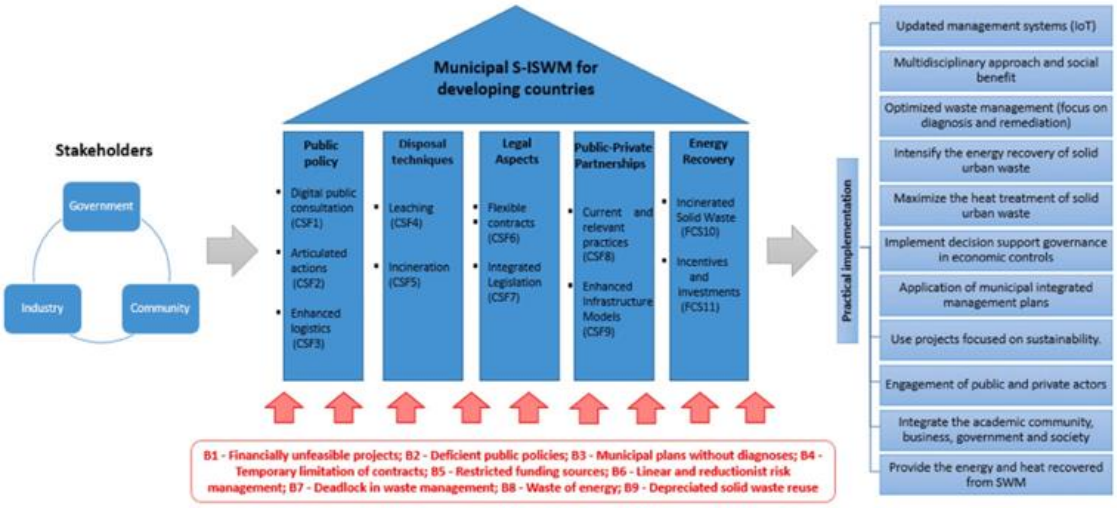
O pilar **PPP** é motivado pela falta de melhorias no financiamento, na metodologia de gestão para atingir metas de resultados rentáveis. Portanto, o contrato de concessão administrativa de PPPs, e suas peculiaridades, têm potencial para superar antigos modelos contratuais, servindo como alternativa para projetos de longo prazo. A PPP é uma abordagem adoptada para aumentar o valor econômico dos produtos de infra-estrutura do setor público, melhorando a eficiência através de processos sistemáticos.

Este pilar, procura superar os obstáculos dos modelos contratuais tradicionais, estimulando a interação entre o contratante (poder público) e os contratados (empresas privadas). Um dos mecanismos que podem contribuir para a conservação do ambiente e para a sua exploração sustentável é precisamente o das PPP.

Por fim, o pilar **Recuperação Energética** é motivado pela adequação de projetos de recuperação energética de resíduos urbanos para potencializar o SWM sustentável e integrado, saneamento básico relacionado à infraestrutura. Portanto, o tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com valorização energética significa diversificar a matriz energética, através de processos tecnológicos atualmente disponíveis e economicamente viáveis. Qualquer forma de desenvolvimento só pode ser sustentável se os resíduos gerados não forem acumulados, mas totalmente reutilizados, reciclados e recuperados. O desperdício de energia está desafiando a gestão nos países em desenvolvimento. No entanto, várias tecnologias para gerar eletricidade ou calor a partir de resíduos podem ser aplicadas, uma vez que uma fração dos resíduos desperdiçados pode ser utilizada na recuperação de energia."

Estes pilares são um perfeito pano de fundo para o projeto desenvolvido pelo Conisud. Integra políticas públicas na busca de soluções alinhadas com os aspectos ambientais, sociais e éticos de atuação do poder público na realidade local, com otimização dos investimentos necessários, buscando tecnologia de ponta em termos de solução, respeitando planejamento o ordenamento jurídico e estabelecendo um modelo de participação popular e cidadania. Utiliza o instrumento de parcerias público privadas para resolver as limitações financeiras e orçamentárias existentes na gestão pública e busca, nas soluções tecnológicas existentes, a mais adequada para a diversificação da matriz energética e viabilidade econômica pela geração de energia.

Figura 23: Estrutura para gestão integrada e sustentável dos resíduos sólidos de municípios em países em desenvolvimento.



Fonte: Batista et al. (2021).

Situação atual da gestão de resíduos sólidos

Uma visão da situação dos resíduos sólidos na sociedade brasileira é dada por A.H. Khan et al. (2022):

"O aumento contínuo na quantidade e na complexidade dos problemas urbanos e os resíduos industriais têm sido reconhecidos como uma das preocupações presentes e futuras da sociedade. A má gestão também apresenta ameaças ao bem-estar da comunidade e produz vários problemas sociais e económicos, juntamente com repercussões ambientais significativas. A dependência de depósitos e a má eliminação de resíduos têm afetado continuamente os indivíduos com problemas financeiros, de saúde e de segurança. Por outro lado, o processamento de RSU amigo do ambiente tem sido reconhecido como vital para reduzir os impactos socioeconómicos e ambientais e, assim, estabilizar os três aspectos da sustentabilidade (isto é, viabilidade econômica, proteção ambiental e equidade social). A resposta a estes problemas é minimizar o desperdício, reciclar, higienizar e fechar locais abertos de eliminação de resíduos, melhorar a recuperação de gases residuais, compostagem e recuperação de energia. Entre todas estas, a transformação de energia a partir de resíduos (WTE) é uma abordagem sustentável que limita as emissões e o uso do solo; é considerada a estratégia mais promissora para combater a produção de resíduos. A recuperação de recursos oferece uma forma viável de minimizar o consumo de matérias-primas, limitar as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) e minimizar a grande quantidade de resíduos eliminados.

Devido às baixas taxas de reciclagem e materiais orgânicos, o descarte de resíduos ainda é a principal opção no Brasil. Além disso, 40% dos RSU ainda são descartados inadequadamente em lixões em quase 3.000 municípios, apesar do objetivo da Política

Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de eliminar todos os lixões até 2014. O estado atual da gestão de resíduos sólidos urbanos (GRSU) no Brasil mostra que os critérios do PNRS são fracamente centralizados, causando assim (i) eliminação insegura de resíduos, (ii) estratégia fraca dos 4Rs, (iii) fraco planejamento na implementação da GRSU, (iv) incoerência dos dados estatísticos relacionados com a GRSU e (v) estratégias de consumo inatingíveis."

Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos / Resíduos para Energia (WasteToEnergy) / Economia Circular.

O atual desenvolvimento tecnológico permitiu uma evolução muito grande no uso dos resíduos sólidos urbanos como fonte de energia.

"Existem diversas vantagens dos RSU como fonte de energia. Por exemplo, a energia do lixo gera substancialmente menos emissões do que a energia gerada por combustíveis fósseis (excluindo o gás natural).

Com a mudança de paradigma (ou seja, linear para uma economia circular), as atividades de conversão de resíduos em energia desempenham um papel significativo. O conteúdo orgânico dos RSU tem um valor calorífico significativo, que pode ser recuperado e utilizado adequadamente para processamento adequado de resíduos e tecnologias de processamento. A abordagem WTE pode ser usada como uma solução provisória para o tratamento de resíduos; uma vez que oferece um caminho não só para o tratamento de resíduos, mas também resolve preocupações críticas, como o uso do solo, a geração de eletricidade e a dependência excessiva de combustíveis fósseis. Um aumento na utilização de resíduos para geração de energia tem sido recomendado, embora isso dependa da localização, do ambiente, da área e de outras variáveis socioeconómicas." A.H. Khan et al. (2022).

Segundo Tsai et al. (2020), "a gestão de resíduos sólidos urbanos é definida como procedimentos complexos que compreendem rotas de coleta de resíduos, localização de estações de transferência, estratégias de tratamento e recuperação de energia e técnicas de tratamento de resíduos que são os principais meios para atingir objetivos, incluindo a saúde humana e a proteção ambiental, o desenvolvimento econômico e o cumprimento de objetivos sociais e ambientais. requisitos regulatórios.

Estes mesmos autores abordam a economia circular:

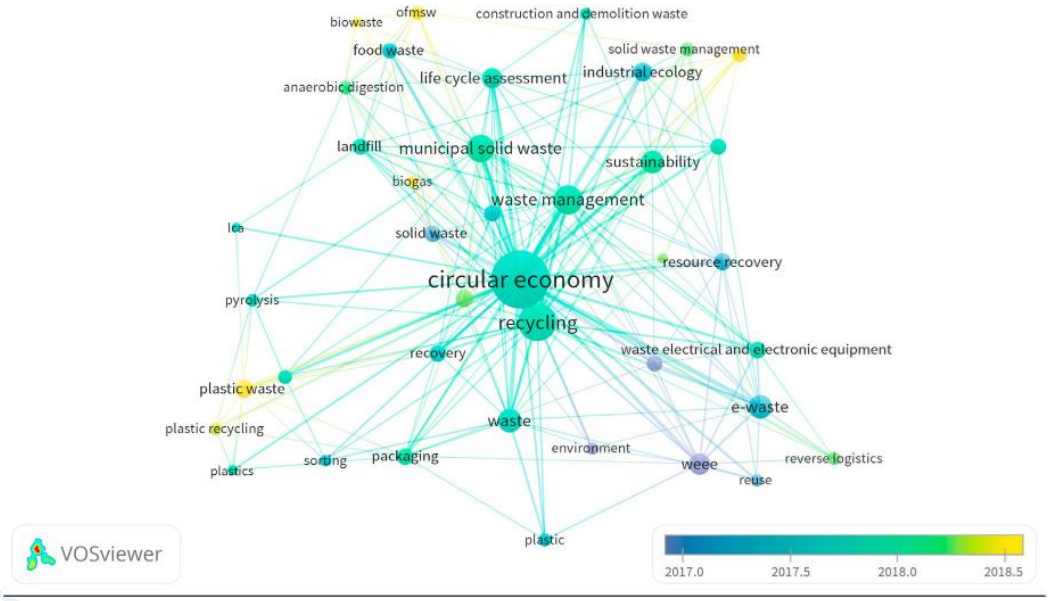
"A Economia Circular é um conceito de operacionalização empresarial cuja implementação para o desenvolvimento sustentável tem sido muito debatida. O conceito decorre da capacidade limitada da Terra de se aclimatar à contaminação em reação à necessidade de desenvolvimento económico e consumo de recursos, juntamente com as influências ambientais. Jiao e Boons (2014) indicaram que o conceito envolve as ações de redução, reutilização e reciclagem na progressão da produção, consumo e circulação. Van Buren et al. (2016) propuseram a criação de um resultado triplo com as dimensões social,

ambiental e econômica de um EC. Mendoza et al. (2017) afirmaram que uma EC deve tirar o máximo partido da eficiência dos recursos, incluindo (1) conservar e melhorar a riqueza natural através da monitorização de recursos finitos e da avaliação dos fluxos de recursos renováveis; (2) otimizar a utilidade dos recursos, produtos, processos e materiais dentro da circularidade tecnológica e biológica; e (3) promover uma coordenação eficiente através da divulgação e controle de externalidades indesejáveis. Ness e Xing (2017) sugeriram que a EC visa alcançar mais valor e reduzir o rendimento de materiais, envolvendo a utilização e gestão de recursos, abordagens de circuito fechado, estratégias de adaptação e modelos de economia partilhada.

Em contrapartida, a prevenção de resíduos numa EC inclui a reutilização, a renovação e a refabricação de fluxos de materiais (Pires e Martinho, 2019). Os fundamentos ultrapassam um ciclo de reutilização e incluem remanufatura, reciclagem e reprocessamento para recuperar componentes secundários e devolvê-los ao mesmo uso. Alguns produtos e materiais em fim de vida podem ser transferidos para outros processos, tais como exportações para reutilização noutro local; mudar para aplicações inferiores (downcycling) ou ser descartado do sistema na forma de resíduos (Korhonen et al., 2018a; Palomar et al., 2019). O crescimento crescente de estudos anteriores informa uma formulação baseada em evidências de uma EC e suas implicações para a inovação. Kirchherr et al. (2017) conceituaram um modelo a partir das representações mais frequentes de uma EC, revisando 114 definições. Reike et al. (2018) exploraram controvérsias em uma EC com foco na revisão da literatura e nas opções de retenção de valor de recursos para fornecer uma heurística que seja útil na prática. Lacson et al. (2019) revelaram redes de flúor e uma EC como modelos potenciais para o desenvolvimento sustentável porque a eliminação dos resíduos existentes depende da incineração e os problemas colocados pela deposição em aterro num modelo de economia linear agravam os problemas ambientais. A incerteza inicial e os conflitos em relação a uma EC permanecem devido a diversas atividades práticas. Identificar os desafios da EC num esquema de rede global sustentável é um problema urgente (Korhonen et al., 2018a). Ainda falta na literatura uma revisão sistemática sobre GRSU em um CE." Tsai et al. (2020)

Estes autores realizaram um mapeamento das palavras-chave relacionadas à Economia Circular e outros temas pertinentes à gestão de resíduos sólidos urbanos. A figura resultante desse mapeamento é a seguinte, conforme ilustrado na Figura 24:

Figura 24: Co-ocorrência de palavras chave de autores por ano de publicação.



Fonte: MS Engenharia.

Apesar disso, existem postulações críticas na relação entre Economia Circular e o conceito de "WasteToEnergy". Como cita J. Malinauskaite et al. (2017):

" Pode-se argumentar que o conceito WasteToEnergy pode encorajar o uso de resíduos e desencorajar a reciclagem para garantir matéria-prima regular para os incineradores, que não têm uma boa reputação devido às toxinas libertadas e aos gases com efeito de estufa. Seguindo linhas semelhantes, algumas ONGs, como a Zero Waste Europe (ZWE), declaram que, concetualmente falando, o WtE não tem lugar na economia circular, uma vez que os ciclos materiais são fechados quando "não há mais nada para queimar". No entanto, esta conclusão é feita apenas no contexto da incineração de resíduos para energia. A Comissão Europeia, na sua comunicação recentemente publicada, que pretende clarificar o papel dos WtE na economia circular, expressou que:

'Os processos de transformação de resíduos em energia podem desempenhar um papel na transição para uma economia circular, desde que a hierarquia de resíduos da UE seja utilizada como princípio orientador e que as escolhas feitas não impeçam níveis mais elevados de prevenção, reutilização e reciclagem.'

No entanto, existe uma visão bastante cética em relação aos WtE, uma vez que a Comissão teme que, ao aumentar a capacidade WtE, a reciclagem fique comprometida, prejudicando assim a hierarquia dos resíduos. Embora a Comissão conclua que os WtE podem desempenhar um papel na transição para uma economia circular, a hierarquia dos resíduos deve ser utilizada como princípio orientador para garantir que a prevenção, a reutilização e a reciclagem não sejam evitadas."

Estes mesmos autores tentam mostrar tanto a liberação do conceito de WtE de técnicas mais antiquadas de geração de energia quanto inserí-lo dento do espectro da Economia Circular:

"Tradicionalmente, a transformação de resíduos em energia (WtE) tem sido associada à incineração. No entanto, o termo é muito mais amplo, abrangendo vários processos de tratamento de resíduos que geram energia (por exemplo, sob a forma de eletricidade e/ou calor ou produzindo um combustível derivado de resíduos). Transformar resíduos em energia pode ser uma chave para uma economia circular, que faz parte do quadro mais amplo da UE de um plano de ação para a economia circular adotado em 2015, que visa, nomeadamente, promover padrões de consumo e produção sustentáveis; isto também está em conformidade com os compromissos da UE no âmbito da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Em contraste com uma economia linear resumida como "pegar, produzir, consumir e eliminar", uma economia circular é definida como aquela em que o valor dos produtos, materiais e recursos é mantido durante o maior tempo possível, minimizando o desperdício e a utilização de recursos (ou seja, o que costumava ser considerado "resíduo" pode ser transformado num recurso valioso). Neste contexto, a UE apela para que a gestão de resíduos seja transformada numa gestão sustentável de materiais que incorpore os princípios da economia circular, melhore a difusão de energias renováveis, aumente a eficiência energética, reduza a dependência da União de recursos importados e forneça oportunidades económicas e competitividade a longo prazo".

Os autores ainda fazem uma descrição dos fatores que influenciam a gestão dos resíduos sólidos, tendo por base a experiência na União Européia:

"As soluções de gestão de RSU não devem ser apenas ambientalmente sustentáveis, mas também económicas e socialmente aceitáveis. Existem vários fatores que influenciam este processo complexo, que estão largamente interligados. Em primeiro lugar, é necessária vontade política, vontade de prosseguir mudanças. Embora a UE defina uma direção (ou seja, uma mudança para a economia circular), a gestão de resíduos é implementada a nível nacional. A gestão de resíduos contém um sistema de governação a vários níveis, abrangendo governos centrais para definir estratégias, criar planos nacionais, depois autoridades regionais e, na maioria dos casos, locais para conceber e implementar políticas e organizar ferramentas para recolha, tratamento e eliminação de resíduos. As regulamentações governamentais, os impostos e os regimes de apoio desempenham um papel importante no desenvolvimento deste sector e no incentivo às novas tecnologias, que teriam dificuldade em sobreviver sem o apoio governamental. Embora os "Avanços na Tecnologia" sejam ferramentas essenciais para facilitar a mudança, deve haver uma plataforma para a inovação e a procura de tecnologia. Por vezes, as barreiras regulamentares podem impedir a comercialização de novas tecnologias benéficas. Da mesma forma, deve haver um argumento comercial vívido para que a indústria se envolva. O investimento privado desempenhou um papel essencial no desenvolvimento do sistema de gestão de resíduos da Estónia. É necessário criar mercados para matérias-primas

«secundárias» derivadas de resíduos. Do ponto de vista económico, as novas tecnologias normalmente enfrentam uma luta difícil quando introduzidas pela primeira vez devido à falta de economias de escala e de economias de aprendizagem, cadeias de abastecimento e estruturas de mercado ainda não estabelecidas. Dependendo das tecnologias envolvidas, podem não se adequar perfeitamente à infra-estrutura existente. Embora o setor WtE apresente um imenso potencial de negócios com valor financeiro em novos modelos de negócios circulares: permitindo que as empresas obtenham ganhos económicos substanciais e se tornem mais competitivas, os obstáculos definidos acima devem ser superados. Os desafios da gestão de resíduos municipais também resultam da proximidade direta dos resíduos gerados com os cidadãos, de uma visibilidade pública muito elevada e de um envolvimento ativo dos cidadãos e das empresas (ou seja, vontade de reciclar, etc.). Diferentes países têm diferentes estruturas sociais que interferem em parte com diferentes "preferências sociais". Por exemplo, uma instalação WtE pode enfrentar protestos locais eficazes (conhecidos como síndrome NIMBY (Not In My Backyard)), especialmente se for possível apresentar argumentos suficientes para o incômodo causado por ruídos ou odores. Ren et al., em seu estudo, analisaram a percepção de risco e a aceitação pública em relação às instalações WtE protestadas. De acordo com as suas conclusões, os processos WtE devem ser promovidos através do destaque dos seus benefícios como fontes de energia renováveis e a conservação da terra para enfraquecer os fortes protestos das comunidades locais contra as instalações de incineração, especialmente em áreas com elevada densidade populacional. Os fatores mais significativos que influenciaram a escolha do protesto foram: percepção de risco, rendimento, opinião sobre os benefícios do WtE, género e experiência anterior de poluição por odores. Além disso, foi identificada uma relação estatística significativa entre conhecimento e percepção de risco. Assim, a necessidade de comunicação dos riscos, bem como o envolvimento do público em todo o processo de gestão, é altamente recomendável. As novas tecnologias também exigem muitas vezes mudanças significativas nas práticas, hábitos e aspirações dos utilizadores. Surgiu um novo termo de 'prosumidor' que atribui ao papel dos consumidores ativos com potencial para serem produtores de energia, particularmente através da autogeração de energia renovável, armazenamento, conservação de energia e participação na resposta à procura. A gestão de resíduos e o seu impacto no ambiente e na saúde humana são evidentes: escolhas erradas, como os aterros, podem, dependendo da forma como são construídos, contaminar o solo e a água com produtos químicos contidos nos resíduos e também conduzir a alterações climáticas.

Finalmente, a educação, a sensibilização do público e a defesa da organização da gestão de resíduos e do potencial dos RSU para serem utilizados como recurso energético não devem ser esquecidas. A cooperação das instituições (centros de investigação e ministérios, como o Ambiente e a Energia) dentro e entre os Estados-Membros deve ser incentivada." J. Malinauskaite et al. (2017).

Os RSU pode ser classificado como uma mistura complexa, cujos diferentes compostos que se formam variam largamente em características físicas e químicas, necessitando de

sistemas de pré-tratamento para ser utilizado em processos de tratamento térmicos associados à recuperação de energia, pois o uso de RSU in natura pode acarretar problemas operacionais e baixa qualidade do produto final. Os objetivos das etapas de pré-tratamento seriam: melhorar a combustibilidade dos resíduos e recuperar, tanto quanto possível, os diferentes materiais recicláveis (MENEZES NETO, 2018).

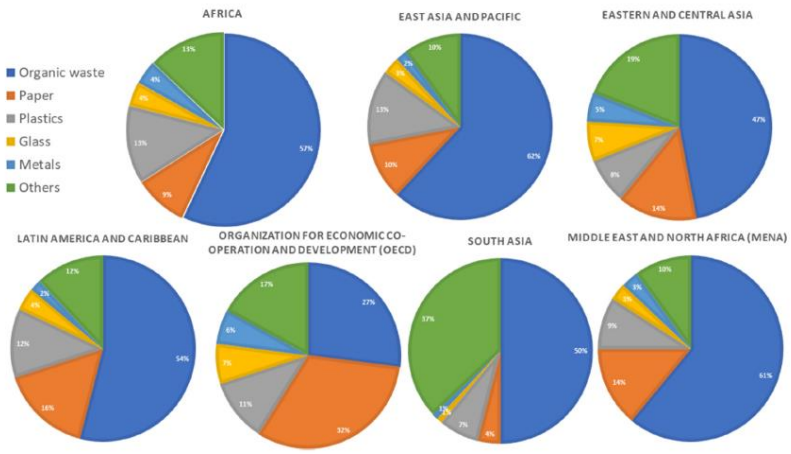
Comentando sobre a composição comparativa dos resíduos sólidos urbanos, A.H. Khan et al. (2022) comentam:

"Está estabelecido que a composição dos RSU varia entre os países em desenvolvimento e os desenvolvidos, e até varia entre os municípios locais do mesmo país. Por exemplo, um maior teor de resíduos orgânicos nos RSU é encontrado na Ásia Oriental e no Pacífico (62%), seguido pelos países do Médio Oriente e do Norte de África (61%) (Fig. 3). Cerca de 65-80% da energia é armazenada em materiais orgânicos que podem ser recuperados sob a forma de calor que poderia suportar instalações elétricas. Infelizmente, uma parcela maior dos resíduos coletados (>90%) é direcionada para lixões a céu aberto ou aterros sem revestimento. Como resultado, a poluição do ar, a poluição das águas subterrâneas, os efeitos na saúde, a poluição do solo ou da terra, os custos económicos e os incêndios em aterros são os problemas comuns associados ao despejo a céu aberto ou aos aterros sem revestimento.

Na maioria dos países em desenvolvimento. Graves impactos diretos na saúde, tais como infecções da pele e dos olhos, problemas respiratórios, níveis elevados de chumbo no sangue causados por queimadas a céu aberto no local de despejo e disenteria, febre amarela, febre tifóide, hepatite, diarreia, malária e cólera devido à contaminação das águas subterrâneas e do solo"

Os autores mostram uma comparação entre várias regiões, Figura 25:

Figura 25: Composição de resíduos sólidos pelo mundo.



Fonte: A.H. Khan et al. (2022).

Já no Brasil, segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020, elaborado pela ABRELPE, foi realizada uma "revisão de estudos realizados em escala municipal, incluindo referências acadêmicas, científicas e municipais, contemplando metodologias similares e realização durante um mesmo espectro temporal. Os documentos revisados apresentam a composição gravimétrica de 186 municípios brasileiros, com categorização mínima de orgânicos, metal, vidro, plásticos, papel/papelão e rejeitos" (ABRELPE 2020).

Os resultados mostraram a seguinte composição (ver figura 26):

Figura 26: Gravimetria dos RSU no Brasil.

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2020.

Logo, podemos notar que o lixo orgânico representa pouco mais de 45% na composição média dos RSU gerado no brasil. Por outro lado, materiais inertes, como metais e vidros, totalizam cerca de 5%.

Ainda neste contexto, um estudo realizado pelo IPEA em 2012 mostrou que a quantidade de matéria orgânica e material inerte correspondeu a 51,4% e 8,2%, respectivamente. Estes e outros dados estão representados no Quadro 11.

Quadro 11: Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos coletados no Brasil.

TABELA 35
Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos coletados no Brasil

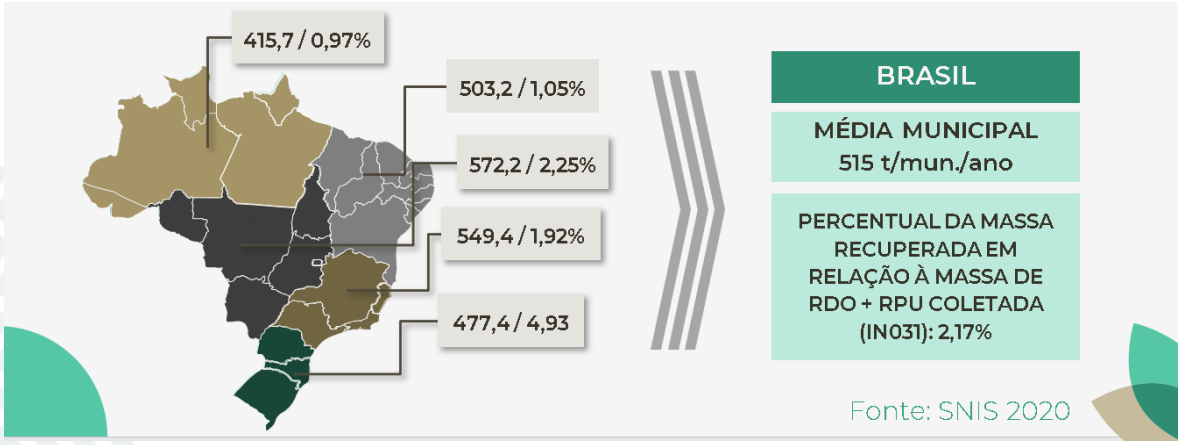
Materiais	Participação	Quantidade	
		2000	2008
	%	t/d	t/d
Material reciclável	31,9	47.558,5	58.527,4
Metais	2,9	4.301,5	5.293,5
Aço	2,3	3.424,0	4.213,7
Alumínio	0,6	877,5	1.079,9
Papel, papelão e tetrapak	13,1	19.499,9	23.997,4
Plástico total	13,5	20.191,1	24.847,9
Plástico-filme	8,9	13.326,1	16.399,6
Plástico rígido	4,6	6.865,0	8.448,3
Vidro	2,4	3.566,1	4.388,6
Matéria orgânica	51,4	76.655,3	94.335,1
Outros	16,7	24.880,5	30.618,9
Total	**100,0**	**149.094,3**	**183.481,5**

Fonte: IPEA - 2012

Tendo em vista os estudos apresentados aqui, podemos estimar o percentual de material orgânico dos RSU na faixa de 45% a 60% e materiais inertes entre 5% a 10%.

Quanto ao material potencialmente reciclável, é importante observar que a taxa atual de recuperação é muito pequena, chegando a 2,17% em termos nacionais, conforme ilustrado na Figura 27. Porém, as estruturas de reciclagem deverão ser incentivadas e apoiadas pela empresa vencedora do processo licitatório.

Figura 27: taxa de recuperação de materiais recicláveis (RDO e RPU), exceto matéria orgânica e rejeitos, em relação à quantidade total.



Fonte: SNIS, 2020.

Como alternativa à alta complexidade dos RSU e seus efeitos nos sistemas de gaseificação utiliza-se como matéria-prima o combustível derivado de resíduo (CDR), pelas vantagens de conter maior poder calorífico, ser de fácil manuseio, estocagem e transporte (INTHARATHIRAT; SALAM, 2016; ZHAO et al., 2016 apud Menezes Neto, 2018).

Para obtenção do CDR a partir do RSU fresco existem basicamente duas rotas: o tratamento mecânico-biológico, com o qual é possível obter um material com alto poder calorífico devido a maior concentração de papel, plástico e resíduo orgânico estabilizado; e o processo de manufatura, que consiste em etapas de triagem, trituração, redução de granulometria, classificação, separação, secagem, adensamento e estocagem. Esta última será aplicada na usina que é objeto de estudo do presente trabalho.

Quanto a aplicação da tecnologia, pesquisa por artigos e patentes que abordem os processos de obtenção de energia via gaseificação de resíduos leva a identificação de 433 patentes internacionais e 13 no Brasil sobre gaseificação de resíduos. A utilização de resíduos de qualquer tipo na gaseificação para a obtenção de energia é atualmente a maior tendência de estudos e aplicações. Verifica-se um grande avanço no número de pesquisas relacionadas à utilização de resíduos no processo de gaseificação. Esta tendência demonstra a crescente preocupação em se desenvolver tecnologias capazes de produzir energia utilizando materiais renováveis e processos menos poluentes. É possível verificar que a aplicação e as pesquisas com este tema já não são tão recentes, tendo em vista que as primeiras patentes e artigos surgiram no início da década de 70. A partir da década de 90 a produção de patentes e artigos

se intensificou, demonstrando o início da preocupação ambiental e consequentemente o desenvolvimento de tecnologias alternativas de obtenção de energia e destinação de resíduos menos poluentes (OKAMURA, 2013).

5.1.3 Emissões atmosféricas

De acordo com Chang & Huang (2000), em virtude da ausência de O_2 no processo de gaseificação, não há formação de componentes tóxicos como NO_X, SO_X, dioxinas ou furanos. Fato corroborado por LORA et al. (2012), que afirma que a gaseificação ocorre de maneira relativamente mais rápida que a pirólise, permitindo que uma quantidade maior de resíduo seja tratada em um tempo menor, transformando toda a matéria-prima sólida em um gás combustível com poder calorífico aproveitável, ao passo que gera menos gases poluentes que o processo de incineração (INFIESTA, 2015).

5.1.4 Considerações

Tendo como referência o tratamento de resíduos sólidos urbanos, o Quadro 12 apresenta um comparativo entre as tecnologias de aproveitamento energético.

Quadro 12: Comparativo entre as tecnologias de incineração e gaseificação.

INCINERAÇÃO - MASS BURN	GASEIFICAÇÃO LEITO FLUIDIZADO CIRCULANTE
VANTAGENS	
Reduz 70 – 75% da massa e cerca de 90% do volume dos RSU;	Reduz 75-85 % da massa e cerca de 90% do volume do RSU;
Incentiva a triagem e reciclagem de materiais, uma vez que alguns deles não podem ser inseridos no incinerador;	Incentiva a triagem e reciclagem de materiais, uma vez que alguns deles não podem ser inseridos no gaseificador;
Não exige grandes áreas como o aterro, apenas a área da usina;	Não exige grandes áreas como o aterro, apenas a área da usina;
Não há formação de chorume;	Não há formação de chorume;
Elimina emissões de CH4;	Elimina emissões de CH4;
Gera significativa quantidade de energia elétrica, reduzindo a queima de combustíveis fósseis em termelétricas;	Gera significativa quantidade de energia elétrica, reduzindo a queima de combustíveis fósseis em termelétricas.
Destruição de patógenos existentes nos resíduos;	Produção de gases que podem ser consumidos longe do local de geração (transportados por dutos);
Cinzas inertes;	Possibilidade de geração de combustíveis líquidos pelo processo de Fisher Tropsch;
Otimiza a logística de transporte.	Baixo custo de investimento de implementação;
	Não há formação de dioxinas e furanos;
	Não há formação de NOx, SOx
	Possibilidade de abatimento do enxofre no leito com CaCO3;
	Baixas potências elétricas instaladas nos motores e sopradores instaladas para o processo de gaseificação, devido aos baixos volumes de gases;
	Tecnologia nacional;

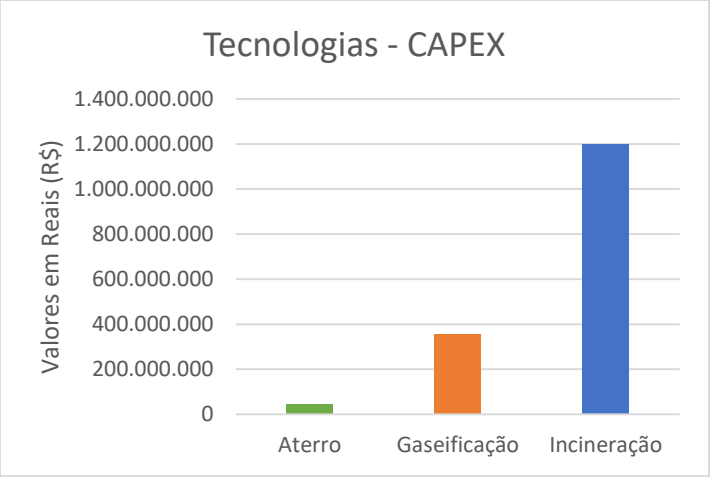
	Destruição de patógenos existentes nos resíduos;
	Passível de ser utilizado em motores de combustão interna;
	Cinzas inertes;
	Plantas modulares;
	Atendimento aos municípios de baixa geração de RSU.
DESVANTAGENS	
Necessita de tratamento do resíduo urbano para retirada de metais, vidro, abatimento de umidade antes do envio ao incinerador;	Necessita de tratamento do resíduo urbano para retirada de metais, vidro, abatimento de umidade antes do envio ao gaseificador;
Emite grande quantidade de CO2 nas chaminés;	Pode emitir poluentes como CO, CH4 e material particulado, caso medidas mitigadoras não sejam tomadas;
Pode emitir poluentes como CO, SOx, NOx, material particulado, dioxinas e furanos caso medidas mitigadoras não sejam tomadas;	Rendimento global de transformação em energia elétrica de 22%;
Rendimento global de transformação em energia elétrica de 22%;	Consumo "on line", não havendo a possibilidade de envasamento do gás a alta pressão;
Alto custo de investimento – Capex e manutenção – Opex;	Gás de baixo poder calorífico;
Geração de energia elétrica apenas local por ciclo Rankine;	Efeito escala para plantas acima de 50 MWth;
Corrosão dos feixes tubulares da caldeira pelo HCL presente no resíduo	Necessidade de contratos de longo prazo de fornecimento de resíduos para utilização da capacidade da Usina;
Altas potências elétricas instaladas nos motores e sopradores devido aos grandes volumes de gases – excesso de oxigênio	Monitoramento e operação por pessoal especializado.
Tecnologia Importada;	
Necessita de grandes quantidades diárias de resíduos;	
Necessidade de contratos de longo prazo de fornecimento de resíduos para utilização da capacidade da Usina;	
Necessidade mínima de 500 ton/dia.	

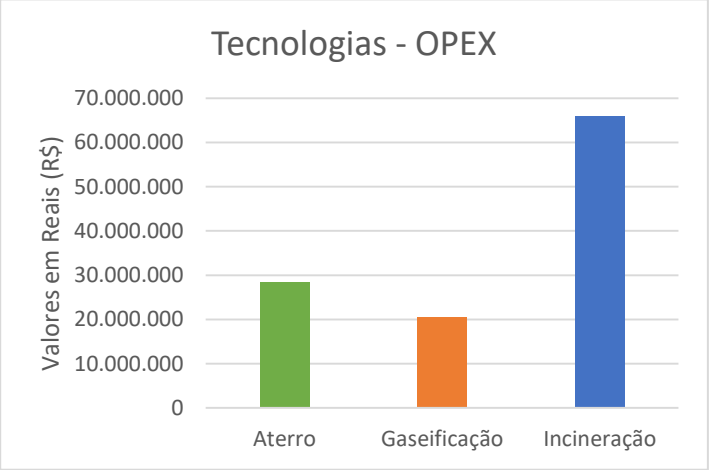
Fonte: Revista Brasileira de Energia, 2008, Carbogas, 2014 *apud* INFIESTA, 2015.

Em estudo, Infiesta (2015) avaliou as tecnologias de tratamento do RSU baseadas em incinerador *mass burn*, biogás de aterro e gaseificação em leito fluidizado circulante. A análise econômico-financeira considerou o atendimento da oferta de 2.000 toneladas diárias de RSU. Os empreendimentos foram avaliados por meio do cálculo de seu fluxo de caixa descontado, segundo taxas de desconto de 12% ao ano, para 20 anos de operação. A conclusão foi que as tecnologias de utilização de biogás em aterro sanitário e gaseificação, apresentam os melhores resultados de VPL (Valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno), para tomada de decisão. O mesmo não acontece com a tecnologia de incineração, onde os resultados apresentados, mostram uma inviabilidade econômica com os valores praticados na venda da energia elétrica (INFIESTA, 2015).

A Figura 28 apresenta os valores de CAPEX e OPEX estimados no estudo, transparecendo que os custos de investimento e operação da incineração são, respectivamente, 3,4 vezes e 3,2 vezes maiores que os da gaseificação.

Figura 28: Comparativo entre as tecnologias de incineração, biogás de aterro e gaseificação em leito fluidizado circulante.





Fonte: INFIESTA, 2015.

CAPÍTULO 6

DEMANDA

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

6. DEMANDA

A estimativa da demanda durante o período de projeto é imprescindível para o dimensionamento e estimativa dos custos da solução proposta.

Para a determinação da demanda do projeto foi necessário a realização de um estudo populacional dos municípios atendidos e a definição de um critério de variação da quantidade de resíduos gerada ao longo do período de projeto de 35 anos.

No estudo foram utilizadas as premissas descritas a seguir.

6.1 Premissas para a estimativa de demanda

A. Variação da população

A projeção populacional é imprescindível para a estimativa das demandas a serem atendidas pela usina. A projeção populacional objetiva avaliar e estimar a população a ser atendida ao longo do horizonte de planejamento.

Com relação aos métodos mais comumente utilizados para a realização de estimativas e estudos populacionais tem-se o Crescimento Aritmético, Crescimento Geométrico, Taxa Decrescente de Crescimento e Curva Logística.

Com este objetivo, foi avaliada a utilização de diferentes métodos para se estimar o crescimento populacional, tendo como base os dados censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) referente aos censos realizados nos anos de 1991, 2000, 2010 e 2022 (Quadro 13).

Quadro 13: Projeção populacional para os municípios contemplados com a usina.

Município / População Censo IBGE	1991	2000	2010	2022
São Lourenço da Serra	-	12.199	13.973	15.984
Juquitiba	19.969	26.459	28.737	27.404
Itapecerica da Serra	93.146	129.685	152.614	158.522
Embu-Guaçu	36.277	56.916	62.769	66.970
TOTAL	149.392	225.259	258.093	268.880

Fonte: IBGE, 2024.

A avaliação foi realizada aplicando-se os métodos de Crescimento Aritmético, Crescimento Geométrico e Taxa Decrescente de Crescimento, através de equações algébricas, considerando os censos dos anos de 2000, 2010 e 2022.

a) Crescimento aritmético (resolução matemática)

Neste caso, considera-se uma taxa de crescimento populacional constante (linear). Assim, a evolução da população será representada graficamente por uma reta. Este modelo apresenta as seguintes equações:

Equação de projeção

$$P_t = P_0 + k_a(t - t_0),$$

onde k_a é dado por:

$$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}.$$

P_0 e P_2 representem os valores da população nos tempos t_0e t_2, respectivamente.

b) Crescimento geométrico (resolução matemática)

Neste modelo, considera-se uma taxa de crescimento dependente da população existente em cada instante com uma evolução da população representada graficamente por uma curva exponencial. Apresenta as seguintes equações:

Equação de projeção:

$$P_t = P_0 \times e^{K_g(t-t_0)}.$$

Coeficiente:

$$K_g = \frac{lnP_2 - lnP_0}{t_2 - t_0}.$$

P_0 e P_2 os valores da população nos tempos t_0 e t_2, respectivamente.

c) Taxa decrescente de crescimento (resolução matemática)

Considera uma taxa de crescimento dependente de uma população de saturação. Na medida em que a cidade cresce, a taxa de crescimento torna-se menor. Apresenta as seguintes equações:

Equação de projeção:

$$P_t = P_0 + (P_s - P_0)(1 - e^{-k_d(t-t_0)})$$

Coeficiente:

$$K_d = \frac{-\ln[(P_s - P_2)/(P_s - P_0))]}{t_2 - t_0}.$$

População de saturação:

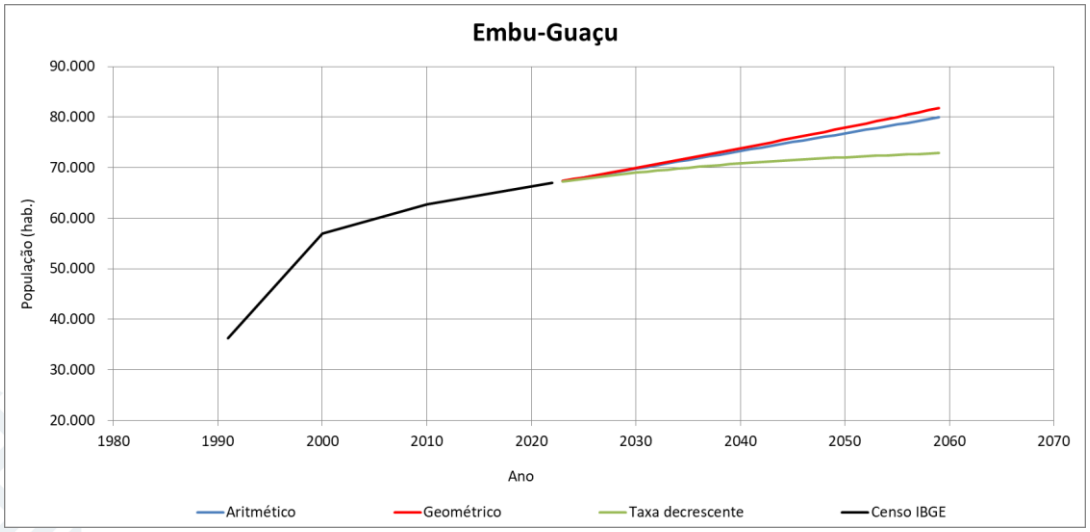
$$P_s = \frac{2P_0P_1P_2 - P_1^2(P_s - P_2)}{P_0P_2 - P_1^2}.$$

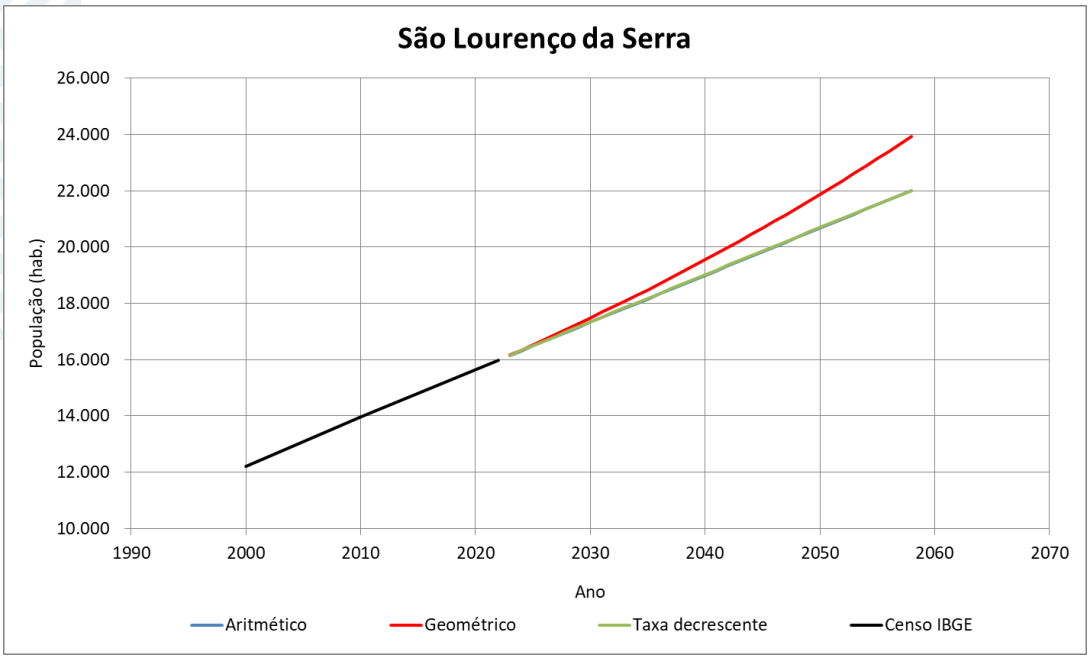
P_0, P_1 e P_2 são os valores de população nos tempos t_0, t_1 e t_2, respectivamente.

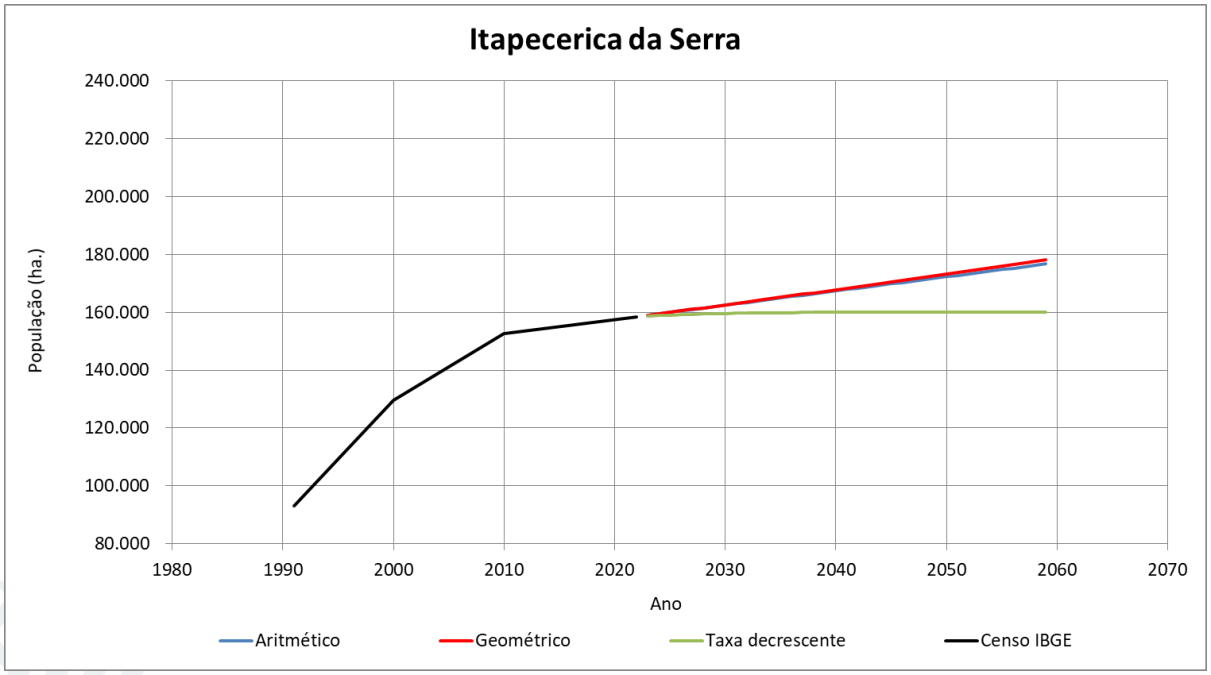
d) Avaliação

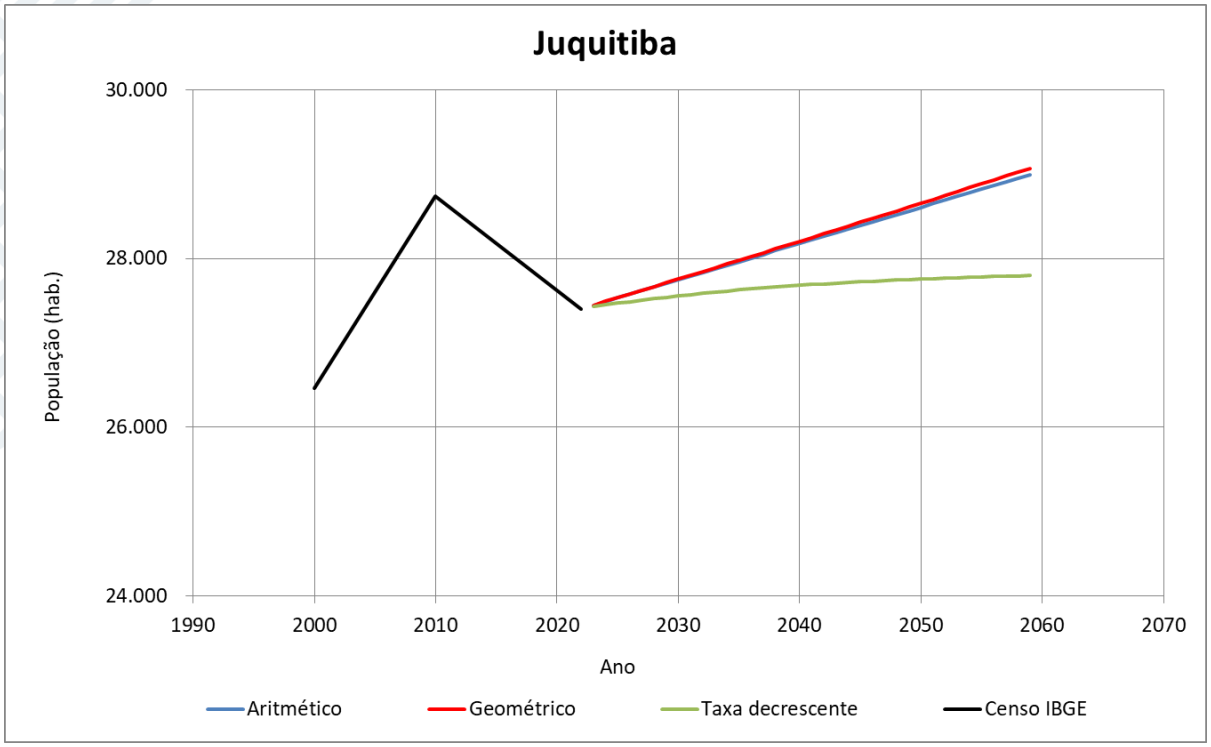
Avaliando as curvas resultantes dos diferentes métodos, constata-se que o método aritmético foi o que apresentou melhor ajuste (Figura 29 e Quadro 14).

Figura 29: Evolução estimada da população nos municípios contemplados com a usina.









Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

Quadro 14: Projeção populacional pelo método aritmético para os municípios contemplados com a usina.

Ano		População (habitantes)				
Projeto	Calendário	Embu-Guaçu (SP)	São Lourenço da S. (SP)	Itapecerica da Serra (SP)	Juquitiba (SP)	Total
1	2025	68.020	16.487	159.999	27.533	**272.039**
2	2026	68.370	16.654	160.491	27.576	**273.092**
3	2027	68.720	16.822	160.984	27.619	**274.145**
4	2028	69.071	16.990	161.476	27.662	**275.198**
5	2029	69.421	17.157	161.968	27.705	**276.251**
6	2030	69.771	17.325	162.461	27.748	**277.304**
7	2031	70.121	17.492	162.953	27.791	**278.357**
8	2032	70.471	17.660	163.445	27.834	**279.410**
9	2033	70.821	17.827	163.938	27.877	**280.463**
10	2034	71.171	17.995	164.430	27.919	**281.515**
11	2035	71.521	18.163	164.922	27.962	**282.568**
12	2036	71.871	18.330	165.415	28.005	**283.621**
13	2037	72.221	18.498	165.907	28.048	**284.674**
14	2038	72.571	18.665	166.399	28.091	**285.727**
15	2039	72.921	18.833	166.892	28.134	**286.780**
16	2040	73.272	19.001	167.384	28.177	**287.833**
17	2041	73.622	19.168	167.876	28.220	**288.886**
18	2042	73.972	19.336	168.369	28.263	**289.939**
19	2043	74.322	19.503	168.861	28.306	**290.992**
20	2044	74.672	19.671	169.353	28.349	**292.045**
21	2045	75.022	19.838	169.846	28.392	**293.098**
22	2046	75.372	20.006	170.338	28.435	**294.151**
23	2047	75.722	20.174	170.830	28.478	**295.204**
24	2048	76.072	20.341	171.323	28.521	**296.257**
25	2049	76.422	20.509	171.815	28.564	**297.310**
26	2050	76.772	20.676	172.307	28.607	**298.363**
27	2051	77.122	20.844	172.800	28.650	**299.416**
28	2052	77.473	21.012	173.292	28.693	**300.469**
29	2053	77.823	21.179	173.784	28.736	**301.522**
30	2054	78.173	21.347	174.277	28.779	**302.575**
31	2055	78.523	21.514	174.769	28.822	**303.628**
32	2056	78.873	21.682	175.261	28.864	**304.680**
33	2057	79.223	21.849	175.754	28.907	**305.733**
34	2058	79.573	22.017	176.246	28.950	**306.786**
35	2059	79.923	22.185	176.738	28.993	**307.839**

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

B. Geração de resíduos

Na fase de conhecimento da situação atual, através da aplicação de questionários e visitas de campo, as prefeituras dos municípios contemplados forneceram informações sobre o controle de resíduos sólidos urbanos destinados a disposição final. Baseado nos dados mais

recentes fornecidos, anos de 2022 e 2023, calculou-se as médias diárias de RSU gerados, sendo apresentadas no Quadro 15.

Quadro 15: Quantidade média de RSU gerados – 2022/2023

Município	Quantidade média de resíduos (t/dia)
São Lourenço da Serra	9,00
Juquitiba	14,56
Itapecerica da Serra	150,92
Embu-Guaçu	50,60
TOTAL	225,08

Fonte: CONISUD, 2024.

Considerando as médias definidas no Quadro 14 e as populações dos municípios de Embu-Guaçu, Itapecerica da Serra, Juquitiba e São Lourenço da Serra divulgas pelo censo do IBGE 2022, calcula-se a geração *percapita* para o primeiro ano de planejamento, conforme Quadro 16.

Quadro 16: Geração per capita de RSU considerada no ano 1 de planejamento.

Município	Quantidade média de resíduos (t/dia)	População censo IBGE 2022 (hab)	Geração *per capita* média (kg/hab.dia)
São Lourenço da Serra	9,00	15.984	0,563
Juquitiba	14,56	27.404	0,531
Itapecerica da Serra	150,92	158.522	0,952
Embu-Guaçu	50,60	66.970	0,756
TOTAL	225,08	268.880	0,837

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

C. Variação da geração per capita

No presente estudo, para atender as diretrizes de não geração e redução estipuladas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, considerou-se a premissa de que se faz necessário reduzir a geração per capita de RSU ao longo dos anos do período de planejamento, através de ações programadas e regulares de educação ambiental. Destarte, foi aplicado um índice redutor anual na geração *per capita* média de 0,30%, a partir do ano 1 de planejamento.

D. Resíduos sólidos reciclados/reutilizados

Para a quantificação da parcela dos resíduos sólidos a serem encaminhados para o tratamento e geração de energia, faz-se necessário estimar a parcela destinada à reciclagem e reutilização. Esta parcela foi definida tendo em vista os estudos de gravimetria existentes para os municípios de Itapecerica da Serra e Juquitiba mencionados na etapa de conhecimento da situação atual.

Os resultados do estudo de gravimetria de Itapecerica da Serra apresentaram-se mais detalhados, e, portanto, os mesmos foram aplicados igualmente aos resíduos dos municípios de Embu-Guaçu e São Lourenço da Serra.

Na estimativa da quantidade de RSU que segue para o tratamento, considerou-se que, para todos os anos, 33% da parcela do resíduo potencialmente reciclável é realmente reciclada e/ou reutilizada, resultando em 5,0% de índice de reciclagem, percentual um pouco acima da média nacional de 4,0% divulgada pela ABREMA (2024). Definiu-se a manutenção do índice durante os anos de concessão, em virtude de já se ter considerado um índice redutor anual na geração *per capita* média. Isto posto, o quantitativo estimado de reciclados/reutilizados foi subtraída do montante que é destinado ao tratamento.

E. Investimentos em Educação Ambiental

A proposta considerada no presente estudo prevê atividades de educação ambiental, financiadas pelo poder público em consonância com os respectivos planos de gerenciamento de resíduos sólidos existentes. Os investimentos têm potencial de resultar em: menor geração de resíduos, maior reutilização de produtos, maior separação de resíduos para a coleta seletiva e diminuição do descarte irregular.

F. Descomissionamento

Será considerado o descomissionamento da área da antiga disposição final em Itapecerica da Serra, como forma de realizar sua recuperação ambiental. O descomissionamento do local consistirá na utilização do material recuperado do local como combustível para o processo de geração de energia a partir do ano 3 de planejamento.

Os inertes removidos serão remanejados da área por pá carregadeira. O volumoso será enviado pelo caminhão caçamba até a planta de recuperação de energia conjuntamente com o resíduo coletado diariamente.

Para seleção dos locais de escavação, será necessário estudo geotécnico a ser realizado por profissionais devidamente capacitados. Em termos de estabilidade pode-se considerar que o maciço já deve ter se acomodado devido sua vida útil e que, supõem-se que praticamente toda a sobrecarga de resíduo já foi depositada. Ou seja, ao ser iniciado o processo de desmonte do aterro, estará ocorrendo um alívio da carga do resíduo ao mesmo tempo que diminui sua altura. Em termos de estabilidade global, tal situação estaria a favor da segurança.

Para garantir a segurança do aterro durante o processo de desmonte, será necessário avaliar o sistema de drenagem pluvial atual e fazer possíveis reparos e/ou ajustes necessários para controle das águas de chuvas.

Durante o processo de desmonte das camadas de resíduo, ao atingir uma camada de solo, essa cota atingida será o novo platô acabado do aterro, provisoriamente, até que seja removida toda a camada deste mesmo nível. Entretanto, ao atingir a camada de solo que será o novo platô acabado do aterro, será necessário prever e ajustar o caimento do novo platô, de forma que a água das chuvas seja direcionada para a drenagem pluvial existente. Será necessário fazer diversos ajustes na drenagem pluvial conforme for avançando o processo de

desmonte do aterro para que seja possível captar e direcionar a água das chuvas para o sistema existente. Provavelmente, a partir de uma determinada cota, será necessário executar novos dispositivos de drenagem pluvial para garantir a segurança do aterro contra eventuais processos erosivos.

Todos os ajustes, bem como os novos dispositivos de drenagem pluvial, terão que ser definidos durante o processo de escavação, dado o ineditismo da operação, inclusive adequando a logística de movimentação de caminhões e equipamentos.

Dado o ineditismo da operação, seria previsto um acompanhamento mensal de empresa geotécnica especializada durante o primeiro ano de desmonte, para avaliação das condições executivas do procedimento tanto na época de estiagem, como na época das chuvas. Em cada vistoria mensal dos procedimentos executivos, será emitido um Relatório Técnico de acompanhamento descrevendo o desempenho da operação, o qual seria compartilhado com o CONISUD.

A estimativa do quantitativo de inertes a serem removidos do antigo local de disposição final (aterro) em Itapecerica da Serra, considerou uma disposição final diária de 150,92 t/dia durante 10 anos de operação, apesar da área apresentar um maior período histórico de operação, de acordo com o PMGIRS de Itapecerica da Serra (2015). Destarte, estimou-se um montante em torno de 550.858 toneladas passíveis de remoção do antigo aterro, em uma operação média de 55 t/dia, resultando na finalização dos inertes considerados do aterro, no ano 30 da concessão, ano a partir do qual ficaria sob a responsabilidade da concessionária a viabilização de novos materiais como combustível, cessando a contraprestação deste serviço pelo CONISUD.

6.2 Projeção de demanda

Os resultados do estudo das demandas para o tratamento dos RSU e geração de energia dos municípios de Embu-Guaçu, Itapecerica da Serra, Juquitiba e São Lourenço da Serra, que fazem parte do CONISUD, são mostrados nos Quadros 17 a 21.

Quadro 17: Projeção de demanda de RSU no município de Itapecerica da Serra – SP

Ano		População (hab)	Geração de Resíduos (kg/hab/dia)	Produção de Resíduos (t/dia)	Produção de Resíduos (t/ano)	Produção Fracionada de Resíduo (t/ano)									Resíduos Sólidos Urbanos após triagem (t/ano)	Reutilização e Reciclagem após triagem (t/ano)	Resíduos Sólidos Urbanos para tratamento (t/dia)
Projeto	Calendário					Plástico (PET + Rígido)	Papel e Papelão	Vidros	Matéria orgânica	Metal	Eletrônicos e Pilhas	Madeira	Têxteis e Couro	Outros			
						10,00%	3,20%	0,70%	62,10%	0,30%	0,20%	0,60%	4,90%	18,00%			
1	2025	159.999	0,952	152,3	55.599	5.560	1.779	389	34.527	167	111	334	2.724	10.008	52.847	2.752	144,8
2	2026	160.491	0,949	152,3	55.603	5.560	1.779	389	34.529	167	111	334	2.725	10.009	52.850	2.752	144,8
3	2027	160.984	0,946	152,3	55.606	5.561	1.779	389	34.531	167	111	334	2.725	10.009	52.854	2.753	144,8
4	2028	161.476	0,944	152,4	55.609	5.561	1.779	389	34.533	167	111	334	2.725	10.010	52.856	2.753	144,8
5	2029	161.968	0,941	152,4	55.611	5.561	1.780	389	34.534	167	111	334	2.725	10.010	52.858	2.753	144,8
6	2030	162.461	0,938	152,4	55.613	5.561	1.780	389	34.535	167	111	334	2.725	10.010	52.860	2.753	144,8
7	2031	162.953	0,935	152,4	55.614	5.561	1.780	389	34.536	167	111	334	2.725	10.011	52.861	2.753	144,8
8	2032	163.445	0,932	152,4	55.615	5.561	1.780	389	34.537	167	111	334	2.725	10.011	52.862	2.753	144,8
9	2033	163.938	0,929	152,4	55.615	5.561	1.780	389	34.537	167	111	334	2.725	10.011	52.862	2.753	144,8
10	2034	164.430	0,927	152,4	55.614	5.561	1.780	389	34.537	167	111	334	2.725	10.011	52.862	2.753	144,8
11	2035	164.922	0,924	152,4	55.614	5.561	1.780	389	34.536	167	111	334	2.725	10.010	52.861	2.753	144,8
12	2036	165.415	0,921	152,4	55.612	5.561	1.780	389	34.535	167	111	334	2.725	10.010	52.859	2.753	144,8
13	2037	165.907	0,918	152,4	55.610	5.561	1.780	389	34.534	167	111	334	2.725	10.010	52.858	2.753	144,8
14	2038	166.399	0,916	152,4	55.608	5.561	1.779	389	34.533	167	111	334	2.725	10.009	52.856	2.753	144,8
15	2039	166.892	0,913	152,3	55.605	5.561	1.779	389	34.531	167	111	334	2.725	10.009	52.853	2.752	144,8
16	2040	167.384	0,910	152,3	55.602	5.560	1.779	389	34.529	167	111	334	2.725	10.008	52.850	2.752	144,8
17	2041	167.876	0,907	152,3	55.598	5.560	1.779	389	34.527	167	111	334	2.724	10.008	52.846	2.752	144,8
18	2042	168.369	0,905	152,3	55.594	5.559	1.779	389	34.524	167	111	334	2.724	10.007	52.842	2.752	144,8
19	2043	168.861	0,902	152,3	55.589	5.559	1.779	389	34.521	167	111	334	2.724	10.006	52.838	2.752	144,8
20	2044	169.353	0,899	152,3	55.584	5.558	1.779	389	34.518	167	111	334	2.724	10.005	52.833	2.751	144,7
21	2045	169.846	0,897	152,3	55.579	5.558	1.779	389	34.514	167	111	333	2.723	10.004	52.827	2.751	144,7
22	2046	170.338	0,894	152,3	55.573	5.557	1.778	389	34.511	167	111	333	2.723	10.003	52.822	2.751	144,7
23	2047	170.830	0,891	152,2	55.566	5.557	1.778	389	34.506	167	111	333	2.723	10.002	52.815	2.751	144,7
24	2048	171.323	0,888	152,2	55.559	5.556	1.778	389	34.502	167	111	333	2.722	10.001	52.809	2.750	144,7
25	2049	171.815	0,886	152,2	55.551	5.555	1.778	389	34.497	167	111	333	2.722	9.999	52.802	2.750	144,7
26	2050	172.307	0,883	152,2	55.543	5.554	1.777	389	34.492	167	111	333	2.722	9.998	52.794	2.749	144,6

27	2051	172.800	0,881	152,2	55.535	5.554	1.777	389	34.487	167	111	333	2.721	9.996	52.786	2.749	144,6
28	2052	173.292	0,878	152,1	55.526	5.553	1.777	389	34.482	167	111	333	2.721	9.995	52.778	2.749	144,6
29	2053	173.784	0,875	152,1	55.517	5.552	1.777	389	34.476	167	111	333	2.720	9.993	52.769	2.748	144,6
30	2054	174.277	0,873	152,1	55.507	5.551	1.776	389	34.470	167	111	333	2.720	9.991	52.760	2.748	144,5
31	2055	174.769	0,870	152,0	55.497	5.550	1.776	388	34.464	166	111	333	2.719	9.989	52.750	2.747	144,5
32	2056	175.261	0,867	152,0	55.486	5.549	1.776	388	34.457	166	111	333	2.719	9.988	52.740	2.747	144,5
33	2057	175.754	0,865	152,0	55.475	5.548	1.775	388	34.450	166	111	333	2.718	9.986	52.729	2.746	144,5
34	2058	176.246	0,862	152,0	55.464	5.546	1.775	388	34.443	166	111	333	2.718	9.983	52.718	2.745	144,4
35	2059	176.738	0,860	151,9	55.452	5.545	1.774	388	34.436	166	111	333	2.717	9.981	52.707	2.745	144,4

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

Quadro 18: Projeção de demanda de RSU no município de Embu-Guaçu – SP

Ano		População (hab)	Geração de Resíduos (kg/hab/dia)	Produção de Resíduos (t/dia)	Produção de Resíduos (t/ano)	Produção Fracionada de Resíduo (t/ano)									Resíduos Sólidos Urbanos após triagem (t/ano)	Reutilização e Reciclagem após triagem (t/ano)	Resíduos Sólidos Urbanos para tratamento (t/dia)
Projeto	Calendário					Plástico (PET + Rígido)	Papel e Papelão	Vidros	Matéria orgânica	Metal	Eletrônicos e Pilhas	Madeira	Têxteis e Couro	Outros			
						10,00%	3,20%	0,70%	62,10%	0,30%	0,20%	0,60%	4,90%	18,00%			
1	2025	68.020	0,756	51,4	18.759	1.876	600	131	11.649	56	38	113	919	3.377	17.830	929	48,8
2	2026	68.370	0,753	51,5	18.799	1.880	602	132	11.674	56	38	113	921	3.384	17.868	931	49,0
3	2027	68.720	0,751	51,6	18.838	1.884	603	132	11.699	57	38	113	923	3.391	17.906	932	49,1
4	2028	69.071	0,749	51,7	18.877	1.888	604	132	11.723	57	38	113	925	3.398	17.943	934	49,2
5	2029	69.421	0,747	51,8	18.916	1.892	605	132	11.747	57	38	113	927	3.405	17.980	936	49,3
6	2030	69.771	0,744	51,9	18.954	1.895	607	133	11.771	57	38	114	929	3.412	18.016	938	49,4
7	2031	70.121	0,742	52,0	18.992	1.899	608	133	11.794	57	38	114	931	3.419	18.052	940	49,5
8	2032	70.471	0,740	52,1	19.030	1.903	609	133	11.818	57	38	114	932	3.425	18.088	942	49,6
9	2033	70.821	0,738	52,2	19.067	1.907	610	133	11.841	57	38	114	934	3.432	18.123	944	49,7
10	2034	71.171	0,735	52,3	19.104	1.910	611	134	11.864	57	38	115	936	3.439	18.158	946	49,7
11	2035	71.521	0,733	52,4	19.140	1.914	612	134	11.886	57	38	115	938	3.445	18.193	947	49,8
12	2036	71.871	0,731	52,5	19.176	1.918	614	134	11.908	58	38	115	940	3.452	18.227	949	49,9
13	2037	72.221	0,729	52,6	19.212	1.921	615	134	11.931	58	38	115	941	3.458	18.261	951	50,0
14	2038	72.571	0,727	52,7	19.247	1.925	616	135	11.952	58	38	115	943	3.464	18.294	953	50,1
15	2039	72.921	0,724	52,8	19.282	1.928	617	135	11.974	58	39	116	945	3.471	18.327	954	50,2
16	2040	73.272	0,722	52,9	19.316	1.932	618	135	11.995	58	39	116	947	3.477	18.360	956	50,3
17	2041	73.622	0,720	53,0	19.350	1.935	619	135	12.017	58	39	116	948	3.483	18.393	958	50,4
18	2042	73.972	0,718	53,1	19.384	1.938	620	136	12.038	58	39	116	950	3.489	18.425	960	50,5
19	2043	74.322	0,716	53,2	19.417	1.942	621	136	12.058	58	39	117	951	3.495	18.456	961	50,6
20	2044	74.672	0,714	53,3	19.450	1.945	622	136	12.079	58	39	117	953	3.501	18.488	963	50,7
21	2045	75.022	0,711	53,4	19.483	1.948	623	136	12.099	58	39	117	955	3.507	18.519	964	50,7
22	2046	75.372	0,709	53,5	19.515	1.952	624	137	12.119	59	39	117	956	3.513	18.549	966	50,8
23	2047	75.722	0,707	53,6	19.547	1.955	626	137	12.139	59	39	117	958	3.518	18.579	968	50,9
24	2048	76.072	0,705	53,6	19.578	1.958	627	137	12.158	59	39	117	959	3.524	18.609	969	51,0
25	2049	76.422	0,703	53,7	19.610	1.961	628	137	12.178	59	39	118	961	3.530	18.639	971	51,1

26	2050	76.772	0,701	53,8	19.640	1.964	628	137	12.197	59	39	118	962	3.535	18.668	972	51,1
27	2051	77.122	0,699	53,9	19.671	1.967	629	138	12.215	59	39	118	964	3.541	18.697	974	51,2
28	2052	77.473	0,697	54,0	19.701	1.970	630	138	12.234	59	39	118	965	3.546	18.725	975	51,3
29	2053	77.823	0,695	54,1	19.730	1.973	631	138	12.253	59	39	118	967	3.551	18.754	977	51,4
30	2054	78.173	0,693	54,1	19.760	1.976	632	138	12.271	59	40	119	968	3.557	18.781	978	51,5
31	2055	78.523	0,690	54,2	19.789	1.979	633	139	12.289	59	40	119	970	3.562	18.809	980	51,5
32	2056	78.873	0,688	54,3	19.817	1.982	634	139	12.306	59	40	119	971	3.567	18.836	981	51,6
33	2057	79.223	0,686	54,4	19.845	1.985	635	139	12.324	60	40	119	972	3.572	18.863	982	51,7
34	2058	79.573	0,684	54,4	19.873	1.987	636	139	12.341	60	40	119	974	3.577	18.890	984	51,8
35	2059	79.923	0,682	54,5	19.901	1.990	637	139	12.358	60	40	119	975	3.582	18.916	985	51,8

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

Quadro 19: Projeção de demanda de RSU no município de Juquitiba – SP

Ano		População (hab)	Geração de Resíduos (kg/hab/dia)	Produção de Resíduos (t/dia)	Produção de Resíduos (t/ano)	Produção Fracionada de Resíduo (t/ano)				Resíduos Sólidos Urbanos após triagem (t/ano)	Reutilização e Reciclagem após triagem (t/ano)	Resíduos Sólidos Urbanos para tratamento (t/dia)
Projeto	Calendário					Papel e Papelão	Plástico	Vidro	Indiferenciados			
						5,57%	3,33%	2,38%	88,72%			
1	2025	27.533	0,531	14,6	5.339	297	178	127	4.737	5.141	199	14,1
2	2026	27.576	0,530	14,6	5.332	297	177	127	4.730	5.133	198	14,1
3	2027	27.619	0,528	14,6	5.324	296	177	127	4.723	5.126	198	14,0
4	2028	27.662	0,527	14,6	5.316	296	177	127	4.717	5.118	198	14,0
5	2029	27.705	0,525	14,5	5.309	296	177	126	4.710	5.111	198	14,0
6	2030	27.748	0,523	14,5	5.301	295	176	126	4.703	5.104	197	14,0
7	2031	27.791	0,522	14,5	5.293	295	176	126	4.696	5.096	197	14,0
8	2032	27.834	0,520	14,5	5.285	294	176	126	4.689	5.089	197	13,9
9	2033	27.877	0,519	14,5	5.278	294	176	126	4.682	5.081	196	13,9
10	2034	27.919	0,517	14,4	5.270	293	175	126	4.675	5.074	196	13,9
11	2035	27.962	0,516	14,4	5.262	293	175	125	4.669	5.066	196	13,9
12	2036	28.005	0,514	14,4	5.254	293	175	125	4.662	5.059	196	13,9
13	2037	28.048	0,512	14,4	5.247	292	175	125	4.655	5.051	195	13,8
14	2038	28.091	0,511	14,4	5.239	292	174	125	4.648	5.044	195	13,8
15	2039	28.134	0,509	14,3	5.231	291	174	125	4.641	5.037	195	13,8
16	2040	28.177	0,508	14,3	5.224	291	174	124	4.634	5.029	194	13,8
17	2041	28.220	0,506	14,3	5.216	290	174	124	4.627	5.022	194	13,8
18	2042	28.263	0,505	14,3	5.208	290	173	124	4.621	5.014	194	13,7
19	2043	28.306	0,503	14,2	5.200	290	173	124	4.614	5.007	194	13,7
20	2044	28.349	0,502	14,2	5.193	289	173	124	4.607	4.999	193	13,7
21	2045	28.392	0,500	14,2	5.185	289	173	124	4.600	4.992	193	13,7
22	2046	28.435	0,499	14,2	5.177	288	172	123	4.593	4.984	193	13,7
23	2047	28.478	0,497	14,2	5.169	288	172	123	4.586	4.977	192	13,6
24	2048	28.521	0,496	14,1	5.162	287	172	123	4.579	4.970	192	13,6

25	2049	28.564	0,494	14,1	5.154	287	172	123	4.573	4.962	192	13,6
26	2050	28.607	0,493	14,1	5.146	287	171	123	4.566	4.955	192	13,6
27	2051	28.650	0,491	14,1	5.138	286	171	122	4.559	4.947	191	13,6
28	2052	28.693	0,490	14,1	5.131	286	171	122	4.552	4.940	191	13,5
29	2053	28.736	0,488	14,0	5.123	285	171	122	4.545	4.932	191	13,5
30	2054	28.779	0,487	14,0	5.115	285	170	122	4.538	4.925	190	13,5
31	2055	28.822	0,486	14,0	5.108	284	170	122	4.531	4.917	190	13,5
32	2056	28.864	0,484	14,0	5.100	284	170	122	4.524	4.910	190	13,5
33	2057	28.907	0,483	14,0	5.092	284	170	121	4.518	4.903	190	13,4
34	2058	28.950	0,481	13,9	5.084	283	169	121	4.511	4.895	189	13,4
35	2059	28.993	0,480	13,9	5.077	283	169	121	4.504	4.888	189	13,4

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

Quadro 20: Projeção de demanda de RSU no município de São Lourenço da Serra – SP.

Ano		População (hab)	Geração de Resíduos (kg/hab/dia)	Produção de Resíduos (t/dia)	Produção de Resíduos (t/ano)	Produção Fracionada de Resíduo (t/ano)									Resíduos Sólidos Urbanos após triagem (t/ano)	Reutilização e Reciclagem após triagem (t/ano)	Resíduos Sólidos Urbanos para tratamento (t/dia)
Projeto	Calendário					Plástico (PET + Rígido)	Papel e Papelão	Vidros	Matéria orgânica	Metal	Eletrônicos e Pilhas	Madeira	Têxteis e Couro	Outros			
						10,00%	3,20%	0,70%	62,10%	0,30%	0,20%	0,60%	4,90%	18,00%			
1	2025	16.487	0,563	9,3	3.388	339	108	24	2.104	10	7	20	166	610	3.221	168	8,8
2	2026	16.654	0,561	9,3	3.412	341	109	24	2.119	10	7	20	167	614	3.244	169	8,9
3	2027	16.822	0,560	9,4	3.436	344	110	24	2.134	10	7	21	168	619	3.266	170	8,9
4	2028	16.990	0,558	9,5	3.460	346	111	24	2.149	10	7	21	170	623	3.289	171	9,0
5	2029	17.157	0,556	9,5	3.484	348	111	24	2.164	10	7	21	171	627	3.312	172	9,1
6	2030	17.325	0,555	9,6	3.507	351	112	25	2.178	11	7	21	172	631	3.334	174	9,1
7	2031	17.492	0,553	9,7	3.531	353	113	25	2.193	11	7	21	173	636	3.356	175	9,2
8	2032	17.660	0,551	9,7	3.554	355	114	25	2.207	11	7	21	174	640	3.378	176	9,3
9	2033	17.827	0,550	9,8	3.577	358	114	25	2.221	11	7	21	175	644	3.400	177	9,3
10	2034	17.995	0,548	9,9	3.600	360	115	25	2.235	11	7	22	176	648	3.421	178	9,4
11	2035	18.163	0,546	9,9	3.622	362	116	25	2.249	11	7	22	177	652	3.443	179	9,4
12	2036	18.330	0,545	10,0	3.645	364	117	26	2.263	11	7	22	179	656	3.464	180	9,5
13	2037	18.498	0,543	10,0	3.667	367	117	26	2.277	11	7	22	180	660	3.485	182	9,5
14	2038	18.665	0,541	10,1	3.689	369	118	26	2.291	11	7	22	181	664	3.507	183	9,6
15	2039	18.833	0,540	10,2	3.711	371	119	26	2.305	11	7	22	182	668	3.527	184	9,7
16	2040	19.001	0,538	10,2	3.733	373	119	26	2.318	11	7	22	183	672	3.548	185	9,7
17	2041	19.168	0,537	10,3	3.754	375	120	26	2.332	11	8	23	184	676	3.569	186	9,8
18	2042	19.336	0,535	10,3	3.776	378	121	26	2.345	11	8	23	185	680	3.589	187	9,8
19	2043	19.503	0,533	10,4	3.797	380	122	27	2.358	11	8	23	186	684	3.609	188	9,9
20	2044	19.671	0,532	10,5	3.818	382	122	27	2.371	11	8	23	187	687	3.629	189	9,9
21	2045	19.838	0,530	10,5	3.839	384	123	27	2.384	12	8	23	188	691	3.649	190	10,0
22	2046	20.006	0,529	10,6	3.860	386	124	27	2.397	12	8	23	189	695	3.669	191	10,1
23	2047	20.174	0,527	10,6	3.881	388	124	27	2.410	12	8	23	190	699	3.689	192	10,1
24	2048	20.341	0,525	10,7	3.901	390	125	27	2.423	12	8	23	191	702	3.708	193	10,2
25	2049	20.509	0,524	10,7	3.922	392	125	27	2.435	12	8	24	192	706	3.728	194	10,2
26	2050	20.676	0,522	10,8	3.942	394	126	28	2.448	12	8	24	193	710	3.747	195	10,3

27	2051	20.844	0,521	10,9	3.962	396	127	28	2.460	12	8	24	194	713	3.766	196	10,3
28	2052	21.012	0,519	10,9	3.982	398	127	28	2.473	12	8	24	195	717	3.785	197	10,4
29	2053	21.179	0,518	11,0	4.001	400	128	28	2.485	12	8	24	196	720	3.803	198	10,4
30	2054	21.347	0,516	11,0	4.021	402	129	28	2.497	12	8	24	197	724	3.822	199	10,5
31	2055	21.514	0,515	11,1	4.040	404	129	28	2.509	12	8	24	198	727	3.840	200	10,5
32	2056	21.682	0,513	11,1	4.060	406	130	28	2.521	12	8	24	199	731	3.859	201	10,6
33	2057	21.849	0,511	11,2	4.079	408	131	29	2.533	12	8	24	200	734	3.877	202	10,6
34	2058	22.017	0,510	11,2	4.098	410	131	29	2.545	12	8	25	201	738	3.895	203	10,7
35	2059	22.185	0,508	11,3	4.117	412	132	29	2.556	12	8	25	202	741	3.913	204	10,7

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

Quadro 21: Projeção de demanda de RSU para os municípios do CONISUD (Itapecerica da Serra, Embu-Guaçu, Juquitiba e São Lourenço da Serra – SP).

Ano		População (hab)					Geração de Resíduos (kg/hab/dia)	Produção de Resíduos (t/dia)	Produção de Resíduos (t/ano)	Resíduos Sólidos Urbanos após triagem (t/ano)	Reutilização e Reciclagem após triagem (t/ano)	Resíduos Sólidos Urbanos para tratamento (t/dia)	Resíduos Sólidos Urbanos para tratamento + Material do descomissionamento (t/dia)
Projeto	Calendário	Embu-Guaçu (SP)	São Lourenço da Serra (SP)	Itapecerica da Serra (SP)	Juquitiba (SP)	Total							
1	2025	68.020	16.487	159.999	27.533	272.039	0,837	227,6	83.085	79.038	4.047	216,5	216,5
2	2026	68.370	16.654	160.491	27.576	273.092	0,834	227,8	83.146	79.095	4.050	216,7	216,7
3	2027	68.720	16.822	160.984	27.619	274.145	0,832	228,0	83.205	79.151	4.053	216,9	271,9
4	2028	69.071	16.990	161.476	27.662	275.198	0,829	228,1	83.263	79.207	4.056	217,0	272,0
5	2029	69.421	17.157	161.968	27.705	276.251	0,826	228,3	83.320	79.260	4.059	217,2	272,2
6	2030	69.771	17.325	162.461	27.748	277.304	0,824	228,4	83.375	79.313	4.062	217,3	272,3
7	2031	70.121	17.492	162.953	27.791	278.357	0,821	228,6	83.430	79.365	4.065	217,4	272,4
8	2032	70.471	17.660	163.445	27.834	279.410	0,819	228,7	83.484	79.416	4.068	217,6	272,6
9	2033	70.821	17.827	163.938	27.877	280.463	0,816	228,9	83.536	79.466	4.070	217,7	272,7
10	2034	71.171	17.995	164.430	27.919	281.515	0,813	229,0	83.588	79.515	4.073	217,8	272,8
11	2035	71.521	18.163	164.922	27.962	282.568	0,811	229,1	83.638	79.563	4.075	218,0	273,0
12	2036	71.871	18.330	165.415	28.005	283.621	0,808	229,3	83.688	79.610	4.078	218,1	273,1
13	2037	72.221	18.498	165.907	28.048	284.674	0,806	229,4	83.736	79.656	4.081	218,2	273,2
14	2038	72.571	18.665	166.399	28.091	285.727	0,803	229,5	83.783	79.700	4.083	218,4	273,4
15	2039	72.921	18.833	166.892	28.134	286.780	0,801	229,7	83.830	79.744	4.085	218,5	273,5
16	2040	73.272	19.001	167.384	28.177	287.833	0,798	229,8	83.875	79.787	4.088	218,6	273,6
17	2041	73.622	19.168	167.876	28.220	288.886	0,796	229,9	83.919	79.829	4.090	218,7	273,7
18	2042	73.972	19.336	168.369	28.263	289.939	0,793	230,0	83.962	79.870	4.092	218,8	273,8
19	2043	74.322	19.503	168.861	28.306	290.992	0,791	230,1	84.004	79.910	4.094	218,9	273,9
20	2044	74.672	19.671	169.353	28.349	292.045	0,788	230,3	84.046	79.949	4.096	219,0	274,0
21	2045	75.022	19.838	169.846	28.392	293.098	0,786	230,4	84.086	79.987	4.099	219,1	274,1
22	2046	75.372	20.006	170.338	28.435	294.151	0,784	230,5	84.125	80.024	4.101	219,2	274,2
23	2047	75.722	20.174	170.830	28.478	295.204	0,781	230,6	84.163	80.061	4.103	219,3	274,3

24	2048	76.072	20.341	171.323	28.521	296.257	0,779	230,7	84.200	80.096	4.105	219,4	274,4
25	2049	76.422	20.509	171.815	28.564	297.310	0,776	230,8	84.237	80.130	4.106	219,5	274,5
26	2050	76.772	20.676	172.307	28.607	298.363	0,774	230,9	84.272	80.164	4.108	219,6	274,6
27	2051	77.122	20.844	172.800	28.650	299.416	0,771	231,0	84.306	80.196	4.110	219,7	274,7
28	2052	77.473	21.012	173.292	28.693	300.469	0,769	231,1	84.339	80.228	4.112	219,8	274,8
29	2053	77.823	21.179	173.784	28.736	301.522	0,767	231,2	84.372	80.258	4.113	219,9	274,9
30	2054	78.173	21.347	174.277	28.779	302.575	0,764	231,2	84.403	80.288	4.115	220,0	244,2
31	2055	78.523	21.514	174.769	28.822	303.628	0,762	231,3	84.433	80.317	4.117	220,0	220,0
32	2056	78.873	21.682	175.261	28.864	304.680	0,760	231,4	84.463	80.345	4.118	220,1	220,1
33	2057	79.223	21.849	175.754	28.907	305.733	0,757	231,5	84.492	80.372	4.120	220,2	220,2
34	2058	79.573	22.017	176.246	28.950	306.786	0,755	231,6	84.519	80.398	4.121	220,3	220,3
35	2059	79.923	22.185	176.738	28.993	307.839	0,752	231,6	84.546	80.423	4.123	220,3	220,3

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

CAPÍTULO 7

SOLUÇÃO ADOTADA

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

7. SOLUÇÃO ADOTADA

Com base nas informações levantadas na fase de conhecimento da situação atual, nos resultados provenientes da projeção de demanda do serviço de tratamento e recuperação energética, em considerações presentes em estudos da área e na expertise técnica, a proposição é pela adoção de uma unidade de recuperação de resíduo que utilize o processo de gaseificação, em virtude de uma maior possibilidade de gerar vantagens relacionadas a um menor custo e uma maior mitigação de impactos ambientais, referentes a emissões atmosféricas e a resíduos remanescentes.

Entretanto, independentemente deste estudo ser baseado na tecnologia de gaseificação para avaliação da viabilidade da solução, não há restrição quanto a adoção de tecnologia distinta, com capacidade de apresentar resultados e viabilidade compatíveis para o empreendimento.

7.1 Unidade de tratamento de RSU e recuperação energética

O processo de tratamento e geração de energia consiste em várias etapas: recepção, processamento, trituração, separação magnética de metais, prensagem, redução de umidade, enfardamento e acondicionamento para destinação térmica por gaseificação em leito fluidizado circulante, culminando na geração de energia elétrica por meio de uma caldeira e turbina a vapor.

Os resíduos sólidos recebidos na usina são monitorados quanto à origem, quantidade e natureza, utilizando um sistema de rastreabilidade. A pesagem em balança permite determinar a quantidade, em massa, de resíduo consumido na usina através da diferença entre o peso bruto na chegada e a tara na saída do veículo, facilitando o controle de rendimento global da planta.

Para uma melhor compreensão, a planta é dividida em quatro blocos integrados e interdependentes:

a) **Unidade de Recepção e Produção de CDR (Combustível Derivado de Resíduos):** Composta por equipamentos que trituram, desumidificam e selecionam mecanicamente o material recebido, com ou sem auxílio de mão de obra humana. Este processo produz um combustível homogêneo e específico para o reator, podendo utilizar a própria energia gerada pela usina.

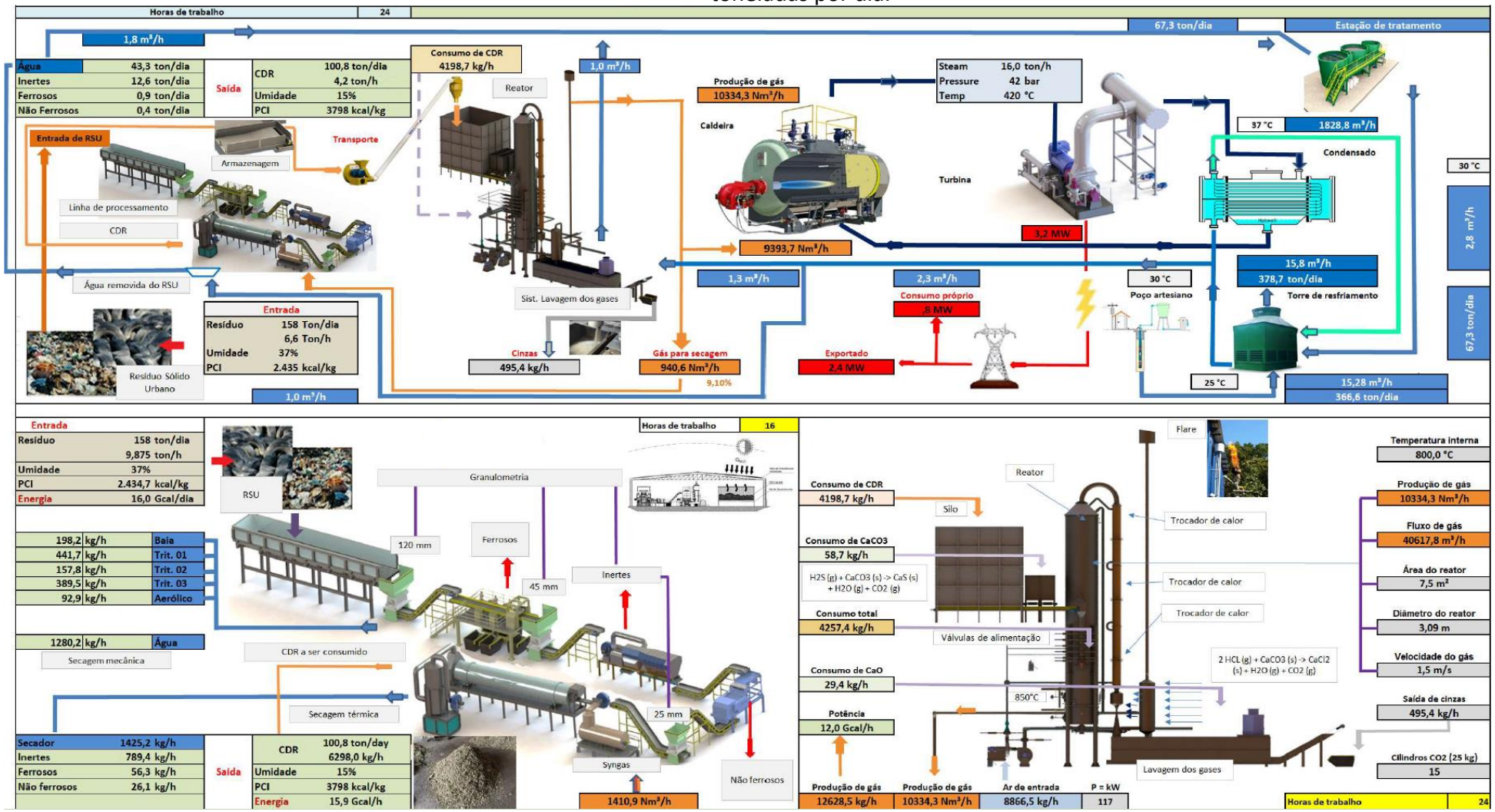
b) **Unidade de Gaseificação:** Destinada a converter a energia contida no CDR em gás combustível de múltiplas aplicações. Nesta unidade, a massa de vapor a partir dos gases de combustão do SYNGAS (gás de síntese) alcança 420 ºC a uma pressão de 40 kgf/cm²(g).

c) **Lavador de Gases:** O sistema de bombeamento para os bicos ejetores e pulverizadores opera em circuito fechado. O lavador de gases funciona de forma contínua e o efluente gerado é encaminhado para a estação de tratamento.

d) **Unidade de Geração de Energia Elétrica:** Utiliza o gás produzido no processo. O gás gerado pode ser empregado no ciclo Otto ou no ciclo Rankine. No ciclo Otto o gás é utilizado diretamente em motogeradores, onde a explosão interna aciona geradores acoplados. Este ciclo apresenta uma eficiência de 35%, mas sua viabilidade econômica é limitada a 2 MWe. Por sua vez, no ciclo Rankine O gás é utilizado em combustores do tipo caldeiras aquatubular e turbo-geradores, acionados pelo vapor gerado no processo. Este ciclo, com rendimento de 30%, é mais viável economicamente para a geração de potências superiores a 2 MWe devido ao ganho de escala e menor investimento em R$/MW instalado.

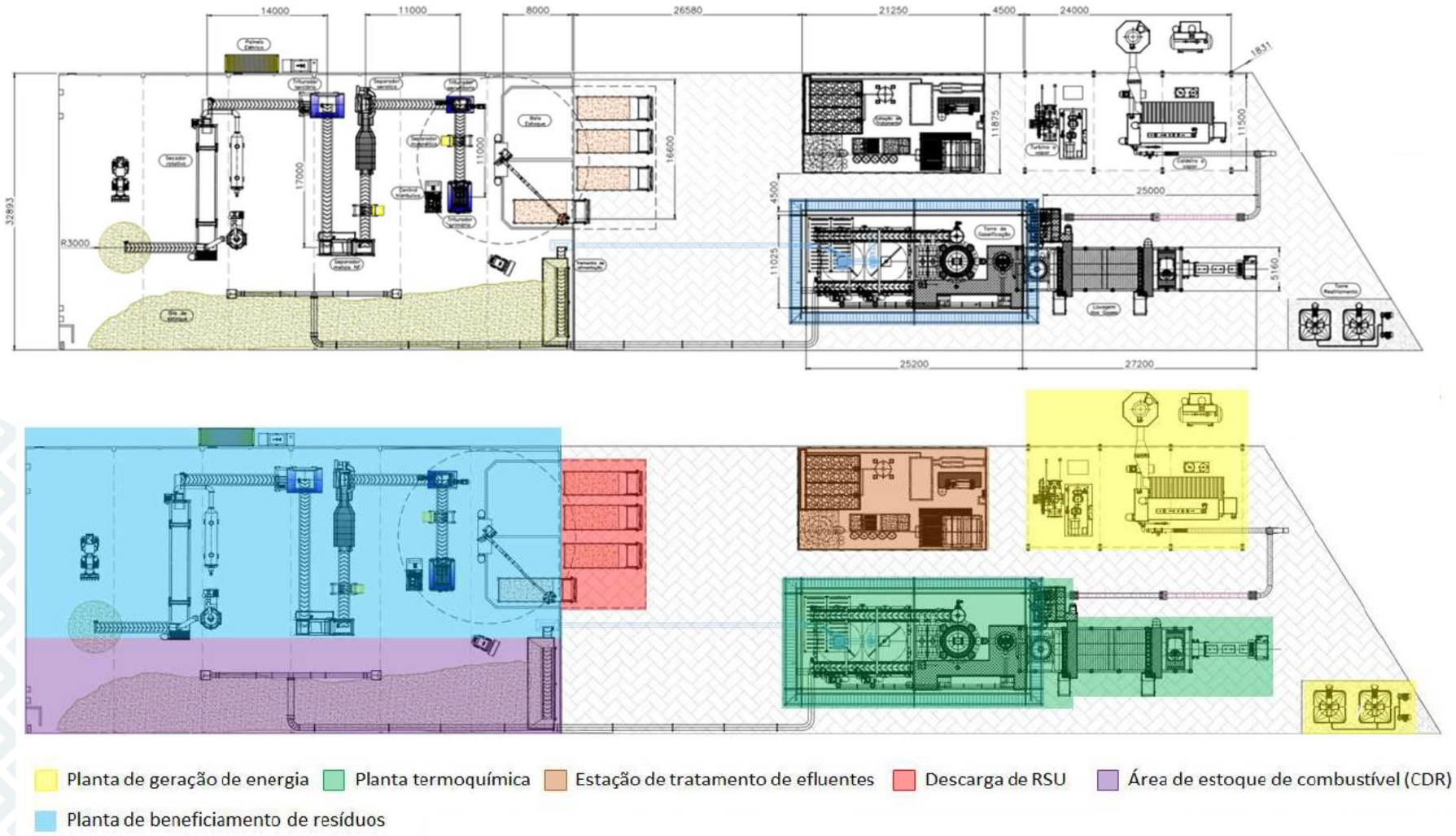
As Figuras 30 a 32 apresentam representações esquemáticas e desenhos técnicos padrões do processo.

Figura 30: Representação esquemática padrão de usina de tratamento de RSU e unidade de recuperação enérgica com capacidade de 158 toneladas por dia.



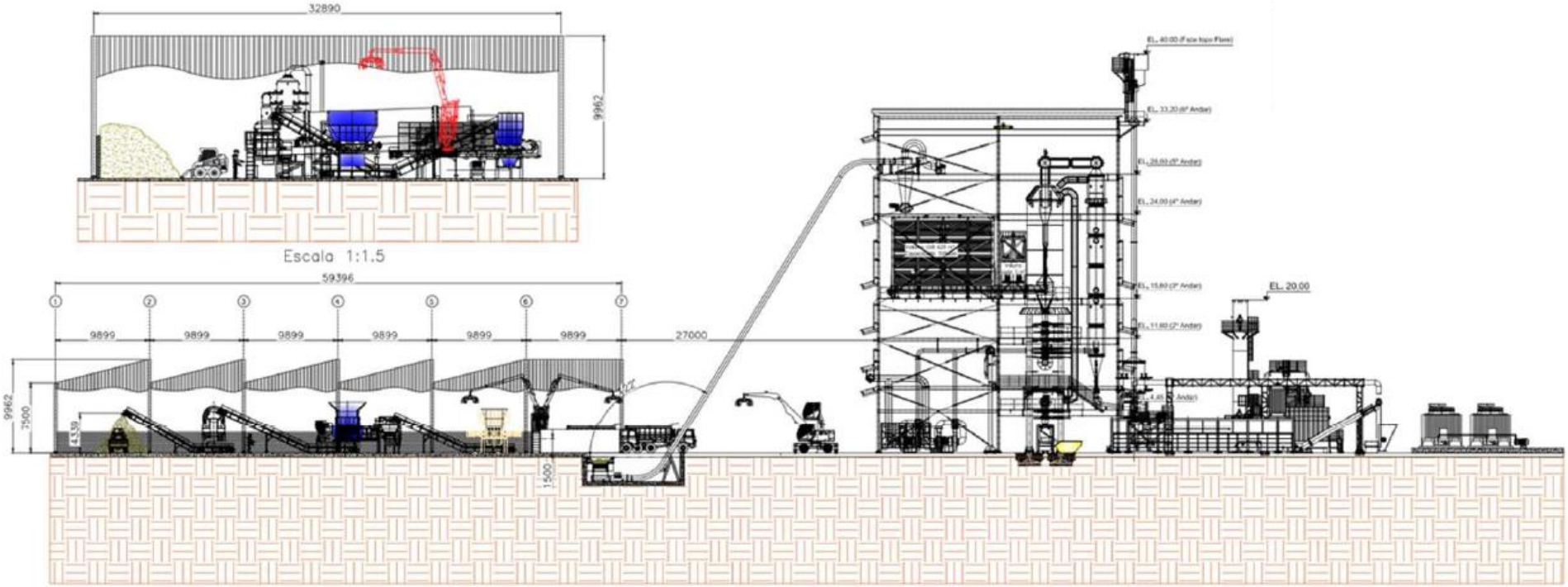
Fonte: Carbogas, 2023.

Figura 31: Planta baixa - Layout padrão para planta de usina de tratamento de RSU e unidade de recuperação enérgica de 158 ton/dia.



Fonte: CARGOGÁS, 2023.

Figura 32: Corte Longitudinal - Layout padrão para planta de usina de tratamento de RSU e unidade de recuperação enérgica de 158 ton/dia.



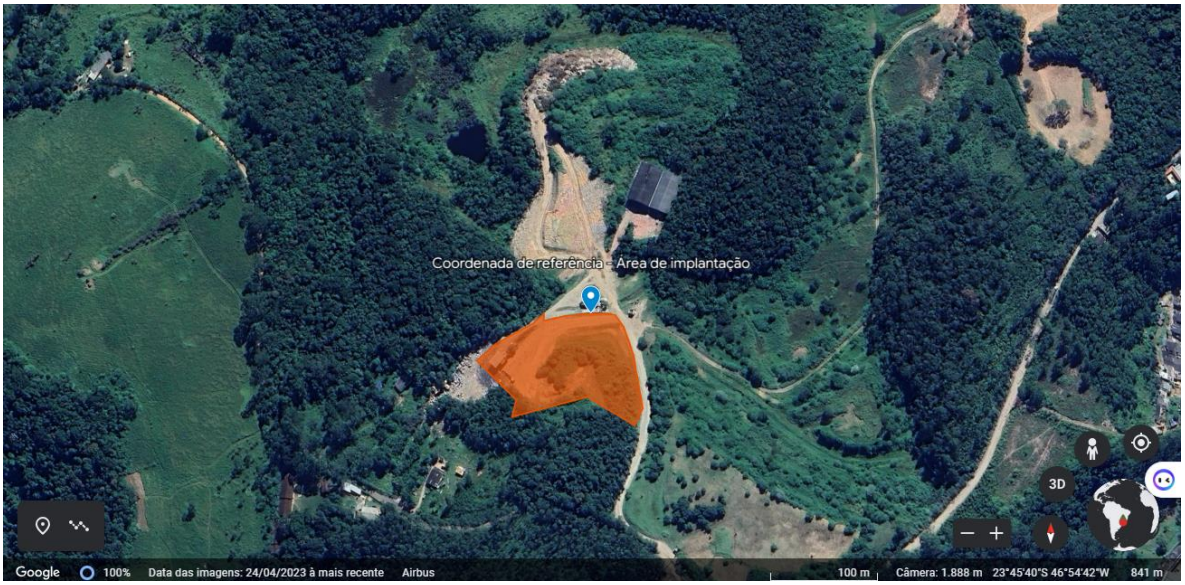
Fonte: CARBOGÁS, 2023.

7.2 Localização da usina de tratamento e geração de energia

A localização da usina, indicada pelo CONISUD, foi proposta na área da antiga disposição final em Itapecerica da Serra-SP, conforme visualizada na Figura 33.

A planta da usina deverá ser alocada na área proposta, segundo indicação do consórcio, e estima-se uma área total de abrangência de 20.000 m^2, ponderando o índice de impermeabilização e determinada margem de segurança, avaliando que a planta é passível de alterações, posteriormente a definição da tecnologia a ser empregada (Figura 34 e Anexo I).

Figura 33: Proposta de localização da usina: coordenada de referência (-23.76129, -46.91267)



Fonte: Google Earth adaptado por MS Engenharia, 2023.

Figura 34: Proposta de planta para a usina totalizando 20.000,00 m²

Cálculo de índices – LE 12.233/06

O índice mais restritivo é a impermeabilização que exige 20% (0,2) do imóvel sem ocupação.

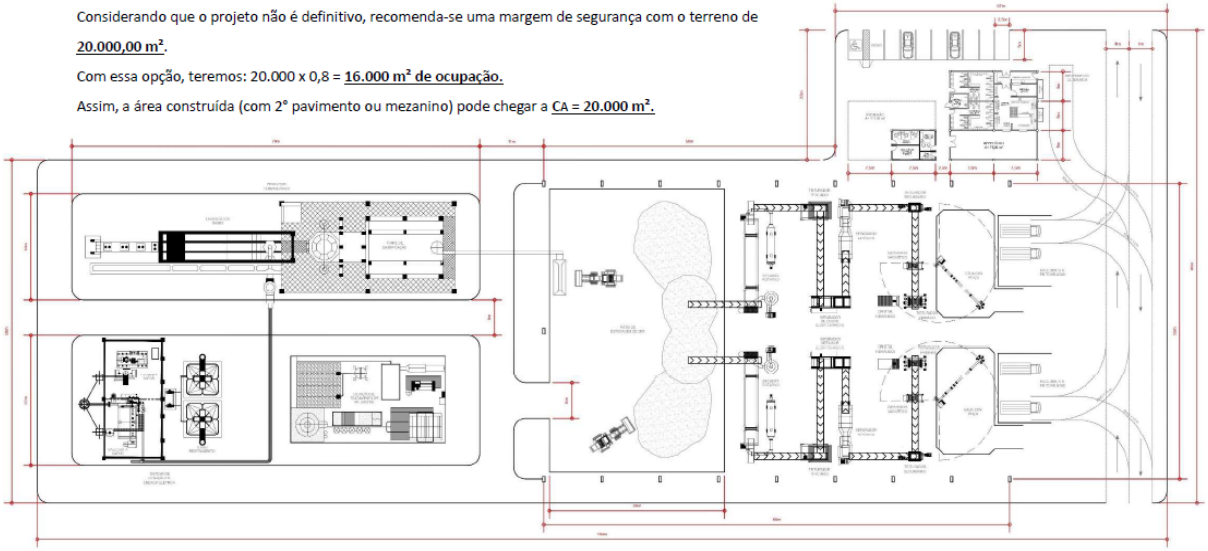
Considerando no projeto abaixo é térreo, e o polígono do terreno abrangido como **totalmente impermeável**:

At = 7946+4560/0,8 = 12506/0,8 = **15.632,50 m²**

Considerando que o projeto não é definitivo, recomenda-se uma margem de segurança com o terreno de **20.000,00 m²**.

Com essa opção, teremos: 20.000 x 0,8 = **16.000 m² de ocupação.**

Assim, a área construída (com 2° pavimento ou mezanino) pode chegar a **CA = 20.000 m².**



Fonte: CONISUD/MS ENGENHARIA, 2024.

CAPÍTULO 8

INVESTIMENTOS ESTIMADOS

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

8. INVESTIMENTOS ESTIMADOS

Neste capítulo, os investimentos estimados, denominado como CAPEX (Capital Expenditure), que se refere ao termo em inglês para despesas de capital, será tratado. Neste contexto, CAPEX refere-se ao investimento em bens de capital, ou seja, aos gastos feitos por uma empresa para adquirir, melhorar ou manter ativos físicos, como propriedades, edifícios, instalações e equipamentos. Esses investimentos são essenciais para a produção de bens e serviços e são normalmente feitos para aumentar a capacidade produtiva, melhorar a eficiência ou prolongar a vida útil dos ativos da empresa. No contexto de uma usina de tratamento e geração de energia, CAPEX inclui gastos com elaboração de projetos, concessão de licenças, obras civis, equipamentos de gaseificação e geração de energia, entre outros.

Considerando as estimativas de recepção dos resíduos sólidos urbanos, sua evolução no tempo e o material originado do descomissionamento, estima-se que a capacidade necessária para a usina de tratamento e geração de energia seria na ordem de 275,0 toneladas por dia.

Destarte, a estrutura adotada no estudo terá capacidade para atender até 300 toneladas por dia, admitindo a recepção de todo resíduo sólido urbano coletado nos municípios contemplados, o material retirado da antiga disposição final em Itapecerica da Serra e outros futuros potenciais geradores privados que possam surgir durante o período de planejamento.

Foram consideradas todas as instalações necessárias à recepção, tratamento e geração de energia para o volume esperado. A estrutura é constituída de:

- Unidade de recepção e produção de CDR – Combustível Derivado de Resíduos;
- Unidade de gaseificação;
- Sistema de lavagem dos gases;
- Unidade de geração de energia elétrica.

Com o objetivo de se estimar o valor de investimento necessário para a implantação da usina, no estudo, realizou-se consultas e pesquisas sobre empreendimentos similares existentes no setor, avaliando-se o custo unitário por capacidade da usina, ou seja, por tonelada dia tratada. A avaliação substancia a pertinência da adoção de um valor unitário de referência de 612.430 R$/t.dia, considerando a data base de 05/2024.

Destarte, para uma URE com capacidade de 300 t/dia, estima-se um investimento que totaliza R$ **146.470.565,** referente a elaboração de projetos, concessão de licenças, obras civis, linha de CDR, gaseificação, geração, conexão com a energia e transporte, conforme Quadro 22.

Os investimentos estão programados para ocorrerem em até 12 meses do início do contrato, distribuídos em R$ 37.317.125,00 no ano 1, referente a projetos, obras civis e a linha de CDR, e R$ 109.153.440,00 no ano 2, referente a reator, geração, conexão com a energia e transporte.

Quadro 22: Estimativa de investimentos (Data base 05/2024).

Item	Total (R$)
Projetos e Licenças	5.283.100,00
Civil	2.575.000,00
Linha de CDR	29.459.025,00
Gaseificação (reator)	62.019.000,00
Geração	28.253.100,00
Conexão energia	17.227.500,00
Transporte	1.653.840,00
Total	**146.470.565,00**

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

CAPÍTULO 9

OPERAÇÃO, CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO (OPEX)

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

9. OPERAÇÃO, CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO (OPEX)

Os custos operacionais englobam as despesas de manutenção e operação da Usina de Tratamento e Geração de Energia e as despesas administrativas de gestão pela Concessionária, classificadas em operação e manutenção da linha de processamento do CDR, da planta do reator, da planta de geração elétrica por processo de gaseificação, da estação de tratamento de efluentes (ETE), do equipamento de coleta e separação do RSU do aterro existente (minerador), dos veículos, infraestrutura, sistemas, rede elétrica, administração, supervisão e vendas.

Os custos foram estimados baseados em valores unitários médios, adotados tendo como base estudos de viabilidade e documentos técnicos abordando tecnologia similar. Os valores utilizados são especificados no Quadro 23 por tonelada dia tratada.

Quadro 23: Valor unitário das despesas operacionais por ano por tonelada dia tratada (R$/t.dia) (Data base 05/2024).

Tipo de Despesa	Custo unitário anual (R$/t.dia)
Operação e Manutenção da linha de processamento do CDR de capacidade de 6,25 T/Hora	**6.442,41**
Operação e Manutenção da Planta Termoquímica	**7.279,38**
Operação e Manutenção da Planta de geração elétrica por processo de gaseificação	**3.691,46**
Operação e Manutenção da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)	**554,18**
Operação e Manutenção do Equipamento de coleta e separação do RSU do aterro existente (minerador)	**1.176,00**
Operação e Manutenção dos Veículos	**2.135,45**
Operação e Manutenção de Infraestrutura, Sistemas e Rede Elétrica	**3.064,32**
Serviços Gerais, Administração, Supervisão, Vendas	**4.368,00**

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

Os custos operacionais projetados, baseados no quantitativo de resíduos que serão recebidos na unidade de tratamento e nos valores unitários médios considerados, são apresentados no Quadro 24, totalizando um custo de **R$ 249.354.595** durante os 35 anos da concessão. Observe que a implantação da Usina de Tratamento e Geração de Energia será finalizada no ano 2 e iniciará a operação no ano 3.

Quadro 24: Projeção dos custos operacionais da usina de tratamento e recuperação energética. Observe que a implantação da Usina de Tratamento e Geração de Energia será finalizada no ano 2 e iniciará a operação no ano 3.

Ano		Resíduos Sólidos Urbanos para tratamento + Material do descomissionamento (t/dia)	Despesas operacionais (R$/ano)								
Projeto	Calendário		Operação e Manutenção da linha de processamento do CDR	Operação e Manutenção da Planta do reator	Operação e Manutenção da Planta de geração elétrica por processo de gaseificação	Operação e Manutenção da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)	Operação e Manutenção do Equipamento de coleta e separação do RSU do aterro existente (minerador)	Operação e Manutenção dos Veículos	Operação e Manutenção de Infraestrutura, Sistemas e Rede Elétrica	Serviços Gerais, Administração, Supervisão, Vendas	Total
1	2025	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2026	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	2027	271,9	1.751.390	1.978.925	1.003.537	150.655	319.700	580.529	833.046	1.187.455	7.805.236
4	2028	272,0	1.752.362	1.980.022	1.004.093	150.738	319.877	580.851	833.508	1.188.114	7.809.565
5	2029	272,2	1.753.315	1.981.099	1.004.639	150.820	320.051	581.167	833.961	1.188.760	7.813.812
6	2030	272,3	1.754.249	1.982.155	1.005.175	150.901	320.221	581.476	834.406	1.189.394	7.817.978
7	2031	272,4	1.755.166	1.983.191	1.005.700	150.979	320.389	581.780	834.842	1.190.015	7.822.062
8	2032	272,6	1.756.064	1.984.206	1.006.215	151.057	320.553	582.078	835.269	1.190.624	7.826.066
9	2033	272,7	1.756.945	1.985.201	1.006.719	151.132	320.713	582.370	835.688	1.191.221	7.829.990
10	2034	272,8	1.757.807	1.986.176	1.007.214	151.207	320.871	582.656	836.098	1.191.806	7.833.834
11	2035	273,0	1.758.652	1.987.130	1.007.698	151.279	321.025	582.936	836.500	1.192.379	7.837.598
12	2036	273,1	1.759.479	1.988.064	1.008.172	151.350	321.176	583.210	836.893	1.192.940	7.841.284
13	2037	273,2	1.760.288	1.988.979	1.008.635	151.420	321.324	583.478	837.278	1.193.488	7.844.891
14	2038	273,4	1.761.080	1.989.874	1.009.089	151.488	321.468	583.741	837.655	1.194.025	7.848.420
15	2039	273,5	1.761.855	1.990.749	1.009.533	151.555	321.610	583.997	838.023	1.194.550	7.851.872
16	2040	273,6	1.762.612	1.991.605	1.009.967	151.620	321.748	584.248	838.383	1.195.064	7.855.247
17	2041	273,7	1.763.352	1.992.441	1.010.391	151.684	321.883	584.494	838.735	1.195.566	7.858.544
18	2042	273,8	1.764.075	1.993.257	1.010.805	151.746	322.015	584.733	839.079	1.196.056	7.861.766
19	2043	273,9	1.764.781	1.994.055	1.011.210	151.806	322.144	584.967	839.415	1.196.534	7.864.912
20	2044	274,0	1.765.470	1.994.833	1.011.604	151.866	322.270	585.196	839.742	1.197.001	7.867.982

21	2045	274,1	1.766.142	1.995.593	1.011.989	151.924	322.392	585.418	840.062	1.197.457	7.870.977
22	2046	274,2	1.766.797	1.996.333	1.012.365	151.980	322.512	585.636	840.374	1.197.901	7.873.898
23	2047	274,3	1.767.436	1.997.055	1.012.731	152.035	322.629	585.847	840.678	1.198.334	7.876.745
24	2048	274,4	1.768.058	1.997.758	1.013.087	152.088	322.742	586.054	840.974	1.198.756	7.879.517
25	2049	274,5	1.768.664	1.998.443	1.013.434	152.140	322.853	586.254	841.262	1.199.167	7.882.217
26	2050	274,6	1.769.253	1.999.109	1.013.772	152.191	322.960	586.450	841.542	1.199.567	7.884.844
27	2051	274,7	1.769.826	1.999.756	1.014.101	152.240	323.065	586.640	841.815	1.199.955	7.887.398
28	2052	274,8	1.770.383	2.000.385	1.014.420	152.288	323.167	586.824	842.080	1.200.333	7.889.880
29	2053	274,9	1.770.924	2.000.997	1.014.730	152.335	323.265	587.004	842.337	1.200.700	7.892.290
30	2054	244,2	1.573.023	1.777.385	901.333	135.311	287.140	521.406	748.205	1.066.521	7.010.324
31	2055	220,0	1.417.625	1.601.799	812.292	121.944	-	469.897	674.291	961.160	6.059.008
32	2056	220,1	1.418.119	1.602.356	812.574	121.987	-	470.060	674.526	961.495	6.061.116
33	2057	220,2	1.418.596	1.602.895	812.848	122.028	-	470.218	674.753	961.819	6.063.156
34	2058	220,3	1.419.058	1.603.417	813.112	122.067	-	470.371	674.972	962.132	6.065.130
35	2059	220,3	1.419.504	1.603.921	813.368	122.106	-	470.519	675.185	962.434	6.067.038

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

CAPÍTULO 10

CÁLCULO DA RECEITA PELA CONTRAPRESTAÇÃO PARA TRATAMENTO DE RSU

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

10. CÁLCULO DA RECEITA PELA CONTRAPRESTAÇÃO PARA TRATAMENTO DE RSU

10.1 Contraprestação do tratamento

A receita referente a CONTRAPRESTAÇÃO paga pelo consórcio para destinação dos RSU na usina de tratamento, dos municípios de Itapecerica da Serra, Embu-Guaçu, Juquitiba e São Lourenço da Serra – SP, será estimada baseada no valor unitário de R$ 179,3 por tonelada encaminhada, a ser pago pelo Poder Concedente, tendo como referência pesquisa realizada com as empresas Monte Azul, de Araçatuba, Multilixo, da capital São Paulo, e da CGR, no município de Guatapará (RHS Licitações, 2024) (Quadro 25).

Quadro 25: Projeção de receitas estimadas de contraprestação do tratamento.

Ano		Produção de Resíduos (t/dia)	Resíduos para tratamento (t/ano)	Contraprestação (R$/t)	Receita Anual (R$)
Projeto	Calendário				
1	2025	-	-	-	-
2	2026	-	-	-	-
3	2027	216,9	79.151	179,3	14.191.858
4	2028	217,0	79.207	179,3	14.201.726
5	2029	217,2	79.260	179,3	14.211.407
6	2030	217,3	79.313	179,3	14.220.903
7	2031	217,4	79.365	179,3	14.230.213
8	2032	217,6	79.416	179,3	14.239.339
9	2033	217,7	79.466	179,3	14.248.283
10	2034	217,8	79.515	179,3	14.257.045
11	2035	218,0	79.563	179,3	14.265.626
12	2036	218,1	79.610	179,3	14.274.027
13	2037	218,2	79.656	179,3	14.282.249
14	2038	218,4	79.700	179,3	14.290.294
15	2039	218,5	79.744	179,3	14.298.162
16	2040	218,6	79.787	179,3	14.305.854
17	2041	218,7	79.829	179,3	14.313.371
18	2042	218,8	79.870	179,3	14.320.714
19	2043	218,9	79.910	179,3	14.327.884
20	2044	219,0	79.949	179,3	14.334.883
21	2045	219,1	79.987	179,3	14.341.710
22	2046	219,2	80.024	179,3	14.348.368
23	2047	219,3	80.061	179,3	14.354.857
24	2048	219,4	80.096	179,3	14.361.177
25	2049	219,5	80.130	179,3	14.367.330
26	2050	219,6	80.164	179,3	14.373.318
27	2051	219,7	80.196	179,3	14.379.139
28	2052	219,8	80.228	179,3	14.384.797
29	2053	219,9	80.258	179,3	14.390.291
30	2054	220,0	80.288	179,3	14.395.623
31	2055	220,0	80.317	179,3	14.400.794
32	2056	220,1	80.345	179,3	14.405.803
33	2057	220,2	80.372	179,3	14.410.654
34	2058	220,3	80.398	179,3	14.415.345
35	2059	220,3	80.423	179,3	14.419.879

Nota: A implantação da Usina de Tratamento e Geração de Energia será finalizada no ano 2 e iniciará a operação no ano 3.

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

10.2 Contraprestação do descomissionamento

A receita referente a contraprestação do serviço de decomissionamento da antiga área de disposição final (aterro) em Itapecerica da Serra, e conversão do material removido em Combustível Derivado de Resíduo, executando um plano de recuperação da área, será estimada baseada no valor unitário de R$ 224,1 por tonelada removida de resíduos, a ser pago pelo Poder Concedente, tendo como referência um valor superior em 25% de R$ 179,3 por tonelada, pago para a destinação dos RSU (Quadro 26).

Quadro 26: Projeção de receitas estimadas de contraprestação do descomissionamento.

Ano		Descomissionamento (t/ano)	Descomissionamento (t/dia)	Saldo do aterro (t)	Contraprestação (R$/t)	Receita Anual
Projeto	Calendário					
1	2025	-	-	550.858	-	-
2	2026	-	-	550.858	-	-
3	2027	20.075,0	55,0	550.858	224,1	4.499.309
4	2028	20.075,0	55,0	530.783	224,1	4.499.309
5	2029	20.075,0	55,0	510.708	224,1	4.499.309
6	2030	20.075,0	55,0	490.633	224,1	4.499.309
7	2031	20.075,0	55,0	470.558	224,1	4.499.309
8	2032	20.075,0	55,0	450.483	224,1	4.499.309
9	2033	20.075,0	55,0	430.408	224,1	4.499.309
10	2034	20.075,0	55,0	410.333	224,1	4.499.309
11	2035	20.075,0	55,0	390.258	224,1	4.499.309
12	2036	20.075,0	55,0	370.183	224,1	4.499.309
13	2037	20.075,0	55,0	350.108	224,1	4.499.309
14	2038	20.075,0	55,0	330.033	224,1	4.499.309
15	2039	20.075,0	55,0	309.958	224,1	4.499.309
16	2040	20.075,0	55,0	289.883	224,1	4.499.309
17	2041	20.075,0	55,0	269.808	224,1	4.499.309
18	2042	20.075,0	55,0	249.733	224,1	4.499.309
19	2043	20.075,0	55,0	229.658	224,1	4.499.309
20	2044	20.075,0	55,0	209.583	224,1	4.499.309
21	2045	20.075,0	55,0	189.508	224,1	4.499.309
22	2046	20.075,0	55,0	169.433	224,1	4.499.309
23	2047	20.075,0	55,0	149.358	224,1	4.499.309
24	2048	20.075,0	55,0	129.283	224,1	4.499.309
25	2049	20.075,0	55,0	109.208	224,1	4.499.309
26	2050	20.075,0	55,0	89.133	224,1	4.499.309
27	2051	20.075,0	55,0	69.058	224,1	4.499.309
28	2052	20.075,0	55,0	48.983	224,1	4.499.309
29	2053	20.075,0	55,0	28.908	224,1	4.499.309
30	2054	8.833,0	24,2	8.833	224,1	1.979.696
31	2055	-	-	-	-	-
32	2056	-	-	-	-	-
33	2057	-	-	-	-	-
34	2058	-	-	-	-	-

35	2059	-	-	-	-	-

Nota: A implantação da Usina de Tratamento e Geração de Energia será finalizada no ano 2 e iniciará a operação no ano 3.

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

10.3 Comercialização de energia

Considera-se um padrão de negócio em que a futura Concessionária não comercialize a energia produzida, mas que faça a locação das unidades de geração e a manutenção, definindo-se um preço do MWh médio ponderando o valor da locação e operação dos equipamentos.

A receita referente a comercialização da energia gerada será estimada baseada no valor médio equivalente de R$ 663,9 por MWh, tendo como referência o preço especificado no Leilão de Energia Nova A-5 de 2022 (ANNEL, 2022), multiplicado pelo número de horas produtivas das unidades de geração, conforme demonstra o Quadro 27.

Quadro 27: Horas produtivas da unidade de geração

Geração de Energia	Mw
Potência Instalada	3,0
Fator de Capacidade	92%
Consumo Interno	0,7
Potência disponível	2,3
Horas produtivas ano	8.059
Preço (R$/MWh)	663,9

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

Um gerador com potência total de 3.000 kWh, pode exportar 2.300 kWh, deduzido o consumo interno de 700 kWh, podendo se enquadrar como Geração Distribuída para aquele que for o locador da unidade.

No cálculo do volume de energia produzida, considerou-se 8.059 horas produtivas por ano.

Para o cálculo da receita com locação, operação e manutenção da planta de energia adotou-se uma equivalência com o valor por MWh (R$ 663,9/MWh) compatível com o mercado usuário de energia (Quadro 28).

Quadro 28: Projeção de receitas estimadas por horas produtivas das unidades de geração.

Ano		Horas produtivas (h)	Toneladas recebidas (t/dia)	Energia exportável (MWh)	Receita Anual (R$)
Projeto	Calendário				
1	2025	-	-	-	-
2	2026	-	-	-	-
3	2027	8.059	272	18.536	12.306.148
4	2028	8.059	272	18.536	12.306.148
5	2029	8.059	272	18.536	12.306.148
6	2030	8.059	272	18.536	12.306.148
7	2031	8.059	272	18.536	12.306.148
8	2032	8.059	273	18.536	12.306.148
9	2033	8.059	273	18.536	12.306.148
10	2034	8.059	273	18.536	12.306.148
11	2035	8.059	273	18.536	12.306.148
12	2036	8.059	273	18.536	12.306.148
13	2037	8.059	273	18.536	12.306.148
14	2038	8.059	273	18.536	12.306.148
15	2039	8.059	273	18.536	12.306.148
16	2040	8.059	274	18.536	12.306.148
17	2041	8.059	274	18.536	12.306.148
18	2042	8.059	274	18.536	12.306.148
19	2043	8.059	274	18.536	12.306.148
20	2044	8.059	274	18.536	12.306.148
21	2045	8.059	274	18.536	12.306.148
22	2046	8.059	274	18.536	12.306.148
23	2047	8.059	274	18.536	12.306.148
24	2048	8.059	274	18.536	12.306.148
25	2049	8.059	275	18.536	12.306.148
26	2050	8.059	275	18.536	12.306.148
27	2051	8.059	275	18.536	12.306.148
28	2052	8.059	275	18.536	12.306.148
29	2053	8.059	275	18.536	12.306.148
30	2054	8.059	244	18.536	12.306.148
31	2055	8.059	220	18.536	12.306.148
32	2056	8.059	220	18.536	12.306.148
33	2057	8.059	220	18.536	12.306.148
34	2058	8.059	220	18.536	12.306.148
35	2059	8.059	220	18.536	12.306.148

Nota: A implantação da Usina de Tratamento e Geração de Energia será finalizada no ano 2 e iniciará a operação no ano 3.

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

10.4 Receitas Estimadas

Considerando as premissas adotadas para as projeções das receitas no período de 35 anos do projeto, tem-se que a Concessão gerará uma receita total de mais de **R$ 1 bilhão**, distribuídas conforme Quadro 29.

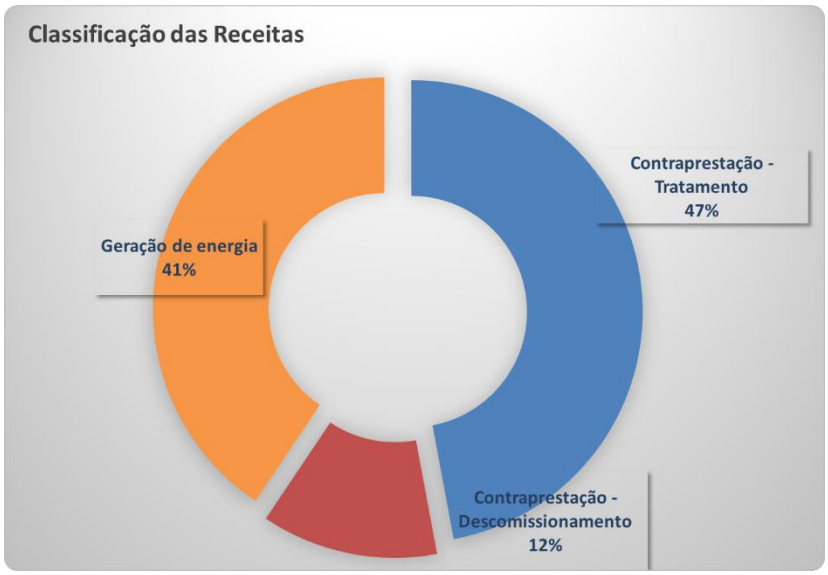
Quadro 29: Receitas estimadas no período da concessão.

Tipo	Valor (R$)
Contraprestação - Tratamento	472.562.923
Contraprestação - Descomissionamento	123.461.049
Geração de energia	406.102.877
Total	**1.002.126.849**

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

A contraprestação a ser paga pelo município representará em torno de 59% do total da receita prevista para a sustentabilidade econômica do projeto, podendo ser ainda menor quando das ofertas pelos licitantes (Figura 35).

Figura 35: Receitas por tipo



Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

CAPÍTULO 11

ASPECTOS ECONÔMICOS DA CENTRAL DE TRATAMENTO E GERAÇÃO DE ENERGIA

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

11. ASPECTOS ECONÔMICOS DA CENTRAL DE TRATAMENTO E GERAÇÃO DE ENERGIA

Para a implantação e operação da Central de Tratamento e Geração de Energia, em 35 anos de concessão, estima-se um investimento total de R$ 146.470.565, um custo operacional de R$ 249.354.595 e uma receita total estimada R$ 1.002.126.849 (Quadro 30).

Quadro 30: Receitas e despesas estimadas no período da concessão.

Ano		Contraprestação - Tratamento	Contraprestação - Descomissionamento	Geração de energia	Receita total	Despesas e custos operacionais (Opex)	Investimentos (Capex)
Projeto	**Calendário**						
1	2025	-	-	-	-	-	37.317.125
2	2026	-	-	-	-	-	109.153.440
3	2027	14.191.858	4.499.309	12.306.148	30.997.316	7.805.236	-
4	2028	14.201.726	4.499.309	12.306.148	31.007.184	7.809.565	-
5	2029	14.211.407	4.499.309	12.306.148	31.016.865	7.813.812	-
6	2030	14.220.903	4.499.309	12.306.148	31.026.360	7.817.978	-
7	2031	14.230.213	4.499.309	12.306.148	31.035.670	7.822.062	-
8	2032	14.239.339	4.499.309	12.306.148	31.044.796	7.826.066	-
9	2033	14.248.283	4.499.309	12.306.148	31.053.740	7.829.990	-
10	2034	14.257.045	4.499.309	12.306.148	31.062.502	7.833.834	-
11	2035	14.265.626	4.499.309	12.306.148	31.071.083	7.837.598	-
12	2036	14.274.027	4.499.309	12.306.148	31.079.484	7.841.284	-
13	2037	14.282.249	4.499.309	12.306.148	31.087.706	7.844.891	-
14	2038	14.290.294	4.499.309	12.306.148	31.095.751	7.848.420	-
15	2039	14.298.162	4.499.309	12.306.148	31.103.619	7.851.872	-
16	2040	14.305.854	4.499.309	12.306.148	31.111.311	7.855.247	-
17	2041	14.313.371	4.499.309	12.306.148	31.118.828	7.858.544	-
18	2042	14.320.714	4.499.309	12.306.148	31.126.171	7.861.766	-
19	2043	14.327.884	4.499.309	12.306.148	31.133.342	7.864.912	-
20	2044	14.334.883	4.499.309	12.306.148	31.140.340	7.867.982	-
21	2045	14.341.710	4.499.309	12.306.148	31.147.168	7.870.977	-
22	2046	14.348.368	4.499.309	12.306.148	31.153.825	7.873.898	-
23	2047	14.354.857	4.499.309	12.306.148	31.160.314	7.876.745	-
24	2048	14.361.177	4.499.309	12.306.148	31.166.634	7.879.517	-
25	2049	14.367.330	4.499.309	12.306.148	31.172.788	7.882.217	-
26	2050	14.373.318	4.499.309	12.306.148	31.178.775	7.884.844	-
27	2051	14.379.139	4.499.309	12.306.148	31.184.597	7.887.398	-
28	2052	14.384.797	4.499.309	12.306.148	31.190.254	7.889.880	-
29	2053	14.390.291	4.499.309	12.306.148	31.195.749	7.892.290	-
30	2054	14.395.623	1.979.696	12.306.148	28.681.467	7.010.324	-
31	2055	14.400.794	-	12.306.148	26.706.942	6.059.008	-
32	2056	14.405.803	-	12.306.148	26.711.951	6.061.116	-
33	2057	14.410.654	-	12.306.148	26.716.801	6.063.156	-
34	2058	14.415.345	-	12.306.148	26.721.493	6.065.130	-
35	2059	14.419.879	-	12.306.148	26.726.026	6.067.038	-
Total		**472.562.923**	**123.461.049**	**406.102.877**	**1.002.126.849**	**249.354.595**	**146.470.565**

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

CAPÍTULO 12

MODELO DE NEGÓCIOS E DE SERVIÇOS

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

12. MODELO DE NEGÓCIOS E DE SERVIÇOS

O presente Modelo de Negócios apresenta as premissas, dados e informações consideradas e utilizadas na modelagem da Parceria Público-Privada (PPP) na Modalidade Concessão Administrativa, para implantação e operação de usina de recuperação de materiais e geração de energia, a partir dos resíduos sólidos urbanos dos municípios de Itapecerica da Serra, Embu-Guaçu, Juquitiba e São Lourenço da Serra, que integram o Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo – CONISUD, sendo meramente referencial e não vinculativo.

O conteúdo do modelo de negócios, bem como as demais informações, estudos, pesquisas, investigações, levantamentos, projetos, planilhas e demais documentos ou dados, relacionados à prestação dos serviços e à concessão disponibilizados pelo poder concedente, foram elaborados, realizados e obtidos para fins exclusivos de precificação da concessão, não apresentando, perante as licitantes, qualquer caráter vinculativo ou qualquer efeito do ponto de vista da responsabilidade do poder concedente em face das licitantes ou da futura concessionária, não podendo ser utilizado como base para a manutenção do equilíbrio econômico-financeiro do contrato.

As licitantes são integralmente responsáveis pela análise da legislação aplicável à licitação e à concessão, e de todas as informações, dados, instruções, condições, quadros, estudos e projetos relacionados aos serviços e à concessão, cabendo-lhes, ainda, realizar seus próprios estudos e estimativas para participar da licitação, escolher as alternativas técnicas que entender mais adequadas para a prestação dos serviços e elaborar sua proposta comercial, não podendo alegar eventuais não concretizações das premissas e estimativas aqui contidas como base para pleitos de reequilíbrio econômico-financeiro do contrato.

Imperativo destacar que, independentemente das alternativas técnicas adotadas por cada licitante, as metas e indicadores de desempenho, bem como as demais obrigações previstas no contrato deverão ser cumpridas integralmente pela concessionária.

Quanto à estrutura deste plano de negócios, no item 12,1 são apresentadas as premissas básicas que nortearam a estruturação do projeto. Nos itens 12.2 a 12.4, são detalhadas a composição e os valores das projeções de investimentos, de custos de despesas e receitas.

Por fim, no capítulo 13 encontram-se as demonstrações financeiras do projeto.

12.1 Premissas

Para a elaboração do estudo de viabilidade econômico-financeiro, se considerou as premissas conforme explanadas a seguir.

12.1.1 Escopo

O presente modelo de negócio tem como objeto a implantação e operação de Usina de Recuperação Energética, responsável pela recepção, processamento, trituração, separação magnética de metais, prensagem, abatimento de umidade, enfardamento e acondicionamento para destinação térmica por meio de gaseificação em leito fluidizado circulante, com posterior geração de energia elétrica utilizando caldeira e turbina a vapor, dos resíduos sólidos encaminhados para a destinação final dos municípios de Itapecerica da Serra, Embu-Guaçu, Juquitiba e São Lourenço da Serra.

Os resíduos recepcionados na usina deverão ser controlados quanto à origem, quantidade e natureza, por meio de um sistema de rastreabilidade. A pesagem em balança permitirá também, através da diferença de peso bruto obtido na chegada e a tara obtida na saída do veículo, determinar a quantidade, em massa, de resíduo consumido na usina objetivando o controle de rendimento global da planta.

A planta pode ser dividida em quatro blocos para uma melhor compreensão, entretanto, os mesmos apresentam-se integrados e interdependentes:

- Unidade de recepção e produção de CDR – Combustível Derivado de Resíduos de origem industrial ou urbana: trata-se de unidade composta por equipamentos que atuam no material recebido promovendo sua trituração, desumidificação e seleção mecânica, com ou sem auxílio de mão de obra humana, produzindo um combustível homogêneo e específico para o reator. Esse processo pode utilizar a própria energia gerada pela usina;
- Unidade de gaseificação: trata-se do bloco destinado a converter a energia potencialmente contida no CDR, em gás combustível de múltiplas aplicações. Nesta unidade, a massa de vapor a partir dos gases de combustão do SYNGAS (gás de síntese) dos materiais, chegam em 420 ºC, a uma pressão de 40 kgf/cm²(g);
- Lavador de Gases: o sistema de bombeamento para os bicos ejetores e pulverizadores operam em circuito fechado. O lavador de gases opera de forma contínua e o efluente gerado é destinado para estação de tratamento;
- Unidade de geração de energia elétrica: como uma das aplicações possíveis para o gás produzido no processo.

12.1.2 Prazo e TIR

A atratividade do projeto deve ser verificada, sendo utilizada no presente estudo, a metodologia de rentabilidade futura, baseada essencialmente em fluxos de caixa descontados. Essa metodologia é reconhecida e adotada mundialmente para avaliação de projetos. Consiste em estabelecer um conjunto de premissas operacionais que são utilizadas para calcular os resultados futuros da Concessionária pelo prazo da Concessão, de modo a se obter o valor da taxa interna de retorno (TIR) mínima estabelecida.

Essa metodologia consiste em projetar os investimentos, receitas, custos e despesas da solução durante todo o prazo de concessão. Estes fluxos são trazidos a Valor Presente, descontados por uma determinada taxa. Essa taxa de desconto representa a remuneração do projeto e, dessa forma, deverá representar uma remuneração atrativa aos potenciais investidores.

O Estudo elaborado contempla o prazo de Concessão de **35 (trinta e cinco) anos**.

A TIR é a taxa que, quando igualada ao custo de oportunidade em investir em determinado projeto, zera o VPL do projeto. Os projetos em que a TIR é menor que o custo de oportunidade, ou Taxa Mínima de Atratividade (TMA), são, a priori, não sustentáveis do ponto de vista econômico-financeiro.

Conforme entendimento apresentado pelo Tribunal de Contas da União (TCU) sobre as taxas de retornos aplicáveis aos projetos de concessões, indica-se que a TIR do projeto seja igual ao Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC) ou Weighted Average Cost of Capital (WACC). Há o entendimento que o resultado igual a zero proporciona o resultado necessário para suprir os retornos exigidos para o projeto, que por sua vez foram embutidos no momento de seleção e cálculo do WACC. Desta forma, não há ganhos anormais que pudessem ser contestados do ponto de vista conceitual do projeto.

A taxa de desconto utilizada no cálculo do Fluxo de Caixa foi de 8,78% a.a., correspondendo ao Custo Médio Ponderado de Capital.

Para este projeto a TIR encontrada corresponde a 8,78% (oito virgula setenta e oito por cento), com prazo de Pay Back de 07 (sete) anos.

Cada Licitante deverá elaborar seu Fluxo de Caixa, de modo a calcular a TIR do projeto, o Pay Back de projeto e o VPL, utilizando taxa de desconto que considerar adequada, e também a Demonstração de Resultado de Exercício – DRE, durante todo o prazo da concessão, apresentando as justificativas econômico-financeiras e contábeis relativas a todo o cálculo apresentado

12.1.3 Regulação

O estudo considerou o percentual de 0,5% do valor da Receita Operacional, entradas menos a inadimplência, destinado para fins de regulação e fiscalização.

12.1.4 Seguros e garantias

As despesas com os seguros do projeto resultam da soma dos custos com: riscos de responsabilidade civil geral e ambiental, seguros operacionais e seguro de risco de engenharia. Adotando-se o valor de 3,45%.

12.1.5 Taxa de administração do consórcio

No estudo considerou-se uma taxa de administração a título de remuneração do consórcio CONISUD, a qual totalizou um valor de R$ 7.323.530 durante os 35 anos da concessão, distribuídos ao longo de 10 anos, iniciando no ano 3 da concessão, ano de início de operação da usina, e finalizando no ano 12.

As premissas para a definição da taxa em comento foram baseadas na garantia da rentabilidade do investimento tomando como base o valor da receita e da despesa, e a

exigência da equivalência do valor da TIR igual ao valor do WACC; além da manutenção da atratividade do investimento.

12.1.6 Tributos e encargos

i)Incidência do PIS/Cofins

O cálculo para a tributação do PIS/Cofins previu a não cumulatividade tributária sobre bens e serviços utilizados como insumos. A previsão do abatimento dos créditos é determinada por instruções normativas da Secretaria da Receita Federal. O crédito do PIS é determinado pela IN SRF 247/2002 e da Cofins pela IN SRF nº 404/2004.

O abatimento dos créditos de PIS/Cofins se dá ainda sobre o ativo imobilizado adquirido, conforme estabelece a IN SRF nº 457/2004.

Foi considerado também o sistema de crédito de PIS/COFINS (ou não cumulatividade), que gera valores a recolher e também valores a recuperar, que confrontados, geram saldo a pagar (Quadro 31).

Quadro 31: Tratamento tributário: créditos PIS/COFINS não cumulativo

Considerar Crédito PIS/COFINS	-	PIS	COFINS
Crédito PIS/COFINS - CAPEX	9,25%	1,65%	7,60%
Crédito PIS/COFINS - OPEX	9,25%	1,65%	7,60%

Fonte: MS

ii) Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ)

No presente estudo foi considerado Lucro real, onde ocorre a seguinte incidência:

- alíquota de Imposto de Renda 15% conforme Lei nº 9.249/1995, artigo 3º;
- adicional de IRPJ com alíquota de 10%, sobre parcela do lucro real que exceder o valor resultante da multiplicação de R$ 20.000,00 pelo número de meses do período de apuração (Lei nº 9.249/1995, art. 3º, §1º).

No cálculo, o lucro real anual excede a parcela isenta de "alíquota excedente" (base cálculo 12 x R$20.000 = R$240.000 por ano). Assim, foi aplicado alíquota de 25% sobre total, descontado o valor da parcela não sujeita ao excedente (10% sobre 240.000 = 24.000).

iii) Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL)

No presente estudo foi considerada a incidência de CSLL de 9% conforme Lei nº 9.249/1995, artigo 20; Lei nº 9.430/1996, artigo 28; Lei nº 7.689/1988, artigo 3º, III.

iv) Imposto Sobre Serviços (ISS)

No presente estudo foi considerado o valor do ISS de 5,0%.

12.1.7 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

É o valor mínimo que a Concessionária necessitará pagar para obter recursos ou mesmo remunerar capitais próprios. Como não existe um valor ou uma fórmula única, foi adotada a metodologia conhecida como Custo Médio Ponderado de Capital – WACC - Weighted Average Capital Cost.

Na metodologia de cálculo optou-se por utilizar como referência dados e indicadores nacionais, tais como a SELIC, dados históricos da Poupança, inflação projetada brasileira, cotação das ações da SANEPAR (SAPR4.SA) e da Bovespa, de forma a reproduzir com maior fidelidade o mercado brasileiro, haja vista as particularidades do seu cenário econômico.

Analisando o WACC nominal utilizado na planilha de custos do CONISUD, atualizado pela inflação americana para o ano base de 2021, temos o WACC de 8,78.

12.2 Projeção de investimentos

Os investimentos CAPEX necessários à implantação da URE com capacidade de 300 t/dia, foram estimados em um total de R$ **146.470.565,** referente a elaboração de projetos, concessão de licenças, obras civis, linha de CDR, gaseificação, geração, conexão com a energia e transporte, conforme Quadro 21.

Os investimentos estão programados para ocorrerem em até 12 meses do início do contrato, distribuídos em R$ 37.317.125,00 no ano 1, referente a projetos, obras civis e a linha de CDR, e R$ 109.153.440,00 no ano 2, referente a reator, geração, conexão com a energia e transporte (Figura 36).

Figura 36: Investimentos – CAPEX

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

12.3 Projeção de custo operacionais

Os custos operacionais englobam as despesas de manutenção e operação da Usina de Tratamento e Geração de Energia e as despesas administrativas de gestão pela Concessionária, classificadas em operação e manutenção da linha de processamento do CDR, da planta do reator, da planta de geração elétrica por processo de gaseificação, da estação de tratamento de efluentes (ETE), do equipamento de coleta e separação do RSU do aterro existente (minerador), dos veículos, infraestrutura, sistemas, rede elétrica, administração, supervisão e vendas.

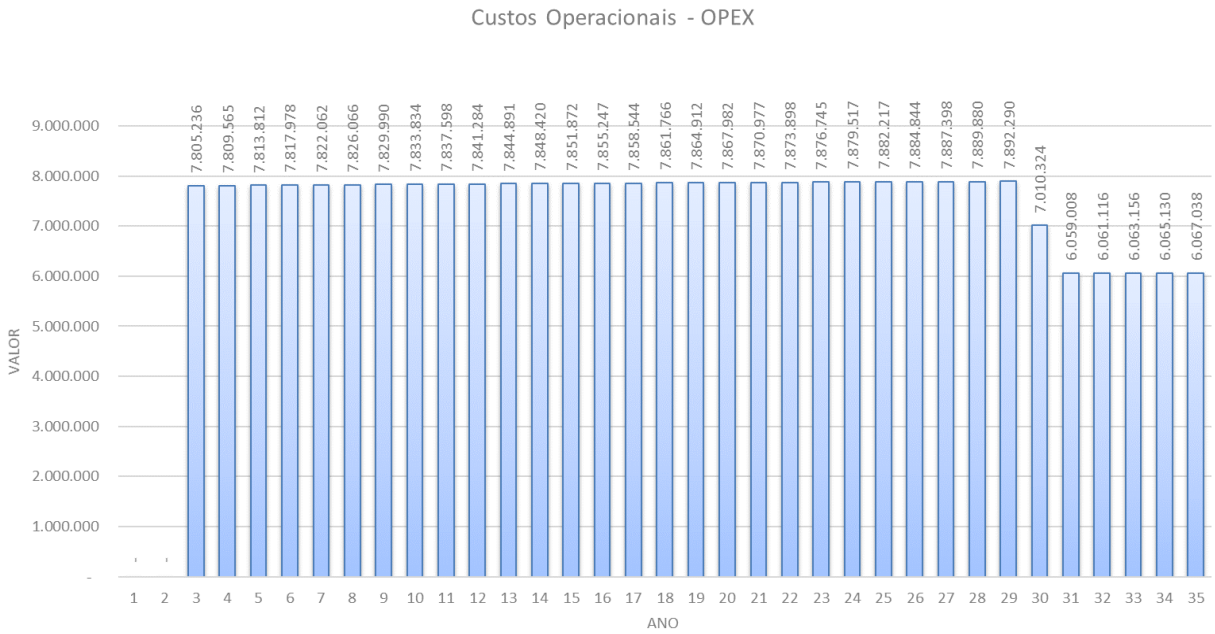
As despesas estimadas para os 35 anos de concessão são apresentadas no Quadro 32.

Quadro 32: Custos das despesas operacionais por tipo durante os 35 anos da concessão.

Classificação da despesa	Valor (R$)
Operação e Manutenção da linha de processamento do CDR	56.242.348
Operação e Manutenção da Planta do reator	63.549.164
Operação e Manutenção da Planta de geração elétrica por processo de gaseificação	32.226.553
Operação e Manutenção da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)	4.837.967
Operação e Manutenção do Equipamento de coleta e separação do RSU do aterro existente (minerador)	8.971.761
Operação e Manutenção dos Veículos	18.642.503
Operação e Manutenção de Infraestrutura, Sistemas e Rede Elétrica	26.751.573
Serviços Gerais, Administração, Supervisão, Vendas	38.132.725
Total	**249.354.595**

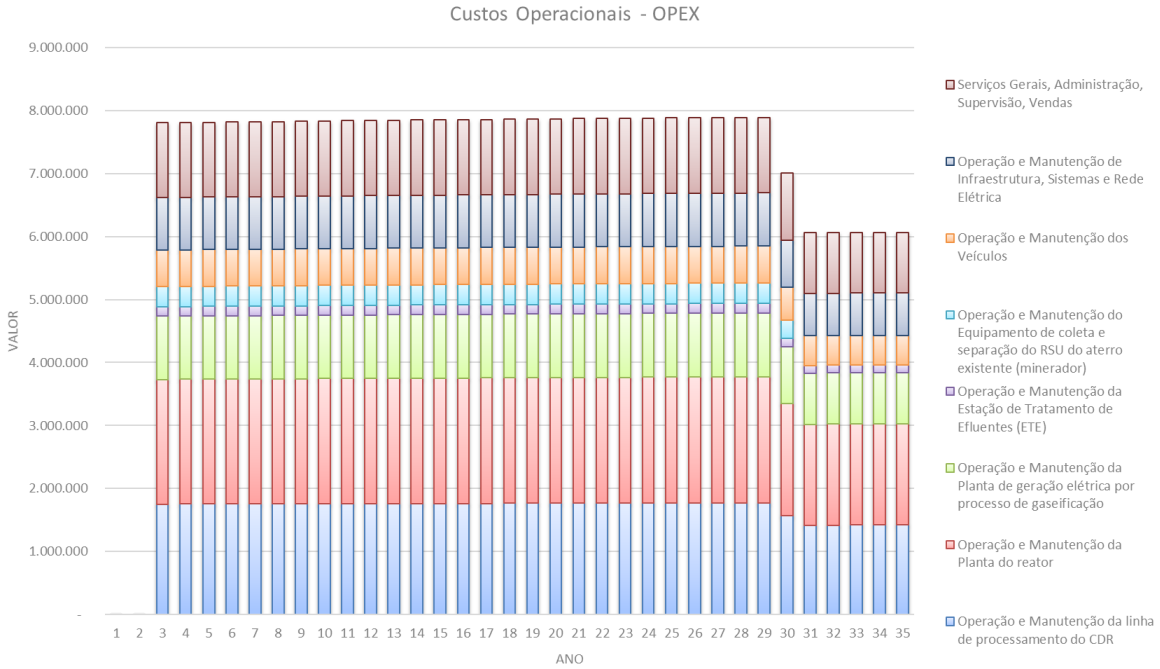
Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

Considerando o período de planejamento da concessão, as despesas são distribuídas conforme Figuras 37 e 38.



Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

Figura 38: Custos operacionais por tipo (R$)

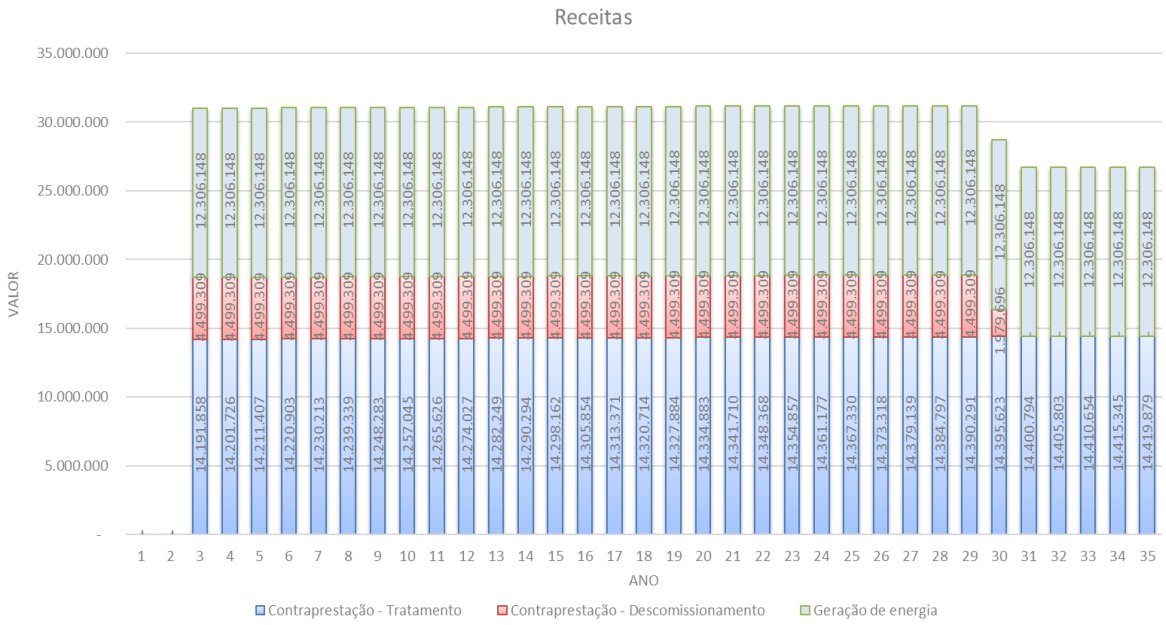


Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

12.4 Projeção de Receitas

Considerando as premissas adotadas para as projeções das receitas no período de 35 anos do projeto, tem-se que a Concessão gerará uma receita total de R$ 1.002.126.849, originadas da contraprestação referente ao tratamento dos resíduos encaminhados ao tratamento pelo CONISUD, da contraprestação referente ao quantitativo de resíduos originado do descomissionamento da antiga disposição final, e das receitas oriundas da comercialização da energia gerada na usina, conforme Figura 39.

Figura 39: Previsão de receitas



Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

12.4.1 Contraprestação por município

No presente item, no intuito de se avaliar os impactos financeiros e econômicos individualmente por município, no Quadro 33 são apresentadas a Geração de Resíduos por Município; o Valor da Receita de Contraprestação; a Geração de Resíduos Proporcional por Município; a Contraprestação Proporcional, considerado o percentual de geração de resíduos por município e o pagamento de 59% da receita da contraprestação; o Valor da Contraprestação Anual e Contraprestação Mensal, sem a distribuição proporcional do descomissionamento; a Contraprestação Mensal por Município, com o descomissionamento proporcional; a Tarifa para Cobertura da Contraprestação; a Distribuição da Outorga Fixa; a Distribuição do ISSQN; e o Comparativo de Despesas, considerada a despesa atual e a despesa com a PPP.

Quadro 33: Contraprestação, receitas e despesas por município.

Geração de Resíduos e Receita da Contraprestação			
Geração de Resíduos	**Quantitativo de Resíduos - 10%**	**Receita da Contraprestação**	**Valor em R$**
Itapecerica da Serra	159,06	Tratamento	472.562.923
Embu Guaçu	56,98	Descomissionamento	123.461.049
Juquitiba	15,4	Geração de Energia	406.102.877
São Lourenço	11,77	**TOTAL**	**1.002.126.849**
Descomissionamento	55		
TOTAL	**298,21**		

Quantidade Proporcional de Geração de Resíduos - Contraprestação Anual e Mensal					
Geração de Resíduos	**Quantidade Proporcional**	**Contraprestação Proporcional**	**Contraprestação Anual**	**Contraprestação Mensal**	**Contraprestação - Descomissionamento proporcional - Mensal**
Itapecerica da Serra	53%	315.364.995	9.010.428	750.869	917.036
Embu Guaçu	19%	112.973.076	3.227.802	268.984	331.296
Juquitiba	5%	30.533.264	872.379	72.698	89.575
São Lourenço	4%	23.336.137	666.747	55.562	69.842
Descomissionamento	18%	109.047.370	3.115.639	259.637	**1.407.750**
TOTAL	**100%**	**591.254.841**	**16.892.995**	**1.407.750**	

Tarifa para cobertura da contraprestação - sem considerar categoria e classe de usuários	
Tarifa Necessária	**Por habitante**
Itapecerica da Serra	5,45
Embu Guaçu	4,48
Juquitiba	3,17
São Lourenço	3,61

Distribuição Outorga Fixa	
Distribuição Outorga Fixa	**Valor**
Itapecerica da Serra	12.800.000,00
Embu Guaçu	4.800.000,00
Juquitiba	1.300.000,00
São Lourenço	1.100.000,00

Distribuição ISSQN	
Distribuição ISSQN	**Valor**
Itapecerica da Serra	32.068.058,88
Embu Guaçu	12.025.522,08
Juquitiba	3.256.912,23
São Lourenço	2.755.848,81

		TOTAL	20.000.000,00	TOTAL	50.106.342,00

COMPARATIVO DE DESPESAS			
Municípios	**Despesa Mensal (municípios) - entrega dos resíduos destinação final**	**Despesas de contraprestação mensal com descomissionamento - PPP**	**Diferença de despesas - considerada a contraprestação paga a PPP**
Itapecerica da Serra	1.333.293,12	917.036,00	416.257,12
Embu Guaçu	399.314,00	331.296,00	68.018,00
Juquitiba	92.775,75	89.575,00	3.200,75
São Lourenço	38.346,92	69.842,00	- 31.495,08

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

12.5 Matriz de risco e responsabilidades

A execução dos serviços previstos durante os 35 anos de concessão, estará sujeita a inúmeras intercorrências ao longo de seu prazo de vigência, portanto, exige que os riscos com o potencial de perturbar a execução do contrato sejam previamente catalogados e alocados à responsabilidade das partes.

O processo de alocação de riscos assume um papel central na definição do conteúdo econômico do contrato, e, por conseguinte, de seu equilíbrio econômico-financeiro. Um contrato para ser equilibrado exige que as partes estejam suportando apenas as consequências da materialização dos riscos que lhes foram atribuídos pelo contrato, pela lei ou pelo regulamento. Este equilíbrio será rompido toda a vez que qualquer das partes passe a suportar as consequências da ocorrência de um risco alocado juridicamente à outra.

Destarte, o Quadro 34 apresenta a matriz de risco considerada para a elaboração do contrato da concessão em foco.

Quadro 34: Matriz de riscos e responsabilidades.

ÍTEM	RISCO	RESPONSABILIDADE		MEIOS DE MITIGAÇÃO
		CONCEDENTE	SPE	
1	Destruição, roubo, furto ou perda de bens vinculados à CONCESSÃO	0%	100%	Contratação de Seguros
2	Incidência de responsabilidade civil, administrativa, ambiental,tributária e criminal por fatos que possam ocorrer durante a prestação dos SERVIÇOS	0%	100%	Contratação de Seguros
3	Custos gerados por condenações ou pelo acompanhamento de ações judiciais movidas por ou contra terceiros em razão de ação ou omissão da SPE	0%	100%	Contratação de Seguros
4	Eventual incapacidade da indústria nacional em fornecer os bens e insumos necessários à prestação dos SERVIÇOS	0%	100%	Eficiência na gestão do negócio
5	Variações ordinárias dos custos envolvidos na execução dos SERVIÇOS	0%	100%	Revisão Contratual

6	Variações extraordinárias dos custos envolvidos na execução dos SERVIÇOS	100%	0%	Procedimento de reequilíbrio
7	Oscilações de receita decorrente da redução e alteração da gravimetria dos resíduos gerados nos municípios	0%	100%	Planejamento da PROPOSTA COMERCIAL e da gestão do CONTRATO
8	Caso fortuíto ou de força maior	100%	0%	Contratação de Seguros
9	Modificação unilateral do CONTRATO ou dos requisitos mínimos para a prestação do SERVIÇO, imposta pelo Poder Concedenteou pela ENTIDADE REGULADORA	100%	0%	Procedimento de reequilíbrio
10	Alteração na ordem tributária, ressalvados os impostos incidentes sobre a pessoa da SPE	100%	0%	Procedimento de reequilíbrio
11	Descumprimento do CONTRATO pela SPE, por razões a ela imputáveis.	0%	100%	GARANTIA DE EXECUÇÃO DO CONTRATO, sanções e/ou intervenção
12	Descumprimento do CONTRATO pelo Poder Concedente	100%	0%	GARANTIA DE PAGAMENTO, revisão do CRONOGRAMA e de obrigações da SPE,procedimento de reequil[ibrio
13	Risco de viabilidade do financiamento	0%	100%	Garantia de satisfação do crédito dofinanciador
14	Risco tecnológico - alteração da tecnologia que importe na necessidade de atualização de equipamentos e de mais meios de prestação do SERVIÇO	0%	100%	Não há mitigação do risco tecnológico.OPlanejamento da gestão da SPE deverá reverter na redução desse risco
15	Oscilação de receita decorrente de receitas acessórias pela redução dos preços de energia ou outra aqui não descrita.	0%	100%	Planejamento da PROPOSTA COMERCIAL e da gestão do CONTRATO
16	Mudança na legislação ou regulamentação que aumente o custo da prestação do SERVIÇO	100%	0%	Procedimento de reequilíbrio
17	Revisões futuras do PMGIRS que impliquem em novos investimentos e custos da prestação do SERVIÇO	100%	0%	Procedimento de reequilíbrio
18	Dissídio, acordo ou convenção coletiva de trabalho que impliquem no aumento dos custos da mão de obra necessária para a prestação do SERVIÇO	0%	100%	Não há mitigação do risco
19	Eventos imprevisíveis externos ao CONTRATO, estranho à vontade das partes e inevitável	100%	0%	Previsão contratual de possibilidade deinterrupção dos serviços
				Procedimento de reequilíbrio
20	Encampação/Extinção da PPP, por interesse do PODER CONCEDENTE	100%	0%	Previsão no CONTRATO de regras claras de indenização por perdas e danos e lucros cessantes
				Previsão no CONTRATO de critérios para reembolso do Valor Residual (reembolso da parcela dos investimentos não amortizados ou depreciados)
				Previsão no CONTRATO de execução da garantia da contraprestação prestada peloPODER CONCEDENTE para satisfazer as garantias
				Previsão no CONTRATO de indenização a ser arbitrada pelo Poder Judiciário
21	Caducidade/Extinção da concessão por inadimplemento da SPE	0%	100%	Previsão no CONTRATO de multa e indenizações por perdas e danos para o PODER CONCEDENTE
				Previsão no CONTRATO de execução da garantia prestada pela SPE
				Previsão no CONTRATO de possibilidade de intervenção
				Previsão no CONTRATO de obrigação de contratação pela SPE de plano de seguros
				Previsão no CONTRATO de critérios para o início do processo de declaração de caducidade (Lei autorizavativa e indenização prévia)

22	Anulação/Risco de anulação do CONTRATO devido a sua ilegalidade	0%	100%	Previsão no CONTRATO de exigência de comprovação da capacidade financeira do LICITANTE durante a LICITAÇÃO
				Previsão no CONTRATO de mecanismo de acompanhamento periódico da situação financeira da SPE pela ENTIDADE REGULADORA ou pelo PODER CONCEDENTE
				Previsão no CONTRATO para a reversão dos bens objetos da CONCESSÃO livres e desembaraçados de quaisquer ônus
23	Falência da SPE/ Risco de interrupção do CONTRATO por decretação da falência da SPE	0%	100%	Previsão no CONTRATO de exigência de comprovação da capacidade financeira do LICITANTE durante a LICITAÇÃO
				Previsão no CONTRATO de mecanismo de acompanhamento periódico da situação financeira da SPE pela ENTIDADE REGULADORA ou pelo PODER CONCEDENTE
				Previsão no CONTRATO para a reversão dos bens objetos da CONCESSÃO livres e desembaraçados de quaisquer ônus
24	Indenização/ Risco do valor das indenizações previstas no CONTRATO não serem suficientes para cobrir as perdas da SPE e dos seus financiadores face antecipação do término do CONTRATO	0%	100%	Previsão no CONTRATO de que quando do advento do termo contratual, a SPE será responsável pelo encerramento de quaisquer contratos inerentes à CONCESSÃO celebrados com terceiros, respeitando as regras estabelecidas na legislação vigente, para cálculo e pagamento dos valores residuais, assumindo todos os ônus daí resultantes
25	Rescisão judicial por iniciativa da SPE/Rescisão judicial por iniciativa da SPE em razão de descumprimento do CONTRATO pelo PODER CONCEDENTE	100%	0%	Previsão no CONTRATO de que caso comprovado o descumprimento do CONTRATO pelo PODER CONCEDENTE, de indenização à SPE de danos sofridos (reembolso da parcela dos investimentos não amortizados ou depreciados e custos de desmobilização)
26	Trabalhista/Reclamação trabalhista	0%	100%	Previsão no CONTRATO de Cláusula de Responsabilidade Trabalhista e de Sucessão Trabalhista
				Previsão no CONTRATO de obrigação de manutenção da GARANTIA de EXECUÇÃO do CONTRATO até que a SPE comprove a regularidade da rescisão dos contratos de trabalho e quitação dos encargos trabalhistas correspondentes
				Previsão no CONTRATO de glosa a partir do trânsito em julgado de eventual condenação
27	Licenciamento Ambiental/Risco de morosidade na concessão das licenças ambientais necessárias à implantação da CONCESSÃO	50%	50%	Passivos ambientais anteriores ao Contrato é de responsabilidade do Poder Concedente. Previsão no EDITAL da licitação de que a obrigação para obtenção das licenças ambientais é da CONCESSIONÁRIA
28	Licenciamento Ambiental referentes às tecnologias a serem implantadas/Risco de morosidade na concessão das licenças ambientais necessárias à implantação da CONCESSÃO	0%	100%	Para as tecnologias a serem implantadas o risco é da SPE
				Previsão no CONTRATO de aplicação de multas contratuais

Fonte: MS ENGENHARIA, 2024.

12.6 Considerações

O modelo de negócios de referência tem como objetivo consolidar informações e demonstrar a viabilidade na elaboração de projeções econômico-financeiras, dentre elas:

- projeção de demanda,

- listagem e cronograma dos investimentos programados,
- informações sobre custos projetados e estrutura de financiamento,
- planilha de fluxo de caixa de projeto,
- apresentação dos demonstrativos de resultado contábil do projeto,
- descrição dos componentes das possíveis receitas dos serviços,
- opções de estruturação financeira para o projeto.

O plano a ser elaborado é de exclusiva responsabilidade do licitante e deverá ser consistente, em si e com a proposta comercial, suficientemente claro quanto às diretrizes adotadas e deverá conter o detalhamento das premissas utilizadas na sua elaboração.

Na elaboração do plano de negócios de referência, o licitante deverá observar as disposições do edital e seus anexos, além da minuta do contrato.

O estudo de viabilidade da concessão apresentado no presente documento, não objetivou direcionar a Concessionária na escolha da tecnologia ou projeto logístico, devendo a mesma formular sua solução tendo como base sua experiência para obter a melhor relação custo/benefício, garantindo no mínimo os ganhos obtidos na modelagem apresentada.

A proponente tem liberdade para elaborar sua proposta desde que atendidas as condições apresentadas no edital. Os resultados obtidos neste estudo são referenciais e não criam obrigações ou direitos para a Concessionária ou para o Poder Concedente. Caso a proponente adote solução similar, deverá apresentar estudos próprios verificando e comprovando os resultados atingidos.

Os seguintes elementos do EVTE devem ser considerados pela proponente: (1) as informações sobre quantidade e qualidade de resíduos, (2) as informações sobre a localização e quantidade de resíduos por centro gerador, (3) as informações sobre localização e distâncias entre as unidades citadas no estudo.

A proponente deverá revisar e adequar à sua proposta: (1) os elementos técnicos (tecnologias a serem adotadas, dimensionamento, tipo, quantidade, localização e condições de trabalho dos equipamentos e pessoal), (2) os elementos econômico-financeiros (custos, financiamento, TIR, outros), (3) outros elementos necessários a elaboração da proposta.

O modelo de referência prevê o desenvolvimento de políticas de educação ambiental, a serem realizadas pelos municípios do CONISUD, com atuação na redução da geração de resíduos e estímulo na reutilização e separação de recicláveis destinados à coleta seletiva, beneficiando os catadores de materiais recicláveis.

O modelo estudado contempla ganhos ambientais, com a eliminação da disposição de resíduos brutos em aterro sanitário e a redução progressiva da disposição de rejeitos em aterro sanitário.

Há de se considerar também que mantida as condições atuais, o aterro sanitário existente em Caieiras teria sua vida útil abreviada, demandando novo empreendimento que,

CAPÍTULO 13

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATERRA AMBIENTAL. *Projeção de cenários econômicos, tecnológicos e sustentáveis para a gestão dos resíduos do município de Juquitiba/SP*. Juquitiba-SP, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANNEL). *Edital do Leilão ANEEL nº 4/2022*. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/leilao-de-energia-nova-a-5-tem-edital-aprovado-e-esta-confirmado-para-16-de-setembro>. Acesso em: 10 de junho de 2024. Brasília, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS (ABREN). *Plano Institucional*. Brasília, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. (2020 Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, São Paulo, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS (ABREN). *Lixo é Energia e Solução Ambiental*. Disponível em: <https://abren.org.br/2023/08/13/lixo-e-energia-e-solucao-ambiental/>. Acesso em 12 de junho de 2024. Brasília, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). *Crise do lixo custa R$ 97 bilhões por ano ao brasil, aponta estudo*. Notícia disponível em: <https://www.abrema.org.br/2024/06/05/crise-do-lixo-custa-r-97-bilhoes-por-ano-ao-brasil-aponta-estudo/>. Acesso em: 10 de junho de 2024. São Paulo-SP, 2024.

Batista, Márcio; Caiado, Rodrigo Goyannes Gusmão; Quelhas, Osvaldo Luiz Gonçalves; Lima, Gilson Brito Alves; Leal Filho, Walter; Yparraguirre, Ivany Terezinha Rocha. A framework for sustainable and integrated municipal solid waste management: Barriers and critical factors to developing countries. Journal of Cleaner Production 312 (2021) 127516.

Bosmans, A.; Helsen, L. “ENERGY FROM WASTE: REVIEW OF THERMOCHEMICAL TECHNOLOGIES FOR REFUSE DERIVED FUEL (RDF) TREATMENT”. Proceedings Venice 2010, Third International Symposium on Energy from Biomass and Waste Venice, Italy; 8-11 November 2010

CÂMARA BRASILEIRA DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). *Alocação de risco em contratos de obras públicas*. Disponível em: < https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2024/06/cbic-alocacao-de-riscos-em-contratos-de-obras-publicas.pdf>. Acesso em 26 de junho de 2024. Brasília, 2024.

CETESB (São Paulo) Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos 2021 [recurso eletrônico] / CETESB; coordenação técnica e redação Maria Heloisa de Pádua Lima ; equipe técnica Marilda de Souza Soares ... [et al.] - São Paulo: CETESB, 2022.

EMBU-GUAÇU (SP). P*lano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos de Embu Guaçu. Embu Guaçu*, 2019.

EPE - NOTA TÉCNICA DEN 06/08, Avaliação Preliminar do Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande, MS, Ministério de Minas e Energia, 2008.

EXTREMA (MG). *Material de Audiência Pública da licitação para a seleção de empresa especializada para concessão administrativa no modelo Parceria Público Privada (PPP) de instalação e operação de Usina Termoquímica de Geração Elétrica a partir de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), por processo de gaseificação em leito fluidizado*. Disponível em: <https://www.extrema.mg.gov.br/imprensaoficial/wp-content/uploads/2023/05/Apresentacao-Audiencia-Publica-UTGE-Extrema-Versao-Final-1.pdf>. Acesso em: 10 de junho de 2024. Extrema-MG, 2023.

Faria, D.A. e Costa, F. L. V. A.. Estudo preliminar sobre a gaseificação de resíduos sólidos urbanos em escala laboratorial". UFB/FEM, Uberlândia, 2023.

Gomes, S.;Weirich Neto, P. H.; Silva, D. A.; Antunes, S. R. M. e Rocha, C.H. "Potencial energético de resíduos sólidos domiciliaresdo município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil´ Eng Sanit Ambient | v.22 n.6 | nov/dez 2017 | 1197-1202.

Hasan, M.M.; Rasul, M.G.; Khan,M.M.K.; Ashwath, N.; Jahirul, M.I.. Energy recovery from municipal solid waste using pyrolysis technology: A review on current status and developments. Renewable and Sustainable Energy Reviews 145 (2021) 111073.

INFIESTA, Luciano Reis. *Gaseificação de resíduos solidos urbanos (RSU) no vale do Paranapanema: projeto CIVAP*. São Paulo: PECE. Disponível em: https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/d1bb753b-a51e-4d99-b420-cfcf3ac470e/LUCIANO%20REIS%20INFIESTA%202015.pdf. Acesso em: 03 jul. 2024., 2015.

IPEA - Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos, Brasília, 2012.

Kaur, Aashishdeep; Bharti, Ruchi; Sharma, Renu. Municipal solid waste as a source of energy. Materials Today: Proceedings 81 (2023) 904–915.

ITAPECERICA DE SERRA (SP). *Revisão e Elaboração do Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Município de Itapecerica da Serra (PMGRS)*. Itapecerica da Serra-SP, 2015.

SILVA, Juliana Pereira da. Produção de Energia Elétrica a partir da Gaseificação de Resíduos de Couro. 2021. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal, 2021.

JUQUITIBA (SP). *Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Juquitiba - PMGIRS*. Juquitiba-SP, 2019.

JUQUITIBA (SP). *Plano Municipal de Saneamento Básico de Juquitiba - PMSB*. Juquitiba-SP, 2010.

Khan, Afzal Husain; López-Maldonado, Eduardo Alberto; Khan, Nadeem A.; Villarreal-Gómez, Luis Jesús; Munshi, Faris M.; f, Alsabhan, Abdullah H.; Perveen, Kahkashan. Current solid waste management strategies and energy recovery in developing countries - State of art review. Chemosphere 291 (2022) 133088.

Malav, Lal Chand; Yadav, Krishna Kumar; Gupta, Neha Gupta; Kumar, Sandeep; Sharma, Gulshan Kumar; Krishnan, Santhana Krishnan; Rezania, Shahabaldin; Kamyab, Hesam; Pham, Quoc Bao; Yadav, Shalini; Bhattacharyya ,Suparna; Yadav , Virendra Kumar; Bach, Quang-Vu. A review on municipal solid waste as a renewable source for waste-to energy project in India: Current practices, challenges, and future opportunities. Journal of Cleaner Production 277 (2020) 123227.

Malinauskaite,J.; Jouhara, H.; Czajczyn, D.; Stanchev ,P.; Katsou, E; Rostkowski, P.; Thorne, R.J.; Colón, J.; Ponsá S.; Al-Mansour, F.; Anguilano, L.; Krzyzyníska, R.; López, I.C.; Vlasopoulos, A.; Spencer, N. Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. Energy 141 (2017) 2013e2044.

Mattos,B.O. e Amim,L.O.- Estudos de alternativas para a gestão de resíduos orgânicos da cidade do Rio de Janeiro, UFRJ/EQ, 2022.

Moyaa , Diego; Aldásb, Clay; Lópeza, Germánico; Kaparajuc, Prasad. Municipal solid waste as a valuable renewable energy resource: a worldwide opportunity of energy recovery by using Waste-To- Energy Technologies. Energy Procedia 134 (2017) 286–295.

MENEZES NETO, João Teles de. *Análise de viabilidade técnica e econômica da tecnologia de gaseificação como alternativa para o aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos*. Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2018.

Mukherjee, C.; Denney, J.; Mbonimpa, E.G.; Slagley, J.; Bhowmik, R.. A review on municipal solid waste-to-energy trends in the USA. Renewable and Sustainable Energy Reviews 119 (2020) 109512

Nandhini, R. et alii. Thermochemical conversion of municipal solid waste into energy and hydrogen: a review, Environmental Chemistry Letters (2022) 20:1645–1669.

Nogueira, Y.C.T., Viabilidade Técnica e Econômica de Usinas !Waste-to-Energy", UNB, 2015.

OKAMURA, L. A. et al. *Obtenção sustentável de gás de síntese: prospecção das tecnologias disponíveis baseada em patentes e artigos*. Cadernos de Prospecção - ISSN 1983-1358 (print) 2317-0026 (online), 2013, vol.6, n.1, p.27-35.

Oliveira,M.; Ramos,A.; Ismail,T.M.; Monteiro,E.; Rouboa,A. A Review on Plasm a Gasification of Solid Residues: Recent Advances and Developments.Energies2022,15, 1475.

OLIVEIRA, P. A. de. *Processo Alternativo para a Recuperação Energética e Eliminação dos Resíduos Sólidos Urbanos*. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/gaseifica%C3%A7%C3%A3o-processo-alternativo-para-recupera%C3%A7%C3%A3o-e-patricia-1f/>. Acesso em 12 de junho de 2024. Artigo do LinkedIn, 2019.

ORIZON. *O que é uma unidade de recuperação energética*. Disponível em: < https://orizonvr.com.br/o-que-e-uma-unidade-de-recuperacao-energetica/>. Acesso em 12 de junho de 2024. São Paulo - SP, 2023.

Raj, Tirath; Sompura, Sandhya; Chandrasekhar, K.; Singh, Sushil Kumar; Pandey, Srinath; Singh, Lalit Kumar; Rajput, Manish Singh; Kumar, Deepak; Bhatia, Shashi Kant; Patel, Anil Kumar; Singhania, Reeta Rani. Technology development and challenges for the transformation of municipal solid waste into sustainable energy production. Biomass and Bioenergy 178 (2023) 106965.

Revisão e Elaboração do Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Município de Itapecerica da Serra – SP, 2015.

RHS LICITAÇÕES. *Preços iniciais de aterro assustam, mas o prefeito diz que valores deverão cair.* Notícia disponível em: <https://licitacao.com.br/precos-iniciais-de-aterro-assustam-mas-o-prefeito-diz-que-valores-deverao-cair/>. Acesso em: 10 de junho de 2024. São Paulo - SP, 2024.

RUMÃO, Adriano Sitônio. Geração de potência e energia elétrica a partir da gaseificação de rejeitos de biomassa. 2013. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

Santos, S.M.; Assis, A.C.; Gomes, L.; Nobre, C.; Brito, P. Waste Gasification Technologies: A Brief Overview. Waste 2023, 1, 140–165.

Shah, Anil V.; Srivastava, Vijay Kumar; Mohanty, Swayansu Sabyasachi; Varjani, Sunita. Municipal solid waste as a sustainable resource for energy production: State-of-the-art review. Journal of Environmental Chemical Engineering 9 (2021) 105717.

SISTEMA DE ÁREAS CONTAMINADAS E REABILITADAS (SIACR). *Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo*. Disponível em: <https://mapas.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/portal/apps/MapJournal/index.html?appid=28e7bb2238a443819447a8ec3ae4abe5>. Acesso em: 12 de junho de 2024. São Paulo - SP, 2024.

ANEXOS

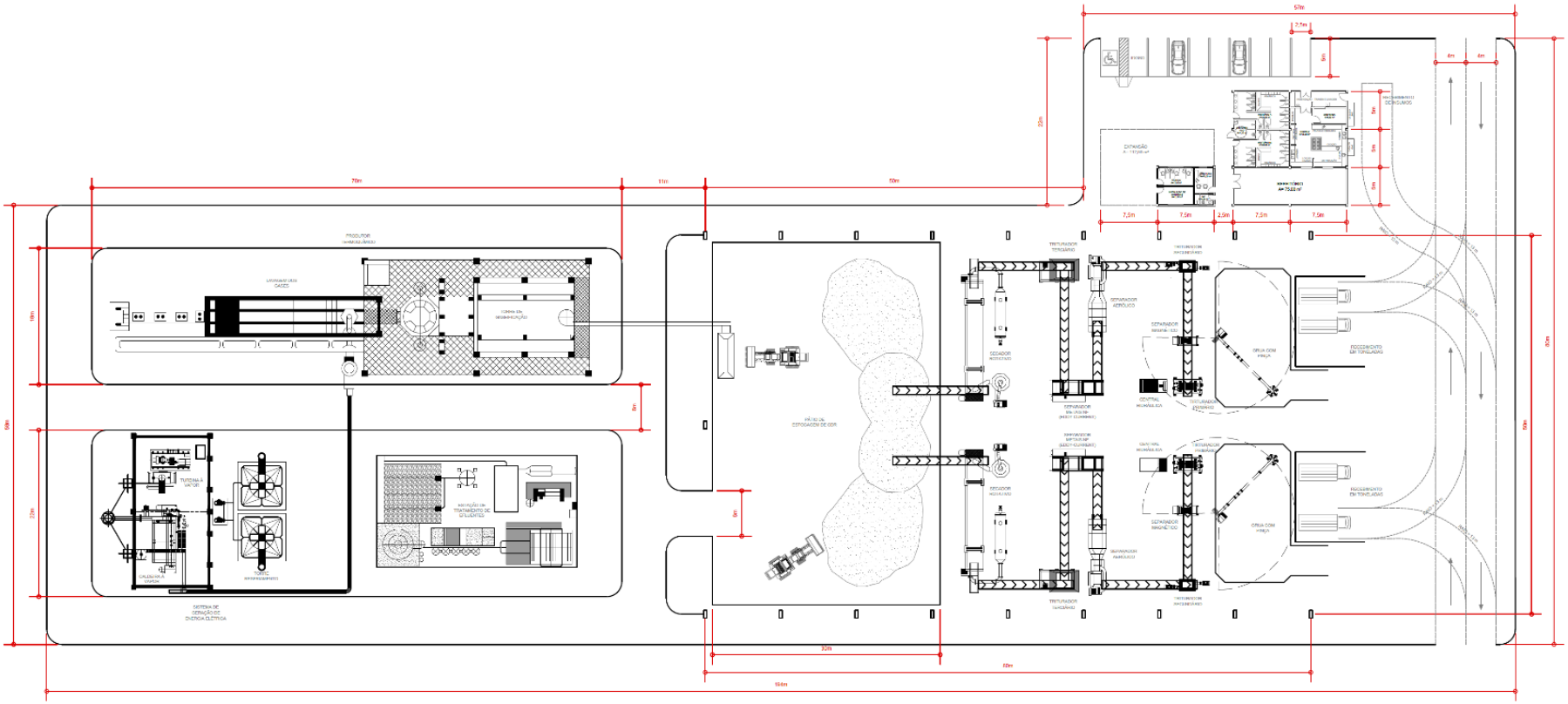
ANEXOS CITADOS AO LONGO DO ESTUDO

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA (EVTE)

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E GERAÇÃO DE ENERGIA, VISANDO À REDUÇÃO DE MASSA A SER ENCAMINHADA PARA DESTINO FINAL A PARTIR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

conisud
Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo

ANEXO I
PROPOSTA DE PLANTA PARA A USINA



1 PLANTA BAIXA
ESCALA: 1/50

conisud — Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo			
Conteúdo: Planta baixa do empreendimento			Área: 12.506,00 m²
Project: USINA DE GASEIFICAÇÃO EM LEITO FLUIDIZADO (GLFC)			
Responsável Técnico			
Desenho: Laís Brasil	Data: 23/05/2024	Folha: 01/02	Folha: A2

ANEXO II

PROCESSO DE GASEIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA - MS ENGENHARIA, PROJETOS & CONSULTORIA LTDA

MS ENGENHARIA, PROJETOS & CONSULTORIA LTDA

Este texto busca esclarecer alguns pontos sobre o processo de gaseificação de resíduos sólidos urbanos para a geração de energia.

De modo sumário é importante esclarecer que:

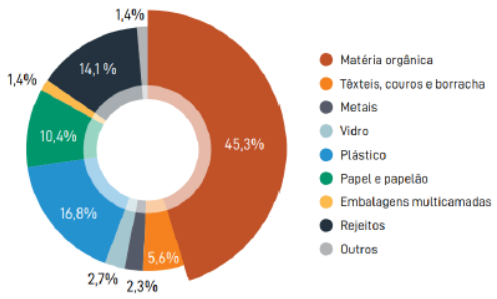
1. O processo de gaseificação a ser avaliado deve receber, após o processo de triagem dos centros de reciclagem, todo o volume restante de RSU;
2. Estes resíduos devem passar por um tratamento que vise retirar o material inerte – estimado em 5 a 10% - sendo o restante triturado e submetido a um processo de secagem, transformando o RSU em CDR, processos mecânicos clássicos, de tecnologia estabelecida e baixo custo;
3. Desta maneira deveremos ter uma redução de massa muito significativa, em torno de 75% de volume e de 90% do RSU a ser utilizado, sendo o material não utilizado inerte e de valor para outras aplicações, na maioria dos casos;
4. Dependendo da tecnologia a ser utilizada o nível de humidade aceita no CDR para utilização nos reatores vai de 15% a 40%. Espera-se receber um RSU com 35% a 50% de humidade com variações sazonais;
5. O poder calorífico do CDR obtido após tratamento está dentro dos parâmetros de utilização para a geração de energia e do custo benefício do empreendimento (de 10.000 kJ/kg (PCI) a 20 mil kJ/kg (PCS));
6. Os resíduos gasosos, líquidos e sólidos gerados nos processos deverão estar de acordo com todos os limites de indicadores ambientais, sendo eventualmente possível sua utilização como matéria prima em outros processos ou uma destinação com baixo custo, garantindo, assim, uma redução bastante significativa de gases geradores de efeito estufa;
7. O syngas, também conhecido como gás de síntese, gás sintético ou gás produtor, a ser produzido, possui um valor regulado e estabilizado no mercado, minimizando riscos e incertezas no que diz respeito aos aspectos financeiros;
8. A tecnologia associada ao processo de gaseificação, principalmente com leito fluido e plasma, tem se desenvolvido de maneira acentuada nos últimos anos, ampliando sua solidez e eficiência energética de forma altamente positiva, passando a ser utilizada em vários países da Europa, por exemplo;
9. Em termos comparativos, é a solução que agrega um excelente custo-benefício dentro do cenário brasileiro para os municípios envolvidos e a economia circular.

Composição do RSU

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020, elaborado pela ABRELPE, foi realizada uma "revisão de estudos realizados em escala municipal, incluindo referências acadêmicas, científicas e municipais, contemplando metodologias similares e realização durante um mesmo espectro temporal. Os documentos revisados apresentam a composição gravimétrica de 186 municípios brasileiros, com categorização mínima de orgânicos, metal, vidro, plásticos, papel/papelão e rejeitos" (ABRELPE 2020).

Os resultados mostraram a seguinte composição:

GRÁFICO 26. GRAVIMETRIA DOS RSU NO BRASIL



MATÉRIA ORGÂNICA
Contempla sobras e perdas de alimentos, resíduos verdes e madeiras.

TÊXTEIS, COUROS E BORRACHAS
Inclui retalhos no geral, peças de roupas, calçados, mochila, tênis, pedaços de couro e borracha.

EMBALAGENS MULTICAMADAS
Consistem em embalagens compostas por mais de um tipo de material.

REJEITOS
Incluem resíduos sanitários, outros materiais que não foram passíveis de identificação, bem como recicláveis contaminados que não permitiram a separação.

OUTROS
Contempla os resíduos identificados e que não deveriam estar no fluxo de RSU como RSS, eletroeletrônicos, pilhas e baterias, resíduos perigosos, RCD, pneus, óleos e graxas, embalagens de agrotóxico e outros resíduos perigosos.

Logo, podemos notar que o lixo orgânico representa pouco mais de 45% na composição média dos RSU gerado no brasil. Por outro lado, materiais inertes, como metais e vidros, totalizam cerca de 5%.

Ainda neste contexto, um estudo realizado pelo IPEA em 2012 mostrou que a quantidade de matéria orgânica e material inerte correspondeu a 51,4% e 8,2%, respectivamente. Estes e outros dados estão representados na tabela abaixo.

TABELA 35
Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos coletados no Brasil

Materiais	Participação	Quantidade	
		2000	2008
	%	t/d	t/d
Material reciclável	31,9	47.558,5	58.527,4
Metais	2,9	4.301,5	5.293,5
Aço	2,3	3.424,0	4.213,7
Alumínio	0,6	877,5	1.079,9
Papel, papelão e tetrapak	13,1	19.499,9	23.997,4
Plástico total	13,5	20.191,1	24.847,9
Plástico-filme	8,9	13.326,1	16.399,6
Plástico rígido	4,6	6.865,0	8.448,3
Vidro	2,4	3.566,1	4.388,6
Matéria orgânica	51,4	76.655,3	94.335,1
Outros	16,7	24.880,5	30.618,9
Total	**100,0**	**149.094,3**	**183.481,5**

Fonte: IPEA - 2012

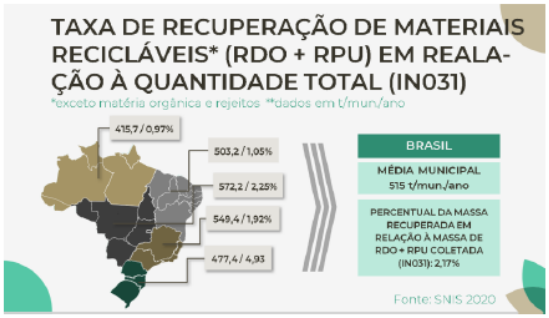
Por fim, o estudo gravimétrico realizado em Itapecerica da Serra em 2014 (REPMGRS, 2015) mostrou que o percentual de material orgânico produzido no município totalizou 62,1% e materiais inertes em 1%, conforme tabela abaixo.

Material	Porcentagem
Matéria Orgânica	62,1
Papel	3,2
Plástico	10,0
Vidro	0,7
Metal	0,3
Pilhas e Baterias	0,2
Eletroeletrônicos	0,0
Madeira	0,6
Têxteis e Couro	4,9
Outros (material não identificável)	17,9

Revisão e Elaboração do Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Itapecerica da Serra, 2015

Tendo em vista os estudos apresentados aqui, podemos estimar o percentual de material orgânico dos RSU na faixa de 45% a 60% e materiais inertes entre 5% a 10% de uma maneira segura.

Quanto ao material potencialmente reciclável, é importante observar que a taxa atual de recuperação é muito pequena, chegando a 2,17% em termos nacionais. Porém, as estruturas de reciclagem deverão ser incentivadas e apoiadas pela empresa vencedora do processo licitatório.



No que diz respeito ao poder calorífico dos vários tipos de materiais oriundos dos RSU do país, temos os seguintes valores:

Material	Poder calorífico em kcal/Kg
Plásticos	6.300
Borracha	6.780
Couro	3.630
Têxteis	3.480
Madeira	2.520
Alimentos	1.310
Papel	4.030

EPE 2008

O texto ainda fala que, embora a classificação segundo o PCI não deva ser considerada definitiva para estabelecer a destinação do RSU, considera-se que:

- para PCI < 1.675 kcal/Kg, a incineração não é tecnicamente viável, pois além de dificuldades técnicas, exige ainda a adição de combustível auxiliar;
- entre 1.675 kcal/Kg < PCI < 2.000 kcal/Kg, a viabilidade técnica da incineração ainda depende de algum tipo de pré-tratamento que eleve o poder calorífico;
- para um PCI > 2.000 kcal/Kg, a queima bruta, denominada *mass burning*, é tecnicamente viável.

Cabe-se destacar ainda que em uma planta de gaseificação o material (RSU) que chega para utilização é tratado em uma planta de processamento que o transforma em CDR (combustível derivado de resíduo) com base em trituração, separação, secagem e homogeneização. Esta etapa do processo é fundamental para se obter uma matéria prima que tenha granulação, humidade e potencial calorífico adequado visando maximizar o produto final. É exatamente nesse processo que os materiais inertes são retirados e todo o resto do lixo recebido é processado.

A importância desta etapa é enfatizada por Bosmans e Helsen:

> *"two types of MSW pretreatment can be identified: shredding – the main goal is size reduction, and conversion into RDF – the main goals are homogenization of physical and chemical properties as well as increasing the energy density of the waste. Additional benefits of converting MSW to RDF are lower pollutant emissions, reduced excess air requirement during combustion and finally, easier storage, handling and transportation"* (Bosmans e Helsen, 2010)

Assim, o CDR utilizado terá um poder calorífico específico em função da gravimetria e de sua preparação prévia

Em um trabalho recente, da Universidade Federal de Uberlândia, foi encontrado um PCS (18,27 MJ/kg) nos limites adequados para utilização da biomassa testada, e uma redução de 43,36% deste valor para o PCI com gás de síntese a 660ºC , resultando num PCI de 10.348 kJ/kg. Os pesquisadores citam que a utilização de gás de síntese como fonte de energia apresenta algumas vantagens em relação a outros processos de conversão de resíduos sólidos urbanos, como a incineração e o aterramento:

- Baixas emissões de poluentes: O gás de síntese produzido pela gaseificação é composto principalmente por hidrogênio e monóxido de carbono, que são gases combustíveis limpos, com baixas emissões de poluentes e gases de efeito estufa.
- Produção de energia renovável: A gaseificação pode transformar resíduos sólidos urbanos em uma fonte de energia renovável, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e promovendo a sustentabilidade energética.
- Eficiência energética: A gaseificação pode ser combinada com sistemas de cogeração, em que a energia térmica gerada pelo processo é utilizada para produzir eletricidade, aumentando a eficiência energética do processo.
- Recuperação de materiais valiosos: A gaseificação pode permitir a recuperação de materiais valiosos, como metais, a partir dos resíduos sólidos urbanos, reduzindo a necessidade de extração de recursos naturais.
- Redução do volume de resíduos: A gaseificação pode reduzir significativamente o volume de resíduos sólidos urbanos que precisam ser destinados a aterros sanitários, reduzindo assim os custos de transporte e eliminação de resíduos.

Em resumo, a gaseificação apresenta diversas vantagens em relação a outros processos de conversão de resíduos sólidos urbanos, tornando-se uma opção atraente para a geração de energia limpa e renovável." (Faria e Costa 2023).

Outro estudo conduzido por Gomes et alii (2017) mostram que em Ponta Grossa, PR, para um percentual de 40% dos RSD o PCS médio encontrado foi de 19.807 kJ/kg, sendo também encontrado um teor de água no RSD variando de 33% a 44% do peso. Estes valores viabilizam a utilização dos RSU no processo de gaseificação. Reafirmando a redução de massa em função do processo industrial e tecnológico utilizado, temos: "A gaseificação tem como principal vantagem a redução da quantidade volumétrica de RSU destinadas ao aterro. Essa redução do peso chega a 75% e a redução do volume pode alcançar até 90%. Produz apenas entre 8% a 12% de cinzas..." (Nogueira, 2015)

A mesma autora mostra as vantagens da gaseificação sobre a incineração, conforme mostrado no quadro abaixo.

	Incineração	Gaseificação
Vantagens	• Tratamento sanitário e a destruição de componentes orgânicos; • Recuperação Energética diretamente com o RSU.	• Redução volumétrica de até 90%; • Alta eficiência térmica global; • Eficiência é até 30% maior em relação à incineração; • Baixo custo de filtros de limpeza; • Praticamente nenhum gás perigoso é expelido no ambiente; • Área requerida para a planta é limitada; • Produção de Syngas.
Desvantagens	• Limitação da temperatura do vapor; • Limitação da eficiência global; • Baixo controle de poluição; • Instalações enormes; • Baixa eficiência; • Alta produção de cinzas; • Alto custo de filtros para limpeza;	• Necessidade de tratamento do RSU; • Baixa versatilidade; • Manutenção regular requerido para o sistema de limpeza;

Adaptado da referência Nogueira-2015,

Importante reforçar que existem vários tipos de tecnologia e reatores na conversão de lixo em syngas, cada uma com prós e contras dependendo do critério utilizado para avaliação. Um estudo recente que faz essa análise é Santos *et al* de 2023. Os autores afirma que:

> "Fluidized beds allow greater feedstock flexibility, and they have a relatively low cost, ease of construction and operation, potential for scale-up, and high efficiencies. Commercializing waste gasification technology is already a reality".

Assim, "nas últimas décadas, muitos tipos de gaseificadores foram desenvolvidos, além de diversas pesquisas e estudos que estão em andamento focados no aprimoramento e otimização do processo de gaseificação... A aplicação de gaseificadores de leito fluidizados na decomposição de RSU vem sendo amplamente estudada e foi comprovada a possibilidade de manutenção de uma temperatura uniforme no reator, ao passo que uma alta taxa de transferência de calor é mantida, fazendo com que esses gaseificadores possam ser amplamente usados como usinas de energia de grande escala, tornando-se assim, uma excelente alternativa para gestão do RSU de grandes cidades" (Mattos e Amim,2022)

No que diz respeito a aplicação de conversão termoquímica de RSU em municípios, Nandidhini *et al* (2022) mostra os progressos obtidos nessas tecnologias e sua integração.

Um outro estudo evidencia a importância da gaseificação aplicada aos RSU, enfatizando o avanço tecnológico dos últimos ano e o potencial da aplicação da tecnologia na economia circular, conforme trecho abaixo:

> "it became evident that the technological process of plasma gasification has undergone a trace of progress in the last 35 years, particularly in the last 5 years. Currently, three main trends should be observed: (1) When compared to conventional technologies in the recovery of waste for energy, electric energy is produced with greater efficiency through plasma gasification (51% vs. 20% of the RDF incineration plant) and the low emission of pollutants (i.e., no dioxins and furans are produced); (2) It has also become clear throughout this study that microwave plasmas have the widest range of applications (both at low and high temperatures), even though their role in surface coating has yet to be explored; (3) In general, for gasification, high gas temperatures can only be obtained with high working power and inductive or microwave plasmas, despite being the most suitable, thus, technological leaps are still necessary to reduce their limitations/costs. Therefore, a broader application of the technology is needed, namely by considering its evolution to new fields and sectors, expanding its benefits and scope." (Oliveira et alii, 2022)

Por fim, em termos de síntese, temos o estudo realizado pela Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais – CODEMGE, que estabeleceu um quadro comparativo das várias tecnologias de Waste-to-Energy, conforme ilustrado abaixo.

	Pirólise	Gaseificação	Inicineração	Biogás
Geração de energia elétrica (MW/Ton)	0,31	0,48	0,46	0,39
Balanço energético	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo
Alto custo de implantação	Não	Não	Sim	Não
Necessidade do processamento do RSU em CDR	Sim	Sim	Não	Não
Viabilidade economica para pequenos e médios municípios	Não	Sim	Não	Sim
Elimina a necessidade de aterros sanitários	Não	Sim	Sim	Não
Atendimento as leis estaduais e federais regentes em MG	Sim	Sim	Não	Sim
Atendimento as políticas sociais	Sim	Sim	Não	Sim
Riscos de contaminação ambiental	Médio	Baixo	Alto	Baixo
Atendimento ao projeto da ABNT-NBR16849 - Dezembro de 2019	Não	Sim	Não	Não
Solução definitiva para a destinação final do RSU	Não	Sim	Sim	Não

CODEMGE

Dessa maneira a gaseificação deve ser considerada uma solução sólida, adequada e de excelente custo benefícios para os porblemas que se enfrenta no Brasil com relação aos resíduos sólidos urbanos, como sintetizado no início deste texto.

ANEXO III

RESPOSTA AO PEDIDO DE ANÁLISE PRÉVIA SOBRE A VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE USINA DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM APROVEITAMENTO ENERGÉTICO E REDUÇÃO DE MASSA PARA USO DOS MUNICÍPIOS DE ITAPECERICA DA SERRA, EMBU-GUAÇU, SÃO LOURENÇO DA SERRA E JUQUITIBA

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB

INTERESSADO:	CONISUD – Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste da Grande São Paulo
ASSUNTO:	Ofício nº 055/2023 – CONISUD - Pedido de análise prévia sobre a viabilidade de instalação de usina de processamento de resíduos sólidos urbanos com aproveitamento energético e redução de massa para uso dos municípios de Itapecerica da Serra, Embu-Guaçu, São Lourenço da Serra e Juquitiba
MUNICÍPIO:	Itapecerica da Serra e Embu-Guaçu
REFERENTE:	Processo CETESB nº 081352/2023-08 ***(favor utilizar esta referência)***

I. INTRODUÇÃO

O CONISUD encaminhou o Ofício nº 055/2023 2023 – CONISUD, por e-mail do dia 21/09/2023, pelo qual solicita a análise prévia da viabilidade de instalação de uma usina de processamento de resíduos sólidos urbanos com aproveitamento energético e redução de massa para uso dos municípios de Itapecerica da Serra, Embu-Guaçu, São Lourenço da Serra e Juquitiba, todos localizados em área de mananciais. Ainda menciona que seja analisada a questão das restrições estabelecidas para a Bacia Hidrográfica do Guarapiranga (Lei Estadual nº 12.233/2006).

No referido ofício é feita referência à reunião realizada considerando ser necessária uma área de 12.000 m² para a instalação da mencionada usina. A primeira opção trazida é a área onde operou o Aterro de Resíduos Sólidos, Municipal de Itapecerica da Serra, atualmente desativado, localizada na Estrada Baltazar Manoel (Matrícula nº 17.153) e, caso não seja viável, a segunda opção seria a área localizada na Rodovia SP-234 do Município de Embu-Guaçu (Matrícula nº 101.530). Frisa que a área já se encontra licenciada para a atividade de transbordo.

II. ANÁLISE

No dia 19/09/2023 foi realizada uma reunião junto a representantes do CONISUD, da CETESB e da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística – SEMIL, a fim de apresentar um projeto de tratamento e destinação final de resíduos sólidos com aproveitamento energético dos municípios de Itapecerica da Serra, Embu-Guaçu, São Lourenço da Serra e Juquitiba. Foi apresentada a situação encontrada na gestão de resíduos sólidos em São Paulo. A proposta visa a instalação de usina que utilizaria o Combustível Derivado de Resíduos (CDR) para a realização de gaseificação para a produção do biogás (Syngas). Adicionalmente seria realizado o descomissionamento (recuperação de áreas degradadas) do aterro sanitário. Seria realizado um processo licitatório para modelo de gestão de PPP, com o objetivo de fornecer um projeto de engenharia para o empreendimento, gerenciamento e manutenção da planta termoquímica. A gaseificação foi a alternativa escolhida, a princípio, para a apresentação, ressalvado na reunião que a definição da tecnologia se dará quando da contratação da empresa, cujo processo licitatório se iniciará, após a definição do local para a implantação da unidade de tratamento.

Pelo plano apresentado, o processo consiste na coleta e controle da origem, quantidade e natureza dos resíduos recebidos, pesagem e tratamento para redução de volume a serem destinados a aterros, eliminando elementos contaminantes. É previsto o processamento de CDR, planta termoquímica e estação de tratamento de efluentes gerados. Como resíduos somente restariam cinzas que são inerentes ao processo de combustão. Haveria a geração de gás combustível ao invés de calor,

eliminaria a emissão de CH_4, contaminações de solo e lençóis freáticos e a formação de chorume, e teria uma eficiência da gaseificação acima de 80%. As cinzas geradas no processo poderão ser utilizadas, por exemplo, na fabricação de tijolos pressurizados. De acordo com o estudo, comparando-se com a pirólise, incineração e biogás, a gaseificação apresentaria como vantagens uma maior geração de energia elétrica, balanço energético positivo, não haveria alto custo de implantação, eliminaria a necessidade de aterros sanitários, haveria baixo risco de contaminação ambiental, atenderia a Norma ABNT NBR nº 16849/2019 e seria uma solução definitiva para a destinação final de RSU. O ponto negativo é a necessidade de processamento do RSU em CDR. Foi levantada a hipótese de haver um desmembramento de uma área de 12.000,00 m² para facilitar o seu licenciamento, considerando-se que seria a área necessária para a implantação da planta, contudo, não foi demarcada a área específica. Foi mencionada a intenção de realizar a compostagem de resíduos no local.

Os municípios de São Lourenço da Serra e Juquitiba possuem a maior parte de seu território na Área de Proteção aos Mananciais – APM da Bacia do Rio Juquiá. As porções de ambos os municípios fora da APM da Bacia do Rio Juquiá são pequenas em proporção ao restante dos municípios, com uso de baixa densidade e estão na Área de Proteção e de Recuperação aos Mananciais da Bacia da Guarapiranga – APRM-G.

O município de Itapecerica da Serra se encontra quase integralmente na APRM-G com uma porção muito pequena na APM da Bacia do Rio Juquiá.

O município de Embu Guaçu está integralmente inserido na APRM-G.

Portanto, se trata de bacias distintas.

Conforme a legislação em vigor, fica vedada na APRM-G a disposição de resíduos sólidos domésticos provenientes de fora desta área, excetuada a disposição em aterro sanitário municipal já instalado até a data de publicação da Lei Estadual nº 12.233/2006 desde que sua regularização seja promovida pelo Poder Público e observado o limite de sua via útil.

A atividade a ser desenvolvida no local não está apresentada em detalhes. Apenas é informada a pretensão de implantar uma planta para operar a atividade de gaseificação que envolve a incineração de resíduos sólidos urbanos. Sendo assim, a presente manifestação se restringe exclusivamente à análise da questão da área mais adequada para o recebimento da unidade de tratamento dentre as duas colocadas pelo CONISUD, sendo que os aspectos relacionados à operação, ás fontes de poluição, aos sistemas de controle e às restrições legais, com vistas a uma manifestação conclusiva, seriam necessários, além da definição locacional, o detalhamento do empreendimento, as características dos equipamentos, a caracterização das emissões atmosféricas, dos resíduos sólidos e dos efluentes líquidos, ou seja, o MCE – Memorial de Caracterização do Empreendimento completo, as destinações dos resíduos, dos efluentes líquidos, as planta das edificações com a demarcação de todas as intervenções, à caracterização da vegetação e das áreas protegidas e o layout produtivo.

Quanto à Lei Estadual nº 1817/1978, com base na informação de que a atividade de gaseificação envolve a incineração de lixo, a unidade de tratamento de resíduos sólidos se classifica como atividade da Listagem IA, a qual somente poderia ser realizada em ZUPI – Zona de Uso Predominantemente Industrial ou em ZEI – Zona Estritamente Industrial. O mesmo ocorre com a atividade de compostagem de resíduos.

Em vista da proposta de tratamento apresentada, no caso a gaseificação, foi objeto de questionamentos face à baixa eficiência do sistema em relação às características dos resíduos sólidos urbanos a serem

processados, foi declarado pelo consultor contratado, que inicialmente se pretende contratar uma consultoria para proceder os estudos e definir qual a tecnologia a ser implantada, porém, previamente buscaram o contato com a Secretaria e a CETESB para apresentar o plano e obter uma manifestação prévia, para posteriormente iniciar a contratação desses serviços, sendo assim, foram orientados os representantes do CONISUD e dos municípios envolvidos na questão, que fosse feita a consulta previa sobre a viabilidade e localização da unidade de tratamento, em vista das restrições legais quanto ao uso do solo nas áreas indicadas para a implantação do tratamento.

Adicionalmente no dia 11/10/2023, em reunião realizada na Agência Ambiental de Embu das Artes, com representantes da Prefeitura Municipal de Itapecerica da Serra, entre eles o Secretário Municipal de Meio Ambiente, para tratar de outras pendências daquele município, foi informado pelo secretário que há intenção de manter em operação o transbordo durante à implantação da usina de tratamento de resíduos, fato que implicará em intervenções na vegetação, assim como, se pretende após a implantação do sistema de tratamento, proceder o descomissionamento da área com tratamento do resíduo ali disposto na nova unidade. Declarou ainda que a município não dispõe de outras áreas para o transbordo de resíduos inertes, portanto, a área seria uma solução temporária.

Cabe ressaltar que área em questão possui outras pendências ambientais, tendo sido declarado pelo secretário que já está providenciando o licenciamento do transbordo, a manutenção no tanque de chorume que teria sido objeto de vandalismo (queimada). Que uma bióloga já está realizando o levantamento para o diagnóstico das medidas necessárias para demonstrar o cumprimento do TAC – Termo de Ajustamento de Conduta firmado com o Ministério Público do Estado de São Paulo em face da operação do antigo local de disposição de resíduos do município, que está tentando adequar a retirada dos resíduos com maior periodicidade e que já acionou o GCM – Guarda Civil Metropolitana, para controlar o acesso de pessoas estranhas ao local, porém, ainda sem sucesso.

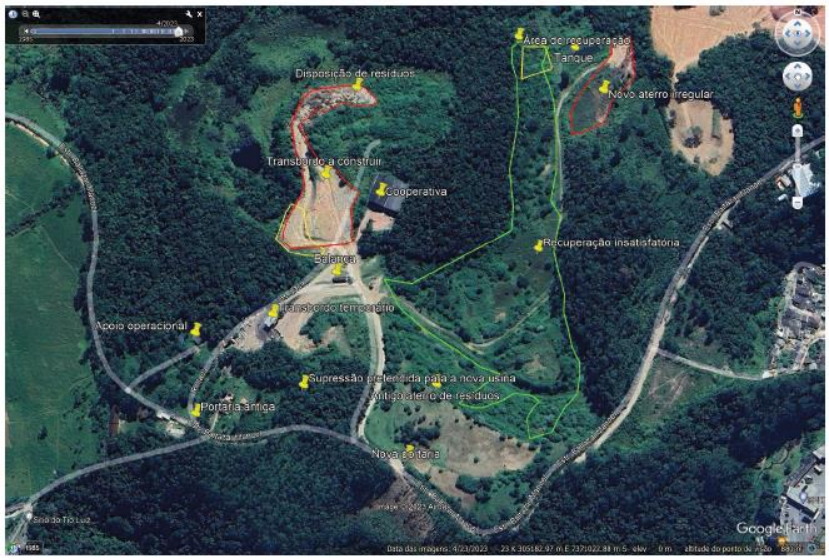


Imagem aérea da área do antigo aterro e atual transbordo de resíduos da Prefeitura, com a localização dos pontos de atenção observados pela CETESB.

Quanto à opção de implantação no município de Embu Guaçu, a área sugerida está registrada sob a Matrícula nº 101.530 e, trata-se de local onde atualmente há operação de Transbordo de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU's, coletados naquele município e, após a transferência para carreta de maior capacidade de carga e adequada para trajetos mais longos, os materiais são enviados para disposição final no Aterro Sanitário particular de Caieiras.

Tal atividade está regularizada perante a CETESB, por meio da Licença de Operação nº 72002453, de 09/04/2020, com validade até 09/04/2025 e está regularizada no âmbito da Lei Estadual Específica da APRM-G, tendo recebido o Alvará de Licença em APRM-G nº 72/0012/2020, datado de 09/04/2020 emitido para a atividade de transbordo.

No princípio era objetivo daquela municipalidade utilizar a área para a implantação de um Aterro Sanitário municipal. O licenciamento chegou a ser solicitado, porém, nunca houve o início das obras no local. Foram emitidas para empreendimento a Licença Prévia nº 00836, de 25/05/2005 no âmbito do Processo nº 13.585/04 pelo então DAIA – Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental (extinto), bem como, a Licença de Instalação nº 33002593, em 13/11/2008, revalidada em 13/11/2011, pela CETESB, ambas já se encontram caducas, nos termos do Artigo 70 e de seu parágrafo 2° do Regulamento da Lei Estadual nº 997/76 aprovado com Decreto Estadual nº 8468/76 e suas alterações.

Desta forma, considerando o uso da área, atualmente, o local se encontra livre de passivos ambientais, portanto, podemos considerar que essa alternativa locacional é ambientalmente inferior à opção de Itapecerica da Serra, por se tratar de instalação de atividade potencialmente geradora de áreas Contaminadas (determinada pelo item 2 do Parágrafo único, do Artigo 20, parágrafo 2º do Artigo 22 e Artigo 94, do Decreto Estadual nº 59.263/2013), sem a contrapartida de recuperação de uma área já degradada inserida na proposta para a instalação em Itapecerica da Serra.

Esta opção também é inferior, quando é feita análise de localização orientada pelo transporte, pois a área em Itapecerica da Serra, por se situar no eixo do Rodovia Régis Bittencourt, seria um ponto de fácil acesso e equidistante dos outros três municípios, ao contrário da área em Embu Guaçu que gerará significativo tráfego de veículos pesados, em face do aumento da movimentação desses pelo território, provenientes dos outros três municípios pelas SP 234 e SP 216, estradas atualmente estreitas e com o tráfego já saturado.

Um possível uso da área em Embu Guaçu para a implantação de empreendimento ocupando cerca de 12.000,00m², a princípio, e dependendo da implantação pretendida, não teria problemas com relação a necessidade de intervenções florestais, tais como a supressão de vegetação nativa e intervenção em Área de Preservação Permanente – APP de curso de água.

Porém, e igualmente com relação à opção de Itapecerica da Serra, haveria a restrição legal imposta pela Lei Estadual nº 1817/78, pois o local não é ZUPI e nem ZEI. Além da já mencionada restrição legal para recebimento de RSU's provenientes de fora da APRM-G.

Portanto, destaca-se que as duas restrições legais se aplicam a ambas as alternativas locacionais de Itapecerica da Serra e Embu Guaçu.

Ponderando as situações citadas acima e, olhando exclusivamente os aspectos operacionais e as condições ambientais atuais de ambas as áreas objetos de consulta, consideramos que a área de Itapecerica da Serra apresenta melhores condições para receber a implantação do empreendimento,

assim como, por se tratar de uma área já impactada, teria a possibilidade de equacionar os problemas ambientais e resolver adequadamente o passivo ambiental existente, ao passo que a área de Embu Guaçu, além de não apresentar um passivo ambiental, ainda possui outros pontos negativos que podem significar novos impactos ambientais à comunidade e ao meio ambiente, tornando o seu uso desfavorável para a implantação de um sistema de tratamento.

No que diz respeito às restrições legais, considerando inicialmente o disposto na Lei Estadual nº 1817/78, por estar classificada como atividade da listagem IA, a usina não poderia ser implantada no local, considerando que nas Áreas de Proteção dos Mananciais, somente são admitidas as atividades enquadradas na Listagem ID.

Por outro lado, quanto ao estabelecido no artigo 49, incisos I, II e III da Lei Estadual nº 12.233/06, em relação à implantação de sistema de tratamento de resíduos sólidos domésticos na APRM-G, poderá ser permitida a sua implantação, considerando a inviabilidade econômica ou a ausência de alternativa fora da APRM-G, que seja dotado de sistema de coleta, tratamento e disposição final, cujos projetos atendam às normas existentes na legislação e sejam implantados programas integrados de gestão de resíduos e acordo com o estabelecido referida lei, logo considerando que a maior parte do território de Itapecerica da Serra se localiza em APRM-G, assim como, considerando a questão trazida na apresentação da proposta de implantação de unidade de tratamento, ou seja, o custo elevado para dispor os resíduos gerados no local fora do município, entendemos que a exceção se aplica ao caso em relação ao estabelecido na legislação.

Quanto à restrição estabelecida na Lei Específica do Guarapiranga para o recebimento de resíduos de fora da APRM-G, de acordo com o parágrafo único do artigo 49, é vedada a disposição de resíduos de fora dessa área, exceto para a disposição em aterro sanitário municipal já licenciado até a data da publicação, desde que sua regularização seja promovida pelo Poder Público observado o limite de sua vida útil, portanto, considerando que o referido artigo determina que é proibida a disposição final, entende-se que a proposta da unidade de tratamento, embora ainda sem definição de tecnologia a ser aplicada, prevê o tratamento dos resíduos e, a disposição dos resíduos e materiais deverá ser feita fora da APRM-G, ou seja, não há previsão de disposição final dentro da Bacia do Reservatório da Guarapiranga, logo tal condição não contraria a lei, além de ser adequado afirmar que a sua aprovação somente será possível desde que a sua operação seja realizada mediante a implantação dos corretos dispositivos de controle de poluição, de melhor tecnologia prática disponível, portanto, entendemos que não haveria impedimento para admitir o recebimento dos resíduos de fora da bacia, considerando os municípios de São Lourenço da Serra e de Juquitiba.

III. CONCLUSÃO

Em face do exposto acima, por ter abrigado atividade de recebimento e disposição final de resíduos sólidos urbanos e por sua localização, a área localizada em Itapecerica da Serra, se apresenta como a área mais adequada para a implantação da unidade de tratamento.

Resta pendente a decisão sobre as questões legais quanto à classificação da atividade e a admissão do recebimento de resíduos sólidos urbanos de fora da bacia, cujas dúvidas sobre a interpretação da legislação, devem ser dirimidas junto ao Departamento Jurídico da CETESB, com proposta de após a definição e quando da análise do processo de licenciamento, quando serão avaliados os aspectos técnicos, seja submetido o caso à apreciação superior, quanto à necessidade de uma autorização especial, a qual deverá ser concedida pela Senhora Secretária de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, conforme estabelece o artigo 46, parágrafos 1º e 2º da Lei Estadual nº 1817/78.

Por fim cabe destacar que a presente manifestação diz respeito única e exclusivamente sobre os aspectos da viabilidade de localização da planta de tratamento de resíduos, sendo que a implantação e operação deverá ser avaliada em processo de licenciamento ambiental, contemplando todas informações sobre a tecnologia escolhida e também as etapas de operação, geração de poluentes e seus tratamentos e disposição final, plantas, manifestação da prefeitura e documentos de propriedade e registro do imóvel para fins das averbações das restrições ambientais, conforme definidas na legislação.

Quanto às intervenções florestais e em áreas protegidas, além do detalhamento sobre a unidade de tratamento escolhida, será necessária a apresentação de alternativas locacionais melhores que reduzam os impactos ambientais, em especial evitar novas intervenções em APRM-G e a supressão de vegetação nativa.

Eng.º Alexandre Shigueru Sakai
Analista Ambiental
CREA nº 5.063.902.227/D - Reg. CETESB nº 72.7815-2
Agência Ambiental de Embu das Artes

Ives Alcazar Gomes
Tecnólogo – CREA n° 0601428923
Registro CETESB nº 72.-5886

De acordo,

Eng.º Celso Machado
Gerente da Agência Ambiental de Embu das Artes
CREA 5.061.253430/D - Reg. nº 72.4638-2

CONISUD

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DA REGIÃO
SUDOESTE DA GRANDE SÃO PAULO

Estudo de Viabilidade Técnica e Econômico-Financeira (EVTE)

São Paulo - 2024