

COOPERAÇÃO TÉCNICA BRASIL-ALEMANHA

MANUAL DO USUÁRIO FERRAMENTA DE ROTAS E CUSTOS

Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos

AUTORES

ALAIM SILVA DE PAULA
GERALDO ANTÔNIO REICHERT

JUNHO DE 2021

COOPERAÇÃO TÉCNICA BRASIL-ALEMANHA

MANUAL DO USUÁRIO FERRAMENTA DE ROTAS E CUSTOS

Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos

AUTORES

ALAIM SILVA DE PAULA
GERALDO ANTÔNIO REICHERT

JUNHO DE 2021

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Prxesidente

Jair Messias Bolsonaro

Vice-presidente

Antonio Hamilton Martins Mourão

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Ministro

Rogério Marinho

Secretário Executivo

Cláudio Xavier Seefelder Filho

Secretário Nacional de Saneamento

Pedro Maranhão

FICHA TÉCNICA

ORGANIZAÇÃO

Cooperação para a proteção do clima na gestão
dos resíduos sólidos urbanos – ProteGEEr

*Diretor Substituto do Departamento de
Financiamento de Projetos, SNS/MDR*
Cássio Felipe Bueno

*Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*

Annelie Albers

Autores

Consórcio GOPAInfra – adelphi / ProteGEEr
Alaim Silva de Paula
Geraldo Antônio Reichert

Revisores

Consórcio GOPAInfra – adelphi / ProteGEEr
Guilherme Gonçalves
Paulo Celso dos Reis Gomes

Projeto Gráfico

Estúdio Cajuína

EQUIPE TÉCNICA

GIZ / ProteGEER

Hélinah Cardoso Moreira

Mariana Silva

Consórcio GOPAInfra - adelphi / ProteGEER

Jan Janssen

Rebeca Borges de Oliveira

Universidade Técnica de Braunschweig / ProteGEER

Christiane Dias Pereira

Secretaria Nacional de Saneamento /

Ministério do Desenvolvimento Regional

Clesivania Santos Rodrigues e Silva Vieira

Dogival de Oliveira Costa Junior

Ernani Ciríaco de Miranda

Jamaci Avelino do Nascimento Junior

Karina Araujo Souza

Maria Ottília Bertazi Viana

Sérgio Luis da Silva Cotrim

Secretaria Especial do Programa de Parcerias

de Investimentos / Ministério da Economia

Silvano Silvério da Costa

APRESENTAÇÃO

A limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos são componentes do saneamento básico regulamentados pela Lei 11.445, de 05 de janeiro de 2007, constituído pelas atividades de disponibilização e manutenção de infraestruturas operacionais de coleta, varrição, asseio e conservação urbana, assim como coleta, transporte, transbordo e a destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos com seu tratamento e a disposição final dos rejeitos. São serviços que, se prestados de forma adequada, contribuem fundamentalmente para a salubridade do meio ambiente com forte impacto positivo sobre a saúde e a qualidade de vida da população.

A melhoria da gestão dos resíduos sólidos urbanos deve se constituir como um ciclo virtuoso de atividades que observe, em ordem de prioridade, a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Deve, ainda, contemplar a sustentabilidade técnica, ambiental, social e econômico-financeira, numa visão de economia circular, que se inicia com a extração da matéria-prima e a produção de um bem ou produto, passando por sua distribuição e consumo, até a geração, reutilização e reciclagem dos resíduos, e reintrodução destes na cadeia produtiva, sendo descartados somente os rejeitos.

No Brasil, para alcançar este patamar de gestão, há inúmeras barreiras a enfrentar. A estrutura descentralizada, que tem o município como principal responsável pelo manejo dos resíduos sólidos urbanos, desponta como um dos maiores desafios, pois cerca de 70% dos municípios brasileiros têm menos de 20 mil habitantes, porte que

inviabiliza a sustentabilidade de alguns serviços. Ademais, os municípios de menor porte historicamente enfrentam dificuldades com a insuficiente capacidade técnica, institucional e financeira para uma gestão eficiente da limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos.

Neste contexto, a recente revisão do Marco Legal do Saneamento Básico, aprovada em 15 de julho de 2020, apresenta algumas diretrizes fundamentais que, uma vez implementadas, irão propiciar a melhoria sustentável dos serviços nos municípios brasileiros. A principal delas é a que impulsiona a prestação regionalizada, orientando para o agrupamento de municípios com a participação dos estados, de forma a assegurar a escala ótima, atendendo adequadamente às exigências de higiene e saúde pública, e proporcionando viabilidade econômica e técnica aos municípios, sobretudo aos menos favorecidos.

A Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional, cumprindo sua missão de apoiar os municípios brasileiros, sobretudo com foco no desenvolvimento regional, realiza diversas ações de apoio técnico e financeiro, desde programas de investimentos, como o Saneamento para Todos, até o assessoramento e a capacitação dos gestores municipais, como o que tem sido oferecido pelo Fundo de Apoio à Estruturação e ao desenvolvimento de Projetos de concessão e Parcerias Público-Privadas da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios – FEP CAIXA.

Nessa linha, dentre outros, desenvolve o [Projeto ProteGEER](#), coordenado no Brasil pela Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional em parceria com a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável,

por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Este projeto é parte da Iniciativa Internacional para o Clima (IKI), apoiada pelo Ministério do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) da Alemanha. O Projeto atua, dentre outras formas, no apoio técnico aos municípios brasileiros de forma a propiciar a melhoria da gestão dos resíduos sólidos urbanos, promovendo a economia circular e o combate às mudanças climáticas.

Como parte de suas atividades, o **ProteGEER** desenvolveu um conjunto de ferramentas de apoio à gestão municipal com potencial de auxiliar os gestores na tomada de decisão em temas prioritários referentes à gestão de resíduos sólidos urbanos. São nove ferramentas que se constituem de guias, roteiros e planilhas de cálculo, contemplando temas estratégicos, como encerramento de lixões, coleta seletiva, formação de consórcio público, cobrança pelos serviços, emissões de gases de efeito estufa, rotas tecnológicas e custos de investimentos e operação.

As ferramentas, testadas e validadas em vários municípios-piloto, são agora apresentadas e disponibilizadas aos técnicos e gestores para aplicação prática nos municípios interessados. A Secretaria espera que o uso de forma adequada possa efetivamente contribuir para a melhoria da gestão dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos em todo o país.

Boa leitura e bom uso das ferramentas!

Pedro Maranhão
Secretaria Nacional de Saneamento
do Ministério do Desenvolvimento Regional

SUMÁRIO

1 ROTAS TECNOLÓGICAS PARA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) 11

1.1	Rota tecnológica	12
1.1.1	Conceito	12
1.1.2	Diretrizes para a definição de uma rota tecnológica	13
1.1.3	Exemplos de rotas tecnológicas	15
1.2	A Ferramenta de Rotas e Custos	20
1.3	Objetivos, potencialidades e limitações da Ferramenta	21
1.3.1	Objetivos	21
1.3.2	Potencialidades	23
1.3.3	Limitações	25
1.4	Recomendações para aplicação da ferramenta de Rotas e Custos em Consórcios Públícos	27

2 FERRAMENTA DE ROTAS E CUSTOS – BALANÇO DE MASSA 30

2.1	Introdução à Rotas – Balanço de Massa	30
2.2	Como utilizar a Rotas – Balanço de massa	32
2.2.1	Aba R-Entrada	34
2.2.2	Aba R-Definição	40
2.2.3	Aba R-Avançado	51
2.2.4	Aba R-Fluxo Massa	55
2.2.5	Aba R-Resumo Bal. Massa	56
2.2.6	Aba Saída GEE	58
2.3	Considerações finais sobre Rotas – Balanço de Massa	58

3

FERRAMENTA DE ROTAS E CUSTOS – CUSTOS ASSOCIADOS

59

3.1	Objetivos, Estrutura e Funcionalidades da Ferramenta	61
3.1.1	Estruturação das Abas da Ferramenta de Custos	61
3.1.2	Estruturação das Abas da Ferramenta de Custos	64
3.2	Descrição Geral das Abas de Estruturação das Tecnologias	66
3.2.1	Racional para a Definição e Estruturação das Estimativas de Investimento das Tecnologias	68
3.2.2	Racional para a Definição e Estruturação Padrão das Estimativas dos Custos Operacionais das Tecnologias	70
3.2.3	Estruturação do Racional Técnico dos Custos de Investimento das Tecnologias	72
3.3	Descrição e Estruturação Geral da Aba do Painel de Controle	78
3.3.1	Resumo Geral da Rota Tecnológica	78
3.3.2	Quantitativos – Balanço de Massa	79
3.3.3	Dados Capex/Opex da Rota Tecnológica	80
3.3.4	Resumo . Dados Econômicas da Rota Tecnológica	82
3.3.5	Resumo Geral do Painel de Controle	84
3.4	Aba Cálculo de Fluxo de Caixa Livre do Projeto	89
3.5	Aba C-Graf Simul Tarifa	95
3.6	Aba C-Graf Simul FEP	98
3.7	Aba C-Calc Tarifa	100
3.8	Como Utilizar a Ferramenta de Custos	111

●	ANEXO I Detalhamento dos Custos de Investimento e Custos Operacionais das Tecnologias de Tratamento e Disposição de RSU	146
●	ANEXO II Detalhamento das Informações do Painel de Controle da Rota Tecnológica	158
●	ANEXO III Detalhamento da Aba Cálculo de Fluxo de Caixa Livre do Projeto de Implementação da Nova Rota Tecnológica	195
●	ANEXO IV Detalhamento da Aba Cálculo de Fluxo de Caixa Livre do Projeto de Implementação da Nova Rota Tecnológica	205
●	ANEXO V Detalhamento da Aba de Cálculo da Distribuição do Custo Médio da Tarifa de Manejo de Resíduos Sólidos de Implementação da Nova Rota Tecnológica	209
●	REFERÊNCIAS	214

ROTAS TECNOLÓGICAS PARA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

1.1 ROTA TECNOLÓGICA

1.1.1 CONCEITO

O que atualmente chamamos de rota tecnológica é uma evolução do conceito de gerenciamento integrado. Segundo White *et al.* (1995), gerenciamento integrado de resíduos sólidos é uma forma de manejo de resíduos que combina diferentes métodos de coleta e tratamento para lidar com todos os materiais no fluxo de geração e descarte de resíduos de maneira ambientalmente efetiva, economicamente viável e socialmente aceitável. Segundo os mesmos autores, um sistema integrado inclui a segregação na origem e a coleta de todos os tipos de resíduos e de todas as fontes, seguidas por uma ou mais das seguintes opções: recuperação ou valorização secundária de materiais (reciclagem), tratamento biológico da matéria orgânica, tratamento térmico e aterro sanitário.

Define-se rota tecnológica como “o conjunto de processos, tecnologias e fluxos dos resíduos desde a sua geração até a sua disposição final, envolvendo circuitos de coleta de resíduos de forma indiferenciada e diferenciada e contemplando tecnologias de tratamento dos resíduos com ou sem valoração energética” (JUCÁ *et al.*, 2014). Uma rota tecnológica inicia-se na geração dos resíduos e encerra-se na disposição final em aterro sanitário, sendo que as soluções propostas devem atender aos pilares da sustentabilidade, ou seja, ser ambientalmente efetivas, ter um custo mais viável à população que paga pelo serviço e ser socialmente justas e aceitáveis por parte da população.

1.1.2 DIRETRIZES PARA A DEFINIÇÃO DE UMA ROTA TECNOLÓGICA

A rota tecnológica escolhida pelo município deverá ser compatível com os preceitos do artigo 9º da Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), que estabelece a hierarquia a ser adotada na gestão dos resíduos sólidos urbanos. Essa hierarquia pode ser baseada em metas progressivas para o atendimento desse artigo.

Art. 9º Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

§ 1º Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.

§ 2º A Política Nacional de Resíduos Sólidos e as Políticas de Resíduos Sólidos dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios serão compatíveis com o disposto no caput e no § 1º deste artigo e com as demais diretrizes estabelecidas nesta Lei.

De maneira geral, as seguintes diretrizes devem ser observadas na avaliação e na escolha de uma rota tecnológica para resíduos sólidos urbanos:

- iniciar pelo conhecimento da rota tecnológica atualmente utilizada pelo município, por mais simples que seja;
- realizar o balanço de massa e de energia¹ das rotas avaliadas;
- avaliar a possibilidade de implantação dos avanços tecnológicos e de novas formas de tratamento de maneira escalonada;
- atentar para a compatibilização da rota tecnológica com as metas do plano municipal (intermunicipal ou regional) de gestão integrada de resíduos sólidos;
- possuir instrumentos de inclusão e emancipação dos catadores de materiais recicláveis que atuam no município;
- avaliar e quantificar todos os subprodutos que possam resultar em receitas acessórias ao sistema;

1 Balanço de massa e de energia é uma avaliação quantitativa do fluxo de matéria e de energia para o interior ou do exterior de um sistema. No caso de uma rota tecnológica, realizar o balanço de massa e de energia significa calcular todas as massas de resíduos e suas frações que entram na rota e em cada etapa ou unidade de tratamento. As massas saem de materiais recicláveis, composto, rejeitos e emissões para a atmosfera nas etapas e na rota como um todo. Inclui também o cálculo da energia útil gerada em função da produção de biogás ou energia elétrica a partir da incineração.

-
- prever instrumentos legais e financeiros de recuperação dos custos do sistema, por intermédio da cobrança de taxas ou tarifas;
 - quantificar as emissões totais de gases de efeito estufa (GEE) em toda a rota, buscando maximizar a redução da emissão desses gases;
 - atender à hierarquia do gerenciamento integrado de resíduos estabelecida no artigo 9º da Lei nº 12.305/2010;
 - considerar tecnologias consolidadas nacional ou internacionalmente, que sejam licenciáveis de acordo com a legislação brasileira.

1.1.3 EXEMPLOS DE ROTAS TECNOLÓGICAS

Em outras palavras, uma rota tecnológica é o “caminho” que o resíduo faz da casa do gerador até o aterro sanitário, com todos os subprodutos voltando ao ciclo produtivo. Os municípios brasileiros ainda têm o desafio de zerar a disposição final inadequada em lixões. Feito isso, atendendo aos preceitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os aterros sanitários tenderão a receber cada vez mais rejeitos e menos resíduos recicláveis e orgânicos. As combinações das tecnologias de tratamento, com a adoção das coletas seletivas, resultam nas diferentes rotas tecnológicas a serem avaliadas.

Nem todas as tecnologias podem ser aplicadas a todos os municípios. Tecnologias como a incineração, a triagem mecanizada, a produção de Combustível Derivado de Resíduos (CDR) ou mesmo a biodigestão têm capacidades mínimas, em termos de toneladas por dia a tratar, em função de gatilhos de viabilidade econômica.

Uma rota mais simples, para municípios de menor porte, ou mesmo uma rota inicial (prevendo a implantação em fases de uma rota mais avançada), é apresentada na Figura 1.

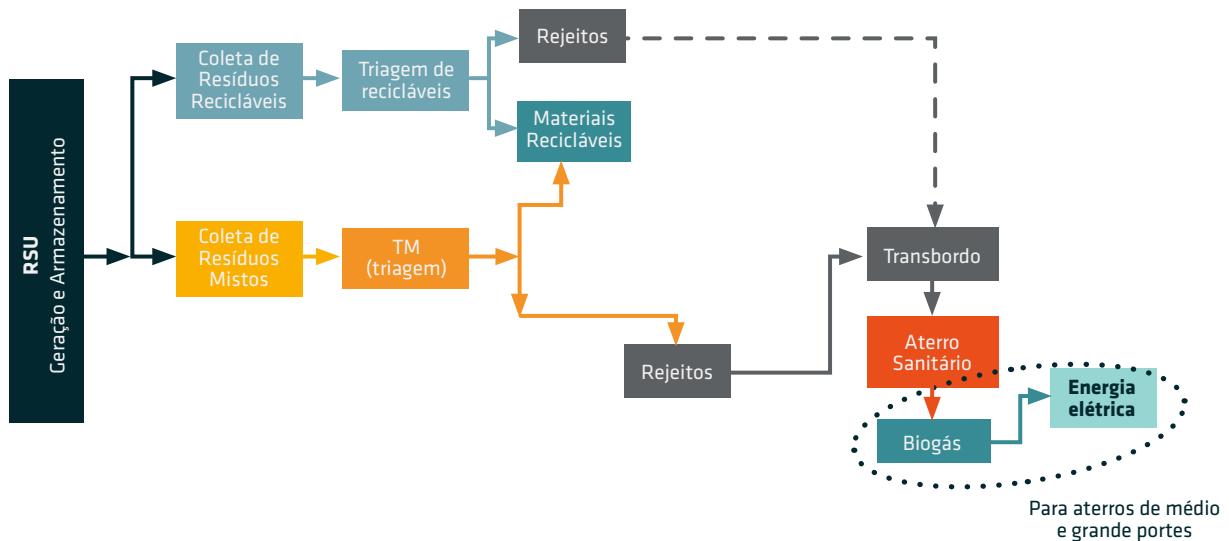


FIGURA 1 – FLUXOGRAMA DE UMA ROTA TECNOLÓGICA MAIS SIMPLES OU INICIAL

Fonte: Autores (2021)

Nesta rota, com apenas coleta seletiva de recicláveis secos e coleta de mistos, tem-se a triagem dos recicláveis e a triagem para remoção somente dos recicláveis do fluxo de resíduos da coleta de mistos. Os rejeitos, junto com os resíduos orgânicos, são enviados para aterro sanitário. Como nessa rota o aterro recebe ainda os resíduos orgânicos (como restos de alimentos e resíduos verdes), dependendo do porte do aterro e de estudos de viabilidade técnica e econômica, pode-se fazer o aproveitamento energético do biogás gerado no aterro.

Municípios de pequeno porte, cuja população normalmente reside em casas com pátios ou jardins, podem adotar sistemas de compostagem caseira para o tratamento dos resíduos domiciliares orgânicos. Nesse caso, esses resíduos não entram no fluxo de balanço de massa nas rotas avaliadas.

Um exemplo de rota a ser aplicada em município de médio porte ou em etapas mais avançadas é apresentado na Figura 2. Essa rota já inicia com três tipos de coleta, incluindo a coleta seletiva de orgânicos, além da seletiva de recicláveis e dos mistos. Como tecnologias de processamento, inclui-se aqui a produção de CDR e a compostagem dos resíduos orgânicos coletados seletivamente.

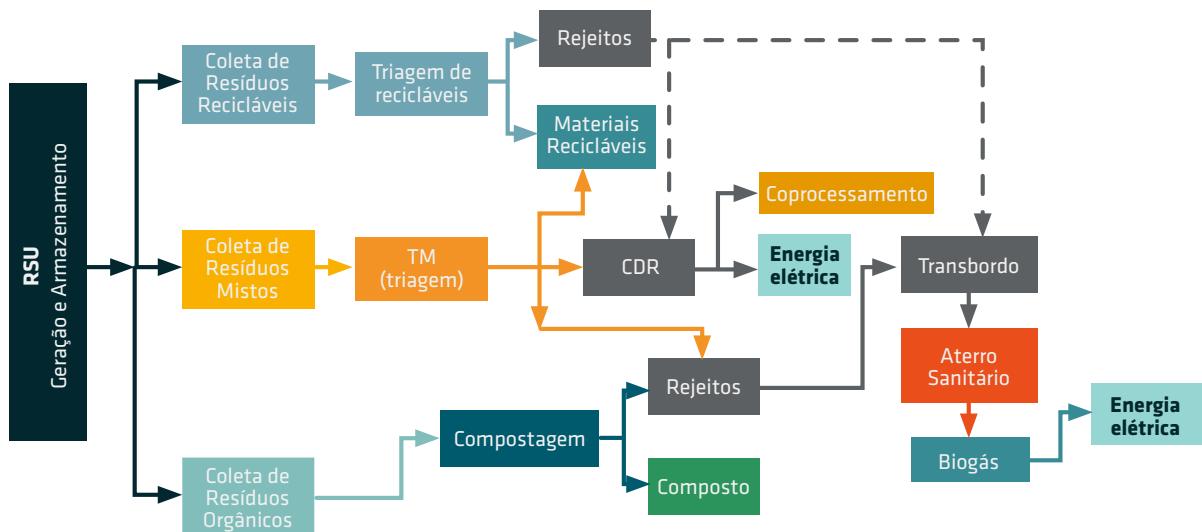


FIGURA 2 – FLUXOGRAMA DE UMA ROTA TECNOLÓGICA INTERMEDIÁRIA

Fonte: Autores (2021)

No caso da produção de composto a partir de resíduos orgânicos seletivos, tem-se um composto final de alta qualidade para uso nobre na agricultura. Recomenda-se iniciar sempre a coleta seletiva de orgânicos pelos grandes geradores, como centros de distribuição de hortifrutigranjeiros, supermercados e restaurantes. Como ainda haverá resíduos orgânicos domiciliares na coleta de mistos que irão ao aterro sanitário, é possível avaliar nessa rota também o aproveitamento do biogás gerado no aterro.

Já na Figura 3, mostra-se uma rota mais avançada, a ser aplicada a municípios de grande porte ou em etapas ou fases finais na implantação escalonada nos demais municípios. Essa rota também inicia com três tipos de coleta. Como diferencial em relação à rota anterior (Figura 2), tem-se a adição da possibilidade do tratamento mecânico e biológico (TMB) para os resíduos mistos. O TMB constitui-se na triagem mecanizada, seguida de um processo de tratamento biológico para a fração orgânica. Há possibilidade de utilizar a digestão anaeróbia para os orgânicos seletivos ou os triados a partir dos resíduos da coleta de mistos, bem como de fazer a incineração dos rejeitos dos processos de triagem.

Importa realçar que neste caso, se todos os resíduos orgânicos passarem por algum processo de tratamento biológico, os rejeitos a serem dispostos no aterro sanitário não terão potencial de geração de biogás. Mas existe a possibilidade de utilização do biogás do processo de biodigestão controlada em reatores – a digestão anaeróbia, tanto na forma de produção de energia elétrica como na purificação do biogás para obtenção de biometano.

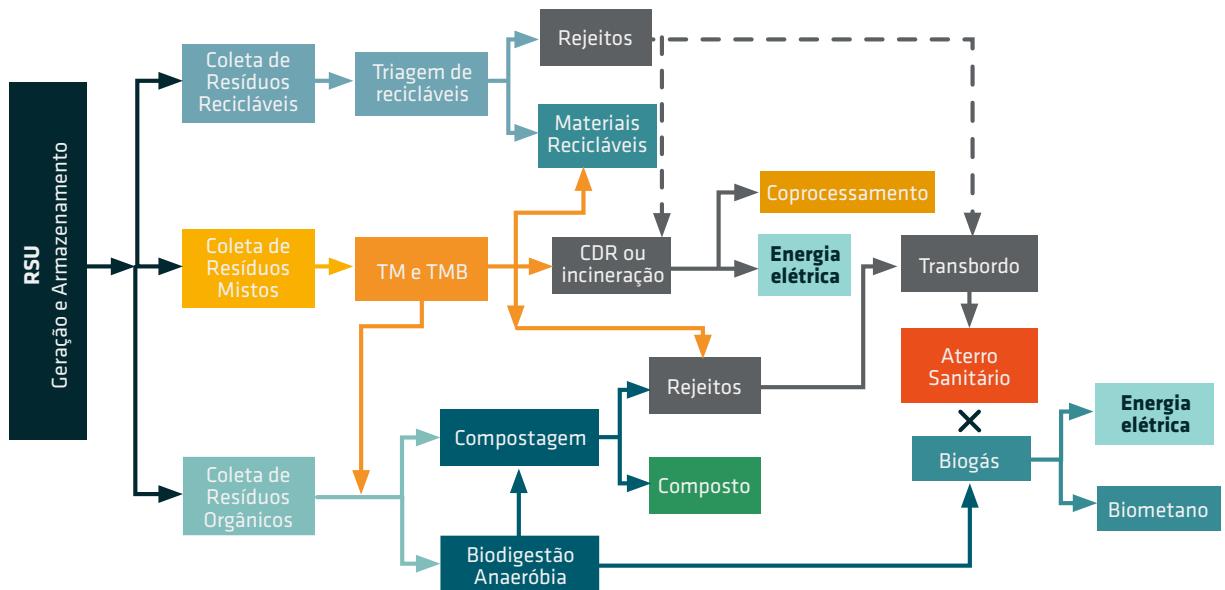


FIGURA 3 – FLUXOGRAMA DE UMA ROTA TECNOLÓGICA AVANÇADA

Fonte: Autores (2021)

1.2 A FERRAMENTA DE ROTAS E CUSTOS

A Ferramenta de Rotas e Custos está concebida em um arquivo de Microsoft Excel, contendo uma primeira parte para a definição das tecnologias que comporão a rota tecnológica e seu respectivo balanço de massa, e uma segunda parte para a simulação dos custos associados à rota definida.

A Ferramenta é composta por um total de 20 abas ou planilhas. A primeira aba é de apresentação da ferramenta. Na sequência, há cinco abas com a definição da rota e seu balanço de massa.

Há uma aba chamada de Saída GEE, realçada em amarelo na parte de baixo da planilha eletrônica, que tem a finalidade específica de resumir os dados de balanço de massa da rota avaliada para alimentação (servir como máscara de dados de entrada) de outra ferramenta, desenvolvida pela GIZ e adaptada para a realidade brasileira pelo Programa ProteGEer, a qual pode ser utilizada para avaliação da emissão de GEE em rotas tecnológicas de RSU. Mais à direita na planilha da Ferramenta de Rotas e Custos há 13 abas para a simulação dos custos associados à rota.

Das 20 abas existentes na Ferramenta, em apenas cinco o usuário deverá interagir para a entrada de dados ou informações. As outras são de apoio à realização dos cálculos internos das simulações, de resultados ou de saída para utilização em outra ferramenta (de emissão de GEE).

No Capítulo 2 deste Manual (“Ferramenta de Rotas e Custos – Balanço de Massa”), serão apresentados os passos para realizar a escolha das tecnologias que farão parte da rota, a definição das massas de resíduos a serem enviadas a cada processo de tratamento bem como as eficiências e outros parâmetros operacionais dessas tecnologias. É nessa parte da Ferramenta que também são calculados os subprodutos resultantes da rota definida, fechando-se assim o balanço de massa de todo o sistema (a massa que entra no sistema deve ser igual à massa que sai do sistema).

A simulação dos custos associados à rota em avaliação será apresentada e detalhada no Capítulo 3 deste Manual.

1.3 OBJETIVOS, POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DA FERRAMENTA

1.3.1 OBJETIVOS

A Ferramenta de Rotas e Custos aqui apresentada é uma ferramenta de simulação de cenários, alternativas ou sistemas futuros de gerenciamento ou manejo de RSU. Cenários, alternativas ou sistemas de gerenciamento de RSU são aqui denominados de “rotas tecnológicas”.

Não se trata de uma ferramenta de tomada de decisão, pois ela não resulta na definição de uma solução ótima ou de uma rota tecnológica ideal. Ela serve para mostrar ao gestor público, ou técnico que está avaliando possíveis soluções, diferentes opções ou rotas e suas potencialidades, a geração de subprodutos e o desvio de resíduos do aterro sanitário, bem como os custos associados. Ou seja, a utilização da Ferramenta

aumenta o nível de inteligência na tomada de decisão, dando ao decisor uma visão integrada, sistêmica e holística. Dessa maneira, quem toma a decisão final de qual rota tecnológica adotar sempre será o gestor público.

A utilização da Ferramenta de Rotas e Custos melhora muito a qualidade da tomada de decisão. Porém, por mais bem elaborada, calibrada e validada que tenha sido, ela não “elabora” um projeto detalhado da realidade. Portanto, há limitações ao uso de seus parâmetros de saída diretamente na preparação de projetos.

Desde o início do desenvolvimento da Ferramenta, o desafio foi deixá-la suficientemente completa, ampla e robusta, sem que sua utilização ficasse demasiadamente complexa. Assim, embora se entenda que seu uso é relativamente simples, o usuário deve possuir algum conhecimento prévio sobre gerenciamento de RSU para extrair os melhores resultados da sua utilização.

Assim, o objetivo da parte de Balanço de Massa da Ferramenta de Rotas e Custos aqui apresentada é permitir ao usuário simular rotas atuais ou futuras de manejo de RSU em municípios, consórcios ou regiões. Mais especificamente, essa parte serve para escolher as tecnologias que farão parte dessas rotas e, a partir dessa definição, estimar os quantitativos enviados para cada unidade de tratamento, os subprodutos e os rejeitos gerados em cada processo, as perdas por evaporação e a massa final desviada do aterro sanitário.

O balanço de massa estruturado pela Ferramenta considera o total de RSU coleados ou recebidos na rota tecnológica em análise, passando por diferentes tipos de coleta e de tratamento até a disposição final em aterro. O que se faz é colocar números (em termos de massa diária de resíduos gerenciados) em cada quadro dos

fluxogramas conceituais apresentados nas Figuras 1 a 3 deste Manual.

1.3.2 POTENCIALIDADES

A grande funcionalidade da Ferramenta é que ela está estruturada de modo que vai conduzindo o usuário na montagem ou na definição das rotas que ele deseja simular. Há também uma série de valores já parametrizados de eficiências dos processos ou tecnologias a adotar. Essas variáveis podem ser modificadas ou ajustadas se houver dados mais específicos ou regionais. Como saída, resulta um quadro com todas as capacidades de projeto das unidades de tratamento e dos subprodutos gerados em cada uma, além da apresentação visual do fluxo de massa final da rota, conforme discutido anteriormente.

Basicamente, a definição de rotas e seu respectivo balanço de massa podem ser feitos para qualquer tamanho de município ou quantidade de resíduos. Entretanto, há algumas “chaves” ou limitadores na Ferramenta que restringem a utilização de determinadas tecnologias para uma capacidade diária mínima de resíduos na entrada da planta, em função de questões de viabilidade técnica e econômica. Um exemplo típico é a adoção da incineração, que só apresenta viabilidade para grandes gerações de RSU. Não faria sentido, portanto, incluir esse tipo de opção tecnológica para municípios de médio ou pequeno porte.

Os principais pontos de aplicabilidade, ou o escopo, da Ferramenta são:

- construção e avaliação de soluções integradas para o manejo de RSU;

-
- realização de estudo de pré-viabilidade;
 - utilização de tecnologias consolidadas (coletas seletiva de recicláveis, seletiva de orgânicos e de mistos; triagem manual e mecanizada de resíduos seletivos, triagem mecanizada de resíduos mistos, produção de CDR, compostagem e biodigestão anaeróbia, incineração e aterro sanitário);
 - estimativa da massa que entra e que sai em cada tecnologia de tratamento utilizada na rota;
 - comparação da rota atual com rotas futuras, dando maior segurança no momento da tomada de decisão sobre qual rota adotar;
 - estimativa da geração dos subprodutos nas diversas etapas do tratamento, como materiais recicláveis (papel, plástico, metal e vidro), CDR fino² e CDR grosso³, composto, biogás (com produção de energia elétrica ou biometano na planta de biodigestão e no aterro) e energia elétrica na unidade de incineração.

2 CDR fino: Combustível derivado de resíduos produzido via tratamento mecânico (rejeitos secos dos resíduos mistos) ou mecânico-biológico (rejeitos secos dos resíduos mistos + material estabilizado da fração orgânica via biossecagem), com granulometria abaixo de 20 mm e poder calorífico acima de 5.000 kcal/kg. Esse CDR é utilizado na queima principal das plantas de produção de cimento.

3 CDR grosso: Combustível derivado de resíduos produzido via tratamento mecânico (rejeitos secos dos resíduos mistos) ou mecânico-biológico (rejeitos secos dos resíduos mistos + material estabilizado da fração orgânica via biossecagem), com granulometria abaixo de 80 mm e poder calorífico acima de 4.000 kcal/kg. Esse CDR é utilizado na queima secundária (calcinador da torre de ciclones) das plantas de produção de cimento.

1.3.3 LIMITAÇÕES

Nenhum programa de computador, seja ele extremamente elaborado e complexo, ou mais simples, como uma tabela estruturada de Excel, prevê ou simula exatamente a realidade. Qualquer simulação computacional é sempre uma aproximação da realidade, e não a realidade em si; apresenta, assim, as limitações inerentes a essa tentativa de representar ou antecipar uma situação futura.

Algumas limitações importantes em relação ao Balanço de Massa que se deve ter em mente ao fazer uso da Ferramenta são:

- a entrada de dados de massa gerada e composição gravimétrica é única, isto é, não é possível entrar com valores separados para resíduos domiciliares, resíduos comerciais de grandes geradores ou resíduos da limpeza urbana, por exemplo;
- a composição gravimétrica deve representar o total da massa de resíduos que entra na rota. Assim, se o usuário quiser simular o gerenciamento de resíduos domiciliares e resíduos de limpeza pública e tiver as composições gravimétricas específicas desses dois tipos de resíduos, deverá calcular previamente a composição gravimétrica ponderada;
- as formas de coleta que podem ser simuladas são seletiva de recicláveis, seletiva de orgânicos e de mistos. Não é possível especificar qual técnica será adotada nas coletas (se é porta a porta; se é por caminhão compactador ou não; se é conteinerizada; se há PEVs para seletivos etc.), nem há sistemas especiais de coleta seletiva por tipo de material (por exemplo, coleta separada de embalagens de vidro ou de papel e papelão);

-
- as eficiências de triagem são iguais para todos os tipos de materiais, não sendo possível especificar eficiências distintas por tipologia e material;
 - embora em uma mesma rota tecnológica possa haver, por exemplo, mais de uma unidade de triagem manual de seletivos ou mais de uma unidade de compostagem, a simulação da rota assume sempre que será uma unidade única por tecnologia;
 - a estação de transferência ou de transbordo é somente para resíduos mistos e rejeitos das triagens ou dos processos de tratamento até o aterro sanitário. A Ferramenta não permite simular transferência até uma unidade de incineração ou à outra planta de tratamento.

Todas as limitações acima listadas resultam do objetivo de manter a facilidade do uso da Ferramenta sem comprometer a amplitude e a profundidade, de modo que ela consiga simular de maneira muito satisfatória as rotas a serem avaliadas.

Outra limitação da Ferramenta é que ela só permite a simulação de uma rota por vez. Não é possível, num mesmo arquivo de Excel, fazer a simulação, por exemplo, da rota atual e de três rotas futuras para posterior comparação e escolha de uma delas. Para apoiar esse processo decisório, deverá ser realizada uma simulação por vez, com tabulação das principais saídas (os principais resultados de cada rota avaliada) em numa nova planilha a ser construída pelo usuário.

1.4 RECOMENDAÇÕES PARA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE ROTAS E CUSTOS EM CONSÓRCIOS PÚBLICOS

A ferramenta pressupõe que todas as tecnologias de tratamento estão centralizadas em um único local. Nesse sentido, não há como simular mais de uma unidade de triagem ou compostagem, por exemplo, na mesma rota. Caso o planejamento regional indique a necessidade de mais de uma unidade de tratamento pela mesma tecnologia ou disposição final em locais diferentes dentro do consórcio, será necessário realizar a simulação de mais de uma rota e depois analisar os resultados conjuntamente.

Para aplicar a ferramenta no contexto de um consórcio público sugere-se avaliar e consolidar os potenciais cenários regionais do consórcio, visando a definição de uma **Rota Tecnológica Regionalizada**, conforme os passos a seguir:

► 1º PASSO

Antes de se começar a aplicação, propriamente dita, da ferramenta, deve ser feita uma análise, levando-se em conta as sinergias que sustentam a formalização da regionalização da prestação de serviços de manejo de resíduos. Na sequência, definir 2 ou 3 cenários para todo o consórcio em termos de (1) quantitativos e (2) tipologia de **Rotas Tecnológicas Individuais** com as respectivas destinações de rejeitos para um aterro sanitário novo ou existente;

► 2º PASSO

Ainda antes de começar a aplicação, é necessário estabelecer os fluxos de massa

entre as Rotas Tecnológicas Individuais para se estabelecer a **Rota Tecnológica Regionalizada** (rota integrada) para cada cenário pré-definido;

► **3º PASSO**

Simular cada uma das **Rotas Tecnológicas Individuais** de forma independente na Ferramenta Rotas e Custos de modo a se obter as informações principais: (1) Balanço de Massa, (2) Capex/Opex e (3) Valores das Tarifas correspondentes à cada **Rota Tecnológica Individual**;

► **4º PASSO**

Definir as premissas financeiras e a distribuição da tarifa para as simulações de cada **Rota Tecnológica Individual**;

► **5º PASSO**

A partir das informações de cada Rota Tecnológica Individual deve-se consolidar, em uma planilha fora da Ferramenta, as informações que vão compor a Rota Tecnológica Regionalizada para cada cenário pré-definido, seguindo as seguintes recomendações:

- **Capex e Opex:** Somar os valores de Capex e Opex de cada **Rota Tecnológica Individual** envolvida no cenário;
- **Balanço de Massa, Gravimetria e Fluxos:** Avaliar as entradas e saídas de cada

Rota Tecnológica Individual para compor o balanço de massa da **Rota Tecnológica Regionalizada** de cada cenário pré-definido;

- **Tarifas de Remuneração:** Validar a simulação de cada **Rota Tecnológica Individual** de forma independente;

► **6º PASSO**

O valor da tarifa no nível regionalizado para cada cenário será a soma ponderada dos valores das tarifas das Rotas Tecnológicas Individuais que o compõe, que deve ser calculado em uma planilha fora da Ferramenta. Os valores das tarifas devem ser ponderados pelos respectivos quantitativos de dimensionamento usados em cada simulação.

FERRAMENTA DE ROTAS E CUSTOS – BALANÇO DE MASSA

2.1 INTRODUÇÃO À ROTAS – BALANÇO DE MASSA

A primeira parte da *Ferramenta de Rotas e Custos, denominada de Rotas – Balanço de Massa*, cujo objetivo, potencialidades e limitações foram apresentados no item anterior, é constituída de cinco abas na planilha Excel, como se sintetiza na Tabela 1.

TABELA 1 – ABAS QUE CONSTITUEM A PARTE ROTAS – BALANÇO DE MASSA

Fonte: Autores (2021)

Nome da Aba	Finalidade	Descrição
R-Entrada	Entrada de dados de geração, composição e tipos de coleta	Aba para informar a massa total gerenciada na rota, a composição gravimétrica e os percentuais de coletas seletivas de recicláveis e de orgânicos.
R-Definição	Entrada de dados e definição da Rota	Aba para a definição das tecnologias a utilizar na rota, com a escolha das quantidades de resíduos enviados a cada tecnologia ou processo de tratamento; a escolha das eficiências dos processos; e o destino dos subprodutos.
R-Avançado	Entrada de dados avançados parametrizados	Aba onde constam valores parametrizados para as eficiências dos processos. Podem ser alterados pelo usuário, se este tiver valores mais específicos ou regionais.
R-Fluxo Massa	Saída fluxograma do balanço de massa da rota simulada	Esta aba apresenta a figura, em forma de fluxograma, do balanço de massa da rota. Não permite alteração direta e pode ser utilizada durante a montagem da rota e, ao final, como registro da rota final simulada.
R-Resumo Bal. Massa	Saída resumo das capacidades operacionais das unidades e dos subprodutos gerados	Nesta aba estão todos os resultados das capacidades operacionais das tecnologias que fazem parte da rota simulada, bem como os subprodutos gerados em cada etapa. Serve com interface com a segunda parte da Ferramenta de Rotas e Custos, a parte de cálculo dos Custos Associados.
Saída GEE	Saída para interface com a Ferramenta GEE	Saída com os resultados da rota avaliada que podem ser utilizados para calcular, para a mesma rota, o potencial de geração ou emissão de GEE (Ferramenta Emissões de GEE) e, dessa forma, poder incorporá-lo na tomada de decisão da melhor rota tecnológica para o município.

Como especificado na Tabela 1, a entrada principal de dados para a definição da rota e seu balanço de massa se dá em apenas duas das 20 abas da Ferramenta de Rotas e Custos. A terceira aba (R-Avançado) já vem com valores parametrizados, que são utilizados nos cálculos internos da definição da rota e que, excepcionalmente, podem ser alterados pelo usuário se este tiver dados mais específicos para a situação que estiver sendo simulada.

2.2 COMO UTILIZAR A ROTAS – BALANÇO DE MASSA

Para facilitar o preenchimento das informações, é utilizada uma legenda de cores. Assim, os nomes das abas com entrada de informações pelo usuário, na parte de baixo da planilha Excel, estão realçados na cor verde. Abas de saída de resultados ou de apoio para cálculos internos estão na cor branca/cinza-claro, com exceção da aba Saída GEE, que está na cor amarela. Nas abas em que é requerida ao usuário a entrada de informações, todas as células onde houver essa entrada aparecerão na cor verde também. Portanto, somente células em verde devem ser preenchidas ou alteradas.

Há ainda uma legenda de outras cores que as células das abas R-Entrada e R-Definição podem assumir durante o uso da Ferramenta: algumas células se tornam **verdes** à medida que o preenchimento é feito, pois aquela determinada informação passa a ser necessária em função de opção tecnológica feita anteriormente.

Uma célula fica na cor **vermelha** quando há erro de preenchimento ou de cálculo. A cor **laranja** indica a célula onde o valor deve ser alterado para corrigir erro ou inconsistência de cálculo. Em branco, estão células de cálculos intermediários ou de transferência de valores. Em **amarelo**, os resultados de cálculo mais importantes.

Quantidades estimadas de subprodutos ficam realçadas na cor **rosa salmão**, e a massa emitida para a atmosfera (por evaporação, biogasificação ou combustão) está em células em **azul**.

Como as duas principais abas de entrada de dados (R-Entrada e R-Definição) são estruturadas e integradas, a entrada de dados deve seguir esta ordem, para cada etapa ou tecnologia: de cima para baixo e da esquerda para a direita (segundo as etapas apresentadas nas Figuras 4 a 17).

Sempre que uma modificação for feita em uma célula após o preenchimento completo de células posteriores, em uma etapa ou tecnologia anterior, deve-se revisar as duas planilhas para evitar erros ou incongruências nos cálculos.

Na sequência, passa-se a uma descrição detalhada de cada aba e suas etapas ou partes constituintes. Com o objetivo de facilitar o entendimento da sequência da montagem da rota na Ferramenta, apresentam-se planilhas já com as abas preenchidas.

2.2.1 ABA R-ENTRADA

Na Figura 4, apresenta-se uma visão geral da aba R-Entrada, cujas etapas de preenchimento serão detalhadas nas páginas seguintes.

Município: São Judas Tadeu
Rota: Rota Futura 1

população atendida (hab.)	2.500.000
geração per capita de RSU (kg/hab.d)	1,20
massa total manejada por dia (t/d)	
per capita	
massa diária de RSU considerada na rota (t/d)	3.000,00

ATENÇÃO: Preencher/alterar somente as células em verde.

ProteGEer
ESPECIALIZADA NA PROTEÇÃO DA CLIMA

Ferramenta de Rotas e Custos

Verde - Informação a ser fornecida pelo usuário
Vermelho - Erro de cálculo nesta célula
Amarelo - Resultado de cálculo
Branco - Outros resultados de cálculo

Composição gravimétrica dos resíduos que entram na rota (deve representar a massa total que consta em E14)

(Utilizar dados primários, ou seja, a composição gravimétrica real do município ou consórcio em análise)
(Dados "padrão Brasil", utilizar somente para simulações acadêmicas ou de treinamento, quando do uso de dados primários)

Utilizar dados gravimétricos fornecidos pelo usuário Sim Não
 Usar "padrão Brasil"

Componentes	Composição — base úmida (%)		Material	Agrupamentos	Tipo
	Dados do usuário	Utilizados nos cálculos			
resíduos de alimentos	48,4	48,4			
resíduos verdes (jardins e parques)	3,0	3,0			
papel, papelão	13,1	13,1			
plástico II me	8,9	8,9			
plásticos rígidos	4,6	4,6			
vidros	2,4	2,4			
metais ferrosos	2,3	2,3			
metais não ferrosos	0,6	0,6			
têxteis	2,6	2,6			
borracha, couro	0,7	0,7			
fraldas descartáveis e similares	4,0	4,0			
madeira	4,7	4,7			
resídios minerais	0,0	0,0			
outros	4,7	4,7			
Total (deve ser 100%)	100,0	100,0	3.000,00	100,0	

Tipos de coleta		
coleta seletiva de recicláveis	15,0	450,00
coleta seletiva de orgânicos	5,0	150,00
coleta de mistos/rejeitos	80,0	2.400,00
total de RCU a ser gerido pelo município	100,0	3.000,00

Resumo de materiais por tipo de coleta											
Tipo de coleta	Materiais ou resíduos disponíveis para tratamento em função do tipo de coleta (t/d)										
	Orgânicos		Papel e papelão	Plástico		Vidro	Metais		Rejeitos/mistos	Total	
	Alimentos	Verdes	Filme	Rígido		Ferroso	Não ferrosos	Combustíveis			
Seletiva de recicláveis			184,80	125,35	64,89	33,86	32,45	8,46		450,00	
Seletiva de orgânicos										150,00	
Mistos/rejeitos	1.310,75	81,25	208,20	141,45	73,11	38,14	36,55	9,54	360,00	141,00	2.400,00
Total	1.452,00	90,00	393,00	267,00	138,00	72,00	69,00	18,00	360,00	141,00	3.000,00

FIGURA 4 – ABA R-ENTRADA: VISÃO GERAL / Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

O início da utilização da Ferramenta de Rotas e Custos se dá pela aba R-Entrada. A primeira informação a ser dada é o nome do município, consórcio ou região a simular, seguido da identificação da rota (São Judas Tadeu e Rota Futura 1, no exemplo da Figura 5). Essas informações são inseridas uma única vez nessa aba. As demais abas puxam automaticamente esses dados para a parte superior de cada uma.

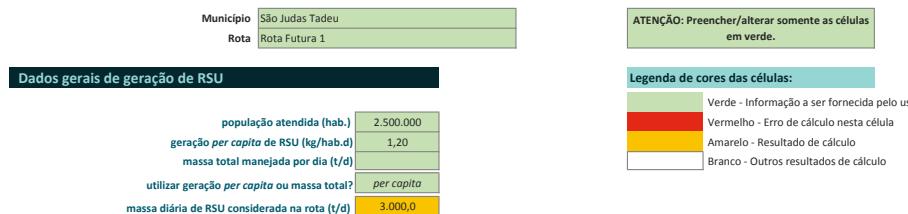


FIGURA 5 – ABA R-ENTRADA: IDENTIFICAÇÃO DA ROTA E GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Em seguida, deve ser informada a **população total atendida e informações para o cálculo da massa diária de RSU** a ser considerada na rota tecnológica que está sendo simulada (2,5 milhões de habitantes e 1,2 kg/hab.d, no exemplo da Figura 5). Para o cálculo da massa diária, a Ferramenta assume os “dias úteis de coleta”, ou seja, 6 dias por semana, 26,08 dias por mês ou 313 dias por ano.

O cálculo da massa de entrada de resíduos na rota pode ser feito de duas maneiras: informando **geração *per capita*** e **população total** ou informando diretamente a geração média diária de resíduos em termos de **massa total** (é importante lembrar-se de considerar os 6 dias semanais para os cálculos).

Na sequência, deve ser fornecida a **composição gravimétrica** dos resíduos que entram na rota (Figura 6). Essa etapa é fundamental, pois da correção desses dados depende toda a confiabilidade do restante dos cálculos do balanço da massa da rota e dos seus custos associados.

Portanto, para estudos reais de viabilidade, sempre deverão ser utilizados dados primários recentes, resultantes de levantamento de campo (aqui chamados de “dados do usuário”) – quanto melhores forem os dados, melhor será o resultado da simulação. Para fins acadêmicos, de capacitação ou de treinamento da utilização da Ferramenta, há a possibilidade de usar dados de gravimetria do SNIS, denominados na ferramenta de “padrão Brasil”. Por serem uma “média nacional” a partir dos dados de todos os municípios brasileiros, estes acabam não tendo correlação com quase nenhum município em específico.

Composição gravimétrica dos resíduos que entram na rota (deve representar a massa total que consta em E14)

(Utilizar dados primários, ou seja, a composição gravimétrica real do município ou consórcio em análise)

(Dados "padrão Brasil", utilizar somente para simulações acadêmicas ou de treinamento, quando da ausência de dados primários)

Utilizar dados gravimétricos fornecidos pelo usuário	<input checked="" type="checkbox"/> Sim
	<input type="checkbox"/> Não

Componentes	Composição — base úmida (%)			Material	Agrupamentos	
	Dados do usuário	Utilizados nos cálculos	Padrão Brasil		(%)	Tipo
resíduos de alimentos	48,4	48,4	48,4	1.452,00	51,4	Orgânicos
resíduos verdes (jardins e parques)	3,0	3,0	3,0	90,00		
papel, papelão	13,1	13,1	13,1	393,00		
plástico filme	8,9	8,9	8,9	267,00		
plásticos rígidos	4,6	4,6	4,6	138,00		
vidros	2,4	2,4	2,4	72,00		
metais ferrosos	2,3	2,3	2,3	69,00		
metais não ferrosos	0,6	0,6	0,6	18,00		
têxteis	2,6	2,6	2,6	78,00		Recicláveis
borracha, couro	0,7	0,7	0,7	21,00		
fraldas descartáveis e similares	4,0	4,0	4,0	120,00		
madeira	4,7	4,7	4,7	141,00		
resíduos minerais	0,0	0,0	0,0	0,00	12,0	Outros combustíveis
outros	4,7	4,7	4,7	141,00		
Total (deve ser 100%)	100,0	100,0	100,0	3.000,00	100,0	

FIGURA 6 – ABA R-ENTRADA: COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Os dados de composição gravimétrica informados nesta etapa devem representar a totalidade da massa de resíduos que entra na rota. Assim, se a massa total informada na etapa anterior inclui resíduos domiciliares e resíduos de limpeza urbana, a composição gravimétrica informada também deve representar a composição média ponderada desses dois tipos de resíduos. Se na massa total forem incluídos ambos, e na composição apenas os dados dos resíduos domiciliares, os resultados finais de balanço de

massa, e consequentemente de custos associados, não representarão a realidade nem servirão para o processo real de tomada de decisão.

Verifica-se na Figura 6 que a Ferramenta já calcula as massas de cada uma das frações presentes nos resíduos (“materiais/tipos de RS”), bem como as porcentagens dos agrupamentos de orgânicos, recicláveis e outros (51,4% de Orgânicos, 31,9% de Recicláveis, 12% de Outros Combustíveis e 4,7% de Outros não Combustíveis no exemplo da Figura 6). Essas porcentagens servem como limites máximos aos sistemas de coletas seletivas a ser definidos na etapa seguinte.

A etapa seguinte consiste no preenchimento das informações quanto aos tipos de coleta (15% de Seletiva de Orgânicos, 5% de Seletiva de Recicláveis, 80% de Mistos no exemplo da Figura 7). A Ferramenta vem com o padrão de 100% de coleta de mistos, ou seja, coleta indiferenciada. O usuário deverá informar a porcentagem de coleta seletiva de recicláveis e de coleta seletiva de orgânicos.

As porcentagens das coletas seletivas informadas nos respectivos campos não podem ser maiores do que as respectivas porcentagens de resíduos disponíveis no fluxo total de resíduos que entra na rota, conforme os dados de gravimetria informados. Ou seja, se foram preenchidos na tabela de composição gravimétrica valores que resultem num total de 31,9% de resíduos recicláveis secos, a coleta seletiva de recicláveis secos terá esse percentual como limite.

Tipos de coleta		
	%	t/d
coleta seletiva de recicláveis	15,0	450,00
coleta seletiva de orgânicos	5,0	150,00
coleta de mistos/rejeitos	80,0	2.400,00
total de RSU a ser gerido pelo município	100,0	3.000,00

FIGURA 7 – ABA R-ENTRADA: TIPOS DE COLETA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Ao final da aba R-Entrada, é apresentado um resumo da massa por tipo de material presente nos três tipos de coleta e no total de resíduos da rota (Figura 8).

Resumo de materiais por tipo de coleta										
Tipo de coleta	Materiais ou resíduos disponíveis para tratamento em função do tipo de coleta (t/d)									
	Orgânicos		Papel e papelão	Plástico			Metais		Rejeitos/mistas	
	Alimentos	Verdes		Filme	Rígido	Vidro	Ferrosos	Não ferrosos	Combustíveis	Não combustíveis
Seletiva de recicláveis			184,80	125,55	64,89	33,86	32,45	8,46		450,00
Seletiva de orgânicos	141,25	8,75								150,00
Mistos/rejeitos	1.310,75	81,25	208,20	141,45	73,11	38,14	36,55	9,54	360,00	141,00
Total	1.452,00	90,00	393,00	267,00	138,00	72,00	69,00	18,00	360,00	141,00
										3.000,00

FIGURA 8- ABA R-ENTRADA: RESUMO DE MASSA POR MATERIAIS E POR TIPO DE COLETA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

2.2.2 ABA R-DEFINIÇÃO

A visão geral da aba R-Definição é mostrada na Figura 9.

O resumo por tipologia de materiais e por tipo de coleta que está ao final da aba R-Entrada (Figura 8) é trazido também para o topo da aba R-Definição (Figura 10), de modo que o usuário tenha presente a informação sobre as massas disponíveis ao iniciar a definição da rota.



Composição gravimétrica dos resíduos que entram na rota [deve representar a massa total que consta em E4]

(Utilizar dados primários, ou seja, a composição gravimétrica real do município ou consórcio em análise)

(Dados "padrão Brasil", utilizar somente para simulações acadêmicas ou de treinamento, quando da ausência de dados primários)

Utilizar dados gravimétricos fornecidos pelo usuário	Sim
Usar "padrão Brasil"	Não

Componentes	Composição — base úmida (%)			Material	Agrupamentos	
	Dados do usuário	Utilizados nos cálculos	Padrão Brasil			
resídios de alimentos	48,4	48,4	48,4	1.452,00	51,4	Orgânicos
resídios verdes (jardins e parques)	3,0	3,0	3,0	90,00		
papel, papelão	13,1	13,1	13,1	393,00		
plástico II me	8,9	8,9	8,9	267,00		
plásticos rígidos	4,6	4,6	4,6	138,00		
vidros	2,4	2,4	2,4	72,00		
metais ferrosos	2,3	2,3	2,3	69,00		
metais não ferrosos	0,6	0,6	0,6	18,00		
têxteis	2,6	2,6	2,6	76,00		
borracha, couro	0,7	0,7	0,7	21,00		
fraldas descartáveis e similares	4,0	4,0	4,0	120,00	12,0	Outros combustíveis
madeira	4,7	4,7	4,7	141,00		
resídios minerais	0,0	0,0	0,0	0,00	4,7	Outros não combustíveis
outros	4,7	4,7	4,7	141,00		
Total (deve ser 100%)	100,0	100,0	100,0	3.000,00	100,0	

Tipos de coleta

coleta seletiva de recicláveis	15,0
coleta seletiva de orgânicos	5,0
coleta de mistos/rejeitos	80,0
total de RSU a ser gerido pelo município	100,0
	3.000,00

Resumo de materiais por tipo de coleta

Tipo de coleta	Materiais ou resíduos disponíveis para tratamento em função do tipo de coleta (t/d)										
	Órgânicos		Papel e papelão	Plástico		Vidro	Metais		Rejeitos/mistos		
	Alimentos	Verdes		Filme	Rígido		Ferroso	Não ferroso			
Seletiva de recicláveis			184,80	175,55	64,89	33,86	32,45	8,46		450,00	
Seletiva de orgânicos	141,25	8,75								150,00	
Mistos/rejeitos	1.310,75	81,25	208,20	141,45	73,11	38,14	36,55	9,54	360,00	141,00	2.400,00
Total	1.452,00	90,00	393,00	267,00	138,00	72,00	69,00	18,00	360,00	141,00	3.000,00

FIGURA 9- ABA R-DEFINIÇÃO: VISÃO GERAL

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

A partir da **etapa de triagem e definição dos destinos dos rejeitos**, mostrada na Figura 11, inicia-se efetivamente a definição da rota tecnológica a ser adotada. Considerando a massa de seletivos disponíveis para triagem, o usuário define a **porcentagem total dessa massa que será submetida à triagem manual e a que será submetida à triagem mecanizada** (10% de *Triagem Manual* e 90% de *Triagem Mecanizada de Seletivos*, no exemplo da Figura 11).

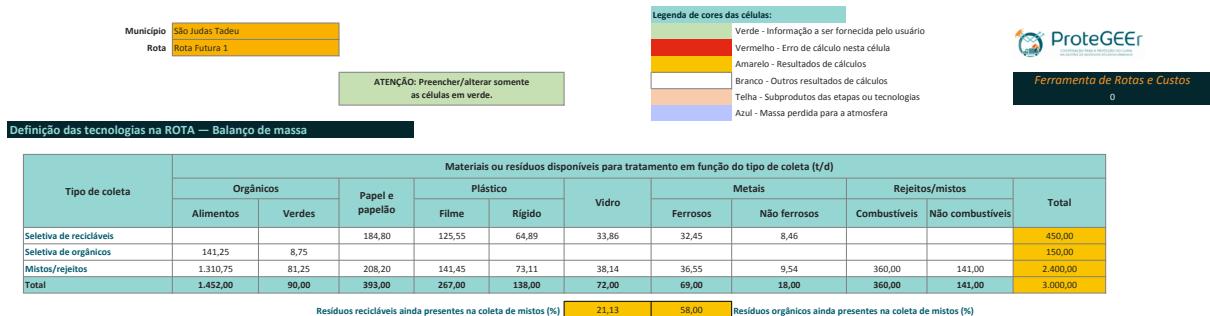


FIGURA 10 – ABA R-DEFINIÇÃO: INFORMAÇÕES TRAZIDAS DA ABA R-ENTRADA

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

A triagem manual só é possível até 100 t/d e a triagem mecanizada só é aplicável acima de 50 t/d. Esses limites foram estabelecidos em função de avaliações prévias de viabilidades operacional e econômica.

Triagem e definição do destino dos materiais e rejeitos		Subprodutos e rejeitos separados da triagem (t/d)			
Triagem dos seletivos		Triagem dos resíduos da coleta de mistos			
massa disponível (t/d)	450,00	mechanizada de mistos	Sim	Total	
triagem manual (%)	10,0	massa disponível (t/d)	2.400,00	Seletiva manual	
triagem mecanizada (%)	90,0	porcentagem a ser triada (%)	60,0	Seletiva mecanizada	
manual de seletivos	Sim	massa a ser triada (t/d)	1.440,00	Mistos mecanizada	
massa (t/d)	45,00	destino dos rejeitos	Incineração	papel e papelão	185,83
destino dos rejeitos	CDR	destino dos orgânicos	Tratam. biológico	plástico filme	126,25
mecanizado de seletivos	Sim	Eficiência nas triagens		plástico rígido	65,25
massa (t/d)	405,00	manual de seletivos	Baixa	vidros	34,05
destino dos rejeitos	CDR	mecanizada de seletivos	Baixa	metais ferrosos	32,63
		mecanizada de mistos secos	Baixa	metais não ferrosos	8,51
		mecanizada de mistos orgânicos	Baixa	Total de recicáveis	452,52
				rejeitos combustíveis	709,92
				rejeitos não combust.	150,00
				Total	27,00
				Alimentos	668,48
				Verdes	41,44
					442,74
					104,82

FIGURA 11 – ABA R-DEFINIÇÃO: DEFINIÇÃO SOBRE PROCESSOS DE TRIAGEM E DESTINOS DOS REJEITOS DA TRIAGEM E DOS ORGÂNICOS TRIADOS

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Nesta etapa se define se haverá triagem mecanizada de resíduos da coleta de mistos. Se a resposta for “sim” (como no exemplo da Figura 11), surgirão campos em verde abaixo desse item que deverão ser preenchidos. Caso seja “não”, esses campos ficarão na cor branca e não será necessário fazer o preenchimento. Se os resíduos mistos não passarem por processo de triagem, seguirão o fluxo e poderão mais adiante, na etapa de tratamento térmico, ser adicionados à unidade de incineração ou serão dispostos diretamente em aterro sanitário. Para resíduos mistos, somente a triagem mecanizada é admitida, também com limite mínimo de 50 t/d.

Também nesta etapa se dá a definição do destino dos rejeitos das triagens, que pode ser para produção de CDR (como nos rejeitos da Triagem dos Seletivos, no exemplo da Figura 11), para incineração (como nos rejeitos da Triagem dos Resíduos da coleta de Mistas, no exemplo da Figura 11) ou para aterro sanitário. Ainda, o destino da fração orgânica separada na triagem mecanizada de mistos deve ser definido entre as op-

ções de envio para tratamento biológico (como no exemplo da Figura 11), para biossecagem e produção de CDR ou para aterro sanitário. A opção de envio dos orgânicos triados para aterro sanitário não é indicada tecnicamente para rotas futuras; entretanto ela foi inserida na Ferramenta para possibilitar simulação de rotas atuais ou mesmo rotas futuras de curto prazo. As eficiências de triagem também são definidas nessa etapa, com a escolha entre parâmetros pré-definidos que estarão na aba R-Avançado, entre eficiência “alta” e “baixa” (todas baixas no exemplo da Figura 11). No caso da triagem mecanizada de mistos a definição da eficiência para triagem de resíduos recicláveis é a mesma para todos os tipos de materiais (papel, plásticos, metais e vidros). No entanto, é possível definir uma eficiência diferente para a triagem dos orgânicos.

Conforme pode ser visto à direita da Figura 11, nesta etapa são calculados e apresentados os materiais recicláveis que vão para comercialização como subprodutos, os orgânicos triados e os que vêm da coleta seletiva, e os rejeitos combustíveis e não combustíveis.

Na Figura 12 resume-se o quantitativo de materiais por tipo que segue o fluxo de resíduos mistos (mistos não triados) e os rejeitos da triagem de mistos.

	Rejeitos e mistos disponíveis após as etapas de triagem (t/d) — no fluxo de rejeitos mistos											Total
	Orgânicos		Papel e papelão	Plástico		Vidros	Metais		Rejeitos/mistos			
	Alimentos	Verdes		Filme	Rígido		Ferrosos	Não ferrosos	Combustíveis	Não combustíveis		
rejeitos — triagem de mistos	117,97	7,31	49,97	33,95	17,55	9,15	8,77	2,29	216,00	84,60	547,56	
mistos não triados	524,30	32,50	83,28	56,58	29,24	15,26	14,62	3,81	144,00	56,40	960,00	

FIGURA 12 – ABA R-DEFINIÇÃO: MASSA POR TIPO DE MATERIAL APÓS A TRIAGEM
(MASSA QUE SEGUE NO FLUXO DE RESÍDUOS MISTOS)

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Na etapa de Produção de CDR (Figura 13), à esquerda tem-se a massa e a origem dos materiais disponíveis, conforme definido na etapa anterior.

Produção de CDR	
Resíduos disponíveis para CDR	
rejeitos combustíveis seletivos (man.) (t/d)	16,20
rejeitos combustíveis seletivos (mecan.) (t/d)	145,80
rejeitos combustíveis triag. mecan. mistos (t/d)	0,00
biossecagem — orgânicos de mistos (t/d)	0,00
massa disponível (t/d)	162,00
produção de CDR TM (t/d)	162,00
produção de CDR TMB (t/d)	0,00
% CDR fino produzido	0,0
% CDR grosso produzido	100,0
CDR produzido (t/d)	
CDR fino	0,00
CDR grosso	137,70
Rejeito para aterro (t/d)	
rejeito para aterro	20,25
perda por evaporação / secagem (t/d)	4,05

FIGURA 13 – ABA R-DEFINIÇÃO: UNIDADE DE PRODUÇÃO DE CDR

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

A Ferramenta assume automaticamente a produção de CDR-TM, se os materiais foram provenientes apenas dos rejeitos das triagens, e a produção de CDR-TMB se for definido, na etapa anterior, que os orgânicos triados irão para biossecagem e CDR. A única definição do usuário nessa etapa é a da produção de CDR fino ou grosso (100% CDR Grosso no exemplo da Figura 13), decisão esta que é guiada por uma questão de existência de mercado.

Os parâmetros de perda de massa por secagem e geração de rejeitos são definidos na aba R-Avançado. Quando a opção da etapa de definição da triagem é por destino dos rejeitos para CDR, a fração “outros não combustíveis” é removida do fluxo que vai para produção de CDR e segue o fluxo para destino ao aterro.

Na etapa de tratamento biológico, mostrada na Figura 14, também se tem à esquerda a massa disponível e a sua origem (coleta seletiva ou triagem de mistos). Na sequência, deve-se definir o destino desses orgânicos. Há três possibilidades: biodigestão anaeróbia (para capacidade instalada acima de 50 t/d), compostagem para uso nobre e compostagem para uso não nobre (100% para biodigestão no exemplo da Figura 14). O total informado nesses campos deve obrigatoriamente fechar 100%. O composto para uso nobre pode ser utilizado na agricultura para produção de alimentos e geralmente é produzido a partir da coleta seletiva de orgânicos (para auxiliar o usuário, a Ferramenta já apresenta, ao lado esquerdo, o percentual de orgânicos seletivos perante o total de orgânicos disponíveis (17,4%, no exemplo apresentado na Figura 14). Composto para uso não nobre pode ser utilizado para outros fins, como jardinagens ou florestamento, ou uso como material de cobertura em aterros para servir como camada oxidativa de metano.

Tratamento biológico		
orgânicos seletivos (t/d)	150,00	17,4%
orgânicos da triagem mecanizada (t/d)	709,92	82,6%
total de orgânicos (t/d)	859,92	100%
Biodigestão anaeróbia		
perda de massa	Média	12,0%
potencial de geração do biodigestor	Médio	
geração potencial de biogás (Nm ³ /t)	100	
geração potencial de energia (kWh/t)	150	
Compostagem		
perda de massa	Média	40,0%
rejeito na peneira final	Baixo	5,0%

Destinação do material disponível para tratamento biológico (%)		
biodigestão anaeróbia (%)	100,0	>>> 859,92 t/d
compostagem (uso nobre) (%)	0,0	
compostagem (uso não nobre) (%)	0,0	
Utilização do biogás		
produção de biometano	Sim	
geração de energia elétrica	Não	
destino do digestado		
digestado a compostar (t/d)	756,73	
Qual é a utilização do composto "de uso não nobre" produzido?		
Aplicação no solo (florestamento)		
Subprodutos (t/d)		
composto para uso nobre (t/d)	0,00	
composto para uso não nobre (t/d)	416,20	
energia elétrica (kWh/d)	0	
biometano (Nm ³ /d)	50.305	
Perdas e rejeitos (t/d)		
rejeito na peneira — composto para arroto (t/d)	37,84	
perda por evaporação ou biodigestão (t/d)	405,88	

FIGURA 14 – ABA R-DEFINIÇÃO: UNIDADES DE TRATAMENTO BIOLÓGICO

- COMPOSTAGEM E BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

O **biogás** gerado pode ser utilizado para **geração de energia elétrica** ou **purificado para produção de biometano** (produção de biometano no exemplo da Figura 14). Por questões de viabilidade econômica, apenas uma das opções poderá ser adotada na rota a cada vez.

Por questões de estabilização e higienização do produto final, assume-se que o digestado que sai do biodigestor anaeróbico deverá passar obrigatoriamente por um processo de compostagem (utilizado como *composto para uso não nobre* no exemplo da Figura 14). Os parâmetros de geração de biogás e energia, bem como de perda de massa por biodegradação e evaporação e rejeitos, também estão apresentados (médios no exemplo da Figura 14) e podem ser alterados na aba R-Avançado.

Ainda se verificam, à direita na Figura 14, as capacidades operacionais das unidades, os subprodutos gerados (composto, biometano e energia elétrica) e a perda de massa por evaporação e geração de rejeito nessa etapa.

Na Figura 15, é apresentada a massa de materiais ainda no fluxo de resíduos após os processos de triagem, produção de CDR e tratamentos biológicos. Mostra-se ainda a composição dos resíduos, por tipologia de material, que é enviado para produção de CDR, para a incineração e para o aterro sanitário.

Composição do fluxo de rejeitos apóis triagem, produção de CDR e tratamento biológico (t/d) — (sem os recicláveis secos e os orgânicos separados na triagem)											
Orgânicos		Papel e papelão		Plástico		Vidro	Metais		Rejeitos/mistos		Total
Alimentos	Verdes	Filme	Rígido				Ferrosos	Não ferrosos	Combustíveis	Não combustíveis	
resíduo pós-triagem	642,27	39,81	133,25	90,53	46,79	24,41	23,40	6,10	522,00	159,00	1.687,56
retirado pelo CDR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	162,00	0,00	162,00
resíduo disponível pós-CDR	642,27	39,81	133,25	90,53	46,79	24,41	23,40	6,10	360,00	159,00	1.525,56
vai para incineração	117,97	7,31	49,97	33,95	17,55	9,15	8,77	2,29	216,00	84,60	547,56
vai para aterro sanitário	524,30	32,50	83,28	56,58	29,24	15,26	14,62	3,81	144,00	242,00	1.145,60

FIGURA 15 – ABA R-DEFINIÇÃO: COMPOSIÇÃO DO FLUXO DE REJEITOS APÓS TRIAGEM, PRODUÇÃO DE CDR E TRATAMENTO BIOLÓGICO

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Na Figura 16, tem-se a massa e a origem dos resíduos disponíveis para o processo de incineração. Importante lembrar que a definição da incineração dos rejeitos das triagens é feita no início da aba R-Definição, na etapa de triagem e definição do destino dos rejeitos, conforme apresentado na Figura 11.

Tratamento térmico	
Incineração	
Incineração dos resíduos da coleta de mistos sem triagem?	Não
mistos sem triagem (t/d)	0,00
rejeito — seletivos (man.) (t/d)	0,00
rejeito — seletivos (mecan.) (t/d)	0,00
rejeito — triagem mec. mistos (t/d)	547,56
massa disponível total (t/d)	547,56
PCI ponderado estimado (kWh/t)	2.276,9
eficiência na geração de energia elétrica (%)	21,6
geração de cinzas (%)	20,0
recuperação de metais das cinzas	Sim
reaproveitamento das cinzas de fundo (%)	0,0
Subprodutos	
metais ferrosos (t/d)	21,06
metais não ferrosos (t/d)	5,49
cinzas de fundo para reaproveitamento (t/d)	0,00
cinzas de fundo para aterro (t/d)	109,51
energia elétrica (kWh/d)	269.295,1
perda de massa por combustão (t/d)	411,50

FIGURA 16 – ABA R-DEFINIÇÃO: UNIDADE DE TRATAMENTO TÉRMICO – INCINERAÇÃO

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Nesta etapa de tratamento térmico, é possível adicionar a **incineração dos resíduos da coleta de mistos que não passaram pelo processo de triagem** (não foram adicionados no exemplo da Figura 16). A Ferramenta tem um limitador de massa mínima para incineração de 500 t/d. Caso haja recuperação de metais das cinzas, ou mesmo a reciclagem das próprias cinzas, isso deve ser informado nesta etapa (previsão de recuperação de metais das cinzas e de 0% de reaproveitamento das cinzas de fundo no exemplo da Figura 16).

A última etapa para definição da rota diz respeito à **disposição final em aterro sanitário** e à determinação se o envio dos resíduos será feito **diretamente** ou **via transferência em estação de transbordo** (aterro novo e estação de transbordo no exemplo da Figura 17).

Disposição final		
Aterro sanitário		
total para aterro sanitário (t/d)	1.145,60	
aterro novo ou já existente?	Novo	
qual Rota está sendo simulada?	Rota futura	
biogás gerado (Nm ³ /d)	166.092	
volume ocupado no aterro por ano (m ³ /d)	1.140,0	
eficiência de captação do biogás	Média	30%
biogás captado e disponivel (Nm ³ /d)	49.828	
Utilização do biogás		
sem queima (%)	0	
somente queima (%)	0	
aproveitamento do biogás (%)	100	
geração de energia elétrica	Não	
produção de biometano	Sim	
Subprodutos		
energia elétrica (kWh/d)	0,0	
produção de biometano (Nm ³ /d)	8.304,6	
Estação de transbordo		
há necessidade de estação de transbordo (ET)?	Sim	
distância da ET ao aterro (km)	120	
porcentagem do resíduo que passa pela ET (%)	100	
capacidade da ET (t/d)	1.145,60	

FIGURA 17 – ABA R-DEFINIÇÃO: DISPOSIÇÃO FINAL EM ATERRO SANITÁRIO E ESTAÇÃO DE TRANSBORDO

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Como nas etapas anteriores desta aba, na parte superior esquerda está o total a ser enviado ao aterro na rota avaliada. Para fins dos cálculos posteriores de custos associados, e por razões de similitude com a Ferramenta GEE, deverá ser informado na Ferramenta de Rotas, somente quando se estiver simulando “rota atual”, se a disposição final é adequada (aterro sanitário) ou inadequada (lixão ou aterro controlado). Para rotas futuras, a única possibilidade de disposição final admitida pela Ferramenta é a disposição adequada em aterro sanitário.

A eficiência da captação de biogás no aterro também está parametrizada, com os valores constantes na aba R-Avançado (média no exemplo da Figura 17). Na definição sobre a utilização do biogás gerado no aterro, sempre que estiver sendo simulada “rota atual” com “disposição inadequada”, a Ferramenta assumirá automaticamente que 100% do biogás será “sem queima”. Já quando a opção for “aterro sanitário”, será necessário informar qual **porcentagem do biogás captado será queimado** e qual será **aproveitado**. As formas de aproveitamento do biogás de aterro são **geração de energia elétrica** ou **produção de biometano**. As duas possibilidades são mutuamente excludentes, ou seja,

somente uma delas poderá ser aplicada a determinada rota de cada vez (100% de *aproveitamento de biogás para a produção de biometano* no exemplo da Figura 17).

Sobre a **estação de transbordo**, é necessário informar se haverá essa necessidade de transferência na rota avaliada, a **distância até o aterro sanitário** e a **porcentagem da massa de resíduos** a ser disposta no aterro que passará pelo transbordo (120 km e 100% no exemplo da Figura 17).

2.2.3 ABA R-AVANÇADO

Na aba R-Avançado, estão as chamadas “variáveis avançadas” (Figura 18), que são utilizadas nos cálculos do balanço de massa da rota feitos na aba R-Definição. São valores de referência parametrizados com base em levantamentos da literatura ou na experiência profissional da equipe de consultores do Programa ProteGEer. Sempre que o usuário dispuser de dados mais apurados ou adequados à realidade regional ou tipo de tecnologia a utilizar na rota, os valores inseridos nas células em verde nesta aba poderão ser alterados.

Município São Judas Tadeu
Rota Rota Futura 1

Ajuste de variáveis avançadas para realização do balanço de massa da Rota Tecnológica																								
Triagem		Eficiência da triagem de resíduos (%)																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Orgânicos</th><th>Recicláveis secos</th><th></th></tr> <tr> <th>Mecanizada mistos</th><th>Mecanizada mistos</th><th>Mecanizada seletivos</th><th>Manual seletivos</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valor a usar</td><td>85,0</td><td>60,0</td><td>60,0</td></tr> <tr> <td>Alta</td><td>95,0</td><td>90,0</td><td>90,0</td></tr> <tr> <td>Baixa</td><td>85,0</td><td>60,0</td><td>60,0</td></tr> </tbody> </table>				Orgânicos	Recicláveis secos		Mecanizada mistos	Mecanizada mistos	Mecanizada seletivos	Manual seletivos	Valor a usar	85,0	60,0	60,0	Alta	95,0	90,0	90,0	Baixa	85,0	60,0	60,0
	Orgânicos	Recicláveis secos																						
Mecanizada mistos	Mecanizada mistos	Mecanizada seletivos	Manual seletivos																					
Valor a usar	85,0	60,0	60,0																					
Alta	95,0	90,0	90,0																					
Baixa	85,0	60,0	60,0																					
		Valor a usar	60,0	60,0																				
		Alta	90,0	90,0																				
		Baixa	60,0	60,0																				
Produção de CDR																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Perda de massa por secagem (%)</th><th>Rejeito na produção de CDR (%)</th></tr> <tr> <th>CDR TM — seletivos</th><td>2,5</td><td>12,5</td></tr> <tr> <th>CDR TMB — mistos</th><td>27,5</td><td>30,0</td></tr> </thead> </table>				Perda de massa por secagem (%)	Rejeito na produção de CDR (%)	CDR TM — seletivos	2,5	12,5	CDR TMB — mistos	27,5	30,0											
	Perda de massa por secagem (%)	Rejeito na produção de CDR (%)																						
CDR TM — seletivos	2,5	12,5																						
CDR TMB — mistos	27,5	30,0																						
		CDR TM — seletivos	2,5	12,5																				
		CDR TMB — mistos	27,5	30,0																				
Tratamento biológico																								
Biodigestão		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Biogás</th><th>Energia líquida</th></tr> <tr> <th>Geração potencial</th><th>Nm³/t</th><th>kWh/t</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alto</td><td>120</td><td>180</td></tr> <tr> <td>Médio</td><td>100</td><td>150</td></tr> <tr> <td>Baixo</td><td>80</td><td>120</td></tr> </tbody> </table>				Biogás	Energia líquida	Geração potencial	Nm ³ /t	kWh/t	Alto	120	180	Médio	100	150	Baixo	80	120					
	Biogás	Energia líquida																						
Geração potencial	Nm ³ /t	kWh/t																						
Alto	120	180																						
Médio	100	150																						
Baixo	80	120																						
		CH ₄ /biogás (%)	65,0																					
		eficiência na utilização do biogás (%)	90,0																					
Biodigestão e compostagem																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th colspan="2">Perda de massa (%)</th></tr> <tr> <th>Biodigestão</th><th>Alta</th><th>50,0</th></tr> <tr> <th>Compostagem</th><th>Média</th><th>40,0</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alta</td><td>15,0</td><td>50,0</td></tr> <tr> <td>Média</td><td>12,0</td><td>40,0</td></tr> <tr> <td>Baixa</td><td>10,0</td><td>30,0</td></tr> </tbody> </table>				Perda de massa (%)		Biodigestão	Alta	50,0	Compostagem	Média	40,0	Alta	15,0	50,0	Média	12,0	40,0	Baixa	10,0	30,0		
	Perda de massa (%)																							
Biodigestão	Alta	50,0																						
Compostagem	Média	40,0																						
Alta	15,0	50,0																						
Média	12,0	40,0																						
Baixa	10,0	30,0																						
		Alta	10,0																					
		Baixa	5,0																					
Compostagem																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Rejeito na peneira pós-compostagem (%)</th></tr> <tr> <th>Atero sanitário</th><th>Alto</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alto</td><td>10,0</td></tr> <tr> <td>Baixa</td><td>5,0</td></tr> </tbody> </table>				Rejeito na peneira pós-compostagem (%)	Atero sanitário	Alto	Alto	10,0	Baixa	5,0												
	Rejeito na peneira pós-compostagem (%)																							
Atero sanitário	Alto																							
Alto	10,0																							
Baixa	5,0																							
		Alto	10,0																					
		Baixa	5,0																					
Incineração																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th colspan="2">%</th></tr> <tr> <th>eficiência na geração de energia elétrica</th><td>21,6</td><td></td></tr> <tr> <th>geração de cinzas</th><td>20,0</td><td></td></tr> <tr> <th>recuperação de metais das cinzas</th><td>90,0</td><td></td></tr> </thead> </table>				%		eficiência na geração de energia elétrica	21,6		geração de cinzas	20,0		recuperação de metais das cinzas	90,0									
	%																							
eficiência na geração de energia elétrica	21,6																							
geração de cinzas	20,0																							
recuperação de metais das cinzas	90,0																							
		eficiência na geração de energia elétrica	21,6																					
		geração de cinzas	20,0																					
		recuperação de metais das cinzas	90,0																					
Atero sanitário																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th colspan="2">Eficiência na captação do biogás (%)</th></tr> <tr> <th>Atero sanitário</th><th>Alta</th><th>Média</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alta</td><td>50,0</td><td>30,0</td></tr> <tr> <td>Média</td><td>30,0</td><td>10,0</td></tr> </tbody> </table>				Eficiência na captação do biogás (%)		Atero sanitário	Alta	Média	Alta	50,0	30,0	Média	30,0	10,0								
	Eficiência na captação do biogás (%)																							
Atero sanitário	Alta	Média																						
Alta	50,0	30,0																						
Média	30,0	10,0																						
		Alta	50,0																					
		Média	30,0																					
		Baixa	10,0																					
Atero sanitário																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th colspan="2">Valor</th></tr> <tr> <th>Atero sanitário</th><th>potencial energético do biogás (MJ/Nm³)</th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alto</td><td>16,8</td><td></td></tr> <tr> <td>Média</td><td>35,0</td><td></td></tr> <tr> <td>Baixa</td><td>60,0</td><td></td></tr> </tbody> </table>				Valor		Atero sanitário	potencial energético do biogás (MJ/Nm ³)		Alto	16,8		Média	35,0		Baixa	60,0						
	Valor																							
Atero sanitário	potencial energético do biogás (MJ/Nm ³)																							
Alto	16,8																							
Média	35,0																							
Baixa	60,0																							
		potencial energético do biogás (MJ/Nm ³)	16,8																					
		eficiência na geração elétrica (%)	35,0																					
		CH ₄ /biogás (%)	60,0																					
Características das frações dos resíduos (para incineração e atero sanitário)																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th colspan="2">Características das frações dos resíduos</th></tr> <tr> <th></th><th>Organicos</th><th>Papel e papelão</th></tr> <tr> <th></th><th>Alimentos</th><th>Parques/jardins</th></tr> </thead> </table>				Características das frações dos resíduos			Organicos	Papel e papelão		Alimentos	Parques/jardins											
	Características das frações dos resíduos																							
	Organicos	Papel e papelão																						
	Alimentos	Parques/jardins																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Filme</th><th>Rígido</th></tr> <tr> <th>Plástico</th><th>Vidro</th><th></th></tr> </thead> </table>				Filme	Rígido	Plástico	Vidro															
	Filme	Rígido																						
Plástico	Vidro																							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Ferrosos</th><th>Não ferrosos</th></tr> <tr> <th>Metais</th><th>Combustíveis</th><th>Não combustíveis</th></tr> </thead> </table>				Ferrosos	Não ferrosos	Metais	Combustíveis	Não combustíveis														
	Ferrosos	Não ferrosos																						
Metais	Combustíveis	Não combustíveis																						
		Alto	0,0	10,0																				
		Média	0,0	100,0																				
		Baixa	0,32	1,11																				
		Ferrosos	0,0	0,0																				
		Não ferrosos	0,0	10,0																				
		Combustíveis	100,0	0,0																				
		Não combustíveis	1,11	0,0																				
Características das frações dos resíduos		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Filme</th><th>Rígido</th></tr> <tr> <th>Plástico</th><th>Vidro</th><th></th></tr> </thead> </table>				Filme	Rígido	Plástico	Vidro															
	Filme	Rígido																						
Plástico	Vidro																							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Ferrosos</th><th>Não ferrosos</th></tr> <tr> <th>Metais</th><th>Combustíveis</th><th>Não combustíveis</th></tr> </thead> </table>				Ferrosos	Não ferrosos	Metais	Combustíveis	Não combustíveis														
	Ferrosos	Não ferrosos																						
Metais	Combustíveis	Não combustíveis																						
		Alto	0,0	10,0																				
		Média	0,0	100,0																				
		Baixa	0,32	1,11																				
		Ferrosos	0,0	0,0																				
		Não ferrosos	0,0	10,0																				
		Combustíveis	100,0	0,0																				
		Não combustíveis	1,11	0,0																				
Características das frações dos resíduos																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Filme</th><th>Rígido</th></tr> <tr> <th>Plástico</th><th>Vidro</th><th></th></tr> </thead> </table>				Filme	Rígido	Plástico	Vidro															
	Filme	Rígido																						
Plástico	Vidro																							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Ferrosos</th><th>Não ferrosos</th></tr> <tr> <th>Metais</th><th>Combustíveis</th><th>Não combustíveis</th></tr> </thead> </table>				Ferrosos	Não ferrosos	Metais	Combustíveis	Não combustíveis														
	Ferrosos	Não ferrosos																						
Metais	Combustíveis	Não combustíveis																						
		Alto	0,0	10,0																				
		Média	0,0	100,0																				
		Baixa	0,32	1,11																				
		Ferrosos	0,0	0,0																				
		Não ferrosos	0,0	10,0																				
		Combustíveis	100,0	0,0																				
		Não combustíveis	1,11	0,0																				

FIGURA 18 – ABA R-AVANÇADO: VARIÁVEIS AVANÇADAS PARAMETRIZADAS DE EFICIÊNCIA

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Na etapa de triagem, conforme visto na Figura 11, o usuário deve escolher a eficiência de triagem para cada um dos três tipos: triagem manual de seletivos, triagem mecanizada de seletivos e triagem mecanizada de mistos. A escolha se dá entre “alta” e “baixa” eficiências.

Adotar uma eficiência de triagem, por exemplo, de 60%, significa que 60% da massa dos

resíduos que adentram a unidade de triagem saem no fluxo de materiais recicláveis; e 40% serão destinados como rejeitos. Assume-se que a eficiência seja uniforme para todos os tipos de material, não sendo possível adotar eficiências distintas para materiais diferentes.

Os valores de eficiência que constam na aba R-Avançado foram baseados em McDougall *et al.* (2001) e modificados pelos especialistas participantes do ProteGEEr. A Ferramenta de Rotas e Custos assume como padrão triagem com eficiência “baixa”, sendo que o usuário pode alterar para “alta” na aba R-Definição.

Para a etapa Produção de CDR, há valores de referência para perda de massa por secagem e geração de rejeitos no processo, valores estes também definidos com base na experiência dos especialistas. As perdas por secagem e a geração de rejeitos são maiores na produção de CDR-TMB, pois nesse processo a produção se dá a partir da inclusão, também, da fração de orgânicos, que perde mais massa por secagem.

Os valores para os processos de tratamento biológico, como potencial de geração de biogás e energia elétrica líquida, perdas de massa e geração final de rejeito na peneira pós-compostagem, também são baseados em McDougall *et al.* (2001) com ajustes feitos pelos especialistas do ProteGEEr. Como padrão, a Ferramenta assume os valores parametrizados para a faixa “média” para biodigestão e perda de massa na biodigestão

e compostagem; e “baixa” para rejeito na peneira na compostagem.

Os valores para potencial de geração de energia elétrica líquida na biodigestão anaeróbia referem-se à energia disponível para comercialização, já descontada a eficiência do motor de geração e o consumo interno da planta.

Na etapa de incineração, o valor de referência para geração de energia já considera a eficiência dos motores de geração e o consumo na planta. A geração de cinzas está em termos de porcentagem da massa que entra na unidade, e o valor padrão para recuperação de metais das cinzas é de 90%. Esses valores todos foram definidos com base na experiência dos especialistas que participaram do ProteGEEr.

A eficiência de captação de longo prazo do biogás do aterro sanitário foi adotada com base em valores da Ferramenta GEE, sendo o valor padrão para “baixa” eficiência adotado quando não for informada outra eficiência pelo usuário. Os valores para porcentagem de metano no biogás, potencial energético do biogás e eficiência energética foram baseados em McDougall *et al.* (2001).

Com base em McDougall *et al.* (2001), na última tabela da Figura 18 apresenta-se, por tipologia de material presente nos resíduos, o PCI (utilizado para cálculo do PCI ponderado estimado do material que vai para incineração, conforme Figura 16). Também é apresentado o potencial da geração de biogás no aterro e o volume ocupado no aterro por tipo de material, utilizados, respectivamente, para o cálculo da geração de biogás em função da composição efetiva da massa de resíduos que é disposta no aterro e uma estimativa do volume diário que essa massa ocupa no aterro sanitário (conforme Figura 17).

2.2.4 ABA R-FLUXO MASSA

Não há entrada de dados nessa aba, que apresenta o fluxo de massa da rota sendo simulada. Ela pode e deve ser utilizada durante o preenchimento da aba R-Definição, quando o usuário pode acompanhar o destino de cada resíduo e dos subprodutos ou emissões para a atmosfera ao longo do processo de definição da rota. Na parte superior, à esquerda da Figura 19, encontram-se os totais de massa de resíduos por tipo de coleta e o total de massa de resíduos que entra na rota.

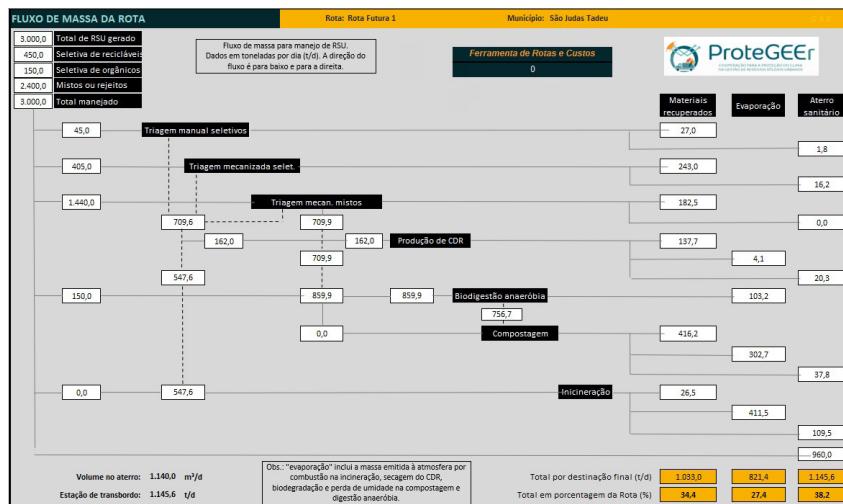


FIGURA 19 – ABA R-FLUXO MASSA: FLUXOGRAMA DE BALANÇO DE MASSA DA ROTA TECNOLÓGICA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na parte central da figura, ficam os processos de tratamento e as massas de resíduos que entram e saem em cada um deles. Na parte à direita, estão os subprodutos que saem como materiais recicláveis, a massa evapora- da para a atmosfera e os rejeitos que são dispostos em aterro para cada etapa de tratamento. No canto inferior direito, última célula na cor branca, tem-se a massa de resíduos do fluxo de mistos que vai direto ao aterro, sem passar por tratamento prévio (podendo, no entanto, quando for o caso, passar por estação de transferência).

Nas células em amarelo na parte inferior, estão os totais por tipo de destinação final em termos de massa e de porcentagem (materiais para reciclagem; massa emitida à atmosfera; massa disposta em aterro sani- tário). A soma das massas dessas três frações sempre será igual à massa que entra na rota, e a soma das porcentagens será igual a 100%.

2.2.5 ABA R-RESUMO BAL. MASSA

Um resumo detalhado das massas totais diárias de entrada em cada etapa ou tecnologia que faz parte da rota, bem como todas as saídas de subprodutos, rejeitos e perdas por evaporação são mostradas na aba R-Resumo Bal. Massa (Figura 20).

Município	São Judas Tadeu					
Rota	Rota Futura 1					
Resumo da Rota — Capacidade das unidades e subprodutos gerados						
Resumo do fluxo de massa por etapa ou tecnologia na Rota (t/d)						
Capacidade de projeto da unidade	Etapa ou tecnologia	Entrada	Materias recicáveis	Orgânicos	Rejeito	Saída Perda por evaporação
Coletas						
	Seletiva de recicáveis	450,00				
	Seletiva de orgânicos	150,00				
	Mistos/rejeitos	2.400,00				
	Total	3.000,00				
Triagem						
45,00	Manual — seletivos	45,00	27,00		18,00	
405,00	Mecanizada — seletivos	405,00	243,00		162,00	
1.440,00	Mecanizada — mistos	1.440,00	182,52	709,92	547,56	
	Subtotal	1.890,00	452,52	709,92	727,56	
Produção de CDR						
162,00	Rejeitos seletiva — triagem manual	16,20				
	Rejeitos seletiva — triagem mecanizada	145,80				
	Rejeitos — triagem mistos	0,00	137,70		20,25	4,05
	Biossecagem — orgânicos	0,00				
	Subtotal	162,00	137,70		20,25	4,05
162,00	CDR TM					
0,00	CDR TMB					
Tratamento biológico						
859,52	Biodegradação + compostagem	859,52		416,20	37,84	405,88
756,73	Compostagem	0,00		416,20	37,84	405,88
	Subtotal	859,52		416,20	37,84	405,88
Incineração						
547,56	Mistos sem triagem	0,00				
	Rejeito — seletivos (manual)	0,00	26,55		109,51	411,50
	Rejeito — seletivos (mecanizada)	0,00				
	Rejeito — triagem mecanizada mistos	547,56				
	Subtotal	547,56	26,55		109,51	411,50
Aterro sanitário						
1.145,60	Resíduos mistos não triados	960,00				
	Rejeitos — triagem de seletivos	0,00				
	Rejeitos — triagem de mistos	18,00				
	Rejeitos — produção de CDR	20,25				
	Rejeitos — tratamento biológico	37,84				
	Cinzas — incineração	109,51				
	Subtotal	1.145,60				
Resultado final do balanço de massa						
			Massa (t/d)	(%)		
	Aterro		1.145,60	38,19		
	Material recicável		1032,97	34,43		
	Evaporação*		821,43	27,38		
	Total		3.000,00	100,00		

* Por evaporação, combustão ou biodegradação

FIGURA 20 – ABA R-RESUMO BAL. MASSA: RESUMO DO BALANÇO DE MASSA DA ROTA

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

R-Resumo Bal. Massa é uma aba de saída de resultados e resumo de todas as informações importantes sobre o fluxo de massa da rota simulada. Apresenta as capacidades operacionais de cada unidade ou tecnologia que compõe a rota, bem como os subprodutos, rejeitos e emissões de massa para a atmosfera. Além de aumentar o conhecimento

do usuário ou decisor sobre a rota avaliada, é dessa aba que a segunda parte da Ferramenta de Rotas e Custos, a parte de Custos Associados, importa as informações para realizar as simulações econômicas.

2.2.6 ABA SAÍDA GEE

A aba Saída GEE apresenta um resumo das informações de balanço de massa para a rota tecnológica avaliada. Essas informações não têm utilização direta na Ferramenta de Rotas e Custos. Seu objetivo é organizar os dados nela inseridos, os quais poderão servir como dados de entrada de outra ferramenta que faz a estimativa da geração de emissão de GEE (para aprender sobre o uso desta ferramenta veja o *Manual da Ferramenta de Cálculo de Emissões de GEE no Gerenciamento de Resíduos Sólidos para o Brasil - ACV!*).

É possível utilizar as duas ferramentas para uma mesma rota, de modo que os resultados sejam comparados, ampliando assim o rol de informações disponíveis para que o decisor esteja mais bem qualificado e embasado no momento da tomada de decisão sobre qual rota tecnológica de gerenciamento de RSU escolher.

2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE ROTAS – BALANÇO DE MASSA

A primeira parte da Ferramenta de Rotas e Custos é *Rotas – Balanço de Massa*. É onde o usuário define a rota tecnológica a ser avaliada, com base na escolha de tecnologias consolidadas pré-definidas, de capacidades mínimas estabelecidas e de valores de eficiência dos processos parametrizados. Com esse ferramental, diferentes combinações de soluções, ou seja, diferentes rotas tecnológicas podem ser

simuladas, estudadas e avaliadas pelo usuário.

Os resultados ou saídas para a rota em análise se dão tanto em uma tabela com as informações detalhadas como em uma figura em forma de fluxo de massa. Essas saídas são utilizadas como entradas na segunda parte da Ferramenta, chamada de Custos Associados, onde são estimados os custos de implantação e operação para a rota simulada.

A parte *Ferramenta de Rotas e Custos – Custos Associados* será apresentada no Capítulo 3 do presente Manual.

FERRAMENTA DE ROTAS E CUSTOS – CUSTOS ASSOCIADOS

Um dos grandes desafios na análise e estruturação de um sistema de gestão integrada de resíduos sólidos é a necessidade de incorporar nessa análise dados e informações relacionados aos investimentos e custos operacionais das várias tecnologias disponíveis, bem como seus arranjos teoricamente possíveis refletidos de uma forma prática, propiciando ao gestor público alguns dos elementos financeiros que permitem uma análise sob o ponto de vista da sustentabilidade econômica da rota tecnológica que está sendo simulada. Isso irá contribuir para uma maior democratização da análise preliminar da atratividade econômica das alternativas de gestão integrada dos resíduos sólidos, abordando-a sob uma ótica de valorização dos resíduos que permite avaliar também o potencial de transformação de um problema de gestão pública em uma oportunidade de negócio sustentável no longo prazo.

Para fazer frente a esse desafio, este capítulo trata das funcionalidades da ferramenta desenvolvida em Excel com as estimativas de custos de investimentos e custos operacionais de cada tecnologia e sua integração dentro da rota tecnológica simulada. Isso permitirá a você avaliar de uma forma preliminar os impactos e efeitos econômicos das suas simulações e suas implicações sobre o preço da tarifa do serviço de manejo de resíduos sólidos e o prazo de contrato a ser estabelecido.

3.1 OBJETIVOS, ESTRUTURA E FUNCIONALIDADES DA FERRAMENTA

A ferramenta possui quatro macro funcionalidades principais: interface do balanço de massa; estruturação do dimensionamento da capacidade e dos investimentos e custos operacionais de cada tecnologia; painel de controle e interação com o usuário; e simulações e modelagem econômico-financeira para as estimativas da tarifa pública do serviço de destinação do resíduo sólido urbano (RSU) para remuneração da implementação e operação da rota tecnológica sendo simulada.

3.1.1 ESTRUTURAÇÃO DAS ABAS DA FERRAMENTA DE CUSTOS

A segunda parte da *Ferramenta de Rotas e Custos, denominada de Custos – Estimativas e Dados Econômicos*, é constituída de 13 abas na planilha Excel.

A entrada principal de dados para o dimensionamento dos custos de investimento e operação da rota tecnológica se dá pela aba **R&C-Painel de Controle**. Há, além dessa, uma aba de premissas financeiras e fluxo de caixa do projeto no prazo do contrato, denominada **C-FCL Real**, outras duas abas de suporte e simulação de valores para a tarifa do contrato de prestação do serviço e do prazo de contrato – **C-Calc Tarifa**, **C-Graf-Simul-Tarifa Simples** e **CGraff-Simul-Tarifa Avançado** – e, por último, oito abas específicas para cada tecnologia sem necessidade de interação direta com o usuário: **C-Triag Man**, **C-Triag Mec**, **Prod CDR – TM**, **Prod CDR – TMB**, **C-Compostagem**, **C-Biodigestão**, **C-Incineração** e **C-Aterro Sanitário**. Todas essas abas são descritas na Tabela 2 e serão detalhadas ao longo deste manual.

TABELA 2 - ABAS REFERENTES A CUSTOS – ESTIMATIVAS E DADOS ECONÔMICOS

Fonte: Autores (2020)

Nome da aba	Finalidade	Descrição
R&C-Painel de Controle	Entrada/Saída de dados Interação principal de resumo e controle dos custos e quantitativos da rota tecnológica	Aba para analisar de uma forma resumida e integrada todas as principais informações dos quantitativos de resíduos/substratos/rejeitos, custos dos investimentos de implementação e custos operacionais de operação da rota tecnológica e sua influência sobre o preço da tarifa do serviço. Em relação aos custos de investimento e operação, há uma série de indexadores disponíveis para alteração pelo usuário. Além disso, o usuário pode simular valores estimados da tarifa do serviço de remuneração, além do prazo do contrato de serviço para avaliar os efeitos sobre as métricas econômicas de um investimento de implementação e operação da rota tecnológica definida.
C-Calc Tarifa	Entrada/Saída de dados Funcionalidade de simulação da distribuição do valor da tarifa do serviço de acordo com fatores de ponderação por tipo de imóvel e indexação a faixas de consumo de água	Aba onde o usuário pode simular a distribuição do valor total do serviço de tratamento e destinação do RSU de acordo com a quantidade e categoria de imóveis dentro de uma proposta de indexação ao consumo de água e, tomando-se em conta fatores de ponderação já existentes na metodologia de fatura do serviço de fornecimento de água, para facilitar a implementação. Dessa forma, pode-se simular os valores do custo do serviço do contrato de implementação e operação da rota tecnológica em definição, distribuída por imóvel no município ou consórcio. A aba permite também ao usuário simular a quantidade média, em Kg/d, de RSU em cima da qual cada faixa de cada categoria está sendo tarifada dentro do volume da rota tecnológica simulada e o respectivo consumo de água, permitindo ao usuário atestar a assertividade da calibração dos fatores de ponderação.

C-Graf-Simul-Tarifa Simples	Entrada/Saída de dados Funcionalidade de simulação da tarifa vs. impactos sobre retorno investimento da rota tecnológica	Aba onde o usuário pode analisar a influência do prazo de contrato sobre o valor da tarifa e, assim, avaliar e identificar o melhor compromisso entre as duas para preservar as metas de rentabilidade e atratividade do projeto.
C-FCL-Real	Entrada/Saída de dados Fluxo de caixa livre do projeto de implementação da rota tecnológica	Aba para a entrada, pelo usuário, das premissas financeiras para definição do fluxo de caixa de todo o investimento e operação da rota tecnológica definida ao longo do prazo de contrato. Além das premissas financeiras, a aba utiliza as demais informações de quantitativos, dos custos de investimentos e operacionais para calcular as principais métricas de avaliação de investimento.
C-Graff-Simul-Tarifa Avançado	Entrada/Saída de dados Funcionalidade de avaliação da sensibilidade da tarifa e do prazo de contrato sobre as métricas de retorno do investimento e operação do contrato	Aba onde o usuário pode definir valores para a tarifa e o prazo de contrato e observar a sensibilidade sobre as principais métricas de avaliação do investimento para implementação e operação da rota tecnológica definida.
C-Triag Man, C-Triag Mec, C-Prod CDR TM, C-Prod CDR TMB, C-Compostagem, C-Biodigestão, C-Incineração, C-Aterro Sanitário	Saída Dimensionamento da implementação e operação da tecnologia: custos de investimento e custos operacionais	A partir dos quantitativos de resíduos da rota tecnológica definida, a aba dimensiona os custos de investimento e custos operacionais da tecnologia de triagem manual. Não há necessidade de interação direta com o usuário, pois as variáveis indexadoras necessárias estão disponíveis no painel de controle.

3.1.2 ESTRUTURAÇÃO DAS ABAS DA FERRAMENTA DE CUSTOS

De forma a simplificar e reduzir a quantidade de informações técnicas requerida ao usuário para preenchimento, todas as abas das tecnologias geram informações sobre a respectiva tecnologia sem, no entanto, exigir alguma interação direta de entrada de informação pelo usuário. Por outro lado, o usuário pode consultar a qualquer tempo os resultados sendo produzidos pela ferramenta com base no dimensionamento e em suas definições a partir das abas de rotas. Da mesma forma, à medida que se informa o valor de uma variável indexadora de investimentos ou de custos, na aba do painel de controle, automaticamente tem-se o impacto refletido nos custos dimensionados. Isso pode ser observado nos gráficos do painel de controle.

As abas de tecnologias estão integradas com as abas do balanço de massa e do painel de controle; assim, definida a rota tecnológica, automaticamente são dimensionados os custos de investimento e operação de cada tecnologia. Mas, na sequência, o usuário deve informar, ajustar e validar os valores dos custos unitários dos indexadores na aba [R&C-Painel de Controle](#) para que os valores de custos sejam ajustados à realidade do caso que está sendo simulado, conforme veremos em mais detalhes adiante.

Após validar as informações dos custos unitários na aba do painel de controle, é possível realizar simulações do preço da tarifa do serviço. Para isso, é necessário validar as premissas financeiras na aba [C-FCL Real](#) com o suporte de especialistas financeiros

dentro da gestão pública – os técnicos do programa FEP, da Caixa Econômica Federal (CEF), poderão ser consultados sobre essas informações. Após essa validação, é possível fazer simulações de avaliação da sensibilidade sobre o retorno do investimento sobre a tarifa do serviço e o prazo de contrato na aba **C-Graf Sensib. FEP** e, por último, avaliar na aba **C-Graf Simul Tarifa** o melhor compromisso entre o valor da tarifa e o período do contrato a ser estabelecido. As alternativas de simulação serão abordadas em detalhes mais à frente neste capítulo.

Na aba **C-Cal Tarifa**, o usuário pode simular a distribuição da tarifa referencial para remunerar a implementação e operacionalização da rota tecnológica proposta para as diferentes categorias de imóveis existentes e, assim, avaliar sua distribuição tomando como referência: (1) as faixas de consumo de água já existentes na sistemática de tarifação atual do consumo da água, (2) a categoria do imóveis e (3) a frequência de coleta do RSU, além de outros fatores de ponderação para uma diferenciação social dos imóveis residenciais.

A repetição desses passos para diferentes rotas tecnológicas permitirá avaliar as vantagens e desvantagens do ponto de vista econômico-financeiro das opções de tecnologias e, desse modo, reunir argumentos para aprofundar a análise e o detalhamento da rota com maior aderência ao objetivo principal da GIRSU – Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos pré-definida.

3.2 DESCRIÇÃO GERAL DAS ABAS DE ESTRUTURAÇÃO DAS TECNOLOGIAS

Foi criada uma aba para cada tecnologia, em um total de oito. Em cada aba, estabeleceu-se um padrão para a estruturação e o dimensionamento dos custos de investimento e operação, conforme exemplificado na Figura 21 a seguir. Na figura, a área demarcada em verde, na parte superior, é onde estão todos os quantitativos de dimensionamento da tecnologia que são transferidos automaticamente da aba balanço de massa, onde constam os quantitativos resultantes da simulação da rota tecnológica. Na área central, sinalizada em vermelho, estão todos os dados e parâmetros relacionados ao dimensionamento dos custos de investimento e, por último, na área demarcada em azul, na parte de baixo, estão os dados e parâmetros utilizados para dimensionar os custos operacionais de cada tecnologia. A coluna sinalizada em amarelo representa a faixa de quantitativos dimensionada na definição da rota tecnológica conforme cenários do balanço de massa da rota em construção.

Massa para Dimensionamento — Triagem Manual	49,5 t/d	15.494 t/a	Sim	Município São Judas Tadeu	Rota Rota Futura 1
Câmbio Real/Euro BASE do Dimensionamento Capex	4,00 R\$ / €				
NÃO	NÃO	NÃO			SIM
Dimensionamento da Capacidade			CENTRAL DE TRIAGEM MANUAL		
Dimensionamento da Capacidade					
2,5 t/d	10 t/d	20 t/d	30 t/d	40 t/d	50 t/d
Capex	Indexador Capex (Milh R\$) -	Indexador Capex (Milh R\$) -	Indexador Capex (Milh R\$) -	Indexador Capex (Milh R\$) -	Indexador Capex (Milh R\$) -
Equipamentos & Montagem	200 - 10,0%	50 - 10,0%	50 - 10,0%	50 - 10,0%	50 - 10,0%
Infraestrutura Civil & Utilidades	1.250 - 5%	1.250 - 5%	1.250 - 5%	1.250 - 5%	1.250 - 5%
Justo de Aquisição do Terreno (m ²): Área Ind. + Planta	19.062 - 7.425	27.982 - 14.293	23.513 - 9.529	21.563 - 9.529	19.918 - 8.338
serviços: Eng., Cons. Licenc. etc.	- 10,0%	- 10,0%	- 10,0%	- 7,5%	- 5,0%
Capex Total (Milh R\$)	2,5% -	5% -	5% -	5% -	5% -
Opex Anual	Indexador Opex (R\$/t a) -	Indexador Opex (R\$/t a) -	Indexador Opex (R\$/t a) -	Indexador Opex (R\$/t a) -	Indexador Opex (R\$/t a) -
salarial (R\$/t "Entr anual")	-	-	-	-	-
energia Elétrica (R\$/t "Entr anual")	-	-	-	-	-
Manutenção (R\$/t "Entr anual")	-	-	-	-	-
serviços de Terceiros Fixos (R\$/t "Entr anual")	10% -	10% -	10% -	10% -	10% -
itens Consumíveis na Op. Produção (R\$/t "Entr anual")	-	-	-	-	-
"Opex Total"/t "Entr anual"	5% -	10% -	10% -	10% -	10% -
"Opex Total" (Milh R\$/ano)	-	-	-	-	-
Opex Custo Fixo* (Milh R\$/ano)	-	-	-	-	-
Opex Custo Variável* (R\$/t Entr anual)	-	-	-	-	-

FIGURA 21 – ESTRUTURA PADRÃO DA ABA DE CADA TECNOLOGIA DA ROTA TECNOLÓGICA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Com isso em mente, criaram-se quatro direcionadores principais para as estimativas de investimentos e custos operacionais de cada tecnologia:

- **Quantitativos como capacidade de dimensionamento:** representam as faixas de quantitativos para as quais o montante de investimento é indexado, pressupondo a manutenção do mesmo degrau tecnológico e a definição de limites máximos e mínimos aplicáveis dentro de cada tecnologia;
- **Degrado tecnológico e conceitos de integração e sinergias entre tecnologias:** o degrau tecnológico definido em cada faixa de quantitativo está detalhado mais à frente em cada tecnologia. Adotou-se a premissa de

que as rotas tecnológicas, afora o aterro sanitário, seriam implementadas todas em um mesmo local, facilitando as transferências e movimentações de resíduos, substratos e subprodutos entre as tecnologias e, ao mesmo tempo, adotando o compartilhamento de serviços comuns não essenciais terceirizados;

- **Variáveis avançadas de eficiência operacional das tecnologias:** há algumas variáveis avançadas de eficiência operacional determinadas na etapa de definição da rota tecnológica que impactam os valores estimados de investimentos e custos operacionais. Essas variáveis estão detalhadas no ANEXO I.
- **Variáveis de custo unitário dos investimentos e custos operacionais:** essas variáveis estão listadas no painel de controle e possuem um valor de referência definido a ser utilizado internamente nos cálculos, cabendo ao usuário validar o valor de referência ou introduzir outro valor que reflita melhor o cenário em simulação.

3.2.1 RACIONAL PARA A DEFINIÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE INVESTIMENTO DAS TECNOLOGIAS

Foram utilizadas quatro naturezas de agrupamento para dimensionar o montante de investimento de cada tecnologia: Equipamentos e Serviços de Montagem; Infraestrutura Civil e Utilidades; Custos de Aquisição de Terreno; e Serviços de Consultoria, Licenciamentos e Engenharia Básica de Projeto. Do lado esquerdo da Figura 22, tem-se, entre as linhas 10 e 20, todos os dados indexadores para esse dimensionamento.

Massa para Dimensionamento — Triagem Manual	49,5 t/d	15.494 t/a	Sim	Município São Judas Tadeu	Rota Rota Futura 1							
Câmbio Real/Euro BASE do Dimensionamento Capex	4,00 R\$ / €											
NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM							
Dimensionamento da Capacidade	CENTRAL DE TRIAGEM MANUAL											
Capex	2,5 t/d	10 t/d	10 t/d	20 t/d	20 t/d	30 t/d	30 t/d	40 t/d	40 t/d	50 t/d	50 t/d	
Equipamentos & Montagem	Indexador	Capex (Milh R\$)	-	Indexador	Capex (Milh R\$)	-	Indexador	Capex (Milh R\$)	-	Indexador	Capex (Milh R\$)	-
Infraestrutura Civil & Utilidades	200	-	10,0%	50	-	10,0%	50	-	10,0%	50	-	10,0%
Custo de Aquisição do Terreno (m ²): Área Ind. + Planta	1.250	-	5%	1.250	-	5%	1.250	-	5%	1.250	-	5%
Serviços: Eng., Cons. Licenc. etc.	19.062	-	7.425	27.982	-	14.293	23.513	-	9.529	21.563	-	9.529
Capex Total (Milh R\$)	2,5%	-	10,0%	5%	-	10,0%	5%	-	10,0%	5%	-	10,0%

FIGURA 22 – ABA DAS TECNOLOGIAS: DIMENSIONAMENTO DO CUSTO DE INVESTIMENTOS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Desse modo, a ideia central da ferramenta de custos é a de que, a partir dos quantitativos repassados pelo balanço de massa da ferramenta de rotas, se possa dimensionar os custos de investimento da rota tecnológica:

- **Compra de Equipamentos e Serviços de Montagem:** nessa natureza, estão agrupadas todas as despesas de aquisição e montagem dos equipamentos e de engenharia de fabricação dos itens que compõem a tecnologia.
- **Infraestrutura Civil e Utilidades:** nessa natureza, estão agrupados todos os custos de investimento referentes à engenharia civil, preparação e execução das obras civis de infraestrutura necessárias à implementação da tecnologia, bem como de toda a infraestrutura de utilidades necessária ao funcionamento da tecnologia como uma instalação industrial: portaria, balanças rodoviárias, prédios administrativos e outras áreas funcionais, como manutenção, almoxarifado, laboratório, pavimentação e ceramento da propriedade industrial.

- **Aquisição de Terreno:** nessa natureza, estão estimados os custos de aquisição e registro da propriedade do terreno baseados na área estimada para construção e implementação de cada uma das tecnologias e das áreas comuns de uma unidade integrada e centralizada de tratamento de resíduos.
 - **Despesas de Serviços de Engenharia Básica, Licenciamentos e outras Consultorias:** nessa natureza, estão estimados os custos dos serviços adicionais necessários à implementação do projeto.

3.2.2 RACIONAL PARA A DEFINIÇÃO E ESTRUTURAÇÃO PADRÃO DAS ESTIMATIVAS DOS CUSTOS OPERACIONAIS DAS TECNOLOGIAS

De maneira análoga à estruturação dos custos de investimento, os custos operacionais de cada tecnologia foram agrupados em cinco naturezas: Custos e Despesas com Pessoal, Custos de Consumo de Energia Elétrica, Custos de Manutenção, Custos de Serviços de Terceiros Fixos e Custos de Serviços ou Materiais Consumíveis na Operação de Tratamento de Resíduos, conforme mostrado na Figura 23:

FIGURA 23 – ABA DAS TECNOLOGIAS: DIMENSIONAMENTO PADRÃO DO CUSTO OPERACIONAL

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Na sequência, tem-se o detalhamento da estruturação das cinco naturezas para o padrão de dimensionamento do custo operacional de cada tecnologia:

- **Custos Operacionais com Pessoal e Recursos Humanos:** nessa natureza de custos, estão agrupados todos os custos referentes a salários, encargos trabalhistas e demais despesas de gestão administrativa e de pessoas.
- **Custos Operacionais com Consumo de Energia Elétrica:** nessa natureza de custos, estão considerados os custos fixos e variáveis referentes ao consumo de energia elétrica na operação de cada tecnologia.
- **Custos Operacionais com Manutenção:** nessa natureza de custos, estão incluídos todos os custos referentes às atividades de manutenção, tanto em termos de peças sobressalentes e de desgaste como em termos dos serviços de manutenção preventiva ou corretiva por terceiros ou funcionários próprios.
- **Custos Operacionais com Serviços Terceirizados Fixos:** nessa natureza de custos, estão incluídos todos os serviços de terceiros fixos referentes às atividades de portaria, segurança patrimonial, limpeza industrial, refeitório, seguro industrial e outras despesas administrativas fixas.
- **Custos Operacionais com Itens Variáveis Consumíveis ou Usados na Operação:** nessa natureza de custos, estão incluídos todos os custos referentes aos materiais consumíveis na operação (por exemplo, diesel para equipamentos móveis) e de custos variáveis de serviços atrelados aos quantitativos manuseados operacionalmente em cada tecnologia (como os usuais contratos de custo variável feitos com fornecedores de serviços terceirizados de manuseio interno de rejeitos e substratos nas várias tecnologias).

3.2.3 ESTRUTURAÇÃO DO RACIONAL TÉCNICO DOS CUSTOS DE INVESTIMENTO DAS TECNOLOGIAS

Nessas abas, não há a necessidade de uma interação direta entre o usuário e o conteúdo. Todas as informações de entrada de quantitativos para essas abas são repassadas automaticamente através da aba de balanço de massa, e todas as informações necessárias de custo unitário, bem como as resultantes dos custos de investimentos e dos custos operacionais, são mostradas no painel de controle. Para cada tecnologia, foi criada uma aba que será detalhada na sequência.

3.2.3.1 TECNOLOGIA DE TRIAGEM MANUAL DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

O detalhamento dessa tecnologia encontra-se na aba **C-Triagem Man**. Cabe destacar que ficou definido junto ao Ministério do Desenvolvimento Regional que a implementação de centrais de triagem manual somente será aplicável para os cenários onde se tenha a triagem a partir de resíduos secos oriundos da coleta seletiva de secos em razão das condições de insalubridade de uma operação com essa tecnologia aplicada em resíduos oriundos da coleta de resíduos mistos e rejeitos.

3.2.3.2 TECNOLOGIA DE TRIAGEM MECANIZADA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

O detalhamento dessa tecnologia encontra-se na aba **C-Triagem Mec**. A tecnologia da central de triagem mecanizada pode receber o material da coleta seletiva de mistos e/ ou da coleta seletiva de secos. Foi tomada como referência-base a entrada de resíduos da coleta de mistos e rejeitos para elaboração do conceito de segregação e arranjo dos equipamentos para assegurar a eficiência de triagem parametrizada pelo usuário na defi-

nição da rota tecnológica. Foram definidos como classes de materiais recicláveis a serem segregados: papel/papelão, plástico filme, plástico rígido, vidros, metais ferrosos e metas não ferrosos.

3.2.3.3 TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CDR TM – TRATAMENTO MECÂNICO

O detalhamento dessa tecnologia encontra-se na aba **C-Produção CDR-TM**. Assume-se que a produção de CDR com tecnologia mecânica será implantada sempre de forma integrada com as tecnologias de reciclagem manual ou mecanizada. O conceito da tecnologia parte do reaproveitamento dos rejeitos com conteúdo energético, compondo-se basicamente pelo arranjo dos três passos finais:

- Trituração final de acordo com a meta de granulometria (CDR Grosso ou Fino a ser parametrizado na definição da rota tecnológica e em função da demanda da cimenteira consumidora do CDR);
- Separador ótico para segregação de materiais de PVC ricos em cloro, como controle de qualidade para se ajustar à demanda da indústria cimenteira;
- Prensagem e enfardamento do CDR para reduzir os custos de transporte até o destino nas cimenteiras consumidoras.

Dependendo do porte da planta, prevê-se também a inclusão de um pequeno laboratório para análises de rotina da qualidade do produto CDR.

3.2.3.4 TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CDR TMB – TRATAMENTO MECÂNICO BIOLÓGICO

O detalhamento dessa tecnologia encontra-se na aba **C-Produção CDR-TMB**. Assume-se que a produção de CDR com tecnologia mecânica biológica será implantada sempre de forma integrada com a tecnologia de reciclagem mecanizada de mistos. Nesse caso, a fração orgânica segregada no início do processo de triagem mecanizada é transferida para a etapa de biossecagem e os rejeitos secos pós-reciclagem são então enviados para o tratamento mecânico de forma conjunta com a fração orgânica estabilizada pós-biossecagem. Diante da criticidade do processo de biossecagem, foram tomados como referência os custos de uma tecnologia com alta eficiência (umidade de saída da biossecagem abaixo de 20%). Dependendo do porte da planta, prevê-se também a inclusão de um pequeno laboratório para análises de rotina da qualidade do produto CDR.

3.2.3.5 TECNOLOGIA DE COMPOSTAGEM

O detalhamento dessa tecnologia encontra-se na aba **C-Compostagem**. Compostos orgânicos podem ser produzidos a partir da coleta seletiva de materiais orgânicos e/ou da fração orgânica segregada no início da etapa de triagem mecanizada dos resíduos mistos.

Foram previstos baixo grau tecnológico nas duas primeiras faixas e médio grau tecnológico nas demais faixas de quantitativos. Em todas as faixas com médio grau tecnológico, foram previstos o investimento e o custo operacional adicionais (como medida de educação ambiental) para implantação de composteiras domésticas com vermicomposteiras (minhocários) para atender entre 0,25 e 1,0% da população.

3.2.3.6 TECNOLOGIA DE BIODIGESTÃO

O detalhamento dessa tecnologia encontra-se na aba **C-Biodigestão**. Dada a ainda incipiente coleta seletiva de orgânicos e o grande potencial de contaminantes de materiais na fração orgânica segregada da coleta de resíduos mistos, optou-se por focar a utilização da tecnologia de biodigestores extrasseca com reatores em túneis. O dimensionamento dos reatores tomou como base projetos de fornecedores consolidados e buscou-se ajustar o dimensionamento para as faixas de quantitativos acima daquelas hoje existentes para a tecnologia extrasseca.

As duas faixas iniciais refletem referências de projetos existentes e as outras três são projeções das faixas anteriores com acréscimo de um alimentador automático a ser dimensionado de acordo com os quantitativos de resíduos. Também o tamanho dos túneis, cujas dimensões são ajustadas conforme os quantitativos. Para os custos de investimento e custos de operação dos motogeradores para produção de energia elétrica e para segregação do biometano, foram utilizados valores médios de projetos existentes e valores consolidados da literatura especializada. Os quantitativos do digestado sólido a ser compostado são contabilizados como quantitativos de entrada para o dimensionamento da compostagem (sendo que a perda de massa desse fluxo, nessa etapa, será deduzida daquela já ocorrida na biodigestão, conforme parametrização específica da tecnologia de biodigestão).

3.2.3.7 TECNOLOGIA DE INCINERAÇÃO

O detalhamento dessa tecnologia encontra-se na aba **C-Incineração**. Ainda não há um projeto de larga escala utilizando a tecnologia de incineração implementado no Brasil.

Já existem projetos divulgados como em fase de implementação, mas que ainda não puderam comprovar a sua viabilidade econômica na realidade brasileira, dado o montante de investimento da tecnologia baseada em tecnologias europeias. Os custos de investimento de plantas de “Grelha de Combustão” nas últimas duas décadas variaram pouco, estando mais concentrados nos equipamentos ou técnicas de abatimento das emissões. Por outro lado, a China, que implementou a maior parte das plantas de incineração construídas nos últimos 20 anos, vem se destacando por apresentar alternativas tecnológicas, com custos inferiores às referências europeias e, ao mesmo tempo, capazes de atender a requisitos de uma legislação ambiental que vem se tornando cada vez mais restritiva na China – apesar de que isso implique em custos operacionais mais elevados para as adaptações necessárias, principalmente no que tange ao consumo de produtos químicos para abatimento das emissões.

Dessa forma, adotou-se na ferramenta a flexibilidade de poder definir a origem da tecnologia de incineração entre as opções Grelha de Combustão com origem Europeia ou Chinesa, sendo que, para essas últimas, foram adotados alguns fatores de segurança de custos de investimento do projeto e custos operacionais acima do usual, uma vez que essa tecnologia ainda se encontra em fase de consolidação pelo seu tempo de funcionamento comparado às plantas com tecnologia europeia que já são consolidadas no mercado mundial. Por conta da dificuldade de obter propostas de fornecedores que pudesse ser adotadas como referências para algum cenário brasileiro, foi utilizado o relatório do Banco Mundial *Guidebook for the Application of Waste to Energy Technologies in Latin America and the Caribbean*⁴.

4 O relatório pode ser acessado em: http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias_eventos/WTEGuidebook_IDB.pdf.

Daí se podem fazer inferências sobre os custos de investimento e operacionais para essas tecnologias, estabelecendo-se parâmetros comparativos entre as duas tecnologias que podem ser extrapolados para a realidade brasileira.

3.2.3.8 TECNOLOGIA DE ATERRO SANITÁRIO

O detalhamento dessa tecnologia encontra-se na aba **C-Aterro Sanitário**. Durante a simulação da rota tecnológica, o usuário tem a possibilidade de escolher entre um aterro existente e um novo aterro a ser implementado para o destino dos rejeitos e dos mistos não triados da nova rota tecnológica. Para o caso de um aterro existente, será necessário informar os custos de transporte e disposição para compor o custo total da rota tecnológica em simulação. Para o caso da implementação de um novo aterro sanitário, foi tomado como base o documento referente ao relatório de pesquisa elaborado pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe) para a entidade representante das empresas de limpeza pública, o Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana do Estado de São Paulo (Selur)⁵.

⁵ Fipe. Aspectos técnicos/econômico-financeiros da implantação, manutenção, operação e encerramento de aterros sanitários. São Paulo, 2017. Esse estudo foi conduzido em 2017 com o objetivo de estabelecer a modelagem técnica, econômico-financeira, para quatro portes de aterros sanitários utilizando-se como base a norma NBR 8419 – Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos –, além de dados técnicos da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (Abetre).

3.3 DESCRIÇÃO E ESTRUTURAÇÃO GERAL DA ABA DO PAINEL DE CONTROLE

A aba **R&C-Painel de Controle** é a principal área de interface com o usuário no tocante ao dimensionamento dos custos da rota tecnológica. A aba é dividida em quatro áreas, abordadas a seguir.

3.3.1 PAINEL DE CONTROLE: RESUMO GERAL DA ROTA TECNOLÓGICA

Como já mencionado, a aba **R&C-Painel de Controle** é a principal área de interface para o gestor público no que diz respeito às análises e simulações de custos de investimento e operacionais da rota tecnológica em avaliação. Na Figura 24, mostra-se a área superior dessa aba, onde estão resumidas as principais informações. Na área demarcada em azul, estão os quantitativos de resíduos e substratos simulados; na área demarcada em verde, estão todas as informações de custos de investimento e operacionais da rota tecnológica em simulação; na área demarcada em vermelho, expõem-se de forma gráfica os principais indicadores de dimensionamento de cada tecnologia que compõe a rota tecnológica; e, na área demarcada em amarelo, constam as informações mais relevantes para simulação da tarifa básica do serviço de manejo, tratamento e destinação do RSU e do prazo de contrato de concessão.

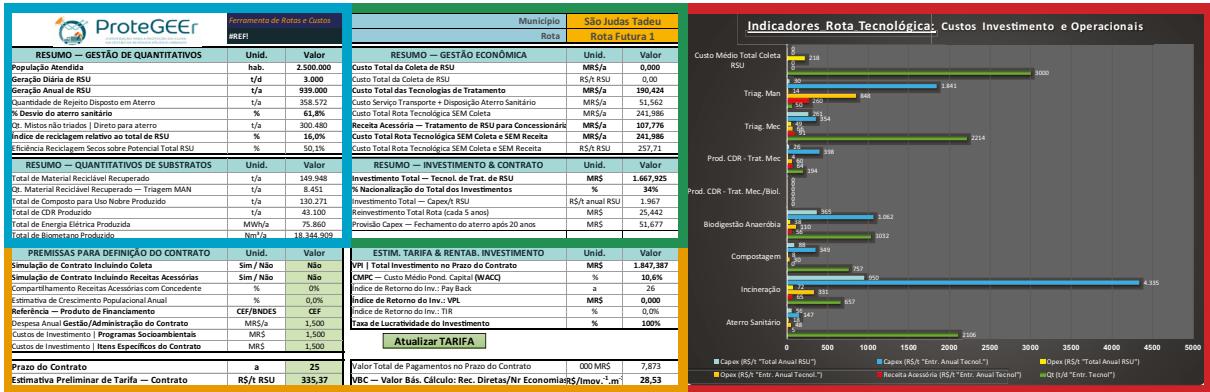


FIGURA 24 – ABA PAINEL DE CONTROLE: RESUMO GERAL – SIMULAÇÃO DE ROTA TECNOLÓGICA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

3.3.2 PAINEL DE CONTROLE: QUANTITATIVOS – BALANÇO DE MASSA

Logo abaixo do resumo gerencial, estão detalhadas todas as informações de quantitativos da rota tecnológica, sendo simulada, conforme mostrado nas figuras 25 e 26:

Dados de Geração e Coleta de RSU	Unid.	Valor	Resumo da Produção Total de Substratos	Unid.	Valor	Dados da Produção de Substratos de RSU	Unid.	Valor	Dados da Produção de Substratos de RSU	Unid.	Valor
Informações sobre Capex & Opex Capex	Unid.	Valor	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Uso (\$m/ha)	Capac. (t/a)	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Capex (MRS)	Capex (Rs\$/t entr)	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Opex (MRS)	Opex (Rs\$/t entr)
Dados de Custos Econômicos	Unid.	Valor	Recetas Acessórias	Unid.	Valor	Custos de Coleta e Transbordo	Unid.	Valor	Custos da Produção de Substratos	Unid.	Valor

FIGURA 25 – ABA PAINEL DE CONTROLE: ÁREA DE ENTRADA DE DADOS PARA CUSTOS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Dados de Geração e Coleta de RSU	Unid.	Valor	Resumo da Produção Total de Substratos	Unid.	Valor
Informações sobre Capex & Opex Capex	Unid.	Valor	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Uso (Sim/Não)	Capac. (t/a)
Dados de Custos Econômicos	Unid.	Valor	Receitas Acessórias	Unid.	Valor

FIGURA 26 – ÁREA DE ENTRADA DE DADOS PARA CUSTOS: DETALHE AMPLIADO DA FIG. 25

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Do lado esquerdo, no topo da área mostrada na Figura 26, está a área de Dados de Geração, Coleta, Tratamento e Disposição do RSU, conforme visão geral mostrada na Figura 27:

Dados de Geração e Coleta de RSU	Unid.	Valor	Resumo da Produção Total de Substratos	Unid.	Valor	Dados da Produção de Substratos de RSU	Unid.	Valor	Dados da Produção de Substratos de RSU	Unid.	Valor
Geração de Resíduos	t/m³	2.000.000				Material Reciclável	t/a	1.000.000	Mat. Recicl.: Papel/Papelão — Triagem Mecanizada	t/a	54.000
Geração per capita de RSU	kg/hab. * d ⁻¹	0,01				Mat. Recicl.: Plástico Rígido — Triagem Mecanizada	t/a	31.550	Mat. Recicl.: Plástico Rígido — Triagem Manual	t/a	3.208
Geração Diária de RSU	t/dia	3.000				Compósito para Uso Não Nobre Produzido	t/a	10.271	Mat. Recicl.: Vidro — Triagem Mecanizada	t/a	19.206
Geração Mensal de RSU	t/mês	78.250				CDR Grosso Produzido	t/a	43.300	Mat. Recicl.: Vidro — Triagem Mecânica	t/a	10.020
Geração Anual de RSU	t/ano	939.000				CDR Fino Produzido	t/a	0	Mat. Recicl.: Metal Não Ferroso — Triagem Mecanizada	t/a	2.505
Coleta Seletiva — Organicos Recicláveis	t/a	0				CDR Fino Produzido	t/a	0	Mat. Recicl.: Metal Não Ferroso — Triagem Mecânica	t/a	0
Coleta Seletiva — Organicos	t/a	45.500				CDR Fino Produzido	t/a	0	Mat. Recicl.: Plástico Rígido — Incineração	t/a	9.623
Coleta Convencional — Mistas/rajetas	t/a	751.200				CDR Fino Produzido	t/a	0	Mat. Recicl.: Metal Não Ferroso — Incineração	t/a	1.719
Quantidade de Rejeito Disponível em Atémo	t/a	358.572				CDR Fino Produzido	t/a	0	Mat. Recicl.: Plástico Rígido — Incineração	t/a	6.500
% Desvio do Aterro Sanitário	%	67%				CDR Grosso Produzido — Trat. Mac. Biológico	t/a	43.100	Energy Elétrica — Boddegrão	MWh/a	0
Qt. Mistas não traidas / Direto para aterro	t/a	500.480				CDR Fino Produzido — Trat. Mac. Biológico	t/a	0	Energy Elétrica — Boddegrão	MWh/a	75.860
						CDR Fino Produzido — Trat. Mac. Biológico	t/a	0	Energy Elétrica — Biogás de Aterro	MWh/a	0
						Compósito para Uso Nobre Produzido — Compostagem	t/a	0	Biometano — Boddegrão	MWh/a	15.745.560
						Compósito para Uso Não Nobre Prod. — Compostagem	t/a	0	Biometano — Aterro Sanitário	MWh/a	2.109.144

FIGURA 27 – VISÃO GERAL DADOS GERAÇÃO, COLETA, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO RSU

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

3.3.3 PAINEL DE CONTROLE: DADOS CAPEX/OPEX DA ROTA TECNOLÓGICA

Após o detalhamento de todos os quantitativos envolvidos na rota tecnológica sendo simulada, temos a área de interface para entrada de dados para dimensionamento dos investimentos e dos custos operacionais da rota em simulação, conforme mostrado nas figuras 28 e 29:

Dados de Geração e Coleta de RSU	Unid.	Valor	Resumo da Produção Total de Substratos	Unid.	Valor	Dados da Produção de Substratos de RSU	Unid.	Valor	Dados da Produção de Substratos de RSU	Unid.	Valor
Informações sobre Capex & Opxex Capex	Unid.	Valor	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Uso (Sim/Não)	Capac. (t/a)	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Capex (R\$)	Capex (R\$/t entro)	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Opxex (R\$)	Opxex (R\$/t entro)
Dados de Custos Econômicos	Unid.	Valor	Receitas Acessórias	Unid.	Valor	Custos de Coleta e Transbordo	Unid.	Valor	Custos da Produção de Substratos	Unid.	Valor

FIGURA 28 – ABA PAINEL DE CONTROLE: ÁREA DE ENTRADA DE DADOS PARA CUSTOS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Dados de Geração e Coleta de RSU	Unid.	Valor	Resumo da Produção Total de Substratos	Unid.	Valor
Informações sobre Capex & Opxex Capex	Unid.	Valor	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Uso (Sim/Não)	Capac. (t/a)
Dados de Custos Econômicos	Unid.	Valor	Receitas Acessórias	Unid.	Valor

FIGURA 29 – ÁREA DE ENTRADA DE DADOS PARA CUSTOS: DETALHE AMPLIADO DA FIG. 28

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Do lado esquerdo da área mostrada na Figura 29, acessam-se as áreas de entrada de dados para as simulações de custos. No tópico **Dados de Invest. e Custos Operac.**, encontra-se a interface para entrada de todas as principais informações de Custos, conforme pode ser visto na Figura 30.

Informações sobre Capex & Opex Capex		Unid.	Valor	Tecnologias de Tratamento & Disposição		Uso (\$m/felc)	Capac. (t/a)	Tecnologias de Tratamento & Disposição		Capex (MRS)	Capex (R\$ /t entr)	Tecnologias de Tratamento & Disposição		Opex (MRS)	Opex (R\$ /t entr)
Custo de Câmbio: Real/Euro		R\$/€	5,00	Triagem Manual – Seletores	Sim	15.494		Triagem Manual – Seletores	Sim	28.523	1.841	Triagem Manual – Seletores	Sim	13.142	848
Custo de Câmbio: Real/Dólar Americano		R\$/US \$	4,50		100%	50%			Capex / RSU	30			Capex / RSU	3.909	15.096
Taxa + Impostos sobre Importação de Equipamentos	%	50%		Área da Unidade de Tratamento Industrial		19.518		Reinvestimento a cada 5 anos		0,434	30	Custo Fixo Custo Variável		3.028	653
Preço Médio do Terreno para Construção	R\$/m²	90,00		Triagem Mecanizada	Sim	692.962		Triagem Mecanizada	Sim	245.131	354	Triagem Mecanizada	Sim	45.975	66
Preço Médio da Terra para Construção por Unidade de Áreas Sanitárias	R\$/m²	21,00			40%				Capex / RSU	261			Capex / RSU	10.412	
Preço Médio da Pegeação de Resíduos para aterro Sanitário	R\$/m³	500,00		Área da Unidade de Tratamento Industrial		35.121		Reinvestimento a cada 5 anos		0,434	261	Reinvestimento a cada 5 anos		9.303	53
Indenização Origen Base Tecnológico				Tecnologia Europa	Produção de CDR TM – Trat. Mec.	60.947		Produção de CDR TM – Trat. Mec.	Sim	24.237	398	Produção de CDR TM – Trat. Mec.	Sim	3.634	60
Preço Médio do Concreto Usinado Ind. Aplicado	R\$/m³	5.000,00			% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimension.	30%	20%		Capex / RSU	26			Capex / RSU	4.131	3.870
Preço Médio da Construção de Galpão Industrial com Piso Revestido e Teto Nodulado - Março/2020	R\$/m²	1.500,00		Área da Unidade de Tratamento Industrial		2.910		Reinvestimento a cada 5 anos		0,502		Custo Fixo Custo Variável		0,523	51
Receita Acum. / Custo Variável	%	0%		Biodegradação Aeróbica	Não	0		Produção de CDR TM – Trat. Mec./Biológ.	0	0,000		Reinvestimento a cada 5 anos		0,000	0,000
Informações sobre Capex & Opex Opex	Unid.	Valor			100%	20%			Capex / RSU	0		Reinvestimento a cada 5 anos		0	0
Salário Médio – Nível Gerencial	R\$/mês	20.000		Área da Unidade de Tratamento Industrial		0		Produção de CDR TM – Trat. Mec./Biológ.		0	0,000	Reinvestimento a cada 5 anos		0,000	0,000
Salário Médio – Nível Supervisão	R\$/mês	10.000		Biodegradação Aeróbica	Sim	32.296		Reinvestimento a cada 5 anos		0	0,000	Reinvestimento a cada 5 anos		0	0
Salário Médio – Nível Operacional	R\$/mês	1.500			30%	20%		Produção de CDR TM – Trat. Mec./Biológ.		343.017	1.062	Reinvestimento a cada 5 anos		35.454	110
Regime de Contratação Oper. Tratamento Manual				Área da Unidade de Tratamento Industrial		162.719		Reinvestimento a cada 5 anos		5.500	RSU	Reinvestimento a cada 5 anos		19.284	37,76
Regime de Contratação Oper. Tratamento Automatizado				Competição	Sim	236.856		Reinvestimento a cada 5 anos		0,429	349	Reinvestimento a cada 5 anos		0,000	0,000
Costo Médio de Energia Elétrica	R\$/MWh	1.250			100%	20%		Reinvestimento a cada 5 anos		0,429	349	Reinvestimento a cada 5 anos		0,000	7.512
Costo Fixo – Demanda de Energia Elétrica Contratada Ind.	R\$/MW ^h	375,00		Área da Unidade de Tratamento Industrial		45.788		Reinvestimento a cada 5 anos		4,737		Reinvestimento a cada 5 anos		8.869	26
Costo Médio de Serviço – Terceiros Auxiliares Fines	R\$/mês	100.000,00		Incriminação	Sim	209.664		Incriminação	Sim	891.423	4.335	Incriminação	Sim	67.977	331
Costo Médio de Aluguel de Fazenda/terreno com Oper.	R\$/mês	25.000			30%	20%		Área da Unidade de Tratamento Industrial		0,429	349	Área da Unidade de Tratamento Industrial		14.138	22.933
Costo Médio de Aluguel de Equipamentos Móveis para Aterro	R\$/mês	100,00		Reinvestimento a cada 5 anos		96.000		Reinvestimento a cada 5 anos		0,329	10.729	Reinvestimento a cada 5 anos		27.079	
Costo Médio de Encerramento de Resíduos	R\$/m³	35,00		Aterro Sanitário	Sim	356.572		Área da Unidade de Tratamento Industrial	Sim	1.247	157	Área da Unidade de Tratamento Industrial	Sim	1.247	157
Costo Médio de Oleo Diesel para Movimentação Interna de Resíduo	R\$/L	3,00			100%	50%		Área da Unidade de Tratamento Industrial		0,429	349	Área da Unidade de Tratamento Industrial		1.143	18.315
Costo Médio de Ureia – Abastecimento das Emissões – Incr.	R\$/kg	150,00		Área da Unidade de Tratamento Industrial		360.375		Reinvestimento a cada 5 anos		51.677	7	Área da Unidade de Tratamento Industrial		4.884	34
Costo Médio de Cal Hidratada – Abastecimento das Emissões – Incr.	R\$/kg	0,45		Área Total da Unidade de Tratamento de Resíduos		341		Reinvestimento Total Rota (cada 5 anos)		25.442	-	Reinvestimento Total Rota (cada 5 anos)		1.687.925	1.776
Costo Médio de Cárbo Ativado – Abastecimento das Emissões – Incr.	R\$/kg	100,00		Total de RSU Manejados no Tratamento/Disposição		362.485		Total CAPEX de Trat. / Disp. do RSU	1.687.925	1.776		Total CAPEX de Trat. / Disp. do RSU	1.687.925	203	

FIGURA 30 – RESUMO GERAL – CUSTOS INVEST. E CUSTOS OPERACIONAIS DAS TECNOLOGIAS

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Do lado esquerdo dessa aba, entre as colunas B e D, conforme mostrado na Figura 30, e entre as linhas 46 e 55 estão todas as informações referentes aos custos de investimento.

3.3.4 PAINEL DE CONTROLE: RESUMO – DADOS ECONÔMICAS DA ROTA TECNOLÓGICA

Após as definições dos custos unitários dos indexadores de custos de investimento e custos operacionais, devem-se inserir as informações econômicas complementares para consolidação dos custos operacionais totais da rota tecnológica e das potenciais receitas acessórias dimensionadas em cada tecnologia ao longo da definição da rota tecnológica. A Figura 31 mostra o campo onde estão as informações de Dados de Receitas e Custos Econômicos:

Dados de Geração e Coleta de RSU	Unid.	Valor	Resumo da Produção Total de Substratos	Unid.	Valor
Informações sobre Capex & Opex Capex	Unid.	Valor	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Uso (Sim/Não)	Capac. (t/a)
Dados de Custos Econômicos	Unid.	Valor	Receitas Acessórias	Unid.	Valor

FIGURA 31 – ÁREA DE ENTRADA DE DADOS PARA CUSTOS: DETALHE AMPLIADO DA FIG. 28

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

No tópico Dados de Receitas e Custos Econômicos, encontra-se a interface para entrada de todas as principais informações econômicas complementares da rota tecnológica, conforme pode ser visto na Figura 32.

Dados de Custos Econômicos			Receitas Acessórias			Custos da Coleta e Transporte			Custos da Produção de Substratos		
Custo de Coleta e Transporte – Sólidos Secos	Unid.	Valor	Pot. Recyclia Acessória – Venda Materiais Recicláveis	Unid.	Valor	Custo da Coleta Seletiva – Secos	Unid.	Valor	Custo Médio – Produção de CDR	Unid.	Valor
Custo de Coleta e Transporte – Sólidos Orgânicos	RS/t	450	Pot. Recyclia Acessória – Plástico	RS/t	3,875	Custo da Coleta Seletiva – Orgânicos	RS/t	21,128	Custo Médio – Produção de Composto para Uso Nôtre	RS/t	84,32
Custo Coleta e Transporte – Materiais Perigosos	RS/t	150	Pot. Recyclia Acessória – Composto Orgânico	RS/t	0,700	Custo da Coleta Seletiva – Convencional Misto/Rejeitos	RS/t	112,688	Custo Médio – Separação Higiênica Manual	RS/t Mat. recicl.	1.555,13
Custo Operação Estação Transbordo Coleta Mistos/Rejeitos	RS/t	10	Pot. Recyclia Acessória Energia Elétrica – Incineração	RS/t	0,000	Custo da Operação – Estação Transbordo Col/Misto/rejeitos	RS/t	7,512	Custo Médio – Separação Reciclagem Mecânica	RS/t Mat. recicl.	345,19
Custo Transporte Unidade Tratamento Resíduos até Aterro	RS/t	50	Pot. Recyclia Acessória Energia Elétrica – Biodegradação	RS/t	0,000	Custo Médio – Produção de Energia Elétrica – Incineração	RS/t kWh	0,00	Custo Médio – Produção de Energia Elétrica – Biodegradação	RS/t kWh	0,00
Custo calculado na Aterro Saneamento	RS/t		Pot. Recyclia Acessória Energia Elétrica – Aterro	RS/t	0,000	Custo Médio – Produção de Energia Elétrica – Aterro	RS/t kWh	0,00	Custo Médio – Produção Biométrano – Biodegradação	RS/t kWh	2,25
Custo Médio C/F para Disposição Aterro Resíduos Perigosos	RS/t	250	Pot. Recyclia Acessória Biométrano – Biodegradação	RS/t	0,360	Custo Médio – Produção Biométrano – Aterro	RS/t kWh	0,00	Custo Médio – Produção Biométrano – Aterro	RS/t kWh	0,02
			Pot. Recyclia Acessória Total – Tratamento RSU	RS/t	107,76	Custo Total da Coleta de RSU	RS/t	204,702			
			Pot. Recyclia Acessória Total por RSU	RS/t	115	Custo Total Unitário da Coleta de RSU	RS/t	218			
			Pot. Recyclia Acessória Total por capito	RS/t hab. ⁻¹ mês ⁻¹	4,1	Custo Total da Coleta de RSU per capito	RS/t hab. ⁻¹ mês ⁻¹	7,8			
RECEITAS ACESÓRIAS E CUSTOS OPERACIONAIS											
Dados – Receitas Acessórias Unitárias			Custo de Tratamento e Disposição sem Coleta			Custo da Rota Tecnológica com Coleta			Custo Total da Rota Tecnológica com Coleta		
Preço Médio Líquido – Venda (FOR) Papel/Plástico	RS/t	400,00	Custo de Tratamento/Disposição da RSU sem Coleta	RS/t	341,986	Custo Total da Rota Tecnológica com Coleta	RS/t	446,588			
Preço Médio Líquido – Venda (FOR) Plástico Filme	RS/t	500,00	Custo de Tratamento/Disposição da RSU sem Coleta	RS/t	257,71	Custo Total Unitário da Rota Tecnológica com Coleta	RS/t	475,71			
Preço Médio Líquido – Venda (FOR) Plástico Rígido	RS/t	650,00	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta per capita	RS/t hab. ⁻¹ mês ⁻¹	9,28	Custo Total da Rota Tecnológica com Coleta per capita	RS/t hab. ⁻¹ mês ⁻¹	17,13			
Preço Médio Líquido – Venda(FOR) Vídeos	RS/t	150,00									
Preço Médio Líquido – Venda (FOR) Metais Ferrosos	RS/t	120,00									
Preço Médio Líquido – Venda (FOR) Metais Não Ferrosos	RS/t	900,00									
Preço Médio Líquido – Venda (FOR) Composto para Uso Nôtre	RS/t	25,00									
Preço Médio Líquido – Venda (FOR) Uso Nôtre	RS/t	0,00									
Preço Médio Líquido – Venda (FOR) CDR Fino	RS/t	126,00									
Preço Médio Líquido – Venda (FOR) CDR Gross	RS/t	90,00									
Preço Médio Líquido – Venda (FOR) Energia Elétrica – UTR	RS/t kWh	175,00									
Preço Médio Líquido – Venda (FOR) Energia Elétrica – Aterro	RS/t kWh	175,00									
Preço Médio Líquido – Venda (FOR) Biometano – UTR	RS/t m ³	1,15									
Preço Médio Líquido – Venda (FOR) Biometano – Aterro	RS/t m ³	1,15									

FIGURA 32 – RESUMO GERAL – RECEITAS ACESÓRIAS E CUSTOS ECONÔMICOS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Do lado esquerdo dessa região da aba, conforme mostrado na Figura 32, na área marcada em azul, entre as linhas 78 e 109 estão todas as informações referentes aos custos complementares da rota tecnológica e aos preços unitários das receitas acessórias potenciais relacionadas aos substratos a serem produzidos ou gerados pelas tecnologias definidas.

3.3.5 PAINEL DE CONTROLE: RESUMO GERAL DO PAINEL DE CONTROLE

Após o detalhamento de todas as funcionalidades do painel de controle, vamos retomar a visão geral localizada no topo da aba **R&C – Painel de Controle**, mostrada na Figura 33.

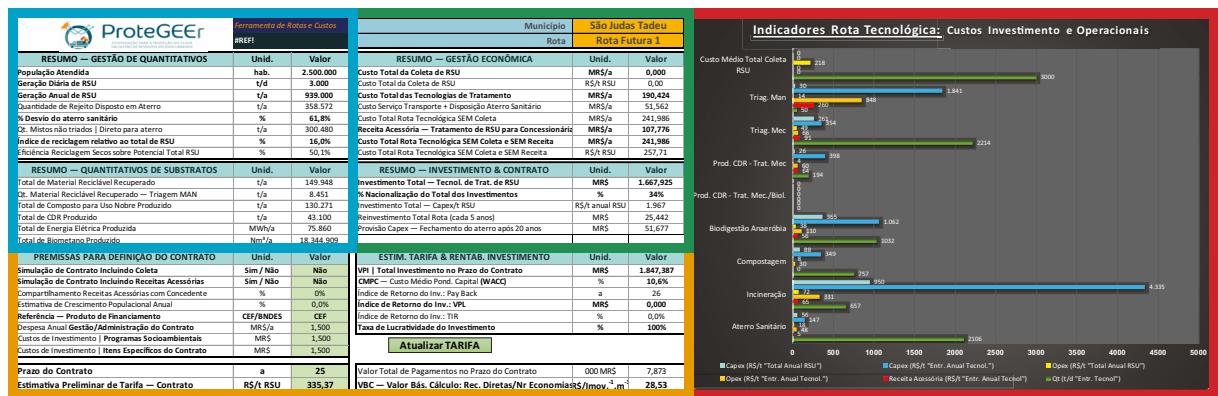


FIGURA 33 – ABA PAINEL DE CONTROLE: RESUMO GERAL – SIMULAÇÃO DA ROTA TECNOLÓGICA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

A área demarcada em azul pode ser vista em maior detalhe na Figura 34, que exibe todas as principais informações dos quantitativos da rota tecnológica em simulação.



Ferramenta de Rotas e Custos

RESUMO — GESTÃO DE QUANTITATIVOS			Unid.	Valor
População Atendida	hab.	2.500.000		
Geração Diária de RSU	t/d	3.000		
Geração Anual de RSU	t/a	939.000		
Quantidade de Rejeito Disposto em Aterro	t/a	358.572		
% Desvio do aterro sanitário	%	61,8%		
Qt. Mistos não triados Direto para aterro	t/a	300.480		
Índice de reciclagem relativo ao total de RSU	%	16,0%		
Eficiência Reciclagem Secos sobre Potencial Total RSU	%	50,1%		
RESUMO — QUANTITATIVOS DE SUBSTRATOS			Unid.	Valor
Total de Material Reciclável Recuperado	t/a	149.948		
Qt. Material Reciclável Recuperado — Triagem MAN	t/a	8.451		
Total de Composto para Uso Nobre Produzido	t/a	130.271		
Total de CDR Produzido	t/a	43.100		
Total de Energia Elétrica Produzida	MWh/a	75.860		
Total de Biometano Produzido	Nm ³ /a	18.344.909		

FIGURA 34 – RESUMO GERAL – SIMULAÇÃO DE ROTA TECNOLÓGICA: DETALHE DO RESUMO DE QUANTITATIVOS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

A área demarcada em verde pode ser vista em maior detalhe na Figura 35, que mostra todas as principais informações dos custos operacionais e dos custos de investimento de implementação da rota tecnológica.

Município	São Judas Tadeu	
Rota	Rota Futura 1	
RESUMO — GESTÃO ECONÔMICA		
Custo Total da Coleta de RSU	MR\$/a	0,000
Custo Total da Coleta de RSU	R\$/t RSU	0,00
Custo Total das Tecnologias de Tratamento	MR\$/a	190,424
Custo Serviço Transporte + Disposição Aterro Sanitário	MR\$/a	51,562
Custo Total Rota Tecnológica SEM Coleta	MR\$/a	241,986
Receita Acessória — Tratamento de RSU para Concessionária	MR\$/a	107,776
Custo Total Rota Tecnológica SEM Coleta e SEM Receita	MR\$/a	241,986
Custo Total Rota Tecnológica SEM Coleta e SEM Receita	R\$/t RSU	257,71
RESUMO — INVESTIMENTO & CONTRATO		
Investimento Total — Tecnol. de Trat. de RSU	MR\$	1.667,925
% Nacionalização do Total dos Investimentos	%	34%
Investimento Total — Capex/t RSU	R\$/t anual RSU	1.967
Reinvestimento Total Rota (cada 5 anos)	MR\$	25,442
Provisão Capex — Fechamento do aterro após 20 anos	MR\$	51,677

FIGURA 35 – RESUMO GERAL – SIMULAÇÃO DE ROTA TECNOLÓGICA: DETALHE DOS CUSTOS DA ROTA TECNOLÓGICA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

A área demarcada em vermelho pode ser vista em maior detalhe na Figura 36, que expõe todas as principais informações dos custos de investimento e custos operacionais de cada tecnologia que compõe a rota tecnológica.

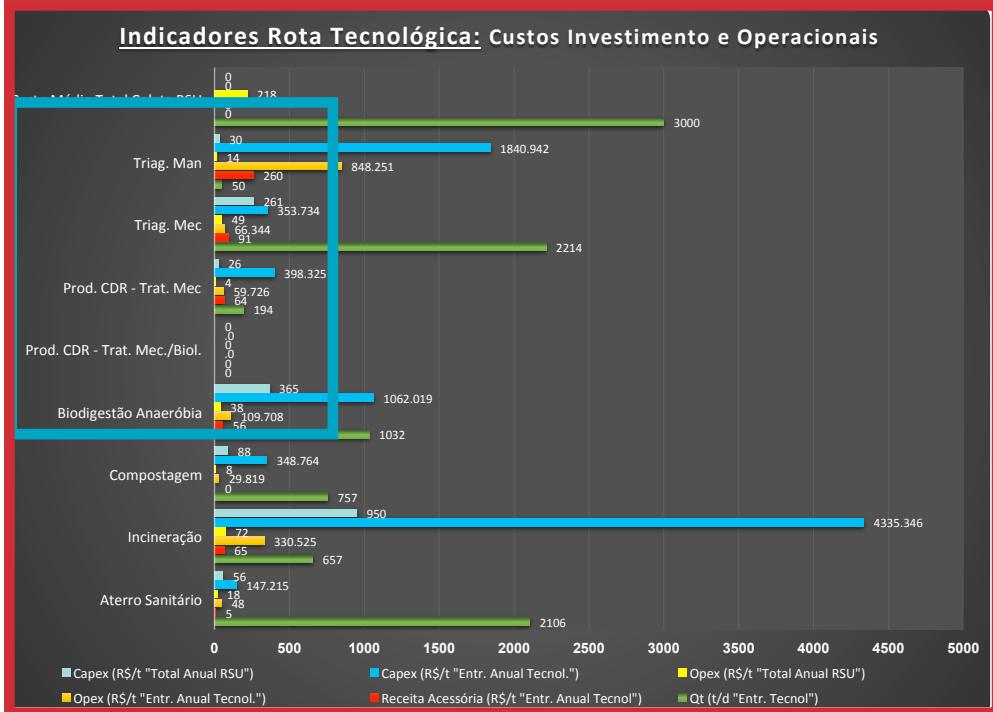


FIGURA 36 – RESUMO GERAL – SIMULAÇÃO DE ROTA TECNOLÓGICA: DETALHE DOS CUSTOS POR TECNOLOGIA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na legenda do gráfico da Figura 36, há a descrição de cada variável de cada tecnologia. Por último, temos a área demarcada em amarelo, que pode ser vista em maior detalhe na Figura 37. Exibem-se ali todas as informações necessárias para simulação e identificação do preço básico da tarifa de serviço e do prazo de contrato da concessão.

PREMISSAS PARA DEFINIÇÃO DO CONTRATO		Unid.	Valor	ESTIM. TARIFA & RENTAB. INVESTIMENTO		Unid.	Valor
Simulação de Contrato Incluindo Coleta	Sim / Não	Não		VPI	Total Investimento no Prazo do Contrato	MRS	1.847,387
Simulação de Contrato Incluindo Receitas Acessórias	Sim / Não	Não		CMPC	Custo Médio Pond. Capital (WACC)	%	10,6%
Compartilhamento Receitas Acessórias com Concedente	%	0%		índice de Retorno do Inv.:	Pay Back	a	26
Estimativa de Crescimento Populacional Anual	%	0,0%		índice de Retorno do Inv.: VPL		MRS	0,000
Referência – Produto de Financiamento	CEF/BNDES	CEF		índice de Retorno do Inv.: TIR		%	0,0%
Despesa Anual Gestão/Administração do Contrato	MRS/a	1,500		Taxa de Lucratividade do Investimento		%	100%
Custos de Investimento Programas Socioambientais	MRS	1,500					
Custos de Investimento Itens Específicos do Contrato	MRS	1,500					
Prazo do Contrato	a	25					
Estimativa Preliminar de Tarifa – Contrato	R\$/t RSU	335,37					
Valor Total de Pagamentos no Prazo do Contrato			000 MRS				7,873
VBC – Valor Bás. Cálculo: Rec. Diretas/Nr Economias				RS/mov. ⁻¹			28,53

FIGURA 37 – RESUMO GERAL – SIMULAÇÃO DE ROTA TECNOLÓGICA: DETALHE DA SIMULAÇÃO DA TARIFA BÁSICA

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Na área demarcada em amarelo na Figura 37, há do lado esquerdo as informações das especificidades para simulação da tarifa básica do serviço de concessão e o respectivo prazo de contrato.

Da mesma forma, na área demarcada em amarelo da Figura 38, constam, agora do lado direito, as informações dos cálculos das variáveis de rentabilidade de implementação e operacionalização do projeto. Assim, o usuário poderá ver os resultados desses indicadores em função das informações inseridas do lado esquerdo dessa área da planilha.

PREMISSAS PARA DEFINIÇÃO DO CONTRATO		Unid.	Valor	ESTIM. TARIFA & RENTAB. INVESTIMENTO		Unid.	Valor	
Simulação de Contrato Incluindo Coleta	Sim / Não	Não		VPI Total Investimento no Prazo do Contrato	MRS	1.847,387		
Simulação de Contrato Incluindo Receitas Acessórias	Sim / Não	Não		CMPC — Custo Médio Pond. Capital (WACC)	%	10,6%		
Compartilhamento Receitas Acessórias com Concedente	%	0%		Índice de Retorno do Inv.: Pay Back	%	26		
Estimativa de Crescimento Populacional Anual	%	0,0%		Índice de Retorno do Inv.: VPL	MRS	0,000		
Referência — Produto de Financiamento	CEF/BINDES	CEF		Índice de Retorno do Inv.: TIR	%	0,0%		
Despesa Anual Gestão/Administração do Contrato	MRS/a	1.500		Taxa de Lucratividade do Investimento	%	100%		
Custos de Investimento Programas Socioambientais	MRS	1.500		Atualizar TARIFA				
Custos de Investimento Itens Específicos do Contrato	MRS	1.500						
Prazo do Contrato	a	25						
Estimativa Preliminar de Tarifa — Contrato	R\$/t RSU	335,37						
				Valor Total de Pagamentos no Prazo do Contrato	000 MRS	7,873		
				VBC — Valor Bruto: Cálculo: Rec. Diretas/Nr Economias	R\$/(mov. ⁻¹ ·m ⁻¹)	28,53		

FIGURA 38 – RESUMO GERAL – SIMULAÇÃO DE ROTA TECNOLÓGICA: DETALHE DA SIMULAÇÃO DE TARIFA BÁSICA

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Assim, temos os indicadores a seguir, que serão detalhados na explicação da aba C-FCL Real.

3.4 DESCRIÇÃO GERAL: ABA CÁLCULO DE FLUXO DE CAIXA LIVRE DO PROJETO

Na aba **C-FCL Real** estão todas as informações financeiras utilizadas para elaboração do fluxo de caixa financeiro do projeto referente à implementação da rota tecnológica em simulação na ferramenta. A partir desse fluxo de caixa financeiro, serão calculadas as métricas de avaliação da rentabilidade do projeto. Com isso, serão possibilitados os exercícios de diferentes cenários para valores da tarifa pública necessária à remuneração do serviço de tratamento e destinação do RSU no período do contrato de concessão para implementação do projeto e operacionalização do serviço. A estruturação geral dessa aba pode ser vista na Figura 39.

Término do Contrato	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ano do Contrato	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dados Quantitativos RSU	939.000	####	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000
Dados de Capex	358,098	####	549,404	10,672	7,672	7,672	7,672	7,672	7,672	7,672	7,672	7,672	7,672	7,672	7,672	7,672	7,672	7,672
Dados de Opex + Coleta	0,000	####	113,199	190,424	190,424	190,424	190,424	190,424	190,424	190,424	190,424	190,424	190,424	190,424	190,424	190,424	190,424	190,424
Dados de Opex (Custo Op. + Coleta + Disp. Aterro)	32,953	####	146,151	223,376	223,376	223,376	223,376	223,376	223,376	223,376	223,376	223,376	223,376	223,376	223,376	223,376	223,376	223,376
Dados de Opex + Gestão do Contrato	34,453	####	147,651	224,876	224,876	224,876	224,876	224,876	224,876	224,876	224,876	224,876	224,876	224,876	224,876	224,876	224,876	224,876
Dados de Receita Acessória	0,000	####	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Dados de Receitas Diretas	314,915	####	314,915	314,915	314,915	314,915	314,915	314,915	314,915	314,915	314,915	314,915	314,915	314,915	314,915	314,915	314,915	314,915
Cálculos das Métricas Financeiras do Projeto				280,462	####	167,263	90,038	90,038	90,038	90,038	90,038	90,038	90,038	90,038	90,038	90,038	90,038	90,038
Margem Operacional do Negócio																		

FIGURA 39 – ABA C-FCL REAL – PANORAMA DA ABA FLUXO DE CAIXA FINANCEIRO DO PROJETO

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na sequência, entre as linhas 6 e 28, estão todos os dados referentes às premissas financeiras do potencial acionista privado e de sua estrutura de capital e financiamento, conforme mostrado na Figura 40.

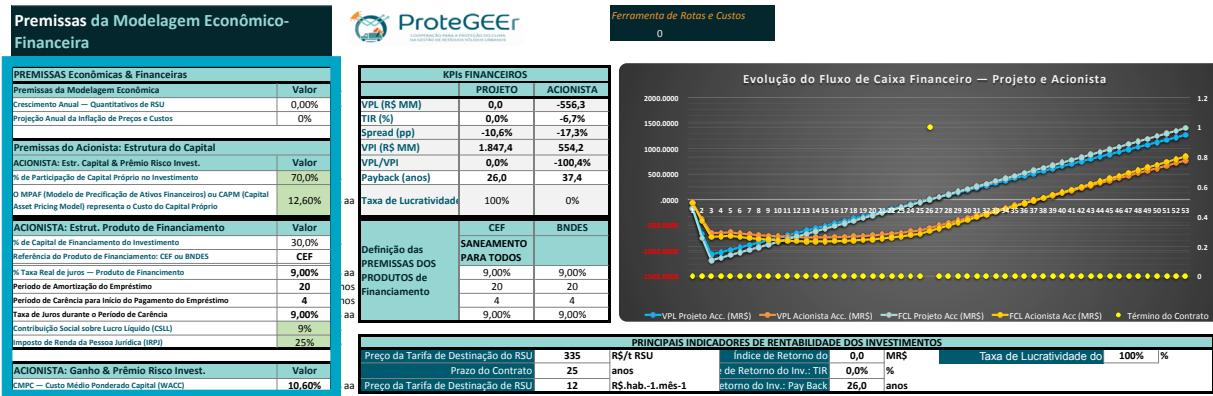


FIGURA 40 – ABA C-FCL REAL – ESTRUTURA DE CAPITAL E FINANCIAMENTO DO ACIONISTA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Essas são as premissas financeiras de estruturação do projeto. Perante a grande sensibilidade das variáveis que medem a atratividade do projeto sobre esses dados, recomenda-se que eles sejam definidos e validados nos órgãos de controle financeiro da prefeitura ou consórcio, ou ainda com os técnicos do programa FEP/CEF, de modo a garantir a melhor aderência possível dessas premissas àquelas a serem adotadas nos futuros projetos de concessão. Recomenda-se também que o cenário de premissas financeiras seja fixado para cada projeto em função do contexto local

e dos objetivos da GIRSU – Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos. Dessa forma, as várias alternativas de rota tecnológica deverão ser simuladas sem alteração dessas premissas financeiras, assegurando-se assim que todas sejam comparáveis entre si.

Na parte de cima da aba **C-FCL Real**, entre as linhas 1 e 30, fica a principal área de interação com o usuário. Na parte esquerda, veem-se as informações a ser inseridas pelo usuário, conforme as células em verde mostradas na área demarcada em azul na Figura 41:

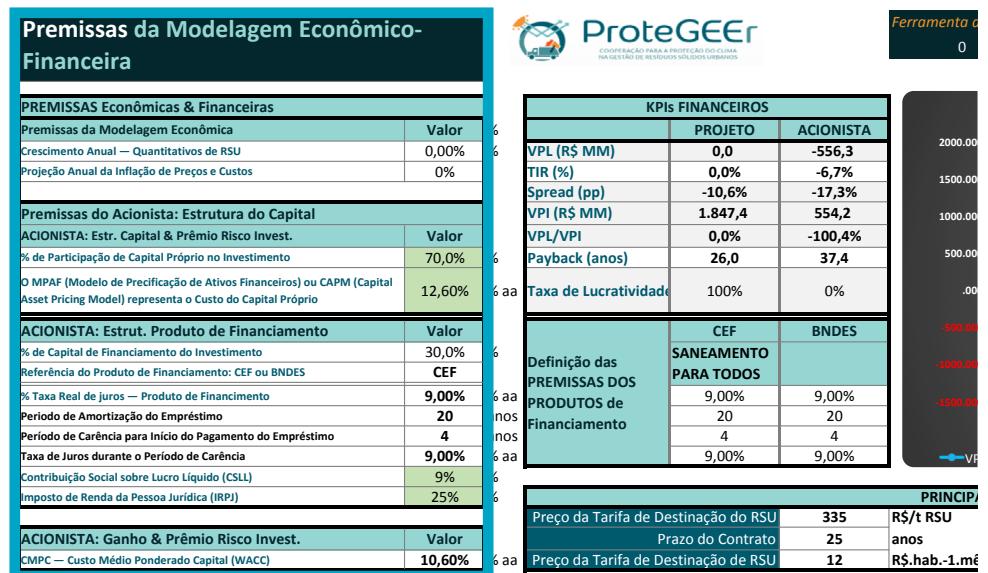


FIGURA 41 – ABA C-FCL REAL – ESTRUTURA DE CAPITAL E FINANCIAMENTO DO ACIONISTA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Nessa região em azul, constam as informações a seguir.

Na parte direita superior, estão as informações resultantes dos cálculos das principais variáveis de avaliação do projeto da rota tecnológica sendo simulada, conforme demarcado em azul na Figura 42:

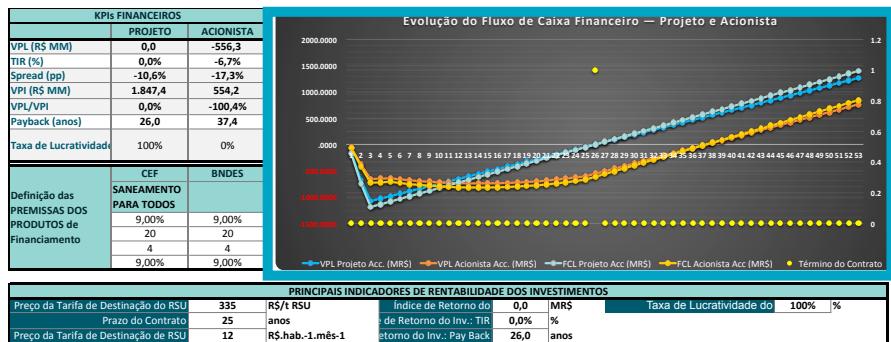


FIGURA 42 – ABA C-FCL REAL – VARIÁVEIS DE AVALIAÇÃO DA RENTABILIDADE DO PROJETO

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Na sequência, tem-se um detalhamento das informações da região demarcada em azul, conforme mostrado na Figura 43:

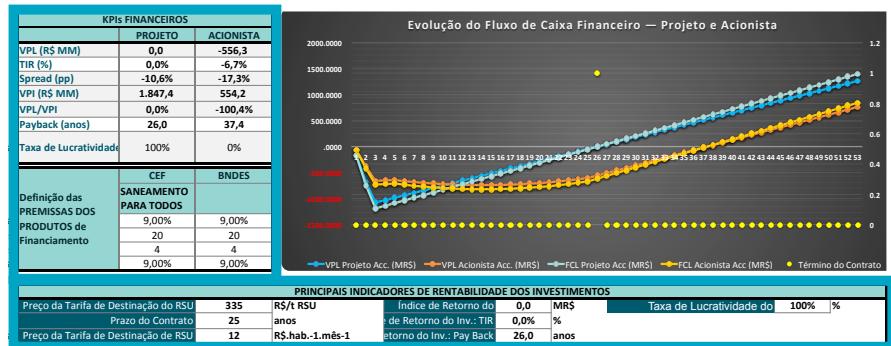


FIGURA 43 – ABA C-FCL REAL – DETALHE DA FIGURA 42

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na Figura 43, tem-se na área demarcada em azul, a partir da coluna E, as principais variáveis de avaliação da rentabilidade do projeto.

Ainda na parte superior da aba **C-FCL Real**, há do lado direito um gráfico da evolução dos valores de fluxo de caixa do projeto, conforme demarcado em azul na Figura 44:

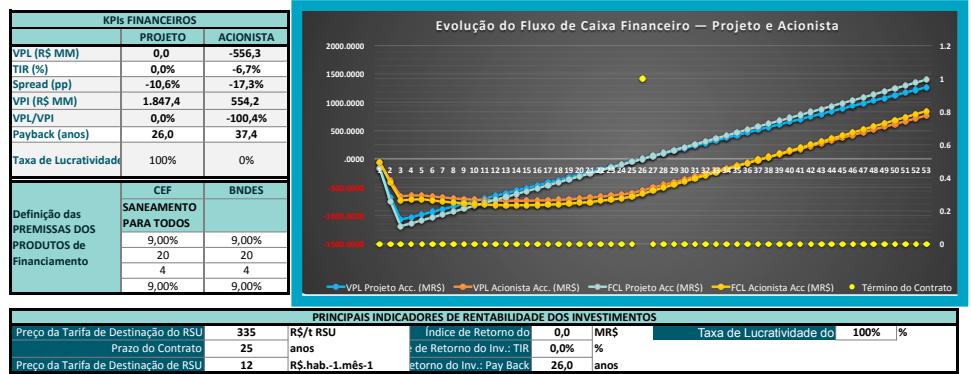


FIGURA 44 – ABA C-FCL REAL – DESTAQUE DO GRÁFICO DE FLUXO DE CAIXA DO PROJETO

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na mesma aba, a partir da linha 31, encontram-se todas as informações detalhadas do fluxo de caixa financeiro do projeto. Nessa parte da aba, demarcada em azul na Figura 45, não há interações com o usuário dentro da sua atividade de simulação da rota tecnológica, e as principais informações resultantes do fluxo de caixa foram abordadas nos parágrafos anteriores.

érminal do Contrato	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
no do Contrato	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ados Quantitativos RSU	939.000	####	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000
ados de Capex	358.098	####	549.404	10.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672
ados de Opex + Coleta	0,000	####	113.199	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424
ados de Opex (Custo Op. + Coleta + Disp. Aterro)	32.953	####	146.151	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376
ados de Opex + Gestão do Contrato	34.453	####	147.651	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876
ados de Receita Acessória	0,000	####	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ados de Receitas Diretas	314.915	####	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915
álculos das Métricas Financeiras do Projeto	280.462	####	167.263	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038
lgerm Operacional do Negócio																

FIGURA 45 – ABA C-FCL REAL – VISÃO GERAL DA ESTRUTURAÇÃO DA ABA

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

3.5 DESCRIÇÃO GERAL: ABA C-GRAF SIMUL TARIFA

Na aba **C-Graf Simul Tarifa**, não há entrada de dados a ser feita pelo usuário, mas um gráfico que permite analisar o comportamento do preço da tarifa em R\$/t de RSU para diferentes valores de prazo de retorno do investimento ou payback. Isso pode ser visto na figura 46:

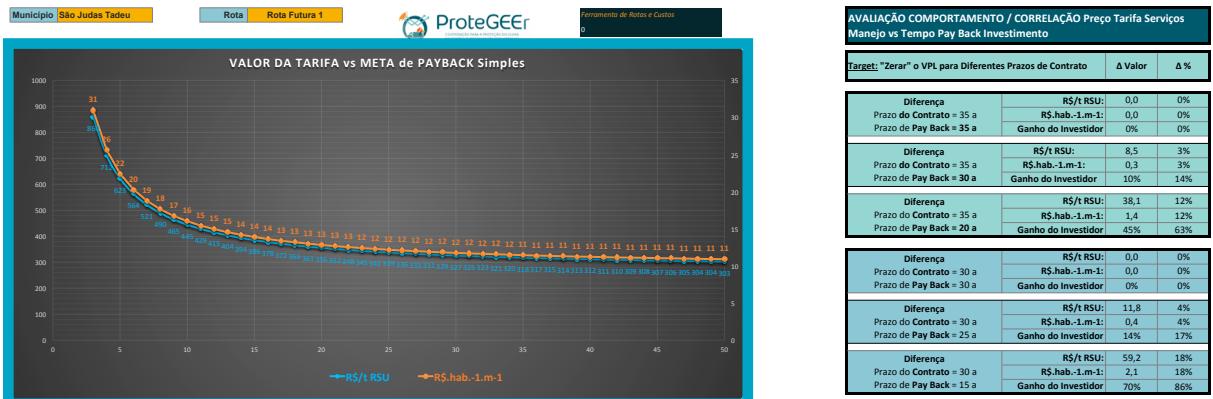


FIGURA 46 – ABA C-GRAF SIMUL TARIFA – DESTAQUE DO GRÁFICO DE COMPORTAMENTO DA TARIFA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Seguindo o mesmo raciocínio, do lado direito da aba algumas tabelas mostram os valores comparativos da tarifa para diferentes tempos de *payback*. Dessa forma, pode-se evidenciar a diferença de magnitude do impacto do preço da tarifa sobre o ganho do investidor. Como explicado anteriormente, a ideia do gráfico e da tabela é propiciar ao usuário identificar o prazo a partir do qual o custo do investimento é retornado ao investidor – significa que o prazo de contrato não necessitaria ir muito além desse ponto, dependendo então da lucratividade ou do ganho do investidor pretendido para ter atratividade ao mercado privado. Essas tabelas estão na parte direita da aba, conforme pode ser visto na área demarcada em azul na Figura 47.

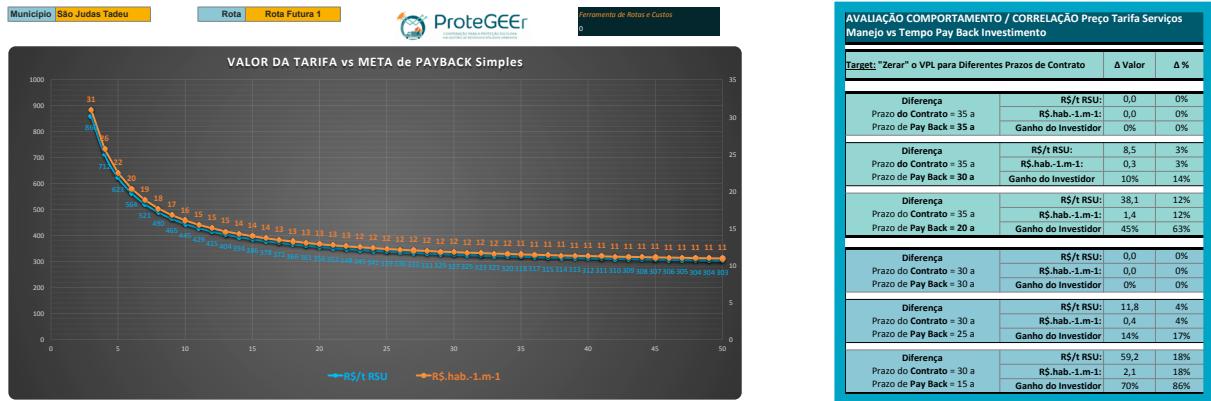


FIGURA 47 – ABA C-GRAF SIMUL TARIFA – DESTAQUE DA TABELA DE VARIAÇÃO DE PAYBACK

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

3.6 DESCRIÇÃO GERAL: ABA C-GRAF SIMUL FEP

Na aba **C-Graf Simul FEP**, não há entradas de dados que sejam usados nos cálculos do valor da tarifa do serviço. O objetivo dessa aba é prover ao usuário com maior domínio e conhecimento da área financeira uma funcionalidade que lhe permita avaliar o comportamento das principais variáveis de rentabilidade do investimento em função de diferentes valores de preço da tarifa para o serviço de tratamento e destinação do RSU e também para diferentes valores para o prazo de contrato. As variáveis plotadas nos gráficos são:

-
- Índice de Retorno do Investimento – **VPL** (Valor Presente Líquido)
 - Índice de Retorno do Investimento – **TIR** (Taxa Interna de Retorno)
 - Índice de Retorno do Investimento – **PayBack** – Prazo de Retorno do Investimento
 - Índice de Retorno do Investimento – **Taxa de Lucratividade**

Na Figura 48, tem-se uma visão geral da aba, onde se pode perceber a alocação dos gráficos de cada variável. O grupo de gráficos do lado esquerdo permite fixar o prazo de contrato e, assim, variar o preço da tarifa do serviço. No grupo de gráficos do lado direito, fixa-se o preço da tarifa do serviço e, assim, podem-se simular diferentes prazos de contrato.

SIMULAÇÃO: Preço Tarifa Serviço com Prazo Contrato Constante		
Precio da Tarifa de Destinação do RSU	335,0	R\$ / RSU
Delta	1,0	
Prazo do contrato	25	anos



ProteGEer
FERRAMENTA DE ROTAS E CUSTOS

Atualizar

Comportamento de Rotas e Custos



■ VPL — Projeto (R\$ MM) ■ Acelerista (R\$ MM)



■ TIR — Projeto (%) ■ TIR — Acelerista (%)



■ Payout — Projeto (anos) ■ Payout — Acelerista (anos)



■ Taxa de lucratividade — Projeto ■ Taxa de lucratividade — Acelerista

SIMULAÇÃO: Prazo de Contrato com Preço Tarifa Serviço Constante		
Precio da Tarifa de Destinação do RSU	335,0	R\$ / RSU
Prazo do contrato	25	anos
Delta	1,0	

Atualizar



■ VPL — Projeto (R\$ MM) ■ Acelerista (R\$ MM)



■ TIR — Projeto (%) ■ TIR — Acelerista (%)



■ Payout — Projeto (anos) ■ Payout — Acelerista (anos)



■ Taxa de lucratividade — Projeto ■ Taxa de lucratividade — Acelerista

FIGURA 48 – ABA C-GRAF SIMUL FEP – GRÁFICOS DE COMPORTAMENTO DE TARIFA & PRAZO

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

3.7 DESCRIÇÃO GERAL: ABA C-CALC TARIFA

Nessa etapa final, simularemos a distribuição da tarifa básica do serviço de tratamento de resíduos de modo a remunerar o investimento e a operacionalização da rota tecnológica.

A adoção da sistemática a seguir permite calcular as taxas ou tarifas para o serviço de coleta, tratamento e disposição de resíduos. Ela tem como pré-requisito a condição de que o serviço de abastecimento de água esteja universalizado ou atenda a mesma área de cobertura do serviço de manejo de resíduos sólidos.

Essa estrutura considera três conjuntos de fatores de cálculo das taxas ou tarifas individuais. As variáveis que definem esses fatores são: a categoria de uso do imóvel, a frequência da coleta (dias alternados ou diária) e a faixa de consumo médio mensal de água. A unidade base da cobrança também é o domicílio ou imóvel.

A premissa principal é utilizar a sistemática de tarifação do consumo de água para a cobrança do serviço de coleta, tratamento e disposição dos resíduos sólidos urbanos. Para isso, foram estabelecidos estudos estatísticos que correlacionam as faixas de consumo de água definidas para tarifação desse consumo e os respectivos valores para pagamento do serviço de RSU. Além disso, buscou-se estabelecer alguns fatores ponderadores que permitem ao gestor público diferenciar o valor a ser pago pelos usuários do serviço de acordo com: (1) categoria do imóvel, (2) frequência de coleta, se diária ou alternada e, por último, (3) faixas de consumo de água já definidas, conforme exposto acima. Para essa sistemática, foi criada a aba **C-Calc Tarifa**, cuja estrutura básica é mostrada na Figura 49:

Fórmula de cálculo da TMRS = VBC _{TMRS} x (Fator a x Fator b _{1,2} x Fator c)	Valor Básico de Cálculo (VBC)				
Estrutura Referencial do Cálculo da TMRS — com base: Categoria Imóveis, Frequência de Coleta e Consumo de Água	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Anual</th> <th>Mensal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>342</td> <td>29</td> </tr> </tbody> </table>	Anual	Mensal	342	29
Anual	Mensal				
342	29				

FIGURA 49 – ABA C-CALC TARIFA – ESTRUTURA GERAL

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na parte de cima da aba, estão as informações referentes às premissas tarifárias e aos tipos ou categorias de imóveis/consumidores, conforme mostrado em detalhes na Figura 50. Nas células na cor verde nessa aba, o usuário deverá inserir a informação solicitada conforme as explicações a seguir.

PREMISSAS DA METODOLOGIA DE CÁLCULO DA TARIFA/TAXA MÉDIA DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS			
Variáveis Tarifárias BÁSICAS	Unidade	Valor	
Rec. Anual para Remuner. Contrato	MR\$/a	314,915	
Preço Básico — Tarifa do Serviço	R\$/t	335	
Qt Anual de RSU para Tratamento	t/a	939.000	
Ref. Histórica Consumo de Água/hab/dia	L. hab ⁻¹ , d ⁻¹	155	
Ref. Histórica Consumo Total Anual de Água	m ³ /a	139.500.000	
Relação Básica Consumo de Água / Quantidade RSU	m ³ /t	148,562	
Tarifa Serviço Manejo e Tratamento RSU/Consumo de Água	R\$/m ³	2,257	
Variáveis Tarifárias SUBSÍDIOS	Unidade	Valor	
Parcela do custo do serviço de manejo do RSU a ser cobrado dos usuários	%	100%	
Valor Anual Subsídio Público ao Serviço de Manejo do RSU	MR\$/a	0,000	
% Referente ao Custo Serviço Órgão Regulador	%	1,0%	
% Referente à Inadimpléncia Sistema Cobrança de Água	%	5,0%	
% Referente ao Custo pela Prestação do Serviço de Cobrança	%	2,5%	
Faturamento Anual Serv. Manejo/Trat. RSU — (Pós-subsídio + Inadimpléncia)	MR\$/a	342,316	
Tarifa Serv. Manejo/Trat. RSU/Consumo Água — (Pós-subsídio + Inadimpl.)	R\$/m ³	2,454	
Var. Tarif. AJUSTES Rel. Consumo Água/Geração RSU	Unidade	Valor	
Expectativa Evolução % Relação Consumo Água(t)/Geração RSU(t)	%	0,0%	
Faturamento Anual Serviço Manejo e Tratamento RSU — AJUSTADA	MR\$/a	342,316	
Preço Básico — Tarifa Serviço Manejo/Trat. RSU/Consumo Água — AJUSTADO	R\$/m ³	2,454	
Tipos/Categ. Economias			
Imóveis Resid. — NORMAL	Qt (Unit.)	666.667	66,66%
Imóveis Resid. — SOCIAL	Qt (%)	166.667	16,67%
Imóveis — Comerciais	Qt (%)	166.667	16,67%
Imóveis — Públicos/Filantrópicos	Qt (%)	25	0,00%
Imóveis — Industriais	Qt (%)	5	0,00%
Total Imóveis	Qt (%)	1.000.030	100,00%
Qt. Imov. RESID. TOTAL	% Imov. RESID. SOCIAL	833.333	20,0%
Variáveis Tarifárias SUBSIDIOS			
% Subvenção SOCIAL:	%	20%	
Tar. Resid. SOC / Tar. Resid. NORM			
ProteGEer Ferramenta de Rotas e Custos RC-RSU V.1.0 - 11/09/2020			
Valor Básico de Cálculo (VBC): Receita Tot./Nr Economias Consumidor			
VBC Anual - Valor Anual/ Imóvel	R\$/a por Imóvel	342	
VBC Mensal - Valor Mensal/Imóvel	R\$/m por Imóvel	29	

FIGURA 50 – ABA C-CALC TARIFA – DETALHAMENTO DAS VARIÁVEIS TARIFÁRIAS E TIPOS/CATEGORIAS DE IMÓVEIS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na Figura 50, na área marcada em azul, entre as células D5 e D25, estão as principais variáveis definidas pela simulação da rota tecnológica: faturamento anual para remunerar a implementação do investimento e operação do serviço (célula D5), preço da tarifa (célula D6) e quantitativos anuais de resíduos (célula D7).

Na parte de baixo da aba **C-Calc Tarifa** temos os cálculos individuais, para cada tipo de categoria de imóvel, da distribuição da tarifa básica de manejo de resíduos sólidos de acordo com as economias ou os consumidores, em conformidade com o sistema de cobrança do consumo de água. Isso pode ser visto na Figura 51:

Fórmula de cálculo de TMRs = VBCx <i>a</i> x Fator <i>b</i> ₁ x Fator <i>c</i>										Valor Básico de Cálculo (VBC)																			
Introdução Referencial dos Cálculos à TMRs – com base: Categoria Imóveis, Frequência de Coleta e Consumo de Água										ESTIMATIVAS & RECONCILIAÇÕES ANUAIS Resultados de Faturamento Quantificação RSU Total Quantitativo de Consumo Total de Água																			
Categoria Pública e Filantrópica																													
Fatores de cálculo cumulativas																													
Categoria de uso [s]										Consumo médio mensal de água [s]																			
Frequência da Coleta					Consumo médio mensal de água [s]					Simulação de taxa ou tarifa (p/índice) no limite superior de cada faixa																			
Alternado [s2]					Consumo médio mensal de água [s]					Costo de alterações																			
Alternado [s2]					Consumo médio mensal de água [s]					Coleta Diária																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			
Fatores de cálculo cumulativas										Anual Mensal																			

- Categoria Pública/Filantrópica: entre as linhas B33 e H44
- Categoria Residencial NORMAL: entre as linhas B46 e H57
- Categoria Residencial SOCIAL: entre as linhas B59 e H70. Mas, especificamente nesse caso, o valor final da tarifa é calculado em função do valor da tarifa da categoria imóvel residencial normal multiplicado pelo valor do Fator de subvenção SOCIAL informado na célula I14
- Categoria Comercial: entre as linhas B72 e H83
- Categoria Industrial: entre as linhas B85 e H95

Com relação aos fatores ponderadores mencionados, o primeiro na coluna B (Fator 1) diferencia as categorias de imóvel. Assim, o usuário deve inserir o fator ponderador para cada categoria de imóvel cadastrado. Como referência, sugere-se fator 1 para os imóveis públicos/filantrópicos e residenciais e 1,5 para os imóveis comerciais e industriais, conforme pode ser visto na área demarcada em azul na Figura 52:

Fórmula de cálculo da TMRS = $VBC_{TMRS} \times (\text{Fator a} \times \text{Fator b}_{1,2} \times \text{Fator c})$	Valor Básico de Cálculo (VBC)																																																										
Strutura Referencial do Cálculo da TMRS — com base: Categoria Imóveis, Frequência de Coleta e Consumo de Água	Anual 342 Mensal 29																																																										
Categoria Pública e Filantrópica																																																											
Categoria de uso (a)	Frequência da Coleta	Fatores de cálculo cumulativos	Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa																																																								
	Alternada (b1) Diária (b2)	Consumo médio mensal de água (c)	Coleta dias alternados Coleta Diária																																																								
1,00	1,00 1,25	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Faixa Min - Fator Fixo (m^3/m)</th> <th>Faixa Max - Fator Fixo (m^3/m)</th> <th>Fator Ponderador</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td><td>5</td><td>0,3500</td></tr> <tr> <td>Faixa Min - Fator Variav (m^3/m)</td><td>Faixa Max - Fator Variav (m^3/m)</td><td>Fator Ponderador</td></tr> <tr> <td>5</td><td>15</td><td>0,0600</td></tr> <tr> <td>15</td><td>25</td><td>0,0500</td></tr> <tr> <td>25</td><td>35</td><td>0,0350</td></tr> <tr> <td>35</td><td>50</td><td>0,0800</td></tr> <tr> <td>50</td><td>100</td><td>0,0250</td></tr> </tbody> </table>	Faixa Min - Fator Fixo (m^3/m)	Faixa Max - Fator Fixo (m^3/m)	Fator Ponderador	-	5	0,3500	Faixa Min - Fator Variav (m^3/m)	Faixa Max - Fator Variav (m^3/m)	Fator Ponderador	5	15	0,0600	15	25	0,0500	25	35	0,0350	35	50	0,0800	50	100	0,0250	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Coleta dias alternados</th> <th colspan="2">Coleta Diária</th> </tr> <tr> <th>Anual</th> <th>Mensal</th> <th>Anual</th> <th>Mensal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R\$119,81</td> <td>R\$9,98</td> <td>R\$149,76</td> <td>R\$12,48</td> </tr> <tr> <td>R\$325,19</td> <td>R\$27,10</td> <td>R\$406,49</td> <td>R\$33,87</td> </tr> <tr> <td>R\$496,34</td> <td>R\$41,36</td> <td>R\$620,43</td> <td>R\$51,70</td> </tr> <tr> <td>R\$616,15</td> <td>R\$51,35</td> <td>R\$770,19</td> <td>R\$64,18</td> </tr> <tr> <td>R\$1.026,92</td> <td>R\$88,58</td> <td>R\$1.283,65</td> <td>R\$106,97</td> </tr> <tr> <td>R\$1.454,80</td> <td>R\$121,23</td> <td>R\$1.818,50</td> <td>R\$151,54</td> </tr> </tbody> </table>	Coleta dias alternados		Coleta Diária		Anual	Mensal	Anual	Mensal	R\$119,81	R\$9,98	R\$149,76	R\$12,48	R\$325,19	R\$27,10	R\$406,49	R\$33,87	R\$496,34	R\$41,36	R\$620,43	R\$51,70	R\$616,15	R\$51,35	R\$770,19	R\$64,18	R\$1.026,92	R\$88,58	R\$1.283,65	R\$106,97	R\$1.454,80	R\$121,23	R\$1.818,50	R\$151,54
Faixa Min - Fator Fixo (m^3/m)	Faixa Max - Fator Fixo (m^3/m)	Fator Ponderador																																																									
-	5	0,3500																																																									
Faixa Min - Fator Variav (m^3/m)	Faixa Max - Fator Variav (m^3/m)	Fator Ponderador																																																									
5	15	0,0600																																																									
15	25	0,0500																																																									
25	35	0,0350																																																									
35	50	0,0800																																																									
50	100	0,0250																																																									
Coleta dias alternados		Coleta Diária																																																									
Anual	Mensal	Anual	Mensal																																																								
R\$119,81	R\$9,98	R\$149,76	R\$12,48																																																								
R\$325,19	R\$27,10	R\$406,49	R\$33,87																																																								
R\$496,34	R\$41,36	R\$620,43	R\$51,70																																																								
R\$616,15	R\$51,35	R\$770,19	R\$64,18																																																								
R\$1.026,92	R\$88,58	R\$1.283,65	R\$106,97																																																								
R\$1.454,80	R\$121,23	R\$1.818,50	R\$151,54																																																								

FIGURA 52 – ABA C-CALC TARIFA – DISTRIBUIÇÃO DO VALOR DA TARIFA:
FATOR PONDERADOR POR CATEGORIA DO IMÓVEL

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na sequência, nas colunas C (Fator 2) e D (Fator 3), temos os fatores ponderadores da frequência de coleta: diária ou alternada. Como referência, sugere-se adotar o fator 1 para todas as coletas alternadas e algo entre 1,2 e 1,4 para a coleta diária – recomenda-se avaliar as diferenças de custos dessas opções de otimização logística da coleta do RSU e, a partir daí, definir esses fatores, que podem ser vistos na área demarcada em azul na Figura 53:

Fórmula de cálculo da TMRS = $VBC_{TMRS} \times (\text{Fator a} \times \text{Fator b}_{1,2} \times \text{Fator c})$	Valor Básico de Cálculo (VBC)		
Estrutura Referencial do Cálculo da TMRS — com base: Categoria Imóveis, Frequência de Coleta e Consumo de Água	Anual Mensal 342 29		
Categoria Pública e Filantrópica			
Fatores de cálculo cumulativos			
Categoria de uso (a)	Frequência da Coleta		
	Alternada (b1) Diária (b2)		
1,00	1,00 1,25		
Consumo médio mensal de água (c)			
Faixa Min - Fator Fixo (m^3/m) Faixa Max - Fator Fixo (m^3/m) Fator Ponderador			
- 5 0,3500			
Faixa Min - Fator Variável (m^3/m) Faixa Max - Fator Variável (m^3/m) Fator Ponderador			
5 15 0,0600			
15 25 0,0500			
25 35 0,0350			
35 50 0,0800			
50 100 0,0250			
Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa			
Coleta dias alternados			
Anual	Mensal	Anual	Mensal
R\$119,81	R\$9,98	R\$149,76	R\$12,48
R\$325,19 R\$27,10 R\$406,49 R\$33,87			
R\$496,34 R\$41,36 R\$620,43 R\$51,70			
R\$616,15 R\$51,35 R\$770,19 R\$64,18			
R\$1.026,92 R\$85,58 R\$1.283,65 R\$106,97			
R\$1.454,80 R\$121,23 R\$1.818,50 R\$151,54			

FIGURA 53- ABA C-CALC TARIFA – DISTRIBUIÇÃO DO VALOR DA TARIFA: FATOR PONDERANTE

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Frequência de Coleta

Temos, na coluna G, os valores mínimos das faixas de consumo de água e, na coluna F, os valores máximos das faixas de consumo de água, ambos em conformidade com sistemas já existentes de cobrança do consumo de água. A partir daí, ajustam-se os fatores ponderadores da coluna H para cada faixa definida. Os valores definidos e existentes como referência no comentário de cada célula da coluna H permitem ao usuário avaliar a aplicabilidade dos valores referenciais de um estudo de amostragem representativa de um estudo de equivalência “Consumo de Água vs. Geração de RSU”. Para cada categoria de imóvel, há uma faixa de consumo mínima fixa e outras faixas de consumo variáveis acumulativas até um limite máximo, acima do qual se assume que a geração de RSU permanece a mesma. Esses fatores e valores podem ser vistos na área demarcada em azul na Figura 54:

Fórmula de cálculo da TMRS = VBC _{TMRS} x (Fator a x Fator b _{1,2} x Fator c)	Valor Básico de Cálculo (VBC)																																			
Estrutura Referencial do Cálculo da TMRS — com base: Categoria Imóveis, Frequência de Coleta e Consumo de Água																																				
	Anual Mensal 342 29																																			
Categoria Pública e Filantrópica																																				
Categoria de uso (a) <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th colspan="2">Frequência da Coleta</th> </tr> <tr> <th>Alternada (b1)</th> <th>Diária (b2)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1,00</td> <td style="text-align: center;">1,00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1,25</td> <td></td> </tr> </table>	Frequência da Coleta		Alternada (b1)	Diária (b2)	1,00	1,00	1,25		Fatores de cálculo cumulativos <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Consumo médio mensal de água (c)</th> </tr> <tr> <th>Faixa Min - Fator Fixo (m³/m)</th> <th>Faixa Max - Fator Fixo (m³/m)</th> <th>Fator Ponderador</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>5</td> <td>0,3500</td> </tr> <tr> <th>Faixa Min - Fator Variav (m³/m)</th> <th>Faixa Max - Fator Variav (m³/m)</th> <th>Fator Ponderador</th> </tr> <tr> <td>5</td> <td>15</td> <td>0,0600</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>25</td> <td>0,0500</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>35</td> <td>0,0350</td> </tr> <tr> <td>35</td> <td>50</td> <td>0,0800</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>100</td> <td>0,0250</td> </tr> </tbody> </table>	Consumo médio mensal de água (c)			Faixa Min - Fator Fixo (m ³ /m)	Faixa Max - Fator Fixo (m ³ /m)	Fator Ponderador	-	5	0,3500	Faixa Min - Fator Variav (m ³ /m)	Faixa Max - Fator Variav (m ³ /m)	Fator Ponderador	5	15	0,0600	15	25	0,0500	25	35	0,0350	35	50	0,0800	50	100	0,0250
Frequência da Coleta																																				
Alternada (b1)	Diária (b2)																																			
1,00	1,00																																			
1,25																																				
Consumo médio mensal de água (c)																																				
Faixa Min - Fator Fixo (m ³ /m)	Faixa Max - Fator Fixo (m ³ /m)	Fator Ponderador																																		
-	5	0,3500																																		
Faixa Min - Fator Variav (m ³ /m)	Faixa Max - Fator Variav (m ³ /m)	Fator Ponderador																																		
5	15	0,0600																																		
15	25	0,0500																																		
25	35	0,0350																																		
35	50	0,0800																																		
50	100	0,0250																																		
Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa																																				
	Coleta dias alternados <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th colspan="2">Coleta Diária</th> </tr> <tr> <th>Anual</th> <th>Mensal</th> <th>Anual</th> <th>Mensal</th> </tr> <tr> <td>R\$119,81</td> <td>R\$9,98</td> <td>R\$149,76</td> <td>R\$12,48</td> </tr> <tr> <td>R\$325,19</td> <td>R\$27,10</td> <td>R\$406,49</td> <td>R\$33,87</td> </tr> <tr> <td>R\$496,34</td> <td>R\$41,36</td> <td>R\$620,43</td> <td>R\$51,70</td> </tr> <tr> <td>R\$616,15</td> <td>R\$51,35</td> <td>R\$770,19</td> <td>R\$64,18</td> </tr> <tr> <td>R\$1.026,92</td> <td>R\$85,58</td> <td>R\$1.283,65</td> <td>R\$106,97</td> </tr> <tr> <td>R\$1.454,80</td> <td>R\$121,23</td> <td>R\$1.818,50</td> <td>R\$151,54</td> </tr> </table>	Coleta Diária		Anual	Mensal	Anual	Mensal	R\$119,81	R\$9,98	R\$149,76	R\$12,48	R\$325,19	R\$27,10	R\$406,49	R\$33,87	R\$496,34	R\$41,36	R\$620,43	R\$51,70	R\$616,15	R\$51,35	R\$770,19	R\$64,18	R\$1.026,92	R\$85,58	R\$1.283,65	R\$106,97	R\$1.454,80	R\$121,23	R\$1.818,50	R\$151,54					
Coleta Diária																																				
Anual	Mensal	Anual	Mensal																																	
R\$119,81	R\$9,98	R\$149,76	R\$12,48																																	
R\$325,19	R\$27,10	R\$406,49	R\$33,87																																	
R\$496,34	R\$41,36	R\$620,43	R\$51,70																																	
R\$616,15	R\$51,35	R\$770,19	R\$64,18																																	
R\$1.026,92	R\$85,58	R\$1.283,65	R\$106,97																																	
R\$1.454,80	R\$121,23	R\$1.818,50	R\$151,54																																	

FIGURA 54 – ABA C-CALC TARIFA – DISTRIBUIÇÃO DO VALOR DA TARIFA:
FATOR PONDERADOR FAIXA DE CONSUMO DE ÁGUA

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

A sistemática de distribuição do Valor Básico de Cálculo (VBC) por imóvel calculada na célula I21 é então usada para definir o valor a ser pago mensalmente ou anualmente tomando-se em conta os fatores ponderadores mencionados: tipo de categoria de imóvel e frequência de coleta diária ou alternada, gerando-se assim quatro opções de pagamento: taxa anual para frequência de coleta alternada (coluna J), tarifa mensal para frequência de coleta alternada (coluna K), taxa anual para frequência de coleta diária (coluna L) e, por último, tarifa mensal para frequência de coleta diária (coluna M). Esses valores calculados podem ser vistos na área demarcada em azul na Figura 55:

Fórmula de cálculo da TMRS = $VBC_{TMRS} \times (\text{Fator a} \times \text{Fator } b_{1,2} \times \text{Fator c})$	Valor Básico de Cálculo (VBC)				
Strutura Referencial do Cálculo da TMRS — com base: Categoria Imóveis, Frequência de Coleta e Consumo de Água	Anual Mensal 342 29				
Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa					
Fatores de cálculo cumulativos					
Categoria de uso (a)	Frequência da Coleta		Consumo médio mensal de água (c)		
	Alternada (b1)	Diária (b2)	Faixa Min - Fator Fixo (m^3/m)	Faixa Max - Fator Fixo (m^3/m)	Fator Ponderador
1,00	1,00	1,25	-	5	0,3500
			Faixa Min - Fator Variav (m^3/m)	Faixa Max - Fator Variav (m^3/m)	Fator Ponderador
			5	15	0,0600
			15	25	0,0500
			25	35	0,0350
			35	50	0,0800
50	100	0,0250			

FIGURA 55 – ABA C-CALC TARIFA – DISTRIBUIÇÃO DO VALOR DA TARIFA: CÁLCULO DE TAXAS E TARIFAS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Uma segunda funcionalidade da aba **C-Calc-Tarifa** permite ao usuário simular a estimativa de faturamento com base nas informações básicas fornecidas e, também, em função da distribuição dos imóveis cadastrados dentro das faixas de consumo de cada categoria. As áreas demarcadas em azul na Figura 56 mostram onde estão essas informações:

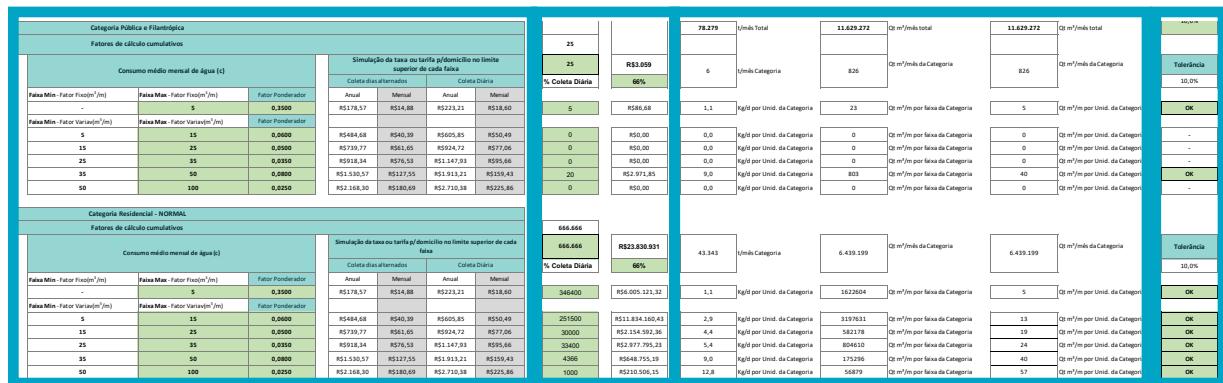


FIGURA 56 – ABA C-CALC TARIFA – DISTRIBUIÇÃO DO VALOR DA TARIFA: SIMULAÇÃO DA ESTIMATIVA DE RECEITAS

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

A distribuição dos quantitativos de imóveis por categoria na coluna O para cada faixa de consumo de água definida permitirá calcular a Receita Total de Faturamento Anual prevista na coluna P, bem como estimar os quantitativos anuais totais de RSU na coluna S (a partir da estimativa unitária média de geração de resíduos para cada faixa de consumo de água) e, da mesma forma, chegar ao consumo de água estimado em função do volume de RSU pelo qual determinada economia foi tarifada, como mostrado na coluna W. Dessa forma, faz-se uma verificação de consistência entre o consumo estimado e a faixa de consumo em que a economia está enquadrada. O usuário poderá, assim, inferir se os fatores ponderadores da coluna H estão coerentemente definidos.

Esses valores anuais permitem ao usuário verificar se as premissas estão bem calibradas e assim poderão ter uma boa aderência quando de sua implementação e aplicação na prática, após implementação do projeto dentro do contrato de concessão. Esses comparativos anuais consolidados podem ser vistos no topo da aba C-Calc-Tarifa, como mostra a Figura 57:

TABELAS DE RECONCILIAÇÃO PARA VERIFICAÇÃO DOS AJUSTES DOS FATORES PONDERADORES vs HISTÓRICOS DE CONSUMO DE ÁGUA vs GERAÇÃO DE RSU					
Qt. Economias / Imóveis: ±1%	Receita Anual Prevista: ±1%	Qt Anual do RSU Prev.: ±2,5%	Qt Anual de Consumo de Água Prev.: ±2,5%	Qt Anual de Consumo de Água Prev.: ±2,5%	Aderência às Faixas por Categoria Prev.: < 20%
0,0% <i>Definido</i> 1.011.934	0,0% <i>Definido</i> 516.467	0,0% <i>Definido</i> 516,278	0,0% <i>Definido</i> 939.000	0,0% <i>Definido</i> 139.500.000	-13,1% <i>Definido</i> 20,0%
Estimativa 1.011.934	Estimado 516.467	Estimado 516,278	Estimado 939.345	Estimado 139.551.268	Estimado 139.551.268
					6,9%

FIGURA 57 – ABA C-CALC TARIFA – CONSOLIDAÇÃO DOS VALORES ANUAIS ESTIMADOS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

A célula O3 demonstra a aderência entre os quantitativos de imóveis informados de G5 a G11 e os quantitativos de imóveis simulados por categoria de O30 a O93. Isso permite ao usuário verificar se a simulação está coerente em termos de quantitativos de imóveis e, também, por categoria.

Como elemento de simulação, o usuário pode também definir a quantidade de imóveis dentro de cada categoria que possui coleta diária e o percentual que possui coleta alternada. A aderência dessas informações ao mais próximo da realidade permitirá chegar a uma precisão maior dos valores estimados, conforme pode ser atestado nas informações dos porcentuais de diferença apontados na linha 7 entre a coluna O e a coluna Y.

Na célula Q3, tem-se uma verificação acerca da aderência da Receita de Faturamento Anual para as informações de quantitativos de imóveis por categoria informada de O30 a O93. Essa informação permite inferir sobre a ótica consolidada das receitas totais anuais.

Na célula S3, existe uma verificação acerca da aderência dos Quantitativos Anuais Totais Manejados de RSU. Da mesma forma, essa informação permite ao usuário validar a representatividade das informações em simulação. Complementarmente, encontram-se na célula U3 os Quantitativos Anuais Totais de Consumo de Água a ser também validados como indicativo da representatividade da simulação sendo feita.

Portanto, essa funcionalidade permite ao usuário verificar a aderência e aplicabilidade na prática dos fatores ponderadores definidos, bem como antecipar a assertividade das métricas de tarifação do contrato de concessão a ser firmado.

3.8 COMO UTILIZAR A FERRAMENTA DE CUSTOS

A seguir, são apresentados dados e informações que foram usados como exercício na parte de Balanço de Massa da Ferramenta de Rotas e Custos (Figuras 4 a 20). Tais dados e informações também serão utilizados como base para avaliar os custos de investimento e operacionais de implementação da rota tecnológica do case, bem como simular as alternativas de base de um contrato de concessão da rota e, por fim, simular como as despesas do contrato poderiam ser distribuídas no cenário dos consumidores do município ou consórcio.

3.8.1 EXERCÍCIO DE SIMULAÇÃO SOBRE O USO DA FERRAMENTA DE CUSTOS

Vamos retomar as informações usadas como entrada para o início da definição da rota tecnológica na primeira parte do curso:

- População total atendida: 2.500.000 hab.;
- Geração *per capita* de resíduos: 1,2 kg.hab⁻¹. d⁻¹;
- Marcar Sim em “Utilizar dados gravimétricos fornecidos pelo usuário”;

-
- Inserir, em “Dados do usuário”, os mesmos valores do Padrão Brasil;
 - Em “Tipos de coleta”, inserir 15% de coleta seletiva de recicláveis e 5% de coleta seletiva de orgânicos;
 - Recapitulando, a rota definida envolve as seguintes tecnologias: Triagem Manual de Seletivos, Triagem Mecanizada de Mistos, Produção de CDR Grosso via Planta CDR-TM dos Rejeitos Secos da Triagem de Seletivos, Geração de Energia Elétrica via Incineração a partir dos Rejeitos Secos da Triagem Mecanizada de Mistos e a Produção de Biometano via Biodigestão com a fração orgânica segregada na triagem mecanizada, Compostagem da coleta seletiva de orgânicos. Os rejeitos de todas as tecnologias serão enviados a um novo aterro;

A partir dessa rota, vamos seguir os passos adiante para a conclusão da parte analítica dos custos envolvidos.

► **PASSO 1**

O usuário deve ir até a aba **R&C – Painel de Controle**. Nessa aba, todas as informações marcadas em verde deverão ser inseridas ou validadas pelo usuário conforme orientações da subseção 3.3 e do Anexo II. Cabe destacar que, em todas essas células, existe um comentário com informações explicativas e um valor típico que poderá ser usado como referência.

► **PASSO 1.1**

Dessa forma, o usuário deve iniciar a verificação da inserção e/ou validação dos custos unitários dos indexadores dos custos de investimento entre as células D53 e D63, conforme as explicações mencionadas na subseção 3.3, o detalhamento do Anexo II e as referências dos comentários existentes nas células.

► **PASSO 1.2**

Na sequência, deve-se fazer também uma verificação e/ou validação dos custos unitários dos indexadores dos custos operacionais entre as células D64 e D80, conforme as explicações mencionadas na subseção 3.3, o detalhamento do Anexo II e as referências dos comentários existentes nas células.

► PASSO 1.3

Após esses passos, o usuário deve inserir e/ou validar as informações referentes ao percentual de nacionalização de equipamentos e o percentual de superdimensionamento de cada tecnologia existentes entre as células G55 e H76, conforme as explicações mencionadas na subseção 3.3, o detalhamento do Anexo II e as referências dos comentários existentes nas células.

► PASSO 1.4

Nesse momento, o painel de controle já estará atualizado com todas as informações de custos de investimento e custos operacionais da rota tecnológica definida. Essas informações poderão ser consultadas pelo usuário nas células J53 e P80 e, também, no gráfico mostrado na parte de cima da aba **R&C – Painel de Controle**, localizado entre as células J02 e O35. Nesse momento, o usuário tem uma sinalização, de G53 a H80, de uso (Sim) ou não (Não) de cada tecnologia, além do quantitativo em t/a usado para seu respectivo dimensionamento, já com o percentual de superdimensionamento adicionado. A cor de fundo dessas células deverá ser sempre branca, caso haja alguma dessas células sinalizadas com Sim. A cor vermelha significa que aquela tecnologia extrapola os limites máximo ou mínimo definidos para a tecnologia nas abas individuais. Se isso ocorrer, o usuário deverá retornar à aba de definição da rota e rever suas definições, de modo a adequar as seleções pretendidas aos limites máximo e mínimo de cada tecnologia. Nas funcionalidades da aba de definição da rota, existem comentários que guiam o usuário dentro dos valores de dimensionamentos permitidos, mas, caso o usuário queira verificar esses limites, poderá fazê-lo consultando as abas de cada tecnologia, analisando as informações das células D8 a V8.

► PASSO 2

Com os custos de investimento e de operacionalização da rota definidos e estimados, o usuário deverá agora analisar as informações gerenciais e econômicas complementares da rota tecnológica. O usuário deverá verificar as informações gerenciais de gestão econômica da rota tecnológica entre as células D82 e D94, conforme as explicações mencionadas na subseção 3.3, o detalhamento do Anexo II e as referências dos comentários existentes nas células. Deverá também verificar as informações dos custos unitários das receitas unitárias potenciais dos vários substratos que podem ser produzidos ou gerados em todas as tecnologias. Dessa forma, o usuário deverá avaliar as informações entre as células D98 e D115, conforme as explicações mencionadas na subseção 3.3, o detalhamento do Anexo II e as referências dos comentários existentes nas células.

► PASSO 3

O usuário poderá agora se concentrar na parte superior da aba **R&C – Painel de Controle**, onde verá um resumo de todas as informações de quantitativos, custos de investimento e custos operacionais da rota tecnológica definida, baseando-se nas informações inseridas pelo usuário na própria aba. Nesse momento, é importante que o usuário faça uma verificação detalhada de todas as informações do resumo da parte superior da aba para se certificar de que não há alguma informação aparentemente “estranha”, denotando um erro de informação inserida ou alguma escolha da definição da rota que possa não ter sido feita de forma adequada, apesar das

verificações de consistência feitas ao longo do preenchimento e daquelas já existentes na aba de definição da rota tecnológica.

O resultado dessa aplicação prática, conforme as orientações, pode ser visto na Figura 58:

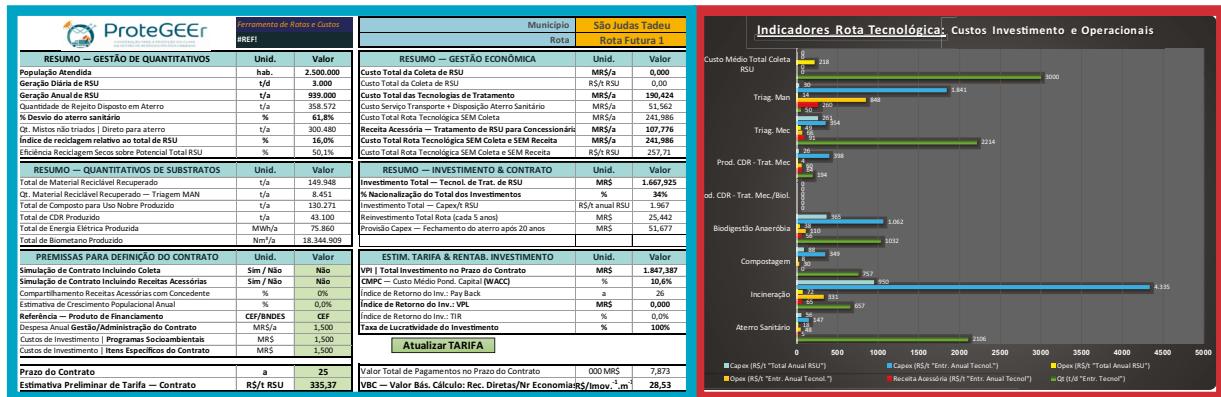


FIGURA 58 – ABA R&C-PAINEL DE CONTROLE – RESUMO GERAL DO PAINEL CONTROLE

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

O detalhe da área demarcada em azul pode ser visto na Figura 59:

Ferramenta de Rotas e Custos			Município	São Judas Tadeu
	Rota		Rota Futura 1	
RESUMO — GESTÃO DE QUANTITATIVOS	Unid.	Valor	RESUMO — GESTÃO ECONÔMICA	Unid.
População Atendida	hab.	2.500.000	Custo Total da Coleta da RSU	MR\$/a
Geração Diária de RSU	t/d	3.000	Custo Total da Coleta de RSU	R\$/t RSU
Geração Anual de RSU	t/a	939.000	Custo Total das Tecnologias de Tratamento	MR\$/a
Quantidade de Rejeito Disposto em Aterro	t/a	358.572	Custo Serviço Transporte + Disposição Aterro Sanitário	MR\$/a
% Desvio do aterro sanitário	%	61,8%	Custo Total Rota Tecnológica SEM Coleta	MR\$/a
Qt. Mistos não triados Direto para aterro	t/a	300.480	Receita Acessória — Tratamento da RSU para Concessionária	MR\$/a
Índice de reciclagem relativo ao total de RSU	%	16,0%	Custo Total Rota Tecnológica SEM Coleta e SEM Receita	MR\$/a
Eficiência Reciclagem Secos sobre Potencial Total RSU	%	50,1%	Custo Total Rota Tecnológica SEM Coleta e SEM Receita	R\$/t RSU
RESUMO — QUANTITATIVOS DE SUBSTRATOS	Unid.	Valor	RESUMO — INVESTIMENTO & CONTRATO	Unid.
Total de Material Reciclável Recuperado	t/a	149.948	Investimento Total — Tecnol. de Trat. de RSU	MR\$
Qt. Material Reciclável Recuperado — Triagem MAN	t/a	8.451	% Nacionalização do Total dos Investimentos	%
Total de Composto para Uso Nobre Produzido	t/a	130.271	Investimento Total — Capex/t RSU	R\$/t anual RSU
Total de CDR Produzido	t/a	43.100	Reinvestimento Total Rota (cada 5 anos)	MR\$
Total de Energia Elétrica Produzida	MWh/a	75.860	Provisão Capex — Fechamento do aterro após 20 anos	MR\$
Total de Biometano Produzido	Nm ³ /a	18.344.909		51,677
PREMISSAS PARA DEFINIÇÃO DO CONTRATO	Unid.	Valor	ESTIM. TARIFA & RENTAB. INVESTIMENTO	Unid.
Simulação de Contrato Incluindo Coleta	Sim / Não	Não	VPI Total Investimento no Prazo do Contrato	MR\$
Simulação de Contrato Incluindo Receitas Acessórias	Sim / Não	Não	CMPC — Custo Médio Pnd. Capital (WACC)	%
Compartilhamento Receitas Acessórias com Concedente	%	0%	Índice de Retorno do Inv.: Pay Back	a
Estimativa de Crescimento Populacional Anual	%	0,0%	Índice de Retorno do Inv.: VPL	MR\$
Referência — Produto de Financiamento	CEF/BNDES	CEF	Índice de Retorno do Inv.: TIR	%
Despesa Anual Gestão/Administração do Contrato	MR\$/a	1.500	Taxa de Lucratividade do Investimento	%
Custos de Investimento Programas Socioambientais	MR\$	1.500		100%
Custos de Investimento Itens Específicos do Contrato	MR\$	1.500	Atualizar TARIFA	

FIGURA 59 – ABA R&C-PAINEL DE CONTROLE – DETALHE DA ÁREA AZUL DA FIGURA 58

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na área demarcada em verde na Figura 59, pode ser visto um resumo das especificidades da simulação. Caso o usuário queira mudar alguma dessas especificidades, pode fazê-lo alterando o valor correspondente ao parâmetro a ser modificado.

Da mesma forma, o detalhe da área demarcada em vermelho na Figura 58 pode ser visto na Figura 60:

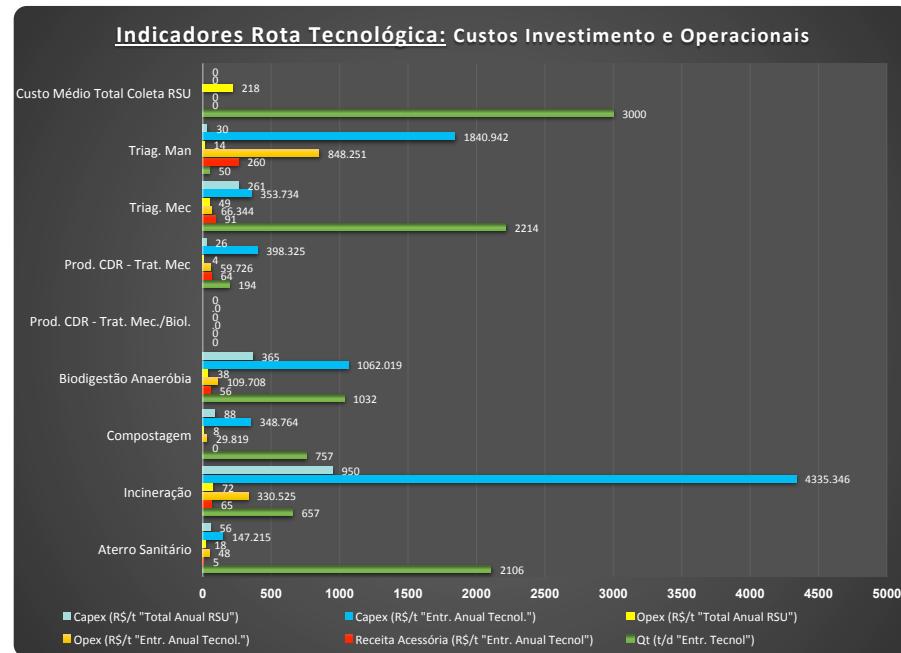


FIGURA 60 – ABA R&C-PAINEL DE CONTROLE – DETALHE DA ÁREA VERMELHA DA FIGURA 58

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na Figura 60, podem ser vistas as principais informações de custos de investimento e custos operacionais das tecnologias selecionadas ao longo da definição da rota tecnológica. A referência de cada informação pode ser consultada na legenda do gráfico.

► PASSO 4

O próximo passo será o usuário definir as condições das premissas do contrato de concessão a ser dimensionado.

Para isso, o usuário deve inserir as informações das células D26 a D32, valendo-se das orientações da subseção 3.3, do detalhamento do Anexo II e das referências dos comentários existentes nas células. Ao finalizar essas inserções, o usuário deve analisar ou validar as variáveis financeiras da aba **C-FCL Real** com o suporte de algum especialista na área financeira. Nessa aba, existem as premissas econômico-financeiras da modelagem do fluxo de caixa financeiro do projeto entre as células C6 e C28 – conforme as explicações mencionadas na subseção 3.4, o detalhamento do Anexo III e as referências dos comentários existentes nas células. Todas essas premissas são usadas para definir o valor do Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC ou Wacc, na sigla em inglês) do projeto, mostrado na célula C28. O Wacc é o indicador que representa a taxa de

retorno ou de desconto esperada por investidores privados em investimentos de mesma natureza e risco. Portanto, trata-se de uma referência a ser comparada para medir a atratividade de investimentos conforme orientações da subseção 3.4.

O resultado dessa simulação pode ser visto na Figura 61.

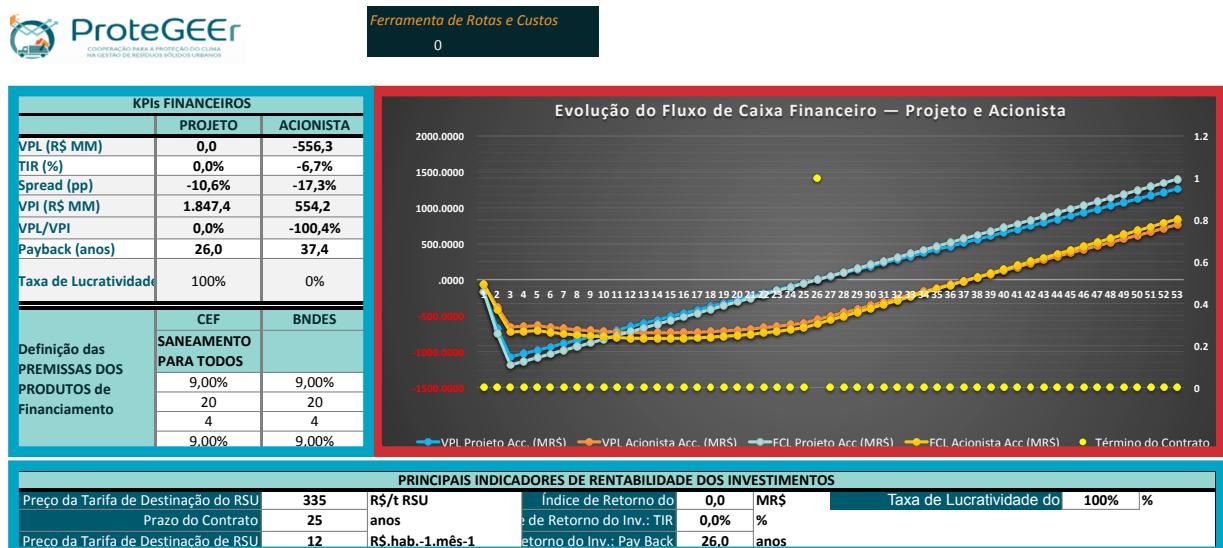


FIGURA 61 – ABA C-FCL REAL – RESUMO DAS INFORMAÇÕES DA ESTRUTURA DE CAPITAL

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

O detalhe da área demarcada em azul pode ser visto na Figura 62, onde constam as informações referentes à estrutura de capital de um potencial investidor para o projeto de implementação e operação da nova rota tecnológica ao longo do período de contrato. O objetivo dessas informações é chegar ao valor da célula C28, que se refere ao Wacc. Esse valor será utilizado para o cálculo das métricas e rentabilidade do investimento e do contrato mostradas na aba do painel de controle no passo anterior.

Premissas da Modelagem Econômico-Financeira

PREMISSAS Econômicas & Financeiras	
Premissas da Modelagem Econômica	Valor %
Crescimento Anual — Quantitativos de RSU	0,00%
Projeção Anual da Inflação de Preços e Custos	0%
Premissas do Acionista: Estrutura do Capital	
ACIONISTA: Estr. Capital & Prêmio Risco Invest.	Valor %
% de Participação de Capital Próprio no Investimento	70,0%
O MPAF (Modelo de Precificação de Ativos Financeiros) ou CAPM (Capital Asset Pricing Model) representa o Custo do Capital Próprio	12,60%
ACIONISTA: Estrut. Produto de Financiamento	Valor %
% de Capital de Financiamento do Investimento	30,0%
Referência do Produto de Financiamento: CEF ou BNDES	CEF
% Taxa Real de juros — Produto de Financiamento	9,00%
Período de Amortização do Empréstimo	20 anos
Período de Carência para Início do Pagamento do Empréstimo	4 anos
Taxa de Juros durante o Período de Carência	9,00%
Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL)	9%
Imposto de Renda da Pessoa Jurídica (IRPJ)	25%
 ACIONISTA: Ganho & Prêmio Risco Invest.	 Valor %
CMPC — Custo Médio Ponderado Capital (WACC)	10,60%



KPIs FINANCEIROS

	PROJETO	ACIONISTA
VPL (R\$ MM)	0,0	-556,3
TIR (%)	0,0%	-6,7%
Spread (pp)	-10,6%	-17,3%
VPI (R\$ MM)	1.847,4	554,2
VPL/VPI	0,0%	-100,4%
Payback (anos)	26,0	37,4
Taxa de Lucratividade	100%	0%
 DEFINIÇÃO DAS PREMISSAS DOS PRODUTOS DE FINANCIAMENTO	 CEF	 BNDES
SANEAMENTO PARA TODOS	9,00%	9,00%
	20	20
	4	4
	9,00%	9,00%
 Preço da Tarifa de Destinação do RSU	 335	
Prazo do Contrato	25	
Preço da Tarifa de Destinação de RSU	12	

FIGURA 62 – ABA R&C-PAINEL DE CONTROLE – DETALHE DA ÁREA AZUL DA FIGURA 58

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

O detalhe da área demarcada em vermelho pode ser visto na Figura 63, que se refere ao gráfico representativo dos chamados fluxos de caixa do projeto. Sua análise permite ao usuário identificar como se dá o retorno financeiro do projeto ao longo dos anos do contrato. Assim, tem-se:

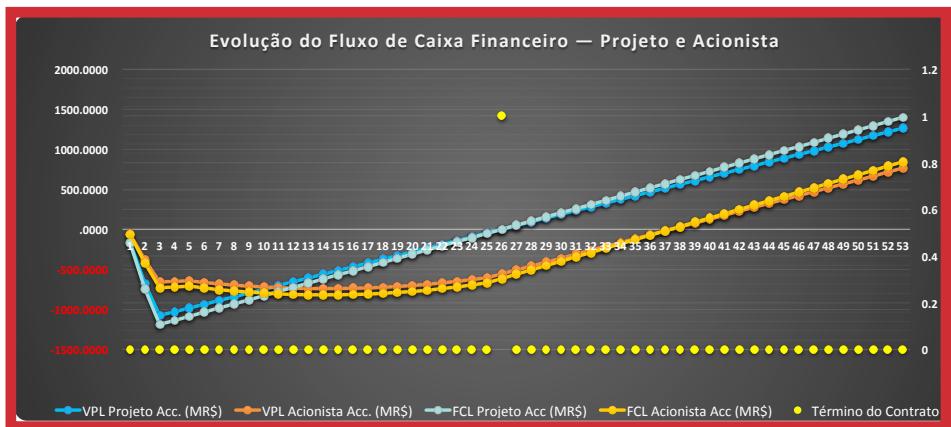


FIGURA 63 – ABA R&C-PAINEL DE CONTROLE – DETALHE DA ÁREA VERMELHA DA FIGURA 58

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

PASSO 5

Após a validação das premissas financeiras e do Wacc, na aba **C-FCL-Calc**, o usuário pode retornar à aba **R&C-Painel de Controle** e constatar os resultados das principais variáveis de avaliação da rentabilidade de implementação e operacionalização da rota

tecnológica de tratamento e destinação do RSU, conforme definições assumidas até esse momento pelo usuário. A análise do resumo das informações mostrado no topo da aba é explicada na subseção 3.4 e no detalhamento do Anexo III.

► PASSO 5.1

Após essa avaliação inicial, o usuário pode inserir diferentes valores para o preço base da tarifa do serviço na célula D34 e para o prazo de contrato na célula D33. Assim, pode avaliar o comportamento e a sensibilidade das variáveis de rentabilidade do projeto de investimento do contrato mostradas entre as células H27 e H35 – informações adicionais sobre essas métricas de atratividade do investimento podem ser encontradas na subseção 3.4 e nos Anexos II e III.

► PASSO 5.2

Com o intuito de avaliar o melhor compromisso entre o preço da tarifa do serviço no contrato e o prazo de vigência do contrato de concessão, o usuário deve agora avaliar, na aba **C-Graf Simul Tarifa**, a partir de que prazo de contrato o preço da tarifa tende a se estabilizar. Essa referência de faixa de preço deve ser levada em conta, pois a partir desse ponto a sensibilidade do prazo de retorno do investimento em função do valor da tarifa varia muito pouco. Conforme pode ser visto na Figura 64, esse ponto ocorre em torno dos 25 anos, assim, sugere-se adotar esse valor como prazo do contrato a ser inserido na célula D33 para as simulações a serem feitas na sequência. A evidência desse valor no gráfico demonstra que, com esse prazo de contrato, se pode assegurar o retorno do investimento e a atratividade do projeto na faixa menos onerosa do preço da tarifa de manejo do RSU dentro do contrato para o ente público.

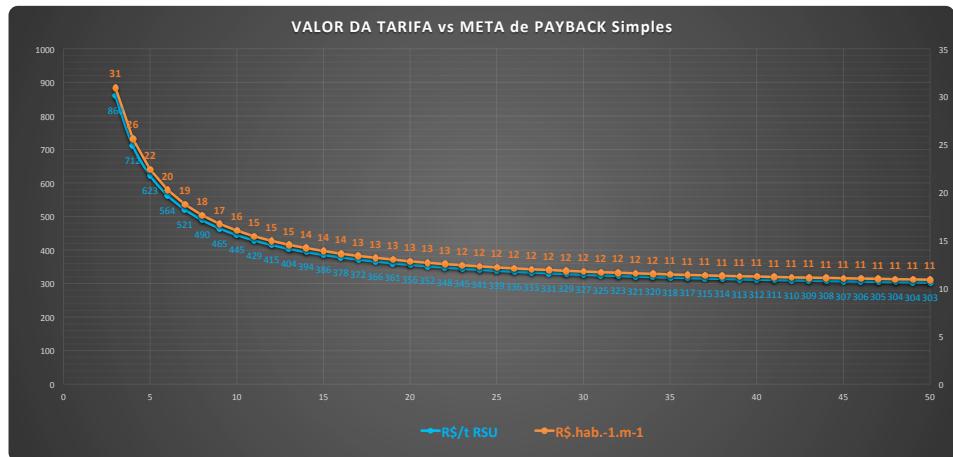


FIGURA 64 – ABA R&C-PAINEL DE CONTROLE – DETALHE DA ÁREA VERMELHA DA FIGURA 93

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

► PASSO 5.3

Com esse raciocínio, uma vez definido o prazo do contrato em 25 anos na célula D33, o preço da tarifa do serviço deve ser um preço que permita obter um valor igual a zero para o indicador VPL do projeto dentro do prazo de contrato definido. Para chegar a esse objetivo, o usuário pode tentar sucessivamente inserir valores para a tarifa na célula D34 e, assim, observar o impacto nas variáveis de rentabilidade do investimento listadas entre as células H24 e H34. O usuário pode também utilizar o botão “ATUALIZAR TARIFA” na célula F30/31, onde, quando clicado, o sistema vai pedir ao usuário para selecionar qual métrica de rentabilidade ele deseja utilizar como meta para definir o preço da tarifa do serviço de manejo de RSU. No caso do exemplo, seleciona-se o

VPL e digita-se o valor zero como meta a ser alcançada para o VPL. Após isso, o sistema vai calcular o valor da tarifa para essas condições simuladas. O detalhe de uso do botão ATUALIZAR TARIFA pode ser visto na Figura 65:


ProteGEer
 PROTEGEEER
 SISTEMA DE GESTÃO DE RECURSOS SOLÍDOS URBANOS

RC-RSU V.1.0 - 4/09/2020

RESUMO — GESTÃO DE QUANTITATIVOS			Unid.	Valor
População Atendida	hab.	2.500.000		
Geração Diária de RSU	t/d	3.000		
Geração Anual de RSU	t/a	939.000		
Quantidade de Rejeito Disposto em Aterro	t/a	762.768		
% Desvio do aterro sanitário	%	18,8%		
Qt. Mistos não triados Direto para aterro	t/a	751.200		
Índice de reciclagem relativo ao total de RSU	%	9,0%		
Efic. Recicl. Secos sobre Pot. Total	%	28,2%		

RESUMO — QUANT. DE SUBSTRATOS			Unid.	Valor
Total de Material Reciclável Recuperado	t/a	84.510		
Qt. Material Reciclável Recuperado — Triagem MAN	t/a	8.451		
Total de Composto Nobre Produzido	t/a	23.437		
Total de CDR Produzido	t/a	45.635		
Total de Energia Elétrica Produzida	MWh/a	0		
Total de Biometano Produzido	Nm ³ /a	8.613.222		

PREMISSAS PARA DEFINIÇÃO DO CONTRATO			Unid.	Valor
Simulação de Contrato Incluindo Coleta	Sim / Não	Sim		
Simulação de Contrato Incluindo Receitas Acessórias	Sim / Não	Sim		
Compartilh. Receitas Acessórias com Concedente	%	0%		
Estimativa de Crescimento Populacional Anual	%	0,0%		
Referência — Produto de Financiamento	CEF/BNDES	CEF		
Desp. Anual Gestão/Administração do Contrato	MR\$/a	1.500		

Município	São Judas Tadeu
Rota	Rota Futura 1

RESUMO — GESTÃO ECONÔMICA			Unid.	Valor
Custo Total da Coleta de RSU	MR\$/a	204,702		
Custo Total da Coleta de RSU	R\$/t RSU	218		
Custo Total das Tecnologias de Tratamento	MR\$/a	38,674		
Custo Serv. Transp. + Disp. Aterro Sanitário	MR\$/a	151,397		
Custo Total Rota Tecnológica com Coleta	MR\$/a	394,773		
Rec. Acess — Trat. de RSU para Concessionária	MR\$/a	50,816		
Custo Total da Rota Tecnológ. com Col.+Rec.	MR\$/a	343,957		
Custo Total da Rota Tecnológ. com Col.+Rec.	R\$/t RSU	366		

RESUMO — INVEST. & CONTRATO			Unid.	Valor
Investimento Total — Tecnol. de Trat. de RSU	MR\$	219,969		
% Nacionalização do Total dos Investimentos	%	48%		
Investimento Total — Capex/t RSU	R\$/t annual RSU	234		
Reinvestimento Total Rota (cada 5 anos)	MR\$	4,400		
Provisão Capex — Fechamento do aterro após 20 anos	MR\$	0,000		
Invest. Total — Infraestrutura de Coleta de RSU	MR\$	0,000		

ESTIMATIVAS DE TARIFA & R		Escolha a variável que...	Valor
Variável	<input checked="" type="radio"/> Payback		243,207
	<input type="radio"/> VPL		10,6%
	<input type="radio"/> TIR		3
	<input type="radio"/> Taxa Lucratividade Investimento		1.610,725
Taxa de Lucratividade do Investimento		Valor	#NÚM!
			762%

FIGURA 65- ABA R&C-PAINEL DE CONTROLE – DETALHE DO BOTÃO ATUALIZAR TARIFA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

► PASSO 5.4

A partir desse ponto, com os valores do prazo de contrato e do preço da tarifa do serviço de manejo de RSU definidos conforme visto no passo anterior, o usuário deve analisar o comportamento das variáveis de rentabilidade e atratividade do projeto e do contrato de concessão. Assim, apesar das avaliações já feitas para analisar os valores referenciais mais adequados para o preço da tarifa e o prazo de contrato, é recomendável, como uma etapa seguinte, que, de uma forma melhor sistematizada, o usuário utilize a aba **C-Graf Simul FEP** para realizar simulações que lhe permitam avaliar o comportamento das variáveis de rentabilidade do projeto sobre diferentes valores de preço para a tarifa de serviço e de prazo de contrato. Para observar esse comportamento na aba **C-Graf Simul FEP**, sugere-se que o usuário insira o valor do preço da tarifa identificado na célula D3, digite 1 como valor de delta na célula D4 e coloque o valor do prazo do contrato assumido na célula D5. Após isso, deve clicar no botão “Atualizar” na célula G4 e, assim, verificar a atualização de todos os gráficos para os dados e parâmetros informados. O resultado pode ser visto na Figura 66.

SIMULAÇÃO: Preço Tarifa Serviço com Prazo Contrato Constante	
Preço da Tarifa de Destinação de RSU	335,0 R\$ / t RSU
Delta	1,0
Prazo do contrato	25 anos

Atualizar



Ferramenta de Rotas e Custos
0

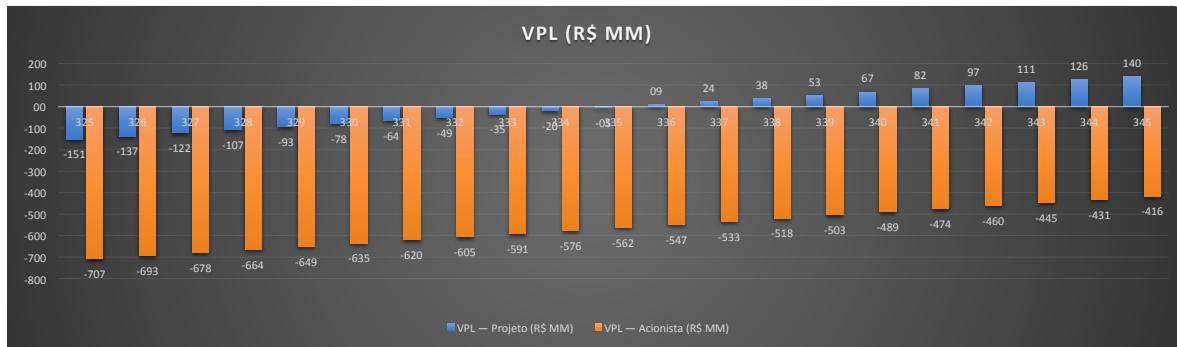


FIGURA 66 – ABA C-GRAF-SIMUL FEP – DETALHE DA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO INVESTIMENTO

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Da mesma forma, para observar a sensibilidade em função do prazo de contrato, sugere-se que o usuário insira o valor do preço da tarifa identificado na célula V3, digite 1 como valor de delta na célula V5 e coloque o valor do prazo do contrato assumido na célula V4. Após isso, deve clicar no botão “Atualizar” na célula Y4 e, assim, verificar a atualização de todos os gráficos para os dados e parâmetros informados. O resultado pode ser visto na Figura 67.

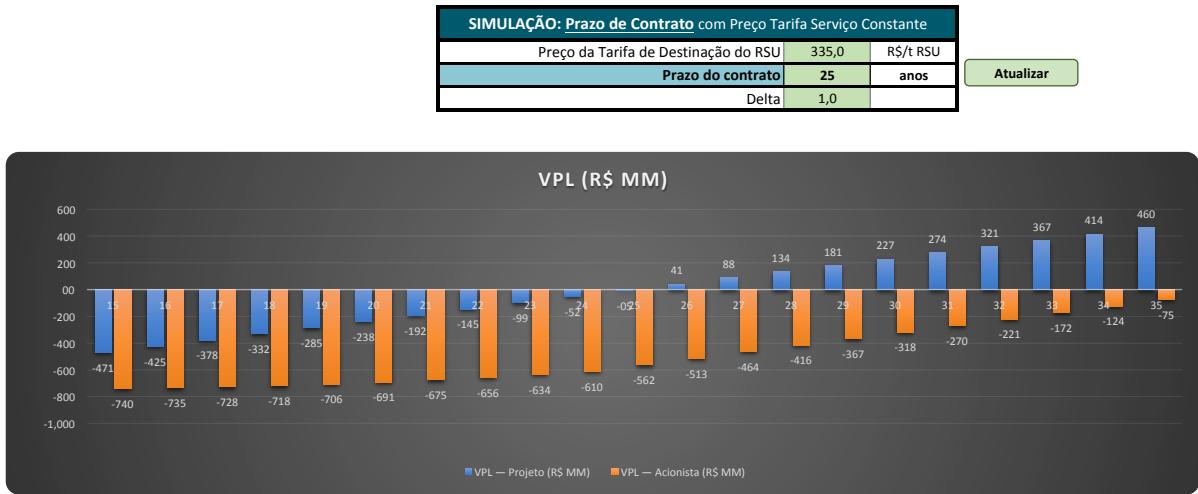


FIGURA 67 – ABA C-GRAF-SIMUL FEP – DETALHE DA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO INVESTIMENTO

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

► PASSO 5.5

Ao fazer isso, o usuário pode analisar o comportamento das variáveis de medição da rentabilidade do investimento e, ao mesmo tempo, fazer simulações de diferentes cenários para a rota tecnológica definida. Com isso, pode comparar seu custo-benefício com os objetivos da GIRSU do município ou consórcio e, ao mesmo tempo, avaliar a atratividade do projeto para investidores privados. Dessa forma, pode-se concluir sobre a melhor estratégia de promoção do projeto de concessão diante de sua atratividade econômica e da mesma forma, nos

passos seguintes, avaliar como o valor médio da tarifa pode ser distribuído aos usuários do serviço.

No caso desse exercício, de modo a onerar o mínimo possível o ente público, optou-se por um valor de tarifa para o serviço que permita zerar o VPL no prazo do contrato. Dessa forma, tem-se uma TIR igual a zero (ou retorno do investimento igual a taxa de desconto ou Wacc), o prazo de retorno do investimento (ou payback) é igual ao prazo do contrato e a taxa de lucratividade é igual a 100%, o que significa que o investidor terá retorno de 100% de todo o investimento feito ao longo do período de contrato dentro desse prazo.

► PASSO 6

Como último passo, o usuário agora vai fazer simulações acerca do racional da metodologia a ser aplicada para a distribuição da tarifa do serviço de destinação de resíduos. Conforme foi explicado na subseção 3.7, a Ferramenta de Rotas e Custos tem por objetivo simular a distribuição da tarifa do serviço de manejo de RSU a ser prevista no contrato de concessão, usando como base o sistema existente de cobrança do consumo da água para diferentes perfis ou categorias de economias ou consumidores.

► PASSO 6.1

O usuário deve ir até a aba **C-Calc Tarifa**, onde primeiramente deve validar as premissas da metodologia de cálculo da tarifa básica entre as células B5 e E23. Em seguida, deve inserir as informações dos quantitativos de imóveis por categoria nas células F5 e K14.

No caso do exercício de simulação, vamos adotar as seguintes premissas:

- Célula D8: adotar um consumo específico de 155l/d de água por habitante, que é a média no Brasil segundo dados do SNIS – 2018
- Célula D14: adotar a premissa de que 100% dos custos do contrato deverão ser repassados aos usuários do serviço
- Célula D16: usar a premissa de que haverá um repasse de 1% do total do faturamento a ser repassado ao órgão regulador como pagamento pelo serviço de regulação
- Célula D17: usar a premissa de que haverá uma adição de 5% a ser repassada aos usuários do serviço para cobrir o percentual típico do sistema de cobrança do consumo de água
- Célula D18: usar a premissa de que haverá um repasse de 2,5% do total do faturamento à empresa concessionária que fará a gestão do serviço do sistema de cobrança a ser implementado
- Célula D23: adotar a premissa de não haver uma expectativa de evolução da relação entre consumo de água e geração/coleta de RSU. Assim, vamos usar o valor de 0%

Já para preenchimento das células de entrada do usuário nas células G7, G8 e G9, foram tomadas como referência o típico do Brasil (cidades acima de 200mil hab.) de 3 habitantes por moradia – assim, adotar o valor 200mil residências no total na célula J6 – e de 1 estabelecimento comercial para cada 15 habitantes (célula G7). No caso do número de economias industriais e públicas/filantrópicas, deve-se adotar para o exercício os valores de 5 e 25 unidades, respectivamente. E, com o intuito de exemplificar o caso, vamos adotar um percentual de subvenção tarifária de 20% (célula H14), pressupondo-se que haja 20% de residências

cadastradas como residências sociais para os quais a subvenção se aplica (célula K6). Dessa forma, chega-se a um valor médio anual por economia da tarifa do serviço de manejo do RSU na célula H24 igual a R\$ 342/ t RSU ou R\$ 29/economia⁻¹.ano⁻¹ na célula H25. Assim, tem-se o cenário da Figura 68:

PREMISSAS DA METODOLOGIA DE CÁLCULO DA TARIFA/TAXA MÉDIA DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS		
Variáveis Tarifárias BÁSICAS	Unidade	Valor
Rec. Anual para Remuner. Contrato	MRS/a	314.915
Preço Básico — Tarifa do Serviço	R\$/t	335
Qt Anual de RSU para Tratamento	t/a	939.000
Ref. Histórica Consumo de Água/hab/dia	L. hab ⁴ . d ⁴	155
Ref. Histórica Consumo Total Anual de Água	m ³ /a	139.500.000
Relação Básica Consumo de Água / Quantidade RSU	m ³ /t	148.562
Tarifa Serviço Manejo e Tratamento RSU/Consumo de Água	R\$/m ³	2,257
Variáveis Tarifárias SUBSÍDIOS	Unidade	Valor
Parcela do custo do serviço de manejo do RSU a ser cobrado dos usuários	%	100%
Valor Anual Subsídio Público ao Serviço de Manejo do RSU	MRS/a	0,000
% Referente ao Custo Serviço Órgão Regulador	%	1,0%
% Referente à Inadimplência Sistema Cobrança de Água	%	5,0%
% Referente ao Custo Pela Prestação do Serviço de Cobrança	%	2,5%
Faturamento Anual Serv. Manejo/Trat. RSU — (Pós-subsídio + Inadimpl.)	MRS/a	342.316
Tarifa Serv. Manejo/Trat. RSU/Consumo Água — (Pós-subsídio + Inadimpl.)	R\$/m ³	2,454
Var. Tarif. AJUSTES Rel. Consumo Água/Geração RSU	Unidade	Valor
Expectativa Evolução % Relação Consumo Água(t)/Geração RSU(t)	%	0,0%
Faturamento Anual Serviço Manejo e Tratamento RSU — AJUSTADA	MRS/a	342.316
Preço Básico — Tarifa Serviço Manejo/Trat. RSU/Consumo Água — AJUSTADO	R\$/m ³	2,454
Tipos/Categ. Economias		
Imóveis Resid. — NORMAL	Qt (Unit.)	666.667
Imóveis Resid. — SOCIAL	Qt (%)	16,67%
Imóveis — Comerciais	Qt (%)	16,67%
Imóveis — Públicos/Filantrópicos	Qt (%)	0,00%
Imóveis — Industriais	Qt (%)	0,00%
Total Imóveis	Qt (%)	100,00%
Qt. Imov. RESID. TOTAL	% Imov. RESID. SOCIAL	
833.333	20,0%	
Variáveis Tarifárias SUBSÍDIOS	Unidade	Valor
% Subvenção SOCIAL:	%	20%
Tar. Resid. SOC / Tar. Resid. NORM		
 ProteGEER Ferramenta de Rotas e Custos <small>CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS NC-RSU V.1.0 - 11/09/2020</small>		
Valor Básico de Cálculo (VBC): Receita Tot./Nr Economias Consumidor		
VBC Anual - Valor Anual / Imóvel	R\$/a por Imóvel	342
VBC Mensal - Valor Mensal / Imóvel	R\$/m por Imóvel	29

FIGURA 68 – ABA C-CALC TARIFA – PREMISSAS PARA A DISTRIBUIÇÃO DA TARIFA DO SERVIÇO

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

► PASSO 6.2

Após isso, o usuário deve preencher as informações das células B28 a M93 para cada fator de ponderação para distribuição da tarifa de manejo de resíduos sólidos: por categoria de imóveis e por frequência de coleta. Para calibração desses fatores com valores em torno de 1,0 e para a validação ou calibração dos fatores da tarifa de resíduos por faixas de consumo de água nas células G31 a G93, devem ser observadas as orientações da subseção 3.7.

Temos na coluna B os fatores ponderadores por categoria. Vamos adotar o valor 1,0 para categorias público/filantrópico, residencial normal/social, comercial e industrial. Nas colunas C e D, temos os fatores da frequência de coleta, onde usaremos 1,0 para a coleta alternada e 1,25 para a coleta diária. Na coluna G, temos as faixas de consumo de água já implementadas no sistema de cobrança existente; assim, usaremos os valores conforme abaixo a título de exemplo. Da mesma forma, temos na coluna H os fatores ponderadores que estabelecem a relação entre o consumo de água e a geração do RSU. Eles foram adotados conforme estudos estatísticos realizados em algumas cidades brasileiras, mas, caso necessário, podem ser ajustados em função de alguma particularidade local.

A Figura 69 mostra as informações do exercício proposto para as categorias público/filantrópico e residencial (normal) e, na sequência, a Figura 70 com as mesmas informações para as categorias comercial e industrial:

Fórmula de cálculo da TMRS = $VBC_{TMRS} \times (\text{Fator a} \times \text{Fator b}_{1,2} \times \text{Fator c})$			Valor Básico de Cálculo (VBC)					
Estrutura Referencial do Cálculo da TMRS — com base: Categoria Imóveis, Frequência de Coleta e Consumo de Água			Anual		Mensal			
			342	29				
Categoria Pública e Filantrópica								
Fatores de cálculo cumulativos			Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa					
Categoria de uso (a)		Consumo médio mensal de água (c)			Coleta dias alternados			
Alternada (b1)		Anual			Coleta Diária			
1,00	1,00	1,25	Faixa Min - Fator Fixo (m^3/m)	Faixa Max - Fator Fixo (m^3/m)	Fator Ponderador	Anual	Mensal	
			-	5	0,3500	R\$119,81	R\$9,98	
			Faixa Min - Fator Variável (m^3/m)	Faixa Max - Fator Variável (m^3/m)	Fator Ponderador	R\$325,19	R\$27,10	
			5	15	0,0600	R\$496,34	R\$41,36	
			15	25	0,0500	R\$620,43	R\$51,70	
			25	35	0,0350	R\$616,15	R\$51,35	
			35	50	0,0800	R\$1.026,92	R\$85,58	
			50	100	0,0250	R\$1.454,80	R\$121,23	
						R\$1.818,50	R\$151,54	
Categoria Residencial - NORMAL								
Fatores de cálculo cumulativos			Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa					
Categoria de uso (a)		Consumo médio mensal de água (c)			Coleta dias alternados			
Alternada (b1)		Anual			Coleta Diária			
1,08	1,00	1,25	Faixa Min - Fator Fixo (m^3/m)	Faixa Max - Fator Fixo (m^3/m)	Fator Ponderador	Anual	Mensal	
			-	5	0,3500	R\$128,79	R\$10,73	
			Faixa Min - Fator Variável (m^3/m)	Faixa Max - Fator Variável (m^3/m)	Fator Ponderador	R\$160,99	R\$13,42	
			5	15	0,0600	R\$160,99	R\$13,42	
			15	25	0,0500	R\$160,99	R\$13,42	
			25	35	0,0350	R\$160,99	R\$13,42	
			35	50	0,0800	R\$160,99	R\$13,42	
			50	100	0,0250	R\$160,99	R\$13,42	
						R\$160,99	R\$13,42	

FIGURA 69 – ABA C-CALC TARIFA – FATORES DE PONDERAÇÃO | DISTRIBUIÇÃO DA TARIFA DE SERVICO

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021).

Categoria Residencial - SOCIAL												
Categoria de uso (a)	Frequência da Coleta		Consumo médio mensal de água (c)			Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa						
	Alternada (b1)	Diária (b2)	Faixa Min - Fator Fijo (m³/m)	Faixa Max - Fator Fijo (m³/m)	Fator Ponderador	Coleta dias alternados	Coleta Diária	Anual	Mensal			
	0,22	1,00	1,25	-	5	0,3500	RS25,76	RS2,15	RS2,20			
Faixa Min - Fator Variaç (m³/m)				Faixa Max - Fator Variaç (m³/m)	Fator Ponderador	Coleta dias alternados						
5				15	0,0600	Coleta Diária						
15				25	0,0500	Anual	Mensal	RS2,68	RS2,68			
25				35	0,0350	RS69,92	RS5,83	RS87,39	RS7,28			
35				50	0,0800	RS106,71	RS8,89	RS113,39	RS11,12			
50				100	0,0250	RS132,47	RS11,04	RS165,59	RS13,80			
						RS220,79	RS18,40	RS275,98	RS23,00			
						RS312,78	RS26,07	RS390,98	RS32,58			
Categoria Comercial (inclusive prestadores de serviços)												
Categoria de uso (a)	Frequência da Coleta		Consumo médio mensal de água (c)			Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa						
	Alternada (b1)	Diária (b2)	Faixa Min - Fator Fijo (m³/m)	Faixa Max - Fator Fijo (m³/m)	Fator Ponderador	Coleta dias alternados	Coleta Diária	Anual	Mensal			
	1,75	1,00	1,25	-	5	0,2250	RS134,78	RS11,23	RS168,48			
Faixa Min - Fator Variaç (m³/m)				Faixa Max - Fator Variaç (m³/m)	Fator Ponderador	Coleta dias alternados						
5				20	0,0450	Coleta Diária						
20				30	0,0450	Anual	Mensal	RS14,04	RS14,04			
30				40	0,0400	RS539,13	RS44,93	RS673,91	RS56,16			
40				55	0,0350	RS808,70	RS67,39	RS1.010,87	RS84,24			
55				100	0,0300	RS1.048,31	RS87,36	RS1.101,39	RS109,20			
						RS1.362,81	RS113,57	RS1.703,51	RS141,96			
						RS2.171,50	RS180,96	RS2.714,38	RS226,20			
Categoria Industrial												
Categoria de uso (a)	Frequência da Coleta		Consumo médio mensal de água (c)			Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa						
	Alternada (b1)	Diária (b2)	Faixa Min - Fator Fijo (m³/m)	Faixa Max - Fator Fijo (m³/m)	Fator Ponderador	Coleta dias alternados	Coleta Diária	Anual	Mensal			
	1,75	1,00	1,25	-	5	0,3500	RS209,66	RS17,47	RS262,08			
Faixa Min - Fator Variaç (m³/m)				Faixa Max - Fator Variaç (m³/m)	Fator Ponderador	Coleta dias alternados						
5				30	0,0500	Coleta Diária						
30				100	0,0300	Anual	Mensal	RS21,84	RS21,84			
100				500	0,0150	RS598,46	RS79,87	RS1.198,07	RS99,84			
500				1000	0,0500	RS2.216,43	RS184,70	RS2.770,54	RS230,88			
						RS5.810,64	RS484,22	RS7.263,30	RS605,28			
						RS20.786,52	RS1.732,21	RS25.983,16	RS2.165,26			

FIGURA 70 – ABA C-CALC TARIFA – FATORES DE PONDERAÇÃO | DISTRIBUIÇÃO DA TARIFA DO SERVIÇO

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Após a inserção dessas informações, a ferramenta provê os valores das tarifas mensais ou taxas anuais para o serviço de manejo de resíduos para cada faixa de consumo de água definida dentro de cada categoria de imóvel. Esses valores líquidos são equivalentes ao montante total de faturamento líquido para remunerar a implementação e operacionalização da rota tecnológica de coleta, tratamento e disposição de RSU dentro do prazo de contrato e com aderência às variáveis de rentabilidade de contrato calculadas e taxas de desconto do investidor informadas. Cabe destacar que, a partir dos valores líquidos, caberá acrescentar o valor do imposto sobre serviços (ISS) do município ou de cada município (no caso de consórcios) do respectivo imóvel/economia.

Os valores das tarifas mensais e anuais para as frequências de coleta, diária ou alternada, podem ser vistos na Figura 71 para as categorias público/filantrópico e residencial (normal). Na sequência, na Figura 72, temos as mesmas informações para as categorias comercial e industrial:

Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa		Valor Básico de Cálculo (VBC)	
Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa		Anual	Mensal
Faixa Min - Fator Fixo (m³/m)	Faixa Max - Fator Fixo (m³/m)	Anual	Mensal
-	5	R\$119,81	R\$9,98
5	15	R\$325,19	R\$27,10
15	25	R\$496,34	R\$41,36
25	35	R\$616,15	R\$51,35
35	50	R\$1.026,92	R\$85,58
50	100	R\$1.454,80	R\$121,23

Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa		Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa	
Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa		Cálculo Diária	
Faixa Min - Fator Variável (m³/m)	Faixa Max - Fator Variável (m³/m)	Anual	Mensal
-	5	R\$128,79	R\$10,73
5	15	R\$349,58	R\$29,13
15	25	R\$533,57	R\$44,46
25	35	R\$662,36	R\$55,20
35	50	R\$1.103,94	R\$91,99
50	100	R\$1.563,91	R\$130,33

Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa		Cálculo Residencial - NORMAL	
Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa		Cálculo Diária	
Faixa Min - Fator Fixo (m³/m)	Faixa Max - Fator Fixo (m³/m)	Anual	Mensal
-	5	R\$128,79	R\$10,73
5	15	R\$349,58	R\$29,13
15	25	R\$533,57	R\$44,46
25	35	R\$662,36	R\$55,20
35	50	R\$1.103,94	R\$91,99
50	100	R\$1.563,91	R\$130,33

FIGURA 71 – ABA C-CALC TARIFA – TARIFAS DO SERVIÇO DE MANEJO DE RSU | FREQUÊNCIA DE COLETA

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Fatores de cálculo cumulativos			Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa			
Consumo médio mensal de água (c)			Coleta dias alternados		Coleta Diária	
Faixa Min - Fator Fixo (m³/m)	Faixa Max - Fator Fixo (m³/m)	Fator Ponderador	Anual	Mensal	Anual	Mensal
-	5	0,3500	R\$25,76	R\$2,15	R\$32,20	R\$2,68
Faixa Min - Fator Variav (m³/m)	Faixa Max - Fator Variav (m³/m)	Fator Ponderador				
5	15	0,0600	R\$69,92	R\$5,83	R\$87,39	R\$7,28
15	25	0,0500	R\$106,71	R\$8,89	R\$133,39	R\$11,12
25	35	0,0350	R\$132,47	R\$11,04	R\$165,59	R\$13,80
35	50	0,0800	R\$220,79	R\$18,40	R\$275,98	R\$23,00
50	100	0,0250	R\$312,78	R\$26,07	R\$390,98	R\$32,58

Fatores de cálculo cumulativos			Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa			
Consumo médio mensal de água (c)			Coleta dias alternados		Coleta Diária	
Faixa Min - Fator Fixo (m³/m)	Faixa Max - Fator Fixo (m³/m)	Fator Ponderador	Anual	Mensal	Anual	Mensal
-	5	0,2250	R\$134,78	R\$11,23	R\$168,48	R\$14,04
Faixa Min - Fator Variav (m³/m)	Faixa Max - Fator Variav (m³/m)	Fator Ponderador				
5	20	0,0450	R\$539,13	R\$44,93	R\$673,91	R\$56,16
20	30	0,0450	R\$808,70	R\$67,39	R\$1.010,87	R\$84,24
30	40	0,0400	R\$1.048,31	R\$87,36	R\$1.310,39	R\$109,20
40	55	0,0350	R\$1.362,81	R\$113,57	R\$1.703,51	R\$141,96
55	100	0,0300	R\$2.171,50	R\$180,96	R\$2.714,38	R\$226,20

Fatores de cálculo cumulativos			Cálculo Tarifa Economia Limite Superior Faixa			
Consumo médio mensal de água (c)			Coleta dias alternados		Coleta Diária	
Faixa Min - Fator Fixo (m³/m)	Faixa Max - Fator Fixo (m³/m)	Fator Ponderador	Anual	Mensal	Anual	Mensal
-	5	0,3500	R\$209,66	R\$17,47	R\$262,08	R\$21,84
Faixa Min - Fator Variav (m³/m)	Faixa Max - Fator Variav (m³/m)	Fator Ponderador				
5	30	0,0500	R\$958,46	R\$79,87	R\$1.198,07	R\$99,84
30	100	0,0300	R\$2.216,43	R\$184,70	R\$2.770,54	R\$230,88
100	500	0,0150	R\$5.810,64	R\$484,22	R\$7.263,30	R\$605,28
500	1000	0,0500	R\$20.786,52	R\$1.732,21	R\$25.983,16	R\$2.165,26

FIGURA 72 – ABA C-CALC TARIFA – TARIFAS DO SERVIÇO DE MANEJO DE RSU | FREQUÊNCIA DE COLETA

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

► PASSO 7

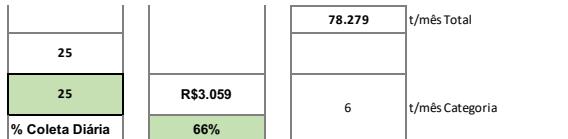
De modo a prever a aplicabilidade da metodologia com as respectivas faixas de consumo de água já utilizadas e os respectivos fatores de ponderação definidos, o usuário pode agora fazer uma simulação para verificar os valores totais anuais estimados.

► PASSO 7.1

O usuário deve informar, nas células O28 a O93, a distribuição do quantitativo total de imóveis por categoria e por faixa de consumo de água, definida com base no consumo histórico. Deve informar, também, o percentual do total de imóveis em cada categoria que possui frequência de coleta alternada e diária, ambos com base em valores típicos históricos.

As figuras 73, 74 e 75 exibem os valores hipotéticos para um caso simulado para as categorias definidas.

Categoria Pública e Filantrópica			
Simulação da taxa ou tarifa p/domicílio no limite superior de cada faixa			
Ieta dias alternados	Coleta Diária		
val	Mensal	Anual	Mensal
8,57	R\$14,88	R\$223,21	R\$18,60
4,68	R\$40,39	R\$605,85	R\$50,49
9,77	R\$61,65	R\$924,72	R\$77,06
8,34	R\$76,53	R\$1.147,93	R\$95,66
10,57	R\$127,55	R\$1.913,21	R\$159,43
58,30	R\$180,69	R\$2.710,38	R\$225,86



Categoria Residencial - NORMAL			
Simulação da taxa ou tarifa p/domicílio no limite superior de cada faixa			
Ieta dias alternados	Coleta Diária		
val	Mensal	Anual	Mensal
8,57	R\$14,88	R\$223,21	R\$18,60
4,68	R\$40,39	R\$605,85	R\$50,49
9,77	R\$61,65	R\$924,72	R\$77,06
8,34	R\$76,53	R\$1.147,93	R\$95,66
10,57	R\$127,55	R\$1.913,21	R\$159,43
58,30	R\$180,69	R\$2.710,38	R\$225,86

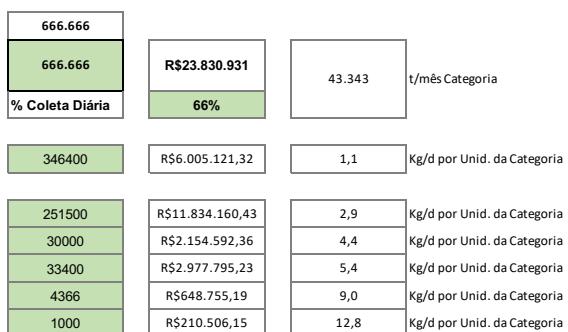
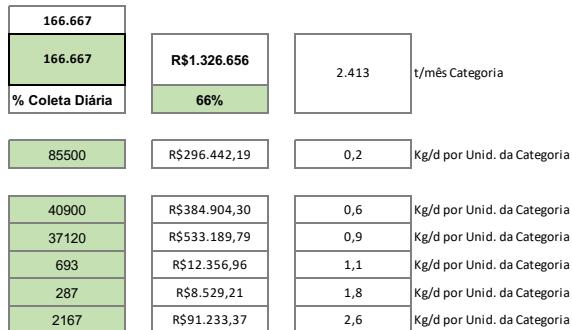


FIGURA 73 – ABA C-CALC TARIFA – ECONOMIAS POR MUNICÍPIO/CONSÓRCIO | FREQUÊNCIA DE COLETA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Categoria Residencial - SOCIAL			
Média da taxa ou tarifa p/domicílio no limite superior de cada faixa			
leta dias alternados		Coleta Diária	
al	Mensal	Anual	Mensal
,71	R\$2,98	R\$44,64	R\$3,72
,94	R\$8,08	R\$121,17	R\$10,10
,95	R\$12,33	R\$184,94	R\$15,41
,67	R\$15,31	R\$229,59	R\$19,13
,11	R\$25,51	R\$382,64	R\$31,89
,66	R\$36,14	R\$542,08	R\$45,17



Categoria Comercial (inclusive prestadores de serviços)			
Média da taxa ou tarifa p/domicílio no limite superior de cada faixa			
leta dias alternados		Coleta Diária	
al	Mensal	Anual	Mensal
,84	R\$17,07	R\$256,05	R\$21,34
,23	R\$72,94	R\$1.094,04	R\$91,17
7,67	R\$103,97	R\$1.559,58	R\$129,97
5,62	R\$128,80	R\$1.932,02	R\$161,00
6,68	R\$161,39	R\$2.420,85	R\$201,74
2,26	R\$245,19	R\$3.677,83	R\$306,49

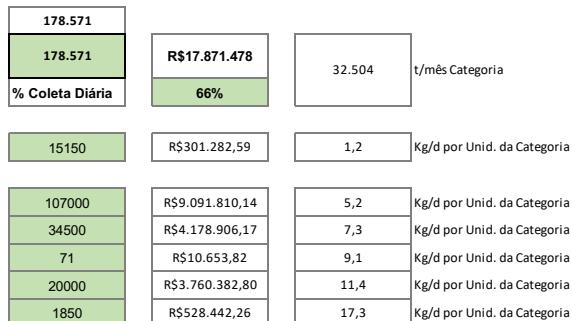


FIGURA 74 – ABA C-CALC TARIFA – ECONOMIAS POR MUNICÍPIO/CONSÓRCIO | FREQUÊNCIA DE COLETA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*



FIGURA 75 – ABA C-CALC TARIFA – ECONOMIAS POR MUNICÍPIO/CONSÓRCIO | FREQUÊNCIA DE COLETA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

► PASSO 7.2

Com essas informações, a ferramenta calcula a estimativa das receitas totais por tipo de categoria e o valor consolidado total nas células Q10 e Q30. Assim, o valor da expectativa para implementação e operacionalização da rota tecnológica, conforme etapas anteriores, pode ser comparado a partir das informações das células Q8 e Q10. As demais informações consolidadas podem ser também verificadas nas células O8 e O10, para o quantitativo de imóveis, nas células S8 e S10, para os quantitativos anuais de RSU, e nas células U8 e U10, para os quantitativos de consumo de água.

Caso essas diferenças fiquem abaixo dos limites admitidos para cada variável, entende-se que a calibração estará bem equilibrada. Caso alguma variável esteja fora, será necessário analisar a variável em questão e buscar alternativas que permitam calibrar o modelo para atingir o equilíbrio pretendido. A Figura 76 mostra o status para o exercício de simulação.

TABELAS DE RECONCILIAÇÃO PARA VERIFICAÇÃO DOS AJUSTES DOS FATORES PONDERADORES vs HISTÓRICOS DE CONSUMO DE ÁGUA vs GERAÇÃO DE RSU					
Qt. Economias / Imóveis: ±1%	Receita Anual Prevista: ±1%	Qt Anual do RSU Prev.: ± 2,5%	Qt Anual de Consumo de Água Prev.: ±2,5%	Qt Anual de Consumo de Água Prev.: ±2,5%	Adequação às Faixas por Categoria Prev.: < 20%
0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-13,1%
<i>Definido</i>	<i>Definido</i>	<i>Definido</i>	<i>Definido</i>	<i>Definido</i>	<i>Definido</i>
1.011.934	516.278	939.000	139.500.000	139.500.000	20,0%
Estimativa	Estimado	Estimado	Estimado	Estimado	Estimado
1.011.934	516.467	939.345	139.551.268	139.551.268	6,9%

FIGURA 76 – ABA C-CALC TARIFA – ECONOMIAS DO MUNICÍPIO/CONSÓRCIO | FREQUÊNCIA DE COLETA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Da mesma forma, a ferramenta permite verificar se a relação consumo de água vs. geração/coleta de RSU está coerente. Assim, o usuário pode observar na coluna Y uma sinalização se o consumo de água estimado está aderente à faixa de consumo na qual a economia foi enquadrada. Para isso, define-se na linha 7 os limites aceitáveis de variação para cada um dos parâmetros calculados entre as colunas O e Y. Caso os cenário simulados estejam dentro das expectativas de limite aceitáveis definidos, os nomes de cada parâmetro na linha 6 ficarão em “verde”, caso algum limite seja ultrapassado, os nomes serão sinalizados em “vermelho” indicando que algum ajuste ainda é requerido para se adequar aos limite estabelecidos. Para se atingir esse objetivo, pode ser que alguma calibração adicional nos fatores ponderadores da coluna H será necessária até alcançar o equilíbrio.

Com a obtenção do equilíbrio mencionado, o processo está finalizado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A FERRAMENTA DE ROTAS E CUSTOS

- A definição de uma rota tecnológica deve **assegurar a aderência aos objetivos estratégicos da GIRSU** em suas várias perspectivas – econômica, ambiental e social –, que devem ser comunicados de forma ampla, clara e transparente com toda a sociedade.
- A perspectiva econômica é uma das principais, senão a principal âncora de sustentabilidade no desenvolvimento de uma rota tecnológica inovadora de RSU. Não basta equacionar o investimento inicial; também é imprescindível estruturar **uma solução com viabilidade econômica operacional de longo prazo**.
- A **avaliação mercadológica prévia para os potenciais substratos** das tecnologias de tratamento de resíduos disponíveis é essencial como um elemento direcionador entre as várias opções, não somente pelo **potencial de modicidade da tarifa do serviço** que essas receitas acessórias podem proporcionar, mas principalmente pelo **correto dimensionamento dos riscos** envolvidos.
- Um dos principais objetivos da Ferramenta de Rotas e Custos é prover ao gestor público um suporte robusto em uma fase preliminar ao Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA), de modo a alcançar **maior assertividade e, consequentemente, maior atratividade de projetos** em uma fase futura de um processo de concessão.
- O **prazo de retorno (payback)** de um investimento é definido exclusivamente pelo **valor da tarifa**; já o prazo de contrato afeta de forma determinante a **lucratividade do contrato** e, consequentemente, a **atratividade do projeto de implementação e operação** da rota tecnológica de RSU.

-
- Devido à sua natureza, as **premissas financeiras não necessitam ser alteradas com frequência**; no entanto, se assim o forem, isso deverá ser feito de uma forma muito criteriosa e com o auxílio de especialistas financeiros pela grande influência que essas variáveis exercem sobre as métricas de rentabilidade dos investimentos.
 - Um dos principais ganhos potenciais da Ferramenta de Rotas e Custos é a **democratização da análise de alternativas de solução para a GIRSU**. Ao mesmo tempo, a robustez das análises e conclusões está limitada pela **qualidade e representatividade das informações e premissas de simulação**. Assim, se por um lado tem-se uma tarefa democratizada, por outro lado, a assertividade resultante do seu uso e a sua representatividade estão intimamente ligadas à disciplina com relação à boa qualidade das informações inseridas e à forma como as informações geradas serão utilizadas (com ciência das suas limitações).
 - O estudo de reavaliação da GIRSU é uma **tarefa multifacetada**, por isso envolver e **engajar pessoas com diferentes expertises**, conhecimento e experiência em relação ao tema somente contribuirá para a **qualidade das análises e robustez das conclusões** do estudo.
 - Faz parte da avaliação mercadológica **identificar as expectativas de retorno de investimentos** que possam ser traduzidas em **métricas de atratividade de potenciais investidores** e que, assim, possam ser usadas para encontrar o **melhor compromisso entre o preço-base da tarifa de serviço e o prazo de contrato** a ser firmado no processo de concessão.
 - A **evolução da GIRSU** depende da **disposição do município em aceitar pagar uma tarifa capaz de remunerar o desenvolvimento pretendido com novas tecnologias**. Nesse contexto, explorar e **encontrar uma solução de distribuição do custo básico da tarifa**, ainda em sua forma preliminar, constitui um **importante fator de convencimento para todos os atores afetados da sociedade**.

Esta ferramenta visa abrir um diálogo multisectorial que, além de garantir a transversalidade do tema, permitirá sua implementação de forma contínua e duradoura, representando uma alternativa de valorização de resíduos que corrobora as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, sob o aspecto tanto econômico quanto ambiental e da saúde humana.

PARABÉNS POR CHEGAR ATÉ AQUI NO MANUAL!

MÃOS À OBRA E... BOA SORTE!

ANEXO I – DETALHAMENTO DOS CUSTOS DE INVESTIMENTO E CUSTOS OPERACIONAIS DAS TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RSU

CUSTOS OPERACIONAIS DAS TECNOLOGIAS

Em relação aos custos operacionais, a estrutura geral para todas as tecnologias é a seguinte:

TABELA 3 – NATUREZA DOS CUSTOS OPERACIONAIS - OPEX

Fonte: Autores (2021)

Pessoal	<ul style="list-style-type: none">● A quantidade de operadores, supervisores e profissionais especializados foi dimensionada em função das referências dos fabricantes de cada tecnologia e experiências de projetos existentes.● Os salários individuais para cada nível de funcionário estão disponíveis para alteração no painel de controle.
Energia Elétrica	<ul style="list-style-type: none">● O consumo específico foi determinado conforme o dimensionamento dos equipamentos de cada tecnologia.● As tarifas de custo de energia elétrica estão disponíveis para alteração no painel de controle.

Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> ● Os custos variáveis foram indexados aos valores de investimento em equipamentos conforme referências práticas existentes. ● Os custos fixos dos serviços terceirizados de manutenção preventiva foram dimensionados conforme a complexidade de cada tecnologia.
Serviços de Terceiros Fixos	<ul style="list-style-type: none"> ● Foi adotada a premissa de que todas as tecnologias encontram-se em uma mesma área. Assim, as necessidades compartilhadas dos serviços de portaria, escritório e refeitório foram dimensionadas e compartilhadas de forma proporcional entre as tecnologias.
Itens Consumíveis na Operação	<ul style="list-style-type: none"> ● Foram considerados gastos com óleo diesel para equipamentos móveis em movimentação de materiais e outros itens consumíveis na operação, por exemplo: fitas para enfardamento de recicláveis, produtos químicos para abatimento de emissões na incineração ou ainda serviços de terceiros variáveis e indexados aos vários quantitativos movimentados.

CUSTOS DE INVESTIMENTO DAS TECNOLOGIAS

Os custos de investimento por tecnologia são:

TABELA 4 – CUSTOS DE INVESTIMENTO – CAPEX DA TECNOLOGIA DE TRIAGEM MANUAL DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

Fonte: Autores (2021)

Dimensionamento dos Quantitativos	Faixa 1: 2,5 a 10 t/d Faixa 2: 10 a 20 t/d Faixa 3: 20 a 30 t/d Faixa 4: 30 a 40 t/d Faixa 5: 40 a 50 t/d
Degrau Tecnológico	Na Faixa 1, foi adotada a solução técnica com triagem em mesa e, nas demais faixas, foi adotada a solução com triagem em esteiras
Mecanismos de Indexação dos Valores de Investimento	<ul style="list-style-type: none">● Produtividade dos triadores● Área ocupada por triadores
Sinergia entre as Tecnologias	Foi adotada a premissa de que todas as tecnologias encontram-se em um mesmo sítio. Assim, as necessidades compartilhadas de portaria, escritório e refeitório foram dimensionadas de forma proporcional às demais tecnologias. As movimentações de materiais entre as tecnologias foram previstas de forma manual via pá carregadeira.

TABELA 5 – CUSTOS DE INVESTIMENTO – CAPEX DA TECNOLOGIA DE TRIAGEM MECANIZADA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

Fonte: Autores (2021)

Dimensionamento dos Quantitativos	Faixa 1: 50 a 250 t/d Faixa 2: 250 a 500 t/d Faixa 3: 500 a 1.500 t/d Faixa 4: 1.500 a 2.000 t/d Faixa 5: 2.000 a 2.500 t/d
Degrau Tecnológico	Foram considerados separadores óticos para cada grupo de material reciclável definido. O grau de complexidade do arranjo de separação dos materiais para aumentar a eficiência de classificação é ajustado de acordo com a eficiência de triagem selecionada na definição da rota pelo usuário.
Mecanismos de Indexação dos Valores de Investimento	Adotou-se como referência o dimensionamento de 1 linha de triagem mecanizada para cada 500t/d de alta eficiência para resíduos da coleta de mistos e rejeitos. As demais capacidades foram ajustadas proporcionalmente.
Sinergia entre as Tecnologias	Foi adotada a premissa de que todas as tecnologias encontram-se em um mesmo sítio. Assim as necessidades compartilhadas de portaria, escritório e refeitório foram dimensionadas de forma proporcional às demais tecnologias. As movimentações de materiais entre as tecnologias foram previstas de forma manual via pá carregadeira.

TABELA 6 – CUSTOS DE INVESTIMENTO – CAPEX DA TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CDR TM – TRATAMENTO MECÂNICO

Fonte: Autores (2021)

Dimensionamento dos Quantitativos	Faixa 1: 50 a 100 t/d Faixa 2: 100 a 200 t/d Faixa 3: 200 a 300 t/d Faixa 4: 300 a 400 t/d Faixa 5: 400 a 500 t/d
Degrau Tecnológico	O número de granuladores, o número de separadores ópticos de PVC e o número de enfardadores/prensas são dimensionados conforme a faixa de quantitativos e a demanda de CDR: relação entre percentual de CDR Fino e percentual de CDR Grosso. Nas faixas 3 a 5, foi previsto um laboratório de controle de qualidade do CDR.
Mecanismos de Indexação dos Valores de Investimento	Adotou-se como referência o dimensionamento pré-definido de 50 e 100t/d que correspondem a 1 ou 2 granuladores, respectivamente. As demais capacidades foram ajustadas proporcionalmente e de acordo com a divisão entre CDR Fino e Grosso.
Sinergia entre as Tecnologias	Foi adotada a premissa de que todas as tecnologias encontram-se em um mesmo sítio. Assim, as necessidades compartilhadas de portaria, escritório e refeitório foram dimensionadas de forma proporcional às demais tecnologias. As movimentações de materiais entre as tecnologias foram previstas de forma manual via pá carregadeira.

TABELA 7 – CUSTOS DE INVESTIMENTO – CAPEX DA TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CDR TMB – TRATAMENTO MECÂNICO BIOLÓGICO

Fonte: Autores (2021)

Dimensionamento dos Quantitativos	Faixa 1: 250 a 350 t/d Faixa 2: 350 a 500 t/d Faixa 3: 500 a 1.000 t/d Faixa 4: 1.000 a 1.500 t/d Faixa 5: 1.500 a 2.000 t/d
Degrau Tecnológico	Planta com biossecagem de alta eficiência e automatizada, com separadores óticos de PVC e enfardadores/prensas. O número de granuladores na etapa final de Trituração mecânica é dimensionado conforme a faixa de quantitativos e a demanda de CDR: percentual de CDR Fino e de CDR Grosso. Está previsto, em todas as faixas, um laboratório de controle de qualidade do CDR.
Mecanismos de Indexação dos Valores de Investimento	Adotou-se como referência o dimensionamento de 1 linha de tratamento mecânico biológico para cada 1.000t/d. As demais capacidades foram ajustadas proporcionalmente. Os custos de aplicação de concreto usinado estão indexados no painel de controle, dado o volume de concreto a ser aplicado em uma planta de CDR com reaproveitamento da fração orgânica via biossecagem.
Sinergia entre as Tecnologias	Foi adotada a premissa de que todas as tecnologias encontram-se em um mesmo sítio. Assim, as necessidades compartilhadas de portaria, escritório e refeitório foram dimensionadas de forma proporcional às demais tecnologias. As movimentações de materiais entre as tecnologias foram previstas de forma manual via pá carregadeira.

TABELA 8 – CUSTOS DE INVESTIMENTO – CAPEX DA TECNOLOGIA DE COMPOSTAGEM

Fonte: Autores (2021)

Dimensionamento dos Quantitativos	Faixa 1: 1 a 3 t/d Faixa 2: 3 a 30 t/d Faixa 3: 30 a 150 t/d Faixa 4: 150 a 350 t/d Faixa 5: 350 a 750 t/d
Degrado Tecnológico	Varia conforme o racional explicado no capítulo 3.2.3
Mecanismos de Indexação dos Valores de Investimento	O tamanho e a quantidade das leiras foram dimensionados conforme a faixa de dimensionamento e o degrau tecnológico.
Sinergia entre as Tecnologias	Foi adotada a premissa de que todas as tecnologias encontram-se em um mesmo sítio. Assim, as necessidades compartilhadas de portaria, escritório e refeitório foram dimensionadas de forma proporcional às demais tecnologias. As movimentações de materiais entre as tecnologias foram previstas de forma manual via pá carregadeira.

TABELA 9 – CUSTOS DE INVESTIMENTO – CAPEX DA TECNOLOGIA DE BIODIGESTÃO

Fonte: Autores (2021)

Dimensionamento dos Quantitativos	Faixa 1: 50 a 150 t/d Faixa 2: 150 a 300 t/d Faixa 3: 300 a 500t/d Faixa 4: 500 a 1.000 t/d Faixa 5: 1.000 a 1.500 t/d
Degrau Tecnológico	A tecnologia em todas as faixas é a extrasseca, com biodigestores em túneis. O tamanho dos túneis é ajustado para os quantitativos maiores com a inclusão de um alimentador automático.
Mecanismos de Indexação dos Valores de Investimento	O tamanho e a quantidade de túneis é um dos indexadores para o dimensionamento do custo de investimento em construção civil, e os custos de investimento nos demais equipamentos da planta de biodigestão foram dimensionados de forma proporcional aos projetos existentes. Os custos de aplicação de concreto usinado estão indexados no painel de controle, dado o volume de concreto a ser aplicado em uma planta de biodigestão.
Sinergia entre as Tecnologias	Foi adotada a premissa de que todas as tecnologias encontram-se em um mesmo sítio. Assim, as necessidades compartilhadas de portaria, escritório e refeitório foram dimensionadas de forma proporcional às demais tecnologias. As movimentações de materiais entre as tecnologias foram previstas de forma manual via pá carregadeira.

TABELA 10 – CUSTOS DE INVESTIMENTO – CAPEX DA TECNOLOGIA DE INCINERAÇÃO

Fonte: Autores (2021)

Dimensionamento dos Quantitativos	Faixa 1: 500 a 1.000 t/d Faixa 2: 1.000 a 2.000 t/d Faixa 3: 2.000 a 3.000 t/d Faixa 4: 3.000 a 4.000 t/d Faixa 5: 4.000 a 5.000 t/d
Degrau Tecnológico	A tecnologia tomada como base foi a combustão em grelha, pela sua larga utilização, e a origem europeia, pela consolidação no mercado. Ao mesmo tempo, há a opção de simulação com a base tecnológica chinesa, utilizando leito fluidizado, que vem se consolidando em larga escala na Ásia e tem custos de investimento e operacional bem inferiores aos de origem europeia.
Mecanismos de Indexação dos Valores de Investimento	Pela inexistência de casos práticos no Brasil, foi utilizada a base de dados de custos de investimento e operacionais do BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento como referência de custos unitários globais, tanto para a tecnologia europeia quanto para a chinesa. O número de fornos foi dimensionado conforme os padrões dos fornecedores de tecnologia consolidados. Os custos de aplicação de concreto usinado estão indexados no painel de controle, dado o volume de concreto a ser aplicado em uma planta de incineração.
Sinergia entre as Tecnologias	Foi adotada a premissa de que todas as tecnologias encontram-se em um mesmo sítio. Assim, as necessidades compartilhadas de portaria, escritório e refeitório foram dimensionadas de forma proporcional às demais tecnologias. As movimentações de materiais entre as tecnologias foram previstas de forma manual via pá carregadeira.

Custos de Investimento – Capex da Tecnologia de Aterro Sanitário

Conforme padronizado no estudo FIPE, foram consideradas, nos custos dimensionados, as cinco fases de tempo de vida de um aterro sanitário: (1) pré-implantação e (2) implantação, consideradas como custos de investimento ao longo de dois anos, (3) operação anualizada, considerada como custo operacional ao longo de 20 anos, (4) fechamento e (5) pós-fechamento, como custos de reinvestimento da tecnologia que deverão ser provisionados dentro do fluxo de caixa nas análises de rentabilidade de projetos e desembolsados entre o vigésimo e o quadragésimo ano, conforme a norma ABNT.

TABELA 11 – CUSTOS DE INVESTIMENTO – CAPEX DA TECNOLOGIA DE ATERRO SANITÁRIO

Fonte: Autores (2021)

Dimensionamento dos Quantitativos	Faixa 1: 10 a 25 t/d Faixa 2: 25 a 100 t/d Faixa 3: 100 a 300 t/d Faixa 4: 300 a 800 t/d Faixa 5: 800 a 2.000 t/d
Degrau Tecnológico	<ul style="list-style-type: none">● Terreno necessário com topografia plana, com solo de boa capacidade de suporte e lençol freático situado a mais de 7 m de profundidade em toda a área;● Aterro a ser implantado via escavação em terreno, sem dique periférico, com 100% do solo de cobertura proveniente da escavação;● Aterro em formato retangular, com um dos lados tendo o dobro do comprimento do outro;● Inclinação dos taludes de corte e aterro em solo de 1,5 (H): 1 (V);● Inclinação do talude final do aterro de resíduos (considerando bermas de 4 m de largura a cada 5 m de altura): 2,5 (H): 1 (V);● Densidade aparente total do aterro: 0,95 t/m³. Considerou-se a densidade aparente total como a divisão de todo o peso de resíduos depositados no aterro dividido por seu volume total. Não é, portanto, a densidade dos resíduos em si, uma vez que o volume do aterro contempla outros materiais além dos resíduos que ali adentraram (por exemplo, brita, solo, tubos etc.);● Assumiu-se que 15% do volume total do aterro será constituído por solo de cobertura de resíduos;● Assumiu-se uma localidade geográfica típica do Brasil, com pluviometria anual média de 1.600 mm/ano e um parâmetro “PER” (método de balanço hídrico) de 60 mm/ano.

Mecanismos de Indexação dos Valores de Investimento	<ul style="list-style-type: none"> ● Aquisição do terreno e lavratura da escritura. O preço do m² do terreno em área rural está disponível no painel de controle; ● Estudos iniciais para o projeto executivo do aterro e licenciamento ambiental; ● Mobilização do canteiro de obras e construção das facilidades da propriedade: cercamento, portaria etc.; ● Terraplanagem, sistemas de drenagem, impermeabilização da base e dos taludes; ● Investimento e operação no sistema de percolado por terceiros (custos dimensionados no custo operacional do aterro); ● Sistemas de drenagem pluvial; ● Sistemas de captação de biogás, com alternativas de queima para a produção de energia elétrica ou o beneficiamento e a distribuição de biometano de acordo com as opções escolhidas na definição da rota tecnológica.
Mecanismos de Indexação dos Valores de Custos Operacionais	<ul style="list-style-type: none"> ● Pessoal próprio e terceirizado conforme a capacidade do aterro sanitário; ● Aluguel de máquinas de movimentação de materiais e de suporte à construção dinâmica do aterro; ● Custos operacionais do sistema de tratamento do percolado terceirizado; ● Operação dos sistemas de captação e queima de biogás para a produção de energia elétrica ou para o beneficiamento e a venda/distribuição de biometano; ● Serviços terceirizados de monitoramento ambiental e de manutenção da infraestrutura do aterro; ● Demais serviços de suporte terceirizados fixos.
Sinergia entre as Tecnologias	<ul style="list-style-type: none"> ● O preço unitário para o serviço de transporte de resíduos entre a unidade industrial de tratamento de resíduos e o aterro está disponível no painel de controle.

ANEXO II – DETALHAMENTO DAS INFORMAÇÕES DO PAINEL DE CONTROLE DA ROTA TECNOLÓGICA

Após o detalhamento de todos os quantitativos envolvidos na rota tecnológica sendo simulada, temos a área de interface para entrada de dados para dimensionamento dos investimentos e dos custos operacionais da rota em simulação, conforme mostrado nas Figuras 77 e 78:

Dados de Geração e Coleta de RSU	Unid.	Valor	Resumo da Produção Total de Substratos	Unid.	Valor	Dados da Produção de Substratos de RSU	Unid.	Valor	Dados da Produção de Substratos de RSU
Informações sobre Capex & Opex Capex	Unid.	Valor	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Uso (Sim/Não)	Capac. (t/a)	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Capex (MRS)	Capex (R\$/t entr)	Tecnologias de Tratamento & Disposição
Dados de Custos Econômicos	Unid.	Valor	Receitas Acessórias	Unid.	Valor	Custos de Coleta e Transbordo	Unid.	Valor	Custos da Produção de Substratos

FIGURA 77 – ABA PAINEL DE CONTROLE: ÁREA DE ENTRADA DE DADOS PARA CUSTOS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Dados de Geração e Coleta de RSU	Unid.	Valor	Resumo da Produção Total de Substratos	Unid.	Valor
Informações sobre Capex & Opex Capex	Unid.	Valor	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Uso (Sim/Não)	Capac. (t/a)
Dados de Custos Econômicos	Unid.	Valor	Receitas Acessórias	Unid.	Valor

FIGURA 78 – ÁREA DE ENTRADA DE DADOS PARA CUSTOS: DETALHE AMPLIADO DA FIG. 77

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Do lado esquerdo da área mostrada na Figura 78, tem-se acesso às áreas de entrada de dados para as simulações de custos. No tópico **Dados de Investimento e Custos Operacionais**, está a interface para entrada de todas as principais informações de custos, conforme pode ser visto na Figura 79.

Informações sobre Capex & Opex Capex			Unid.	Valor	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Uso (Sim/Não)	Capac. (t/d)	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Capex (MRS)	Capex (R\$/t entr)	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Opex (MRS)	Opex (R\$/t entr)
Custo de Câmbio: Real/Euro	R\$/ <i>t</i>	5,00	Trigam Manual – Seletivos	Sim	15.494			Trigam Manual – Seletivos	28.523	1.841	Trigam Manual – Seletores	13.142	848
Custo de Câmbio: Real/Dólar Americano	R\$/ <i>t</i> US\$	4,50	% da Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	100%	10%			Capa*/t RSU	30		Receta Acess./t RSU Ope*/t RSU	3.909	13.996
Taxa + Impostos com Importação de Equipamentos	%	50%	Área da Unidade de Tratamento Industrial	19.918				Reinvestimento a cada 5 anos	0,433		Custo Fixo Custo Variável	3.028	653
Preço Médio do Terreno para Construção	R\$/ <i>m</i> ²	90	Trigam Mecanizada	Sim	152.118			Trigam Mecanizada	69.317	456	Trigam Mecanizada	13.979	92
Preço Médio do Terreno para Construção de Aterro Sanitário	R\$/ <i>m</i> ²	25	% da Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	45%	20%			Capa*/t RSU	74		Receta Acess./t RSU Ope*/t RSU	35.183	14.887
Preço Médio de Parqueamento + Pavimentação em Concreto	R\$/ <i>m</i> ²	500	Área da Unidade de Tratamento Industrial	14.242				Reinvestimento a cada 5 anos	1.330		Custo Fixo Custo Variável	3.096	66
Inovação: Origem Base Tecnológica	Tecnologia Europa			Produtora de CORTM – Trat. Mec.	Sim	60.847		Produtora de CORTM – Trat. Mec.	24.237	398	Produtora de CORTM – Trat. Mec.	3.634	68
Preço Médio do Concreto Usinado Ind. Aplicado	R\$/ <i>m</i> ³	5.000	% da Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	30%	20%			Capa*/t RSU	26		Receta Acess./t RSU Ope*/t RSU	4.860	3.870
Preço Médio da Construção do Galpão Industrial com Piso	R\$/ <i>m</i> ²	1.500	Área da Unidade de Tratamento Industrial	2.900				Reinvestimento a cada 5 anos	0,502		Custo Fixo Custo Variável	0,523	51
Reajuste de Preços Nacionais vs. Março/2020	%	0%	Prod. CORTB – Trat. Mec./Biológ.	Não	0			Produtora de CORTB – Trat. Mec./Biológ.	0,000	0	Produtora de CORTB – Trat. Mec./Biológ.	0,000	0
Informações sobre Capex & Opex Opex			% da Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	20%	20%			Capa*/t RSU	0		Receta Acess./t RSU Ope*/t RSU	0,000	0,000
Salário Médio – Nível Geral	R\$/mês	20.000	Área da Unidade de Tratamento Industrial	0				Reinvestimento a cada 5 anos	0		Custo Fixo Custo Variável	0	0
Salário Médio – Nível Superior	R\$/mês	10.000	Biodigestor Anaeróbico	Sim	43.392			Biodigestor Anaeróbico	65.090	1.500	Biodigestor Anaeróbico	6.054	140
Salário Médio – Nível Operacional	R\$/mês	1.500	% da Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	50%	20%			Capa*/t RSU	69		Receta Acess./t RSU Ope*/t RSU	2.590	6.447
Regime de Contratação Oper. Trigam Manual	Regime Cooperativa			Área da Unidade de Tratamento Industrial	29.996			Reinvestimento a cada 5 anos	1.058		Custo Fixo Custo Variável	1.799	98
Salário Médio – Tratador Operador Trigam Manual	R\$/mês	1.250	Compostagem	Sim	44.742			Compostagem	32.802	733	Compostagem	1.865	42
Custo Médio de Consumo de Energia Elétrica	R\$/MWh	375	% da Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	20%	5%			Capa*/t RSU	35		Receta Acess./t RSU Ope*/t RSU	0,158	1.987
Custo Fixo – Demanda de Energia Elétrica Contratada Ind.	R\$- MW x Inds	25.000	Área da Unidade de Tratamento Industrial	13.367				Reinvestimento a cada 5 anos	1.076		Custo Fixo Custo Variável	0,433	32
Custo Médio de Serviço – Terceiros Auxiliares Fiscais	R\$/mês	100.000	Inovação	Não	0			Inovação	0,000	0	Receta Acess./t RSU Ope*/t RSU	0,000	0,000
Custo Médio de Aluguel de Fita Crepitante e com Oper.	R\$/Mês	25.000	% da Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	0%	20%			Reinvestimento a cada 5 anos	0		Custo Fixo Custo Variável	0,000	0
Custo Médio de Aluguel de Equipamentos Móveis para Aterro	R\$/h	100	Área da Unidade de Tratamento Industrial	0				Aterro Sanitário	0,000	0	Aterro Sanitário	0,000	0
Custo Médio de Destinação do Efluente Líquido	R\$/m ³	35											

FIGURA 79 – RESUMO GERAL DOS CUSTOS DE INVESTIMENTO E CUSTOS OPERACIONAIS DAS TECNOLOGIAS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Do lado esquerdo dessa aba, conforme mostrado na área marcada em azul na Figura 80, entre as linhas 52 e 62, estão todas as informações referentes aos custos de investimento:

Informações sobre Capex & Opex Capex	Unid.	Valor	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Uso (Sim/Não)	Capac. (t/a)
Custo de Câmbio: Real/Euro	R\$/€	5,00	Triagem Manual — Seletivos	Sim	15.494
Custo de Câmbio: Real/Dólar Americano	R\$/US \$	4,50	% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	100%	10%
Taxas + Impostos sem Importação de Equipamentos	%	50%	Área da Unidade de Tratamento Industrial	19.918	
Prego Médio do Terreno para Construção	R\$/m ²	90	Triagem Mecanizada	Sim	152.118
Prego Médio do Terreno para Construção de Aterro Sanitário	R\$/m ²	25	% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	45%	20%
Prego Médio de Paisagismo + Pavimentação em Concreto	R\$/m ²	500	Área da Unidade de Tratamento Industrial	14.242	
Incineração: Origem Base Tecnológica	Tecnologia Europeia		Produção de CDR TM — Trat. Mec.	Sim	60.847
Prego Médio do Concreto Usinado Ind. Aplicado	R\$/m ³	5.000	% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	30%	20%
Prego Médio da Construção de Galpão Industrial com Piso	R\$/m ²	1.500	Área da Unidade de Tratamento Industrial	2.900	
Reajuste de Preços Nacionais vs. Março/2020	%	0%	Prod. CDR TMB — Trat. Mec./Biológ.	Não	0
Informações sobre Capex & Opex Opex	Unid.	Valor	% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	20%	20%
Salário Médio — Nível Gerencial	R\$/mês	20.000	Área da Unidade de Tratamento Industrial	0	
Salário Médio — Nível Supervisão	R\$/mês	10.000	Biodigestão Anaeróbia	Sim	43.382

FIGURA 80 – ÁREA DE ENTRADA DE DADOS PARA INVESTIMENTOS E CUSTOS OPERACIONAIS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Célula D46 | Valor do câmbio Real/Euro (R\$/Euro): usado para calcular os custos de investimento em reais dos equipamentos e itens importados. Recomenda-se uma análise de sensibilidade com especialistas da área financeira para fixar o valor de câmbio a ser adotado;

Célula D47 | Valor do câmbio Real/Dólar Americano (R\$/Dólar): usado especificamente para converter para reais os investimentos da tecnologia de incineração. Recomenda-se uma análise de sensibilidade com especialistas da área financeira para fixar o valor de câmbio a ser adotado;

Célula D48 | Taxas e Impostos sem Importação de Equipamentos (%): trata-se dos impostos e taxas a ser pagos no ato da importação de equipamentos. Esses impostos podem variar de 25% a 70%, conforme a natu-

reza do projeto e em aderência às regras da Receita Federal e condicionantes dos produtos de financiamento a ser adotados para o projeto;

Célula D49 | Preço Médio de Terreno na Área Urbana para Construção de Unidade de Tratamento de Resíduos (R\$/m²): Trata-se do custo médio do terreno para construção da unidade centralizada de tratamento de resíduos, composta de todas as tecnologias adotadas na definição da rota. Esse valor varia conforme o preço de mercado e a localização pretendida. Para definição do local, recomenda-se observar as áreas vizinhas ao futuro empreendimento e os impactos, em termos comparativos, dos atuais custos de coleta e transporte de resíduos em relação à futura rota tecnológica sendo simulada.

Célula D50 | Preço Médio de Terreno na Área Rural para Construção de Aterro Sanitário (R\$/m²): Trata-se do custo médio do terreno na área rural para construção do aterro sanitário. Apesar de o custo médio do metro quadrado ser inferior na zona rural, recomenda-se da mesma forma a elaboração de uma tabela com as localidades potenciais e as vantagens e desvantagens que norteiem a melhor decisão.

Célula D51 | Preço Médio de Paisagismo e Pavimentação em Concreto da Área Interna da Planta Industrial de Tratamento de Resíduos (R\$/m²): Esse é o custo usado como referência para pavimentar a unidade industrial. Há um escalonamento desse custo em função da sua aplicação nas respectivas tecnologias.

Célula D52 | Incineração – Origem da Base Tecnológica: Trata-se de optar entre a tecnologia de incineração com origem europeia ou chinesa. Os custos de investimento dessa tecnologia com origem europeia são ainda muito altos para a realidade brasileira. Nesse sentido, existe na ferramenta a alternativa de simular os efeitos dessa tecnologia tomando como base os investimentos de uma tecnologia alternativa, a de origem chinesa. A ferramenta ajusta todos os custos de investimento e operacionais de acordo a origem definida.

Célula D53 | Preço Médio da Aplicação de Concreto Usinado Industrial (R\$/m³): Trata-se do custo médio de aplicação do concreto usinado industrial, que é muito variável nas diversas localidades do Brasil e depende da instalação de uma usina de concreto próxima à área de construção. Esse custo é utilizado nas tecnologias que possuem grande demanda de concreto: Planta de Produção CDR – Tecnologia Mecânico-Biológica, Planta de Biodigestão e Planta de Incineração. Em cada uma dessas tecnologias, há o dimensionamento do volume de concreto a ser aplicado, e assim os custos são ajustados de acordo com os custos informados.

Célula D54 | Preço Médio do Custo de Construção de Galpão Industrial com Piso de Concreto (R\$/m²): Esse custo, ou seu escalonamento, é usado em todas as tecnologias dependendo de sua complexidade.

Célula D55 | Índice de Reajuste dos Preços Nacionais vs. março/2020 (%): Trata-se do índice a ser aplicado em todos os custos de investimento nacionais que não estão indexados nas demais linhas anteriores, os quais serão reajustados conforme o índice informado nessa linha. Recomenda-se utilizar o Índice Geral de Preços de Mercado (IGPM) entre março de 2020 e a data atual ou de referência da simulação.

Da mesma forma, encontra-se a interface para entrada de todas as principais informações de custos operacionais, conforme pode ser visto na Figura 81. Na área marcada em azul, entre as linhas 63 e 79, estão todas as informações referentes aos custos operacionais das tecnologias definidas na rota:

Informações sobre Capex & Opex Capex			Unid.	Valor	Tecnologias de Tratamento & Disposição		
					Uso (Sim/Não)	Capac. (t/a)	
Custo de Câmbio: Real/Euro		R\$/€	5,00		Triagem Manual — Seletivos	Sim	15.494
Custo de Câmbio: Real/Dólar Americano		R\$/US \$	4,50		% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	100%	10%
Taxas + Impostos sem Importação de Equipamentos		%	50%		Área da Unidade de Tratamento Industrial	19.918	
Preço Médio do Terreno para Construção		R\$/m ²	90		Triagem Mecanizada	Sim	152.118
Preço Médio do Terreno para Construção de Aterro Sanitário		R\$/m ²	25		% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	45%	20%
Preço Médio de Paisagismo + Pavimentação em Concreto		R\$/m ²	500		Área da Unidade de Tratamento Industrial	14.242	
Incineração: Origem Base Tecnológica	Tecnologia Europeia				Produção de CDR TM — Trat. Mec.	Sim	60.847
Preço Médio do Concreto Usinado Ind. Aplicado		R\$/m ³	5.000		% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	30%	20%
Preço Médio da Construção de Galpão Industrial com Piso		R\$/m ²	1.500		Área da Unidade de Tratamento Industrial	2.900	
Reajuste de Preços Nacionais vs. Março/2020		%	0%		Prod. CDR TMB — Trat. Mec./Biológ.	Não	0
Informações sobre Capex & Opex Opex			Unid.	Valor	% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	20%	20%
Salário Médio — Nível Gerencial		R\$/mês	20.000		Área da Unidade de Tratamento Industrial	0	
Salário Médio — Nível Supervisão		R\$/mês	10.000		Biodigestão Anaeróbia	Sim	43.382
Salário Médio — Nível Operacional		R\$/mês	1.500		% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	50%	20%
Regime de Contratação Oper. Triagem Manual	Regime Cooperativa				Área da Unidade de Tratamento Industrial	29.996	
Salário Médio — Triador/Operador Triagem Manual		R\$/mês	1.250		Compostagem	Sim	44.742
Custo Médio de Consumo de Energia Elétrica		R\$/MWh	375		% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	20%	5%
Custo Fixo — Demanda de Energia Elétrica Contratada Ind.		R\$.MW-1.mês-1	25.000		Área da Unidade de Tratamento Industrial	13.367	
Custo Médio de Serviço — Terceiros Auxiliares Fixos		R\$/mês	100.000		Incineração	Não	0
Custo Médio de Aluguel de Pá Carregadeira com Oper.		R\$/Mês	25.000		% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	0%	20%
Custo Médio de Aluguel de Equipamentos Móveis para Aterro		R\$/h	100		Área da Unidade de Tratamento Industrial	0	
Custo Médio de Destinação de Efluente Líquido		R\$/m ³	35		Aterro Sanitário	Não	0
Custo Médio de Óleo Diesel para Movimentação Interna de Resíduos		R\$/L	3,00		% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	100%	20%

FIGURA 81 – ÁREA DE ENTRADA DE DADOS PARA INVESTIMENTOS E CUSTOS OPERACIONAIS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Célula D56 | Salário Médio Mensal de Gerente Industrial (R\$/mês): Esse salário será usado nos cálculos do custo operacional, sendo que especificamente no caso do gerente industrial, é dividido entre as tecnologias definidas na rota.

Célula D57 | Salário Médio Mensal da Supervisão (R\$/mês): Esse salário será usado nos cálculos de custo operacional para o nível de supervisão e demais funções específicas de engenharia e de apoio. O dimensionamento do número de supervisores e dos demais profissionais é definido de acordo com cada tecnologia e a sua escala de dimensionamento.

Célula D58 | Salário Médio Mensal de Nível Operacional (R\$/mês): Esse salário será usado nos cálculos de custo operacional de acordo com o número de operadores e demais posições de nível operacional de cada tecnologia e tomando-se em conta a sua escala de dimensionamento.

Célula D59 | Regime de Contratação de Operador de Triagem Manual: Regime de Cooperativa ou CLT
– a seleção do regime irá definir os custos trabalhistas dos operadores da tecnologia de triagem manual.

Célula D60 | Salário Médio Mensal de Operador de Triagem Manual (R\$/mês): Esse salário será usado nos cálculos de custo operacional da tecnologia de triagem manual. O dimensionamento do número de triadores ou operadores de triagem manual é definido de acordo com a escala de dimensionamento da tecnologia.

Célula D61 | Custo Médio do Consumo de Energia Elétrica (R\$/MWh): Refere-se ao custo médio a ser pago pelo consumo de energia elétrica em cada tecnologia. Esse valor é multiplicado pelos valores de consumo específico de energia elétrica definido em cada tecnologia como função do escalonamento de volumes e do

dimensionamento dos equipamentos. Esse custo deverá ser dimensionado para um consumidor industrial classificado como “alta potência”.

Célula D62 | Custo Médio da Demanda Contratada de Energia Elétrica (R\$/MW.m⁻¹): Refere-se ao custo a ser pago de acordo com a demanda de energia a ser contratada para toda a planta industrial a ser firmada em um contrato de consumidor industrial classificado como “alta potência”. O valor da demanda a ser contratada é definido internamente pela ferramenta, assim, o custo unitário a ser informado aqui será utilizado para o cálculo do custo fixo mensal do contrato de demanda de energia elétrica.

Célula D63 | Custo Médio Mensal dos Serviços Fixos Auxiliares da Planta Industrial de Tratamento de Resíduos (R\$/mês): Refere-se ao custo mensal dos serviços terceirizados fixos: portaria, segurança patrimonial, limpeza industrial, refeitório etc. O valor mensal informado será dividido entre as tecnologias definidas na rota.

Célula D64 | Custo Médio Mensal de Aluguel de Pá Carregadeira com Operador (R\$/mês): Foi considerada dentro do custo operacional a movimentação de resíduos, substratos e rejeitos entre as tecnologias feita por pás carregadeiras. Dessa forma, o custo médio informado desse aluguel com operador será usado no dimensionamento do custo operacional dessas movimentações internas da planta industrial.

Célula D65 | Custo Médio Mensal do Aluguel de Equipamentos Móveis para Operação do Aterro Sanitário (R\$/h): Foram consideradas dentro do custo operacional todas as movimentações necessárias para operação do aterro sanitário. Dessa forma, o custo médio informado desse aluguel com operador será usado no dimensionamento do custo operacional das movimentações internas do aterro sanitário.

Célula D66 | Custo Médio para Destinação do Efluente Líquido para Tratamento (R\$/m³): Refere-se ao custo dos serviços de transporte e tratamento do efluente líquido para tratamento. Esse custo unitário é aplicado

sobre os quantitativos gerados nas tecnologias de compostagem, biodigestão, produção de CDR – tratamento mecânico-biológico e aterro sanitário.

Célula D67 | Custo Médio do Consumo de Óleo Diesel (R\$/l): Refere-se ao custo mensal de fornecimento de óleo diesel para consumo nos equipamentos móveis a ser usados nas movimentações de resíduos, substratos e rejeitos da planta industrial de tratamento de resíduos e também nos custos operacionais da tecnologia de aterro sanitário.

Célula D68 | Custo Médio Unitário de Ureia para Sistema de Abatimento de Emissões na Tecnologia de Incineração (R\$/kg): Trata-se da ureia utilizada para abatimento das emissões de NOx no sistema de tratamento de emissão de gases da tecnologia de incineração. O custo unitário informado será usado no cálculo do custo operacional da tecnologia.

Célula D69 | Custo Médio Unitário da Cal Hidratada para Sistema de Abatimento de Emissões na Tecnologia de Incineração (R\$/kg): A cal hidratada é utilizada para abatimento das emissões de compostos ácidos no sistema de tratamento de emissão de gases da tecnologia de incineração. O custo unitário informado será usado no cálculo do custo operacional da tecnologia de incineração.

Célula D70 | Custo Médio Unitário do Carvão Ativado para Sistema de Abatimento de Emissões na Tecnologia Incineração (R\$/kg): O carvão ativado é utilizado para abatimento das emissões de compostos orgânicos voláteis, dioxinas e metais pesados no sistema de tratamento de emissão de gases da tecnologia de incineração. O custo unitário informado será usado no cálculo do custo operacional da tecnologia.

Célula D71 | Custo Médio Unitário do Consumo de Água nas Caldeiras da Tecnologia de Incineração (R\$/m³): Na tecnologia de incineração, há um consumo muito grande de água a ser evaporada nas caldeiras para mo-

vimentação das turbinas e geração da energia elétrica. Dessa forma, o custo unitário informado será usado para compor o custo operacional da tecnologia.

De forma complementar aos custos de investimentos, há as informações referentes ao percentual de nacionalização de cada tecnologia definida na rota tecnológica. Assim, na área à direita da Figura 82, na coluna G, na área marcada em azul estão as informações do percentual de nacionalização (entre as linhas 54 e 79) a ser definido pelo usuário para a simulação do custo de investimento. Esse valor é definido para cada tecnologia e há também uma faixa permitida para essa definição de modo a controlar os riscos de performance e, assim, ajustar os custos operacionais de acordo com o percentual de nacionalização definido em cada tecnologia.

Informações sobre Capex & Opex Capex		Unid.	Valor	Tecnologias de Tratamento & Disposição		Uso (Sim/Não)	Capac. (t/a)
Custo de Câmbio: Real/Euro		R\$/€	5,00	Triagem Manual — Seletivos		Sim	15.494
Custo de Câmbio: Real/Dólar Americano		R\$/US\$	4,50	% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos		100%	10%
Taxas + Impostos sem Importação de Equipamentos		%	50%	Área da Unidade de Tratamento Industrial		19.918	
Preço Médio do Terreno para Construção		R\$/m ²	90	Triagem Mecanizada		Sim	152.118
Preço Médio do Terreno para Construção de Aterro Sanitário		R\$/m ²	25	% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos		45%	20%
Preço Médio de Paisagismo + Pavimentação em Concreto		R\$/m ²	500	Área da Unidade de Tratamento Industrial		14.242	
Incineração: Origem Base Tecnológica		Tecnologia Européia		Produção de CDR TM — Trat. Mec.		Sim	60.847
Preço Médio do Concreto Usinado Ind. Aplicado		R\$/m ³	5.000	% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos		30%	20%
Preço Médio da Construção de Galpão Industrial com Piso		R\$/m ²	1.500	Área da Unidade de Tratamento Industrial		2.900	
Reajuste de Preços Nacionais vs. Março/2020		%	0%	Prod. CDR TMB — Trat. Mec./Biológ.		Não	0
Informações sobre Capex & Opex Opex		Unid.	Valor	% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos		20%	20%
Salário Médio — Nível Gerencial		R\$/mês	20.000	Área da Unidade de Tratamento Industrial		0	
Salário Médio — Nível Supervisão		R\$/mês	10.000	Biodigestão Anaeróbia		Sim	43.382
Salário Médio — Nível Operacional		R\$/mês	1.500	% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos		50%	20%
Regime de Contratação Oper. Triagem Manual		Regime Cooperativa		Área da Unidade de Tratamento Industrial		29.996	
Salário Médio — Triador/Operador Triagem Manual		R\$/mês	1.250	Compostagem		Sim	44.742
Custo Médio de Consumo de Energia Elétrica		R\$/MWh	375	% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos		20%	5%
Custo Fixo — Demanda de Energia Elétrica Contratada Ind.		R\$.MW -1.mês-1	25.000	Área da Unidade de Tratamento Industrial		13.367	
Custo Médio de Serviço — Terceiros Auxiliares Fixos		R\$/mês	100.000	Incineração		Não	0
Custo Médio de Aluguel de Pá Carregadeira com Oper.		R\$/Mês	25.000	% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos		0%	20%

FIGURA 82 – ÁREA DE ENTRADA DE DADOS PARA INVESTIMENTOS E CUSTOS OPERACIONAIS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Após as definições dos custos unitários dos indexadores de custos de investimento e dos custos operacionais, temos na mesma região dessa aba da planilha os resultados de custos de investimentos e custos operacionais para a rota tecnológica que está sendo simulada.

Na primeira tabela, há um resumo das tecnologias selecionadas (coluna F) e a área industrial requerida por cada tecnologia (coluna G) dos quantitativos de dimensionamento em toneladas anuais (coluna H), definidos na simulação feita conforme mostrado na área marcada em azul na Figura 83. Na mesma figura, pode-se ver na coluna H uma entrada do percentual de super-dimensionamento de cada tecnologia, cujo objetivo é que o usuário possa considerar um quantitativo adicional no dimensionamento capaz inclusive de prover o serviço de tratamento para grandes geradores não inclusos na coleta pública.

Tecnologias de Tratamento & Disposição	Uso (Sim/Não)	Capac. (t/a)
Triagem Manual — Seletivos	Sim	15.494
% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	100%	10%
Área da Unidade de Tratamento Industrial	19.918	
Triagem Mecanizada	Sim	152.118
% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	45%	20%
Área da Unidade de Tratamento Industrial	14.242	
Produção de CDR TM — Trat. Mec.	Sim	60.847
% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	30%	20%
Área da Unidade de Tratamento Industrial	2.900	
Prod. CDR TMB — Trat. Mec./Biológ.	Não	0
% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	20%	20%
Área da Unidade de Tratamento Industrial	0	
Biodigestão Anaeróbia	Sim	43.382
% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	50%	20%
Área da Unidade de Tratamento Industrial	29.996	
Compostagem	Sim	44.742
% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	20%	5%
Área da Unidade de Tratamento Industrial	13.367	
Incineração	Não	0
% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	0%	20%
Área da Unidade de Tratamento Industrial	0	
Aterro Sanitário	Não	0
% de Nacionaliz. Equipamentos % Sobredimens. Projetos	100%	20%
Área Total Aterro Sanitário	0	
% de Nacionaliz. TOTAL dos Invest.	48%	
Área Total da Unidade de Tratamento de Resíduos	80.423	

FIGURA 83 – RESUMO DAS TECNOLOGIAS DEFINIDAS E CAPACIDADES DE DIMENSIONAMENTO

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na tabela seguinte, conforme mostrado na área marcada em azul na Figura 84, encontra-se um resumo das tecnologias selecionadas (coluna J) e dos custos de investimento e reinvestimento, a cada cinco anos, em massa monetária (ambos na coluna K), em reais por toneladas anuais totais de RSU e em reais por toneladas anuais de dimensionamento da respectiva tecnologia (ambos na coluna L) definida na simulação:

	Capex /t RSU	74
<i>Reinvestimento a cada 5 anos</i>	1,330	
Produção de CDR TM — Trat. Mec.	24,237	398
	Capex /t RSU	26
<i>Reinvestimento a cada 5 anos</i>	0,502	
Produção de CDR TMB — Trat. Mec./Biológ.	0,000	0
	Capex /t RSU	0
<i>Reinvestimento a cada 5 anos</i>	0	
Biodigestão Anaeróbia	65,090	1.500
	Capex /t RSU	69
<i>Reinvestimento a cada 5 anos</i>	1,058	
Compostagem	32,802	733
	Capex /t RSU	35
<i>Reinvestimento a cada 5 anos</i>	1,076	
Incineração	0,000	0
	Capex /t RSU	0
<i>Reinvestimento a cada 5 anos</i>	0	
Aterro Sanitário	0,000	0
	Capex /t RSU	0
<i>Capex Encerramento Aterro Sanitário: após 20 anos</i>	0,000	0
<i>Reinvestimento Total Rota (cada 5 anos)</i>	4,400	-
Total CAPEX do Trat. / Disp. do RSU	219,969	234

FIGURA 84 – RESUMO DAS TECNOLOGIAS DEFINIDAS E CAPACIDADES DE DIMENSIONAMENTO

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Na tabela seguinte, mais à direita, conforme mostrado em na área marcada em azul na Figura 85, tem-se um resumo das tecnologias selecionadas (coluna N) e dos custos operacionais e custos fixos em massa monetária e receitas acessórias em reais por toneladas totais de RSU (os três valores na coluna O), bem

como dos custos operacionais em reais por toneladas anuais totais de dimensionamento da tecnologia e por toneladas anuais de RSU e dos custos variáveis em reais por tonelada de dimensionamento da respectiva tecnologia (essas três últimas informações na coluna P):

Triagem Mecanizada	13,979	92
Receita Acess./t RSU Opex / t RSU	35,183	14,887
Custo Fixo Custo Variável	3,896	66
Produção de CDR TM — Trat. Mec.	3,634	60
Receita Acess./t RSU Opex / t RSU	4,860	3,870
Custo Fixo Custo Variável	0,523	51
Produção de CDR TMB — Trat. Mec./Biológ.	0,000	0
Receita Acess./t RSU Opex / t RSU	0,000	0,000
Custo Fixo Custo Variável	0	0
Biodigestão Anaeróbia	6,054	140
Receita Acess./t RSU Opex / t RSU	2,590	6,447
Custo Fixo Custo Variável	1,799	98
Compostagem	1,865	42
Receita Acess./t RSU Opex / t RSU	0,158	1,987
Custo Fixo Custo Variável	0,433	32
Incineração	0,000	0
Receita Acess./t RSU Opex / t RSU	0,000	0,000
Custo Fixo Custo Variável	0,000	0
Aterro Sanitário	0,000	0
Receita Acess./t RSU Opex / t RSU	0,000	0,000
Custo Fixo Custo Variável	0,000	0
Total OPEX do Tratamento/Disposição do RSU	38,674	41

FIGURA 85 – RESUMO DAS TECNOLOGIAS DEFINIDAS E CAPACIDADES DE DIMENSIONAMENTO

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

PAINEL DE CONTROLE: RESUMO DOS DADOS ECONÔMICAS DA ROTA TECNOLÓGICA

Após as definições dos custos unitários dos indexadores de custos de investimento e dos custos operacionais, devem-se inserir as informações econômicas complementares para consolidação dos custos operacionais totais da rota tecnológica e das potenciais receitas acessórias dimensionadas em cada tecnologia ao longo da definição da rota tecnológica.

A Figura 86 mostra o campo onde estão as informações de Dados de Receitas e Custos Econômicos:

Dados de Geração e Coleta de RSU	Unid.	Valor	Resumo da Produção Total de Substratos	Unid.	Valor
Informações sobre Capex & Opex Capex	Unid.	Valor	Tecnologias de Tratamento & Disposição	Uso (Sim/Não)	Capac. (t/a)
Dados de Custos Econômicos	Unid.	Valor	Receitas Acessórias	Unid.	Valor

FIGURA 86 – ÁREA DE ENTRADA DE DADOS PARA CUSTOS: DETALHE AMPLIADO DA FIG. 28

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

No tópico Dados de Receitas e Custos Econômicos, encontra-se a interface para entrada de todas as principais informações econômicas complementares da rota tecnológica, conforme pode ser visto na Figura 87.

Dados de Custos Econômicos			Receitas Acessórios			Custos da Coleta e Transporte			Custos da Produção de Substratos		
	Unid.	Valor		Unid.	Valor		Unid.	Valor		Unid.	Valor
Custo de Coleta e Transporte — Sólidos Secos	RS/t	450	Put. Receita Acessória — Venda Materiais Recicáveis	MRS/t/a	69,525	Custo da Coleta Seletriva — Secos	MRS/t/a	63.383	Custo Médio — Produção de CDR	RS/t CDR	84,32
Custo de Coleta e Transporte — Sólidos Orgânicos	RS/t	450	Put. Receita Acessória — CDR	MRS/t/a	3,879	Custo da Coleta Seletriva — Orgânicos	MRS/t/a	21,128	Custo Médio — Produção de Composto para Uso Nobre	RS/t composte	54,22
Custo Coleta e Transporte — Mistos/Rejeitos	RS/t	150	Put. Receita Acessória — Composto Orgânico	MRS/t/a	0,000	Custo da Coleta Convencional Mistos/rejeitos	MRS/t/a	112,680	Custo Médio — Segregação Reciclagem Manual	RS/t Mat. recicl.	1.555,13
Custo Operação Estação Transbordo Coleta Misto/Rejeitos	RS/t	10	Put. Receita Acessória Energia Elétrica — Incineração	MRS/t/a	13,276	Custo da Operação — Estação Transbordo Col.Mistos/rejeitos	MRS/t/a	7,512	Custo Médio — Segregação Reciclagem Mecânica	RS/t Mat. recicl.	345,19
			Put. Receita Acessória Energia Elétrica — Biodegradação	MRS/t/a	0,000				Custo Médio — Produção de Energia Elétrica — Biodegradação	RS/kWh	0,00
			Put. Receita Acessória Energia Elétrica — Incineração	MRS/t/a	0,000				Custo Médio — Produção de Energia Elétrica — Incineração	RS/kWh	80,08
Custo Transporte Unidade Tratamento Resíduos ad Aterro	RS/t	50	Put. Receita Acessória Biodegradação — Biodegradação	MRS/t/a	18,107				Custo Médio — Produção de Energia Elétrica — Aterro	RS/kWh	0,00
Custo calculado na Aba "Aterro Santáris"	RS/t	250	Put. Receita Acessória Biomassa — Aterro	MRS/t/a	2,989				Custo Médio — Produção Biomassa — Biodegradação	RS/Nm³	2,25
Custo Médio Cf para Disposição Aterro Resíduos Perigosos	RS/t		Put. Receita Acessória — Venda Mat. Recicl — Triag MAN	MRS/t/a	4,022				Custo Médio — Produção Biomassa — Incineração	RS/Nm³	6,62
			Put. Receita Acessória Total — Tratamento RSU	MRS/t/a	107,776						
			Put. Receita Acessória Total por Idu	RS/t	115	Custo Total da Coleta de RSU	MRS/t/a	204,702			
			Put. Receita Acessória Total per capita	RS.hab. ⁻¹ .mês ⁻¹	4,1	Custo Total da Coleta de RSU per capita	RS/t	218			
						Custo Total da Coleta de RSU per capita	RS.hab. ⁻¹ .mês ⁻¹	7,8			

RECEITAS ACESSÓRIAS E CUSTOS OPERACIONAIS											
Dados — Receitas Acessórias Unitárias			Custo de Tratamento + Disposição sem Coleta			Custo da Rota Tecnológica com Coleta			Custo da Produção de Substratos		
	Unid.	Valor		Unid.	Valor		Unid.	Valor		Unid.	Valor
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Papel/Papelão	RS/t	400,00	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	MRS/t/a	241,986	Custo Total da Rota Tecnológica com Coleta	MRS/t/a	446,688	Custo Médio — Produção de CDR	RS/t CDR	84,32
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Plástico Fino	RS/t	0,000	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	RS/t/a	257,71	Custo Total Unidade da Rota Tecnológica com Coleta	RS/t	475,71	Custo Médio — Produção de Composto para Uso Nobre	RS/t composte	54,22
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Plástico Firme	RS/t	650,00	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	RS/t/a	257,71	Custo Total da Rota Tecnológica com Coleta	RS/t/a	17,13	Custo Médio — Segregação Reciclagem Manual	RS/t Mat. recicl.	1.555,13
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Plástico Firme Rígido	RS/t	650,00	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	RS/t/a	257,71	Custo Total da Rota Tecnológica com Coleta per capita	RS.hab. ⁻¹	17,13	Custo Médio — Segregação Reciclagem Mecânica	RS/t Mat. recicl.	345,19
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Vidro	RS/t	150,00	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	RS/t/a	257,71				Custo Médio — Produção de Energia Elétrica — Biodegradação	RS/kWh	0,00
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Metal Ferrososo	RS/t	120,00	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	RS/t/a	257,71				Custo Médio — Produção de Energia Elétrica — Incineração	RS/kWh	80,08
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Metal Não Ferrososo	RS/t	900,00	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	RS/t/a	257,71				Custo Médio — Produção de Energia Elétrica — Aterro	RS/kWh	0,00
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Compósito para o Uso Nobre	RS/t	25,00	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	RS/t/a	257,71				Custo Médio — Produção Biomassa — Biodegradação	RS/Nm³	2,25
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Compósito Uso Nô Nobre	RS/t	0,00	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	RS/t/a	257,71				Custo Médio — Produção Biomassa — Incineração	RS/Nm³	6,62
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): CDR Fino	RS/t	126,00	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	RS/t/a	257,71						
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): CDR Grosso	RS/t	90,00	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	RS/t/a	257,71						
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Energia Elétrica — UTR	RS/kWh	175,00	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	RS/t/a	257,71						
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Energia Elétrica — Aterro	RS/kWh	175,00	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	RS/t/a	257,71						
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Biomassano — UTR	RS/Nm³	1,15	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	RS/t/a	257,71						
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Biomassano — Aterro	RS/Nm³	1,15	Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	RS/t/a	257,71						

FIGURA 87 – RESUMO GERAL DE DADOS DAS RECEITAS ACESSÓRIAS E CUSTOS ECONÔMICOS

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Do lado esquerdo dessa região da aba, conforme mostrado na Figura 88, na área marcada em azul, entre as linhas 81 e 116 estão todas as informações referentes aos custos complementares da rota tecnológica e aos preços unitários das receitas acessórias potenciais relacionadas aos substratos a ser produzidos ou gerados pelas tecnologias definidas:

Dados de Custos Econômicos	Unid.	Valor
Custo de Coleta e Transporte — Seletiva Secos	R\$/t	450
Custo de Coleta e Transporte — Seletiva Orgânicos	R\$/t	450
Custo Coleta e Transporte — Mistos/Rejeitos	R\$/t	150
Custo Operação Estação Transbordo Coleta Mistos/Rejeitos	R\$/t	10
Custo Transporte Unidade Tratamento Resíduos até Aterro	R\$/t	50
Custo calculado na Aba 'Aterro Sanitário'	R\$/t	
Custo Médio CIF para Disposição Aterro Resíduos Perigosos	R\$/t	250
Dados — Receitas Acessórias Unitárias	Unid.	Valor
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Papel/Papelão	R\$/t	400,00
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Plástico Filme	R\$/t	500,00
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Plástico Rígido	R\$/t	650,00
Preço Médio Líquido — Venda(FOB): Vidros	R\$/t	150,00
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Metais Ferrosos	R\$/t	120,00
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Metais Não Ferrosos	R\$/t	900,00
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Composto para Uso Nobre	R\$/t	25,00
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Composto Uso Não Nobre	R\$/t	0,00
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): CDR Fino	R\$/t	126,00
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): CDR Grosso	R\$/t	90,00
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Energia Elétrica — UTR	R\$/MWh	175,00
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Energia Elétrica — Aterro	R\$/MWh	175,00
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Biometano — UTR	R\$/Nm ³	1,15
Preço Médio Líquido — Venda (FOB): Biometano — Aterro	R\$/Nm ³	1,15

FIGURA 88 – CUSTOS COMPLEMENTARES E RECEITAS ACESSÓRIAS DA ROTA TECNOLÓGICA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Nessa região demarcada em azul na Figura 88, temos as seguintes informações:

Célula D83 | Custo Unitário de Transporte e Coleta Seletiva de Resíduos Secos (R\$/t Resíduos Secos): Esse custo será utilizado para compor o custo total da rota tecnológica, incluindo os custos de coleta.

Célula D84 | Custo Unitário de Transporte e Coleta Seletiva de Resíduos Orgânicos (R\$/t Resíduos Orgânicos): Esse custo será utilizado para compor o custo total da rota tecnológica, incluindo os custos de coleta.

Célula D85 | Custo Unitário de Transporte e Coleta de Resíduos Mistos e Rejeitos (R\$/t Resíduos Mistos e Rejeitos): Esse custo será utilizado para compor o custo total da rota tecnológica, incluindo os custos de coleta.

Célula D86 | Custo Unitário para Operação da Estação de Transbordo do Sistema de Coleta de Resíduos Mistos e Rejeitos (R\$/t Resíduos Mistos e Rejeitos): Esse custo será utilizado para compor o custo total da rota tecnológica, incluindo os custos de coleta.

Célula D89 | Custo Unitário do Serviço de Transporte de Rejeitos da Unidade Industrial de Tratamento de Resíduos para o Aterro Sanitário Existente ou Novo (R\$/t de Rejeitos): Esse custo será utilizado para compor o custo total da rota tecnológica, incluindo os custos de coleta de resíduos e disposição de rejeitos.

Célula D90 | Custo Médio para Disposição de Rejeitos no Aterro Sanitário Existente (R\$/t Rejeitos): Esse custo será utilizado para compor o custo total da rota tecnológica, incluindo os custos de coleta de resíduos e disposição de rejeitos.

Célula D91 | Custo Médio para Transporte e Disposição de Resíduos Perigosos no Aterro Sanitário de Resíduos Perigosos Classe 1 (R\$/t de Resíduos Perigosos Classe 1): Esse custo será utilizado para compor o custo total da rota tecnológica, incluindo os custos de coleta de resíduos e disposição de rejeitos. Na mesma região demarcada em azul, a partir da linha 93, tem-se as informações das receitas acessórias unitárias para cada substrato a ser produzido ou gerado na rota tecnológica em simulação. Eles são descritos a seguir.

Célula D100 | Preço Unitário Líquido Médio de Venda do Papel/Papelão Reciclável – FOB Porta da Planta de Tratamento de Resíduos (R\$/t Papel/Papelão): Esse preço se refere ao valor de venda, líquido de frete e impostos, do material reciclável papel/papelão a ser segregado nas tecnologias de triagem manual e triagem mecanizada da unidade centralizada de tratamento de resíduos.

Célula D101 | Preço Unitário Líquido Médio de Venda do Plástico Filme Reciclável – FOB Porta da Planta de Tratamento de Resíduos (R\$/t Plástico Filme): Esse preço se refere ao valor de venda, líquido de frete e impostos, do material reciclável plástico filme a ser segregado nas tecnologias de triagem manual e triagem mecanizada da unidade centralizada de tratamento de resíduos.

Célula D102 | Preço Unitário Líquido Médio de Venda do Plástico Rígido Reciclável – FOB Porta da Planta de Tratamento de Resíduos (R\$/t Plástico Rígido): Esse preço se refere ao valor de venda, líquido de frete e impostos, do material reciclável plástico rígido a ser segregado nas tecnologias de triagem manual e triagem mecanizada da unidade centralizada de tratamento de resíduos.

Célula D103 | Preço Unitário Líquido Médio de Venda do Vidro Reciclável – FOB Porta da Planta de Tratamento de Resíduos (R\$/t Vidro): Esse preço se refere ao valor de venda, líquido de frete e impostos, do material reciclável vidro a ser segregado nas tecnologias de triagem manual e triagem mecanizada da unidade centralizada de tratamento de resíduos.

Célula D104 | Preço Unitário Líquido Médio de Venda do Material Metal Ferroso Reciclável – FOB Porta da Planta de Tratamento de Resíduos (R\$/t Metal Ferroso): Esse preço se refere ao valor de venda, líquido de frete e impostos, do material reciclável metal ferroso a ser segregado nas tecnologias de triagem manual, triagem mecanizada, incineração, produção CDR e biodigestão da unidade centralizada de tratamento de resíduos.

Célula D105 | Preço Unitário Líquido Médio de Venda do Material Metal Não Ferroso Reciclável – FOB Porta da Planta de Tratamento de Resíduos (R\$/t Metal Não Ferroso): Esse preço se refere ao valor de venda, líquido de frete e impostos, do material reciclável metal não ferroso a ser segregado nas tecnologias de triagem manual, triagem mecanizada, incineração, produção de CDR e biodigestão da unidade centralizada de tratamento de resíduos.

Célula D107 | Preço Unitário Médio de Venda do Composto para Uso Nobre – FOB Porta da Planta de Tratamento de Resíduos (R\$/t Composto para Uso Nobre): Esse preço se refere ao valor de venda, líquido de frete e impostos, do material composto para uso nobre a ser produzido na tecnologia de compostagem da unidade centralizada de tratamento de resíduos.

Célula D108 | Preço Unitário Médio de Venda do Composto para Uso Não Nobre – FOB Porta da Planta de Tratamento de Resíduos (R\$/t Composto para Uso Não Nobre): Esse preço se refere ao valor de venda, líquido de frete e impostos, do material composto para uso não nobre a ser produzido na tecnologia de compostagem da unidade centralizada de tratamento de resíduos.

Célula D110 | Preço Unitário Médio de Venda do CDR Fino – FOB Porta da Planta de Tratamento de Resíduos (R\$/t CDR Fino): Esse preço se refere ao valor de venda, líquido de frete e impostos, do material CDR Fino a ser gerado nas tecnologias de produção de CDR via tratamento mecânico ou mecânico-biológico da unidade centralizada de tratamento de resíduos.

Célula D111 | Preço Unitário Médio de Venda do CDR Grosso – FOB Porta da Planta de Tratamento de Resíduos (R\$/t CDR Grosso): Esse preço se refere ao valor de venda, líquido de frete e impostos, do material CDR Grosso a ser gerado nas tecnologias de produção de CDR via tratamento mecânico ou mecânico-biológico da unidade centralizada de tratamento de resíduos.

Célula D113 | Preço Unitário Médio de Venda da Energia Elétrica – Distribuída a partir da Planta de Tratamento de Resíduos (R\$/MWh Energia Elétrica Produzida): Esse preço se refere ao valor de venda, líquido de impostos, da energia elétrica a ser produzida nas tecnologias de biodigestão e incineração e distribuída a partir da unidade centralizada de tratamento de resíduos.

Célula D114 | Preço Unitário Médio de Venda da Energia Elétrica – Distribuída a partir do Novo Aterro Sanitário (R\$/MWh Energia Elétrica Produzida): Esse preço se refere ao valor de venda, líquido de impostos, da energia elétrica a ser produzida e distribuída a partir do novo aterro sanitário.

Célula D116 | Preço Unitário Médio de Venda do Biometano – Distribuído a partir da Planta de Tratamento de Resíduos (R\$/m³ Produzido): Esse preço se refere ao valor de venda, líquido de impostos, do biometano a ser produzido na tecnologia de biodigestão da unidade centralizada de tratamento de resíduos ou no novo aterro sanitário e distribuído a partir do seu local de geração.

Célula D117 | Preço Unitário Médio de Venda do Biometano – Distribuído a partir do Novo Aterro Sanitário (R\$/m³ Produzido): Esse preço se refere ao valor de venda, líquido de impostos, do biometano a ser produzido no novo aterro sanitário e distribuído a partir do seu local de geração.

Com a inserção dos dados de custos unitários operacionais e de receitas unitárias de substratos a serem produzidos ou gerados pelas tecnologias definidas como parte da rota em definição, tem-se na sequência,

conforme mostrado na Figura 89, uma primeira tabela, demarcada em azul, com um resumo das receitas acessórias consolidadas de todos os substratos (entre as células F81 e H93) – com exceção das receitas acessórias advindas da venda de materiais recicláveis da triagem manual, destacada na cor vermelha, pois se assume que elas serão destinadas ou são originadas e permanecem de posse e gestão das cooperativas ou associações de catadores de material reciclagem. Já na parte de baixo (entre as células F97 e H100), estão as informações de consolidação dos custos de tratamento de resíduos e disposição dos rejeitos em aterro novo ou existente, conforme a rota tecnológica definida.

Receitas Acessórias	Unid.	Valor
Pot. Receita Acessória — Venda Materiais Recicláveis	MR\$/a	36,198
Pot. Receita Acessória — CDR	MR\$/a	4,564
Pot. Receita Acessória — Composto Orgânico	MR\$/a	0,148
Pot. Receita Acessória Energia Elétrica — Incineração	MR\$/a	0,000
Pot. Receita Acessória Energia Elétrica — Biodigestão	MR\$/a	0,000
Pot. Receita Acessória Energia Elétrica — Aterro	MR\$/a	0,000
Pot. Receita Acessória Biometano — Biodigestão	MR\$/a	2,432
Pot. Receita Acessória Biometano — Aterro	MR\$/a	7,473
Pot. Receita Acess. — Venda Mat. Recicl. — Triag MAN	MR\$/a	4,022
Pot. Receita Acessória Total — Tratamento RSU	MR\$/a	50,816
Pot. Receita Acessória Total por t RSU	R\$/t	54
Pot. Receita Acessória Total <i>per capita</i>	R\$.hab.-1.mês-1	1,9
OPEX — CUSTOS DE TRATAMENTO		
Custo de Tratamento + Disposição sem Coleta	Unid.	Valor
Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	MR\$/a	190,071
Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta	R\$/t	202
Custo de Tratamento/Disposição do RSU sem Coleta <i>per capita</i>	R\$.hab.-1.mês-1	7,3

FIGURA 89 – RESUMO DE RECEITAS ACESSÓRIAS E CUSTOS DE TRATAMENTO/DISPOSIÇÃO

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Na sequência, entre as células J81 e L93, demarcadas em azul na Figura 90, temos as informações referentes à consolidação dos custos de coleta e transporte de resíduos, tomando como base os volumes informados na definição da rota tecnológica e os custos unitários dos tipos de coleta informados conforme descrições do parágrafo anterior. Na parte de baixo da mesma região demarcada em azul, entre as células J97 e L100, temos as informações de custo operacional consolidado total da rota tecnológica em simulação, incluindo os custos de coleta/transporte, os custos operacionais das diferentes tecnologias definidas e os custos de transporte e disposição dos rejeitos em aterro sanitário existente ou novo, conforme definições da rota tecnológica.

Custos de Coleta e Transbordo	Unid.	Valor
Custo da Coleta Seletiva — Secos	MR\$/a	63,383
Custo da Coleta Seletiva — Orgânicos	MR\$/a	21,128
Custo da Coleta Convencional Mistos/rejeitos	MR\$/a	112,680
Custo da Operação — Estação Transbordo Col.Mistos/rejei	MR\$/a	7,512
Custo Total da Coleta de RSU	MR\$/a	204,702
Custo Total Unitário da Coleta de RSU	R\$/t	218
Custo Total da Coleta de RSU <i>per capita</i>	R\$.hab.-1.mês-1	7,8
OPERACIONAIS		
Custo da Rota Tecnológica com Coleta	Unid.	Valor
Custo Total da Rota Tecnológica com Coleta	MR\$/a	394,773
Custo Total Unitário da Rota Tecnológica com Coleta	R\$/t	420
Custo Total da Rota Tecnológica com Coleta <i>per capita</i>	R\$.hab.-1.mês-1	15,1

FIGURA 90 – RESUMO DOS DADOS DE CUSTOS DA COLETA DE RESÍDUOS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Por último, na tabela mais à direita, entre as células N81 e P90, na área demarcada em azul na Figura 91, estão todas as informações de custos unitários operacionais para a produção de substratos dentro de cada tecnologia.

Custos da Produção de Substratos	Unid.	Valor
Custo Médio — Produção de CDR	R\$/t CDR	84,32
Custo Médio — Produção de Composto para Uso Nobre	R\$/t composto	54,22
Custo Médio — Segregação Reciclagem Manual	R\$/t Mat. recicl.	1.555,13
Custo Médio — Segregação Reciclagem Mecânica	R\$/t Mat. recicl.	345,19
Custo Médio — Produção de Energia Elétrica — Biodigestão	R\$/MWh	0,00
Custo Médio — Produção de Energia Elétrica — Incineração	R\$/MWh	896,08
Custo Médio — Produção de Energia Elétrica — Aterro	R\$/MWh	0,00
Custo Médio — Produção Biometano — Biodigestão	R\$/Nm ³	2,25
Custo Médio — Produção Biometano — Aterro	R\$/Nm ³	6,62

FIGURA 91 – RESUMO DOS CUSTOS UNITÁRIOS DA PRODUÇÃO/GERAÇÃO DE SUBSTRATOS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

DETALHAMENTO DA ÁREA DE RESUMO GERAL DO PAINEL DE CONTROLE DA ROTA TECNOLÓGICA

Após o detalhamento de todas as funcionalidades do painel de controle, vamos retomar a visão geral localizada no topo da aba **R&C – Painel de Controle**, mostrada de forma rápida no início deste tópico. Vejamos a Figura 92.

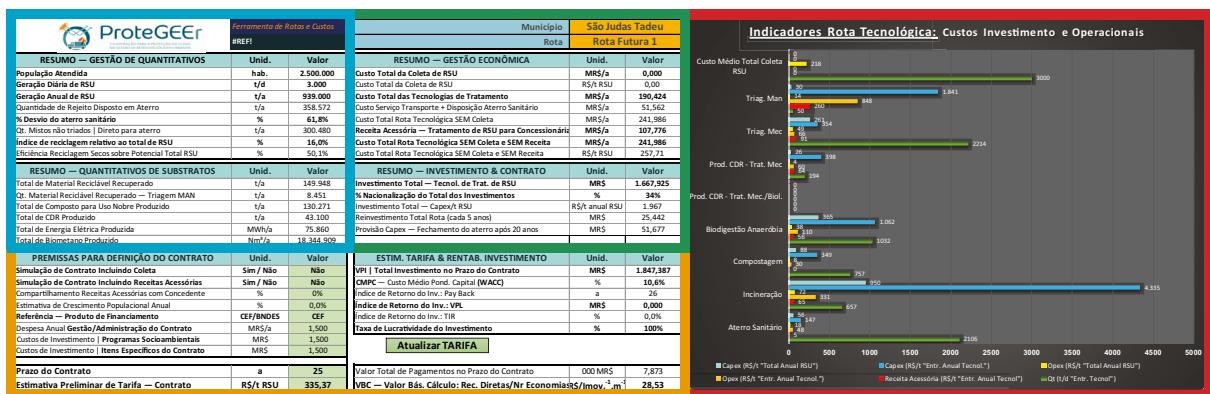


FIGURA 92 – ABA PAINEL DE CONTROLE: RESUMO GERAL DA SIMULAÇÃO DE ROTA TECNOLÓGICA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

A área demarcada em azul pode ser vista em maior detalhe na Figura 93. Nela, tem-se as principais informações dos quantitativos da rota tecnológica em simulação.

Ferramenta de Rotas e Custos		
0		
RESUMO — GESTÃO DE QUANTITATIVOS	Unid.	Valor
População Atendida	hab.	2.500.000
Geração Diária de RSU	t/d	3.000
Geração Anual de RSU	t/a	939.000
Quantidade de Rejeito Disposto em Aterro	t/a	358.572
% Desvio do aterro sanitário	%	61,8%
Qt. Mistos não triados Direto para aterro	t/a	300.480
Índice de reciclagem relativo ao total de RSU	%	16,0%
Eficiência Reciclagem Secos sobre Potencial Total RSU	%	50,1%
RESUMO — QUANTITATIVOS DE SUBSTRATOS	Unid.	Valor
Total de Material Reciclável Recuperado	t/a	149.948
Qt. Material Reciclável Recuperado — Triagem MAN	t/a	8.451
Total de Composto para Uso Nobre Produzido	t/a	130.271
Total de CDR Produzido	t/a	43.100
Total de Energia Elétrica Produzida	MWh/a	75.860
Total de Biometano Produzido	Nm ³ /a	18.344.909

FIGURA 93 – RESUMO GERAL DA SIMULAÇÃO DE ROTA TECNOLÓGICA: DETALHE DO RESUMO DOS QUANTITATIVOS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

A área demarcada em verde pode ser vista em maior detalhe na Figura 94, que mostra todas as principais informações dos custos operacionais e dos custos de investimento da implementação da rota tecnológica.

Município	São Judas Tadeu	
Rota	Rota Futura 1	
RESUMO — GESTÃO ECONÔMICA		
Custo Total da Coleta de RSU	MR\$/a	0,000
Custo Total da Coleta de RSU	R\$/t RSU	0,00
Custo Total das Tecnologias de Tratamento	MR\$/a	190,424
Custo Serviço Transporte + Disposição Aterro Sanitário	MR\$/a	51,562
Custo Total Rota Tecnológica SEM Coleta	MR\$/a	241,986
Receita Acessória — Tratamento de RSU para Concessionária	MR\$/a	107,776
Custo Total Rota Tecnológica SEM Coleta e SEM Receita	MR\$/a	241,986
Custo Total Rota Tecnológica SEM Coleta e SEM Receita	R\$/t RSU	257,71
RESUMO — INVESTIMENTO & CONTRATO		
Investimento Total — Tecnol. de Trat. de RSU	MR\$	1.667,925
% Nacionalização do Total dos Investimentos	%	34%
Investimento Total — Capex/t RSU	R\$/t anual RSU	1.967
Reinvestimento Total Rota (cada 5 anos)	MR\$	25,442
Provisão Capex — Fechamento do aterro após 20 anos	MR\$	51,677

FIGURA 94 – RESUMO GERAL DA SIMULAÇÃO DA ROTA TECNOLÓGICA: DETALHE DOS CUSTOS OPERACIONAIS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

A área demarcada em vermelho pode ser vista em maior detalhe na Figura 95, que mostra todas as principais informações dos custos de investimento e custos operacionais de cada tecnologia que compõe a rota tecnológica.

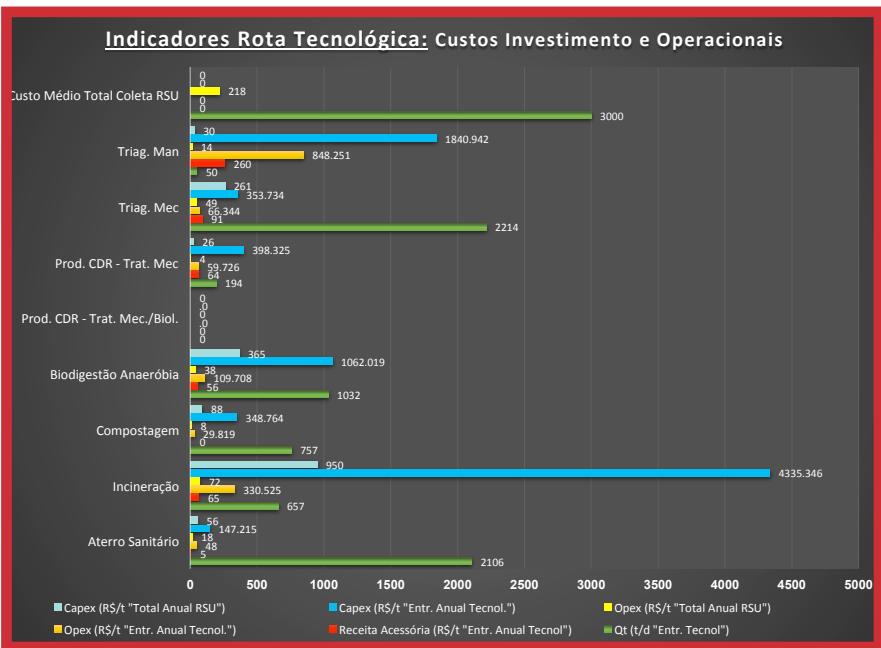


FIGURA 95 – RESUMO GERAL DA SIMULAÇÃO DA ROTA TECNOLÓGICA: DETALHE DOS CUSTOS POR TECNOLOGIA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na legenda do gráfico da Figura 95, tem-se a descrição de cada variável de cada tecnologia. Por último, temos a área demarcada em amarelo, que pode ser vista em maior detalhe na Figura 96. Ela mostra todas as informações necessárias para a simulação e identificação do preço básico da tarifa de serviço e do prazo de contrato da concessão.

RESUMO — QUANTITATIVOS DE SUBSTRATOS			Unid.	Valor
Total de Material Recicável Recuperado	t/a	149.948		
Qt. Material Recicável Recuperado — Triagem MAN	t/a	8.451		
Total de Composto para Uso Nobre Produzido	t/a	130.271		
Total de CDR Produzido	t/a	43.100		
Total de Energia Elétrica Produzida	MWh/a	75.860		
Total de Biomassa Produzida	Nm³/a	18.344.909		

PREMISSAS PARA DEFINIÇÃO DO CONTRATO			Unid.	Valor
Simulação de Contrato Incluindo Coleta	Sim / Não	Não		
Simulação de Contrato Incluindo Receitas Acessórias	Sim / Não	Não		
Compartilhamento Receitas Acessórias com Concedente	%	0%		
Estimativa de Crescimento Populacional Anual	%	0,0%		
Referência — Produto de Financiamento	CEF/INDES	CEF		
Despesa Anual Gestão/Administração do Contrato	MRS/a	1.500		
Custos de Investimento Programas Socioambientais	MRS	1.500		
Custos de Investimento Itens Específicos do Contrato	MRS	1.500		

ESTIM. TARIFA & RENTAB. INVESTIMENTO			Unid.	Valor
VPI Total Investimento no Prazo do Contrato			MRS	1.667.925
CMPC — Custo Médio Pond. Capital (WACC)			%	34%
Índice de Retorno do Inv.: Pay Back			R\$/t anual RSU	1.967
Índice de Retorno do Inv.: VPL			MRS	25.442
Índice de Retorno do Inv.: TIR			%	0,0%
Taxa de Lucratividade do Investimento			%	100%

Atualizar TARIFA

Valor Total de Pagamentos no Prazo do Contrato	000 MRS	7.873
VBC — Valor Bás. Cálculo: Rec. Diretas/Nr Economias\$/Imov. ³ .m ⁻²		28,53

FIGURA 96 – RESUMO GERAL DA SIMULAÇÃO DA ROTA TECNOLÓGICA: DETALHE DA SIMULAÇÃO DA TARIFA BÁSICA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na área demarcada em amarelo na Figura 96, tem-se do lado esquerdo as informações das especificidades para simulação da tarifa básica do serviço de concessão e o respectivo prazo de contrato:

Célula D24 | Simulação de Contrato Incluindo Coleta (Sim/Não): Essa opção permite ao usuário definir sobre a inclusão do serviço da etapa de coleta no contrato. Caso a opção seja “Sim”, o usuário deverá informar os custos de investimento para implementação ou otimização do serviço de coleta na célula H24 e, da mesma forma, inserir os custos operacionais previstos para as rotas de coleta nas células D83 e D86 do painel de controle. Caso a opção seja por “Não”, os custos operacionais de coleta e a informação sobre o custo de investimento na etapa da coleta não serão considerados no fluxo de caixa do contrato para definição do preço básico da tarifa do serviço.

Célula D25 | Simulação de Contrato Incluindo Receitas Acessórias (Sim/Não): Essa opção permite ao usuário definir sobre a apropriação das receitas acessórias previstas na rota tecnológica no fluxo de caixa financeiro do projeto. Caso a seleção seja “Não”, não serão consideradas receitas acessórias para modicidade da tarifa

pública e, se a opção for “Sim”, será considerado um percentual das receitas acessórias, conforme definição da célula D29, explicada adiante.

Célula D26 | Compartilhamento de Receitas Acessórias com o Concedente (%): Refere-se ao percentual do montante das receitas acessórias que será utilizado para modicidade da tarifa pública.

Célula D27 | Estimativa de Crescimento Anual Populacional (%): Esse percentual define a taxa de crescimento dos quantitativos de resíduos ao longo dos anos de contrato. Para isso, adota-se a premissa de que a taxa de geração de RSU *per capita* permanece constante, de modo que a taxa de crescimento populacional refletirá diretamente a taxa de crescimento dos quantitativos de RSU que será considerada no fluxo de caixa financeiro do projeto. Essa célula tem um limite de 2,5%, pois não se tem a expectativa de uma taxa de crescimento orgânico populacional acima desse valor e, para situações em que se tem um aumento acima desse patamar (por exemplo, a inclusão de um novo município em uma simulação de um consórcio), recomenda-se que toda a definição da rota tecnológica seja revista e, assim, os quantitativos sejam ajustados tomando em conta a inclusão de novos municípios.

Célula D28 | Referência do Produto de Financiamento (CEF/BNDES): Essa opção permite ao usuário definir sobre a referência do produto de financiamento a ser contratado pelo potencial investidor para implementação e operacionalização da rota tecnológica. Foram selecionados dois produtos referenciais da CEF (Saneamento para Todos) e do BNDES (Finem), cujas premissas financeiras referenciais já estão inseridas na Ferramenta de Rotas e Custos. Dessa forma, quando o usuário faz a seleção de um dos dois produtos, automaticamente o fluxo de caixa financeiro é atualizado para o produto de financiamento referenciado. O usuário pode então analisar eventuais implicações das diferenças desses produtos sobre a rentabilidade do projeto e atratividade para o investidor e, consequentemente, sobre a tarifa básica do serviço.

Célula D29 | Despesas Anuais de Gestão e Administração do Contrato de Concessão (MR\$/a): Esse valor se refere às despesas de administração e gestão do contrato de concessão que ainda não foram consideradas nas naturezas de custeio das tecnologias de forma individual. O usuário deverá alocar aqui as despesas de:

- Gerenciamento técnico e administração da SPE;
- Fiscalização dos serviços em campo – auditor/verificador Independente;
- Operação do sistema de rastreamento e monitoramento;
- Outras despesas gerais de administração, como seguros, por exemplo.

Célula D30 | Despesas de Investimento com Programas Socioambientais do Contrato de Concessão (MR\$): Esse valor se refere às despesas com programas socioambientais a ser implementados conforme edital do contrato de concessão.

Célula D31 | Despesas de Investimento em Itens Específicos do Contrato de Concessão (MR\$): Esse valor se refere aos custos de investimento em itens específicos do contrato de concessão, como despesas de fechamento e monitoramento de aterros existentes e reformas em estações de transbordo de acordo com as especificidades do contrato de concessão.

Célula D33 | Prazo de Contrato (a): Nessa célula, o usuário deve informar o prazo de duração do contrato a ser usado como referência para cálculo das métricas de rentabilidade do investimento. O usuário deverá fazer análises, avaliações e simulações nas abas **C-Graf Simul Tarifa e C-Simul FEP** de modo a firmar o melhor compromisso entre “Prazo de Contrato” e “Preço da Tarifa de Serviço”, definido na célula D34. O prazo de

contrato impacta as demais variáveis de rentabilidade do projeto: VPL, TIR e Taxa de Lucratividade. Hipoteticamente, para um prazo de contrato igual ao *payback*, os indicadores de VPL e TIR tendem a zero e a Taxa de Lucratividade fica em 100%. Dessa forma, o prazo de contrato deverá ser ligeiramente maior do que o tempo de *payback* de modo a atingir as metas de atratividade típicas do setor. Com esse intuito, a aba **C-Simul FEP** pode ajudar a fazer simulações que permitam ao usuário encontrar o melhor compromisso entre esses dois indicadores e estejam alinhadas aos objetivos estratégicos globais da GIRSU.

Célula D34 | Estimativa da Tarifa do Serviço de Destinação de RSU (R\$/t RSU): Nessa célula, o usuário deve informar o valor da tarifa básica do preço do serviço de tratamento e disposição do RSU a ser usado no fluxo de caixa financeiro do projeto e, consequentemente, no cálculo das métricas de rentabilidade do investimento. Cabe destacar que, entre as métricas de rentabilidade do projeto, o prazo de retorno do investimento, mais conhecido como *payback*, é a única variável que somente é afetada pelo preço da tarifa, diferentemente das demais, que são impactadas também pelo prazo de contrato. Com isso em mente, o usuário deverá fazer análises, avaliações e simulações nas abas **C-Graf Simul Tarifa** e **C-Simul FEP** de modo a definir o valor de tarifa mais adequado ao atingimento dos objetivos definidos para a GIRSU, levando em conta a relação custo-benefício da rota tecnológica, bem como o processo de convencimento da sociedade sobre os objetivos definidos, e sabendo que esse valor da tarifa é o único que definirá o prazo de retorno do investimento, portanto com grande impacto sobre a atratividade do contrato de concessão a investidores privados.

Ainda na área demarcada em amarelo da Figura 97, tem-se, agora do lado direito, as informações dos cálculos das variáveis de rentabilidade de implementação e operacionalização do projeto. Assim, o usuário poderá ver os resultados desses indicadores em função das informações inseridas do lado esquerdo dessa área da planilha, conforme explicado anteriormente.

RESUMO — QUANTITATIVOS DE SUBSTRATOS			RESUMO — INVESTIMENTO & CONTRATO		
	Unid.	Valor		Unid.	Valor
Total de Material Reciclável Recuperado	t/a	149.948	Investimento Total — Tecnol. de Trat. de RSU	MR\$	1.667.925
Qt. Material Reciclável Recuperado — Triagem MAN	t/a	8.451	% Nacionalização do Total dos Investimentos	%	34%
Total de Composto para Uso Nobre Produzido	t/a	130.271	Investimento Total — Capex/t RSU	R\$/t anual RSU	1.967
Total de CDR Produzido	t/a	43.100	Reinvestimento Total Rota (cada 5 anos)	MR\$	25.442
Total de Energia Elétrica Produzida	MWh/a	75.860	Provisão Capex — Fechamento do aterro após 20 anos	MR\$	51.677
Total de Biometano Produzido	Nm ³ /a	18.344.909			
PREMISSAS PARA DEFINIÇÃO DO CONTRATO			ESTIM. TARIFA & RENTAB. INVESTIMENTO		
	Unid.	Valor		Unid.	Valor
Simulação de Contrato Incluindo Coleta	Sim / Não	Não	VPI Total Investimento no Prazo do Contrato	MR\$	1.847.387
Simulação de Contrato Incluindo Receitas Acessórias	Sim / Não	Não	CMPC — Custo Médio Ponto Capital (WACC)	%	10,6%
Compartilhamento Receitas Acessórias com Concedente	%	0%	Índice de Retorno do Inv.: Pay Back	a	26
Estimativa de Crescimento Populacional Anual	%	0,0%	Índice de Retorno do Inv.: VPL	MR\$	0,000
Referência — Produto de Financiamento	CEF/BNDES	CEF	Índice de Retorno do Inv.: TIR	%	0,0%
Despesa Anual Gestão/Administração do Contrato	MR\$/a	1.500	Taxa de Lucratividade do Investimento	%	100%
Custos de Investimento Programas Socioambientais	MR\$	1.500			
Custos de Investimento Itens Específicos do Contrato	MR\$	1.500			
Atualizar TARIFA					
Prazo do Contrato	a	25	Valor Total de Pagamentos no Prazo do Contrato	000 MR\$	7.873
Estimativa Preliminar de Tarifa — Contrato	R\$/t RSU	335,37	VBC — Valor Bás. Cálculo: Rec. Diretas/Nr Economias R\$/Imov. ⁻¹ .m ⁻³		28,53

FIGURA 97 – RESUMO GERAL DA SIMULAÇÃO DA ROTA TECNOLÓGICA: DETALHE DA SIMULAÇÃO DA TARIFA BÁSICA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Assim, temos os indicadores abaixo, que serão mais bem detalhados na explicação da aba C-FCL Real:

Célula H24 | Total de Investimentos no Prazo do Contrato (000 MR\$): Esse valor se refere ao total de investimentos ao longo de todo o período do contrato, trazidos a valores presentes conforme taxas de desconto definidas pelo Wacc do projeto.

Célula H25 | Custo Médio Ponderado de Capital Investidor – Wacc (%): Esse valor se refere à taxa de desconto a ser usada para calcular o fluxo de caixa livre do projeto ao longo do prazo de contrato. Essa taxa de desconto será explicada mais à frente, conjuntamente com as principais métricas de retorno do investimento abordadas nas explicações da aba C-FCL Real.

Célula H26 | Índice de Retorno do Investimento: Payback (a)

Célula H27 | Índice de Retorno do Investimento: VPL – Valor Presente Líquido (MR\$)

Célula H28 | Índice de Retorno do Investimento: TIR – Taxa Interna de Retorno (%)

Célula H29 | Taxa de Lucratividade do Investimento (%)

Célula H33 | Valor Total do Pagamento do Contrato (000 MR\$): Esse valor se refere ao total de faturamento líquido a ser recebido pela concessionária pela prestação do serviço de tratamento e disposição do RSU ao longo do período do contrato. Essa é a informação-base a ser repassada para a aba C-Calc Tarifa, que irá então realizar a distribuição desse pagamento entre os diferentes tipos de consumidores conforme padrão de distribuição a ser explicado na próxima subseção do cálculo da tarifa.

Célula H34 | Estimativa do Valor Básico da Tarifa de Manejo de RSU (R\$/economia/mês): Esse valor se refere ao montante de faturamento anual ao longo do prazo de contrato, distribuído pelo número de economias que custearão o serviço de manejo e tratamento de resíduos a ser implementado de forma casada com o sistema de cobrança de água já existente.

ANEXO III – DETALHAMENTO DA ABA CÁLCULO DE FLUXO DE CAIXA LIVRE DO PROJETO DE IMPLEMENTAÇÃO DA NOVA ROTA TECNOLÓGICA

Na aba **C-FCL Real** estão todas as informações financeiras utilizadas para elaboração do fluxo de caixa financeiro do projeto referente à implementação da rota tecnológica em simulação na ferramenta. A partir desse fluxo de caixa financeiro, serão calculadas as métricas de avaliação da rentabilidade do projeto, que possibilitarão exercitar diferentes cenários para valores da tarifa pública necessária à remuneração do serviço de tratamento e destinação do RSU no período do contrato de concessão para implementação do projeto e operacionalização do serviço. A estruturação geral dessa aba pode ser vista na Figura 98.

	####	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000
Dados Quantitativos RSU		939.000	####	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000
Dados de Capex		358.098	####	549.404	10.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672
Dados de Opex + Coleta		0,000	####	113.199	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424
Dados de Opex (Custo Op. + Coleta + Disp. Aterro)		32.953	####	146.151	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376
Dados de Opex + Gestão do Contrato		34.453	####	147.651	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876
Dados de Receita Acessória		0,000	####	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Dados de Receitas Diretas		314.915	####	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915
Cálculos das Métricas Financeiras do Projeto																		
Margem Operacional do Negócio		280.462	####	167.263	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038

FIGURA 98 – ABA C-FCL REAL – PANORAMA DA ABA FLUXO DE CAIXA FINANCEIRO DO PROJETO

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na sequência, entre as linhas 6 e 28, estão todos os dados referentes às premissas financeiras do potencial acionista privado e de sua estrutura de capital e de financiamento, conforme mostrado na Figura 99.

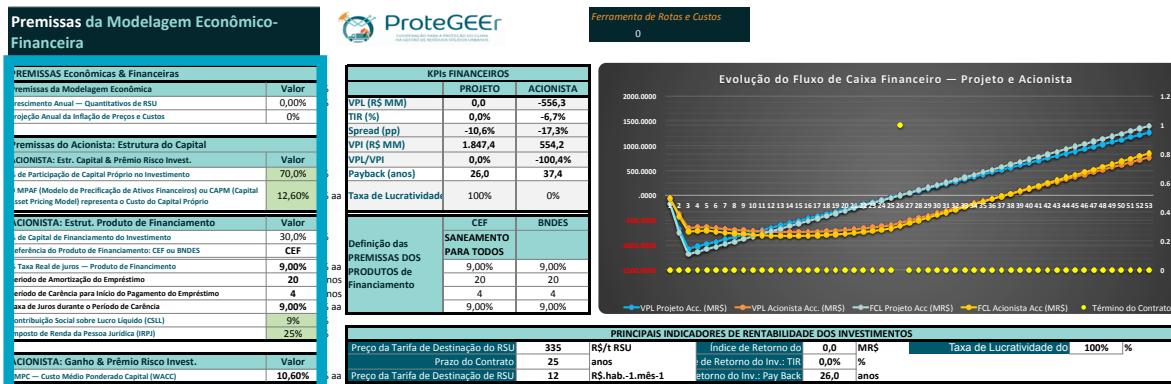


FIGURA 99 – ABA C-FCL REAL – ESTRUTURA DE CAPITAL E FINANCIAMENTO DO ACIONISTA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Essas são as premissas financeiras de estruturação do projeto. Diante da grande sensibilidade das variáveis que medem a atratividade do projeto sobre esses dados, recomenda-se definir e validá-las com os órgãos de controle financeiro da prefeitura ou do consórcio, ou ainda com os técnicos do programa FEP/CEF, de modo a garantir a melhor aderência possível dessas premissas àquelas a serem adotadas nos futuros projetos de concessão quando de sua implementação. Recomenda-se que o cenário de premissas financeiras seja fixado para cada projeto em função do contexto local e dos objetivos da GIRS. As alternativas de rota tecnológica deverão ser simuladas sem alteração dessas premissas financeiras, assegurando-se assim que todas sejam comparáveis entre si.

Na parte de cima da aba C-FCL Real, entre as linhas 1 e 30, está a principal área de interação com o usuário. Na parte esquerda, veem-se as informações a ser inseridas pelo usuário, conforme células em verde mostradas na área demarcada em azul na Figura 100:

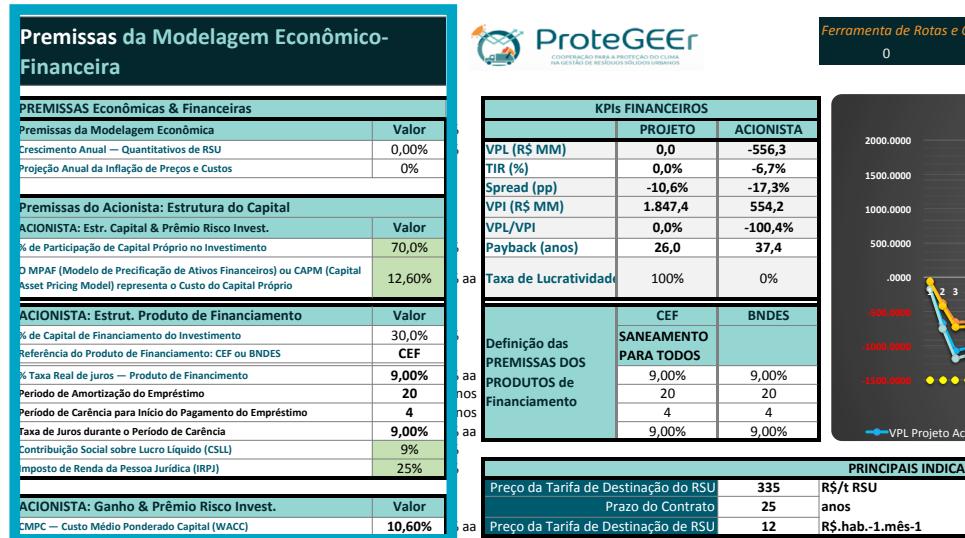


FIGURA 100 – ABA C-FCL REAL – ESTRUTURA DE CAPITAL E FINANCIAMENTO DO ACIONISTA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Nessa região demarcada em azul, temos as seguintes informações:

Célula C13 | Percentual de Participação do Capital Próprio no Investimento (%): Representa o percentual do montante total do investimento que será implementado com recursos próprios do investidor.

Célula C14 | Percentual do MPAF – Modelo de Precificação de Ativos Financeiros (%): Representa o ganho por oportunidade do potencial investidor, ou seja, o ganho percentual mínimo pelo qual o investidor preferiria investir no projeto em vez de outras aplicações de seus recursos. É uma métrica que reflete uma expectativa financeira futura e, assim, recomenda-se que esse valor seja verificado com especialistas financeiros do município ou consórcio ou com técnicos do programa FEP/CEF.

Célula C18 | Referência do Produto de Financiamento – CEF ou BNDES: Essa informação está disponível para seleção do usuário na interface do painel de controle na célula D31, onde então se define se os custos de financiamento do projeto terão como parâmetros de referência um financiamento via CEF (Produto: Saneamento para Todos) ou BNDES (Produto: Finem). Os parâmetros desses produtos de financiamento já estão inseridos no intervalo das células E16:G23.

Célula C24 | Percentual de Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL) (%): Refere-se ao imposto federal de contribuição social sobre o ganho líquido, assim, esse valor deve ser inserido pelo usuário e será usado no estabelecimento do fluxo de caixa financeiro do projeto.

Célula C25 | Percentual de Imposto de Renda da Pessoa Jurídica (IRPJ) (%): Refere-se ao imposto federal a ser recolhido anualmente sobre o ganho de capital das empresas, assim, esse valor deve ser inserido pelo usuário e será usado no estabelecimento do fluxo de caixa financeiro do projeto.

Célula C28 | CMPC – Custo Médio Ponderado Capital (WACC) (%): Todas as informações entre as células C13 e C25 são utilizadas para cálculo do chamado “Custo Médio Ponderado Capital”. Esse percentual busca refletir o ganho anual que o investidor esperaria ter para poder investir na implementação e operacionalização do projeto ao longo do período de contrato sendo simulado.

Na parte direita superior da aba, estão as informações resultantes dos cálculos das principais variáveis de

avaliação do projeto da rota tecnológica sendo simulada, conforme demarcado em azul na Figura 101:

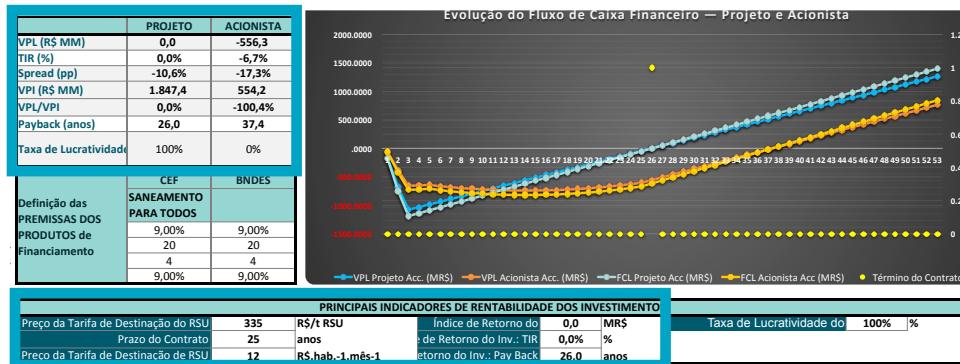


FIGURA 101 – ABA C-FCL REAL – VARIÁVEIS DE AVALIAÇÃO DA RENTABILIDADE DO PROJETO

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na sequência, tem-se um detalhamento das informações da região demarcada em azul, conforme mostrado na Figura 102:

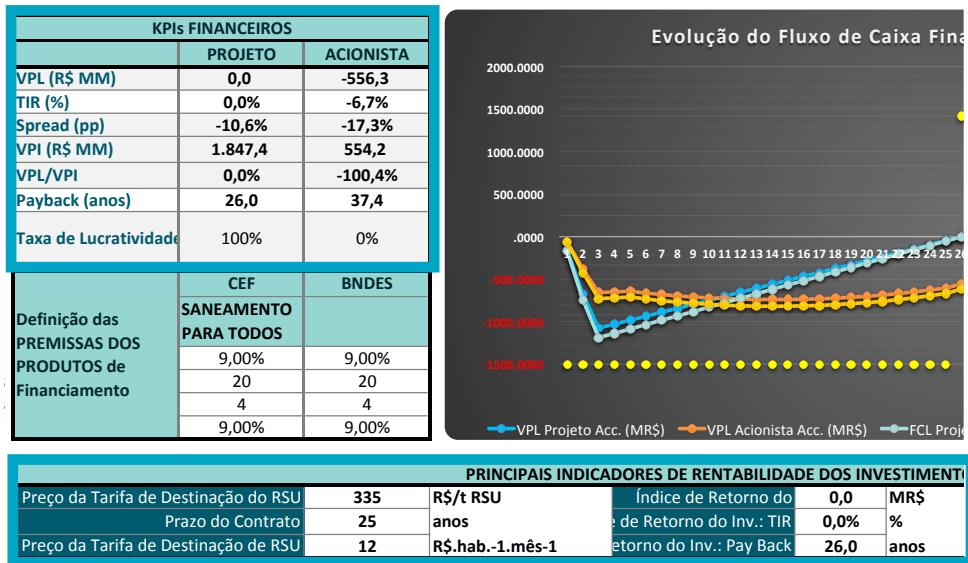


FIGURA 102 – ABA C-FCL REAL – DETALHE DA FIGURA 74

Fonte: Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)

Na Figura 102, na área demarcada em azul a partir da coluna E, estão as principais variáveis de avaliação da rentabilidade do projeto:

Célula G2 | Preço Básico da Tarifa de Serviço de Destinação de RSU (R\$/t RSU): Esse valor é o mesmo inserido na célula D35 da aba do painel de controle. Ele representa o valor unitário das receitas diretas do contrato de concessão, a ser repartido entre todos os imóveis do município ou consórcio – conforme simulação do modelo de distribuição da tarifa disponível na aba C-Calc Tarifa.

Célula G3 | Prazo de Contrato (a): Esse valor é o mesmo inserido na célula D34 da aba do painel de controle. Ele representa o valor referente ao tempo ou prazo de duração do contrato de concessão, conforme simulação da rota tecnológica.

Célula L2 | Índice de Retorno do Investimento – VPL Valor Presente Líquido (MR\$): Esse valor se refere a uma das métricas de avaliação da rentabilidade do investimento. O raciocínio por trás do VPL é o de que, quando ele atingir um valor igual a zero, o investidor teria ganhado no contrato o equivalente ao valor investido no mesmo prazo. Valores de VPL a partir de zero (ou positivos) significam que o investidor está ganhando um retorno igual (ou acima) do valor investido, indicando um investimento viável. Já valores negativos do VPL indicam que o investidor está ganhando menos do que investiu, caracterizando assim um investimento inviável com as variáveis financeiras usadas na simulação: Preço da Tarifa, Prazo do Contrato e Expectativa de Retorno do Investidor (Wacc calculado na célula C28).

Célula L3 | Índice de Retorno do Investimento – TIR Taxa Interna de Retorno (%): Esse valor se refere a uma taxa hipotética de retorno que o investidor teria com as variáveis financeiras usadas na simulação: Preço da Tarifa, Prazo do Contrato e Expectativa de Retorno do Investidor (Wacc calculado na célula C28). Outra forma de entender a TIR é imaginar que ela representa um valor hipotético de Wacc (Expectativa de Retorno do Investidor) no prazo de contrato e valores de tarifa sendo simulados.

Célula L4 | Índice de Retorno do Investimento – Payback da Taxa de Retorno do Investimento (a): Esse valor demonstra o tempo de retorno do investimento com o Preço da Tarifa e a Expectativa de Retorno do Investidor sendo simulados.

Célula Q2 | Taxa de Lucratividade do Investidor (%): Esse valor percentual demonstra o ganho do investidor ao longo do prazo do contrato. Quando este for igual a 100%, significa que o investidor teria um ganho acumulativo no fluxo de caixa financeiro do projeto igual ao que investiu em valores presentes, usando-se a

taxa de desconto ou Wacc calculado e considerando-se o prazo de contrato. Se a taxa de lucratividade tiver um valor inferior a 100%, significa que o investidor teria um retorno abaixo do valor investido, portanto, o investimento seria inviável. Por último, se a taxa de lucratividade for superior a 100%, significa que o investidor teria um ganho acima do que investiu. Todas essas considerações são aplicáveis para o cenário com as variáveis financeiras usadas na simulação: Preço da Tarifa, Prazo de Contrato e Expectativa de Retorno do Investidor (Wacc calculado na célula C28).

Ainda na parte superior da aba **C-FCL Real**, tem-se do lado direito um gráfico onde o usuário pode avaliar a evolução dos valores de fluxo de caixa do projeto conforme demarcado em azul na Figura 103:

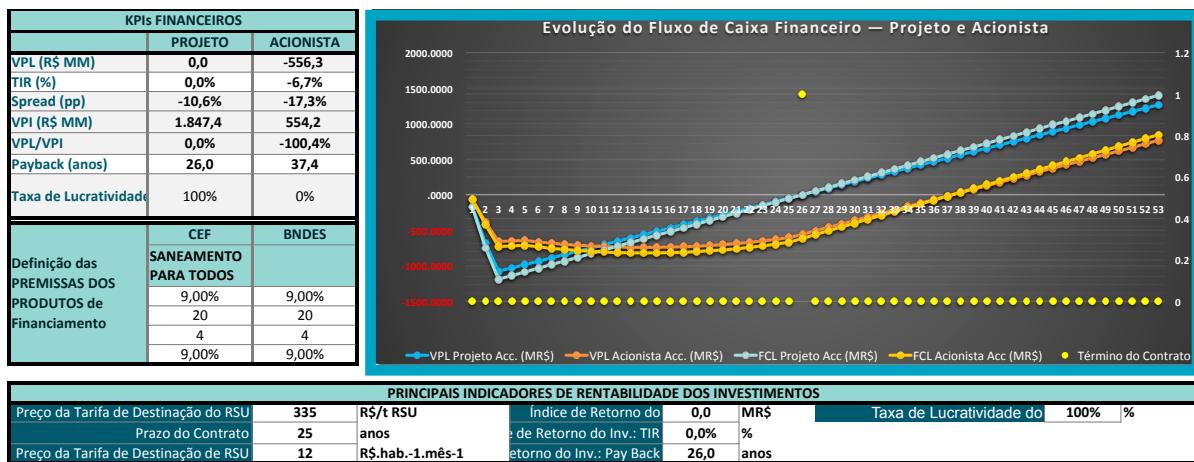


FIGURA 103 – ABA C-FCL REAL – DESTAQUE DO GRÁFICO DE FLUXO DE CAIXA DO PROJETO

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na mesma aba, a partir da linha 31, encontram-se todas as informações detalhadas do fluxo de caixa finan-

ceiro do projeto. Nessa parte da aba, demarcada em azul na Figura 104, não há interações com o usuário dentro da sua atividade de simulação da rota tecnológica, e as principais informações resultantes do fluxo de caixa foram abordadas nos parágrafos anteriores.

Término do Contrato	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ano do Contrato	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	####																
Dados Quantitativos RSU	939.000	####	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	939.000	
Dados de Capex	358.098	####	549.404	10.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	7.672	
Dados de Opex + Coleta	0,00	####	113.199	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	190.424	
Dados de Opex (Custo Op. + Coleta + Disp. Aterro)	32.953	####	146.151	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	223.376	
Dados de Opex + Gestão do Contrato	34.453	####	147.651	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	224.876	
Dados de Receita Acessória	0,00	####	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Dados de Receitas Diretas	314.915	####	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	314.915	
Cálculos das Métricas Financeiras do Projeto																	
Margem Operacional do Negócio	280.462	####	167.263	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	90.038	

FIGURA 104 – ABA C-FCL REAL – VISÃO GERAL DA ESTRUTURAÇÃO DA ABA

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Na área demarcada em azul na Figura 104, temos:

- Linha 32: Estruturação dos anos do fluxo de caixa livre do projeto
- Linhas 35 a 62: Dados dos quantitativos anuais do projeto
- Linhas 63 a 89: Dados dos custos de investimento na rota tecnológica
- Linhas 90 a 116: Dados do Opex: custos operacionais da rota tecnológica conforme o escopo do contrato

-
- Linha 117: Dados do Opex mais custos de transporte e disposição em aterros existentes
 - Linha 119: Dados do Opex conforme a linha 117 acrescidos dos custos de reinvestimento e de gestão administrativa do contrato
 - Linhas 121 a 147: Dados das receitas acessórias dos substratos a serem gerados ou produzidos
 - Linha 148: Dados de faturamento das receitas diretas advindas da cobrança do serviço de manejo de resíduos aos consumidores via sistemática existente de faturamento do serviço de consumo de água
 - Linhas 150 a 186: Cálculos internos das métricas do fluxo de caixa financeiro do projeto

ANEXO IV – DETALHAMENTO DA ABA CÁLCULO DE FLUXO DE CAIXA LIVRE DO PROJETO DE IMPLEMENTAÇÃO DA NOVA ROTA TECNOLÓGICA

Na Figura 105, tem-se uma visão geral da aba, onde se pode perceber a alocação dos gráficos de cada variável. O grupo de gráficos do lado esquerdo permite fixar o prazo de contrato e, assim, variar o preço da tarifa do serviço. Já no grupo de gráficos do lado direito, fixa-se o preço da tarifa do serviço e, assim, pode-se simular diferentes prazos de contrato.



FIGURA 105 – ABA C-GRAF SIMUL FEP – GRÁFICOS DE COMPORTAMENTO DE TARIFA E PRAZO

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Conforme comentado anteriormente, no grupo de gráficos do lado esquerdo, o usuário insere o valor-base da tarifa que deseja simular na célula D3. Na célula D4, informa-se o valor do “delta” de variação do preço da tarifa informado, sendo que o gráfico possui 10 valores de delta acima do valor-base da tarifa de serviço informado e 10 valores da tarifa abaixo da tarifa base da tarifa de serviço informado. Por último, na célula D5, informa-se o valor do prazo de contrato a ser mantido constante para todas as simulações dos gráficos do lado esquerdo. Após inserir essas informações, basta ao usuário clicar no botão “Atualizar”, na célula G4, e todos os gráficos do grupo do lado esquerdo serão atualizados de acordo com as informações inseridas. Veja o detalhe dessas informações na Figura 106.

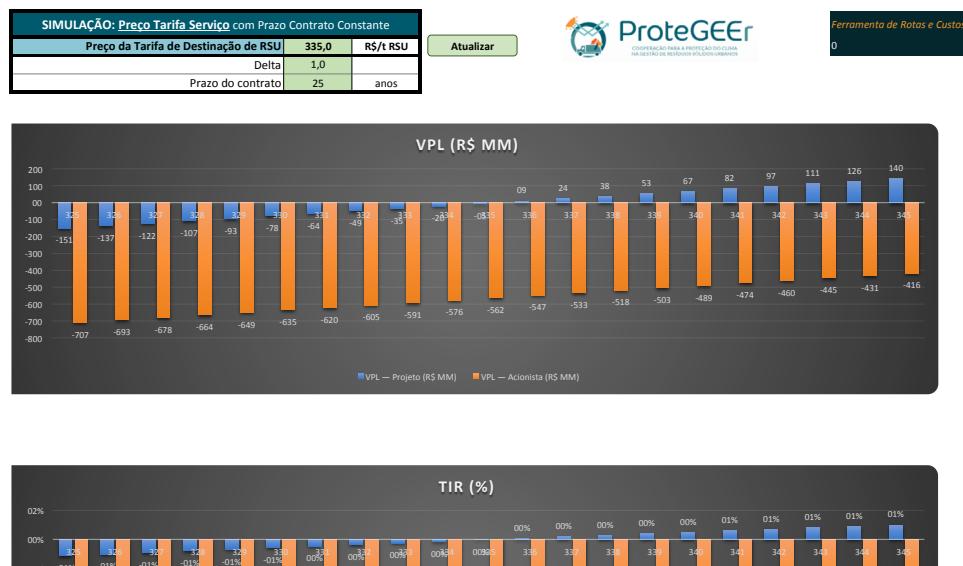


FIGURA 106 – ABA C-GRAF SIMUL FEP – GRÁFICOS DE SIMULAÇÃO DE TARIFA & PRAZO CONSTANTE

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

De maneira análoga, no grupo de gráficos do lado direito, o usuário insere o valor-base do prazo de contrato que deseja simular na célula V4. Na célula V5, informa-se o valor do “delta” de variação do prazo de contrato informado, sendo que o gráfico possui 10 valores de delta acima do valor do prazo de contrato-base informado e 10 valores da tarifa abaixo do valor do prazo de contrato-base informado. Por último, na célula V3, informa-se o valor da tarifa do serviço a ser mantido constante para todas as simulações dos gráficos do lado direito. Após inserir essas informações, basta ao usuário clicar no botão “Atualizar”, na célula Y4, e todos os gráficos do grupo do lado direito serão atualizados de acordo com as informações inseridas. Veja o detalhe dessas informações na Figura 107.

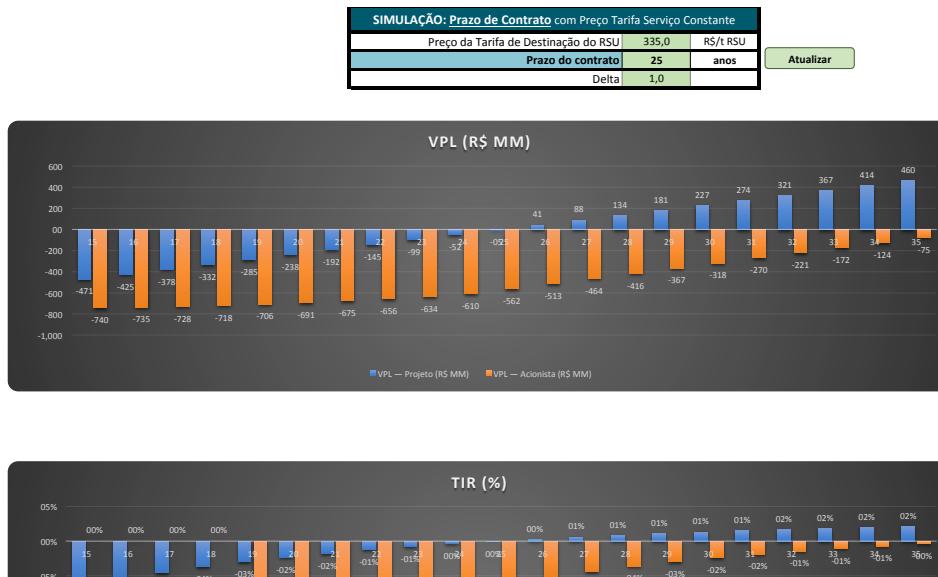


FIGURA 107 – ABA C-GRAF SIMUL FEP – GRÁFICOS DE SIMULAÇÃO DE TARIFA & PRAZO CONSTANTE

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Com esses dois grupos de gráficos para simulação, o usuário tem à disposição uma funcionalidade flexível, que lhe permite, após a definição da rota e da inserção das informações de custos gerenciais relacionadas à rota tecnológica e às especificidades do contrato de concessão ora em simulação, alterar as duas principais variáveis do contrato – preço da tarifa do serviço e prazo de contrato – com o objetivo de melhor avaliar o comportamento da atratividade do projeto em diferentes cenários. Com isso, pode-se construir um racional de convencimento para aprovação dos órgãos competentes de aprovação e validação dos editais de concessão, bem como para a sociedade.

ANEXO V – DETALHAMENTO DA ABA DE CÁLCULO DA DISTRIBUIÇÃO DO CUSTO MÉDIO DA TARIFA DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA NOVA ROTA TECNOLÓGICA

Na Figura 108, detalham-se os tipos ou categorias de imóveis e consumidores. Nessa aba, seguimos o mesmo padrão que nas células na cor verde – o usuário deve inserir a informação solicitada conforme explicações a seguir.

Variáveis Tarifárias BÁSICAS		
	Unidade	Valor
Rec. Anual para Remuner. Contrato	R\$/a	314.915
Preço Básico — Tarifa do Serviço	R\$/t	335
Qt Anual de RSU para Tratamento	t/a	939.000
Ref. Histórica Consumo de Água/hab/dia	L. hab ¹ , d ⁻¹	155
Ref. Histórica Consumo Total Anual de Água	m ³ /a	139.500.000
Relação Básica Consumo de Água / Quantidade RSU	m ³ /t	148.562
Tarifa Serviço Manejo e Tratamento RSU/Consumo de Água	R\$/m ³	2.257

Variáveis Tarifárias SUBSÍDIOS		
	Unidade	Valor
Parcela do custo do serviço de manejo do RSU a ser cobrado dos usuários	%	100%
Valor Anual Subsídio Público ao Serviço de Manejo do RSU	R\$/a	0,000
% Referente ao Custo Serviço Órgão Regulador	%	1,0%
% Referente à Inadimplência Sistema Cobrança de Água	%	5,0%
% Referente ao Custo pela Prestação do Serviço de Cobrança	%	2,5%
Faturamento Anual Serv. Manejo/Trat. RSU — (Pós-subsídio + Inadimpl.)	R\$/a	342.316
Tarifa Serv. Manejo/Trat. RSU/Consumo Água — (Pós-subsídio + Inadimpl.)	R\$/m ³	2,454

Var. Tarif. AJUSTES Rel. Consumo Água/Geração RSU		
	Unidade	Valor
Expectativa Evolução % Relação Consumo Água(t)/Geração RSU(t)	%	0,0%
Faturamento Anual Serviço Manejo e Tratamento RSU — AJUSTADA	R\$/a	342.316

Preço Básico — Tarifa Serviço Manejo/Trat. RSU/Consumo Água — AJUSTADO		
	Unidade	Valor
	R\$/m ³	2,454

Tipos/Categ. Economias	Qt (Unit.)	Qt (%)
Imóveis Resid. — NORMAL	666.667	66,66%
Imóveis Resid. — SOCIAL	166.667	16,67%
Imóveis — Comerciais	166.667	16,67%
Imóveis — Públlicos/Filantrópicos	25	0,00%
Imóveis — Industriais	5	0,00%
Total Imóveis	1.000.030	100,00%

Qt. Imov. RESID. TOTAL	% Imov. RESID. SOCIAL
833.333	20,0%

Variáveis Tarifárias SUBSÍDIOS	Unidade	Valor
% Subvenção SOCIAL:	%	20%
Tar. Resid. SOC / Tar. Resid. NORM		



Valor Básico de Cálculo (VBC): Receita Tot./Nr Economias Consumidor		
VBC Anual - Valor Anual/ Imóvel	R\$/a por Imóvel	342
VBC Mensal - Valor Mensal/Imóvel	R\$/m por Imóvel	29

FIGURA 108 – ABA C-CALC TARIFA – DETALHAMENTO DAS VARIÁVEIS TARIFÁRIAS E TIPOS E CATEGORIAS DE IMÓVEIS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Entre as células D5 e D25, temos as principais variáveis definidas pela simulação da rota tecnológica: faturamento anual para remunerar a implementação do investimento e operação do serviço (célula D5), preço da tarifa (célula D6) e quantitativos anuais de resíduos (célula D7). Na sequência, dentro da área demarcada em azul, tem-se:

Célula D8 | Referencial Histórico do Consumo Unitário de Água por Habitante por Dia (l/hab/d): Esse valor se refere ao dado referencial histórico de consumo anual de água no município ou consórcio. Baseando-se no consumo médio brasileiro de água por habitantes, esse valor seria 155 litros por dia por habitante. Caso o usuário tenha um valor específico para o caso em simulação, poderá inseri-lo nessa célula.

Célula D14 | Parcela Percentual do Custo do Serviço a ser Cobrado dos Usuários admitido pela Política de Cobrança (%): Esse valor percentual se refere ao montante da receita a ser paga pela prestação do serviço que deva ser tarifado aos usuários consumidores. Isso permite ao gestor público simular algum subsídio ou mesmo alguma regra de transição entre uma metodologia de pagamento pelo serviço já existente e a nova sistemática atrelada às faixas de consumo de água.

Célula D16 | Percentual do Faturamento referente ao custo de Serviço do Órgão Regulador (%): Esse valor se refere ao percentual do montante do faturamento anual do serviço de tratamento de RSU a ser repassado ao órgão público regulador desse serviço.

Célula D17 | Referencial Histórico da Inadimplência da Tarifação do Serviço de Consumo Anual de Água (R\$/m³): Esse valor se refere ao dado histórico de inadimplência da metodologia de tarifação do consumo de água de modo a compensá-lo nos valores a ser tarifados no serviço de tratamento do RSU.

Célula D18 | Percentual do Faturamento referente ao Custo de Serviço de Cobrança da Concessionária do Serviço de Cobrança do Abastecimento de Água (%): Esse valor se refere ao percentual do montante do fa-

turamento anual do serviço de tratamento de RSU a ser repassado à concessionária ou empresa/autarquia responsável pelo sistema de cobrança do consumo de água que executará a cobrança da tarifa do serviço de manejo e tratamento do RSU.

Célula D23 | Expectativa de Evolução Percentual em Relação ao Consumo de Água/t RSU (%): Esse valor percentual se refere à expectativa de mudança na relação do consumo de água pelo quantitativo de resíduos. Através dessa variável, o usuário pode ajustar todos os valores das tarifas dos consumidores com um mesmo valor percentual.

Na parte direita da Figura 109, entre as colunas F e K, na área demarcada em azul, temos as informações complementares para a definição dos valores das tarifas dos consumidores.

Variáveis Tarifárias BÁSICAS	Unidade	Valor			
Rec. Anual para Remuner. Contrato	MRS/a	314,915			
Preço Básico — Tarifa do Serviço	R\$/t	335			
Qt Anual de RSU para Tratamento	t/a	939.000			
Ref. Histórica Consumo de Água/hab/dia	L . hab ⁻¹ . d ⁻¹	155			
Ref. Histórica Consumo Total Anual de Água	m ³ /a	139.500.000			
Relação Básica Consumo de Água / Quantidade de RSU	m ³ /t	148,562			
Tarifa Serviço Manejo e Tratamento RSU/Consumo de Água	R\$/m ³	2,257			
Variáveis Tarifárias SUBSÍDIOS	Unidade	Valor			
Parcela do custo do serviço de manejo do RSU a ser cobrado dos usuários	%	100%			
Valor Anual Subsídio Público ao Serviço de Manejo do RSU	MRS/a	0,000			
% Referente ao Custo Serviço Órgão Regulador	%	1,0%			
% Referente à Inadimplência Sistema Cobrança de Água	%	5,0%			
% Referente ao Custo pela Prestação do Serviço de Cobrança	%	2,5%			
Faturamento Anual Serv. Manejo/Trat. RSU — (Pós-subsídio + Inadimpl.)	MRS/a	342,316			
Tarifa Serv. Manejo/Trat. RSU/Consumo Água — (Pós-subsídio + Inadimpl.)	R\$/m ³	2,454			
Var. Tarif. AJUSTES Rel. Consumo Água/Geração RSU	Unidade	Valor			
Expectativa Evolução % Relação Consumo Água[t]/Geração RSU[t]	%	0,0%			
Faturamento Anual Serviço Manejo e Tratamento RSU — AJUSTADA	MRS/a	342,316			
Preço Básico — Tarifa Serviço Manejo/Trat. RSU/Consumo Água — AJUSTADO	R\$/m ³	2,454			
Típos/Categ. Economias	Qt (Unit.)	Qt (%)	Qt. Imov. RESID. TOTAL	% Imov. RESID. SOCIAL	
nóveis Resid. — NORMAL	666.667	66,66%			
nóveis Resid. — SOCIAL	166.667	16,67%			
nóveis — Comerciais	166.667	16,67%			
nóveis — Públicos/Filantrópicos	25	0,00%			
nóveis — Industriais	5	0,00%			
Total Imóveis	1.000.030	100,00%			

Variáveis Tarifárias SUBSÍDIOS	Unidade	Valor	
Subvenção SOCIAL: ar. Resid. SOC / Tar. Resid. NORM	%	20%	

ProteGEer		
CORPO TECNOLÓGICO PARA A PROTEÇÃO EGERAL PARCERIA DE INovação ECONÔMICA		
Ferramenta de Rotas e Custos		
SC-RSU V.1.0 - 11/09/2020		

Valor Básico de Cálculo (VBC): Receita Tot./Nr Economias Consumidor		
BC Anual - Valor Anual / Imóvel	R\$/a por Imóvel	342
BC Mensal - Valor Mensal/Imóvel	R\$/m por Imóvel	29

FIGURA 109 – ABA C-CALC TARIFA – DETALHAMENTO DAS VARIÁVEIS TARIFÁRIAS E TIPOS E CATEGORIAS DE IMÓVEIS

Fonte: *Ferramenta de Rotas Tecnológicas e Custos para Manejo de RSU (MDR, 2021)*

Assim, tem-se:

Célula J7 | Quantitativo TOTAL de Imóveis da Categoria Residencial (-): Esse valor representa a quantidade de imóveis ou economias residenciais no município ou consórcio.

Célula K7 | Percentual Quantitativo da Categoria de Imóveis Residenciais com Subsídio SOCIAL (%): Esse valor percentual se refere à parcela do quantitativo total de imóveis residenciais que são cadastrados como imóveis SOCIAIS, ou aqueles para os quais será aplicado o subsídio público a ser definido na célula I14.

Célula G7 | Quantitativo de Imóveis da Categoria Comercial (-): Esse valor representa a quantidade de imóveis ou economias comerciais no município ou consórcio.

Célula G8 | Quantitativo de Imóveis da Categoria Público/Filantrópico (-): Esse valor representa a quantidade de imóveis ou economias públicos ou filantrópicos no município ou consórcio.

Célula G9 | Quantitativo de Imóveis da Categoria Industrial (-): Esse valor representa a quantidade de imóveis ou economias industriais no município ou consórcio.

Célula H14 | Percentual de Subvenção Social: Tarifa de Resid. SOCIAL/Tarifa Resid. NORMAL: Esse valor percentual representa a parte da tarifa a ser subsidiada para as residências cadastradas como “Residência SOCIAL”. O valor percentual definirá a relação com o valor da tarifa da “Residência NORMAL”.

Célula H23 | Valor Básico de Cálculo (VBC) da Tarifa do Serviço de RSU – Valor Anual/Qt. Total de Imóveis (R\$ Anual /Qt Imóveis): Esse cálculo representa o valor básico anual a ser aplicado a todas as categorias de imóveis conforme os fatores ponderadores a ser explicados na sequência.

Célula H24 | Valor Básico de Cálculo (VBC) da Tarifa do Serviço de RSU – Valor Mensal/Qt. Total de Imóveis (R\$ Mês /Qt Imóveis): Idem acima, mas se refere ao valor mensal.

REFERÊNCIAS

Brasil. 2010. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. DOU, S.1 – Atos Poder Legislativo, Ed.147 de 3 de agosto de 2010.

JUCÁ, J.F.T.; LIMA, J.D; MARIANO, M.O.H.; FIRMO, A.L.B.; LIMA, D.G.A.; LUCENA, L. F.L.; FARÍAS, P.R.R.; CARVALHO JUNIOR, F.H.; CARVALHO, E.H.; FERREIRA, J.A.; REICHERT, G.A. 2014. *Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão*. Jaboatão dos Guararapes: Grupo de Resíduos Sólidos – UFPE. 188p.

McDougall, F.R.; White, P.R.; Franke, M.; Hindle, P. 2001. *Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory*. 2nd Edition. Oxford, England: Blackwell Science.

White, P.R.; Franke M.; Handle P. 1995. *Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory*. Gaithersburg: Aspen Publisher.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Fluxograma de uma rota tecnológica mais simples ou inicial	16
FIGURA 2	Fluxograma de uma rota tecnológica intermediária	17
FIGURA 3	Fluxograma de uma rota tecnológica avançada	19
FIGURA 4	Aba R-Entrada: Visão geral	34
FIGURA 5	Aba R-Entrada: Identificação da rota e geração de resíduos	35
FIGURA 6	Aba R-Entrada: Composição gravimétrica	38
FIGURA 7	Aba R-Entrada: Tipos de coleta	39
FIGURA 8	Aba R-Entrada: Resumo de massa por materiais e por tipo de coleta	39
FIGURA 9	Aba R-Definição: Visão geral	41
FIGURA 10	Aba R-Definição: Informações trazidas da aba R-Entrada	42
FIGURA 11	Aba R-Definição: Definição sobre processos de triagem e destinos dos rejeitos da triagem e dos orgânicos triados	43
FIGURA 12	Aba R-Definição: Massa por tipo de material após a triagem	44
FIGURA 13	Aba R-Definição: Unidade de produção de CDR	45

FIGURA 14	Aba R-Definição: Unidades de tratamento biológico	47
FIGURA 15	Aba R-Definição: Composição do fluxo de rejeitos após triagem, produção de CDR e tratamento biológico	48
FIGURA 16	Aba R-Definição: Unidade de tratamento térmico – incineração	49
FIGURA 17	Aba R-Definição: Disposição final em aterro sanitário e estação de transbordo	50
FIGURA 18	Aba R-Avançado: Variáveis avançadas parametrizadas de eficiência	52
FIGURA 19	Aba R-Fluxo Massa: Fluxograma de balanço de massa da rota tecnológica	55
FIGURA 20	Aba R-Resumo Bal. Massa: Resumo do balanço de massa da rota	57
FIGURA 21	Estrutura Padrão da Aba de Cada Tecnologia da Rota Tecnológica	67
FIGURA 22	Aba das Tecnologias: Dimensionamento do Custo de Investimentos	69
FIGURA 23	Aba das Tecnologias: Dimensionamento Padrão do Custo Operacional	70
FIGURA 24	Aba Painel de Controle: Resumo Geral – Simulação de Rota Tecnológica	79
FIGURA 25	Aba Painel de Controle: Área de Entrada de Dados para Custos	79
FIGURA 26	Área de Entrada de Dados para Custos: Detalhe Ampliado da Fig. 25	80
FIGURA 27	Visão Geral Dados Geração, Coleta, Tratamento e Disposição RSU	80
FIGURA 28	Aba Painel de Controle: Área de Entrada de Dados para Custos	81
FIGURA 29	Área de Entrada de Dados para Custos: Detalhe Ampliado da Fig. 28	81

FIGURA 30	Resumo Geral – Custos Invest. e Custos Operacionais das Tecnologias	82
FIGURA 31	Área de Entrada de Dados para Custos: Detalhe Ampliado da Fig. 28	83
FIGURA 32	Resumo Geral – Receitas Acessórias e Custos Econômicos	83
FIGURA 33	Aba Painel de Controle: Resumo Geral – Simulação da Rota Tecnológica	84
FIGURA 34	Resumo Geral – Simulação de Rota Tecnológica: Detalhe do Resumo de Quantitativos	85
FIGURA 35	Resumo Geral – Simulação de Rota Tecnológica: Detalhe dos Custos da Rota Tecnológica	86
FIGURA 36	Resumo Geral – Simulação de Rota Tecnológica: Detalhe dos Custos por Tecnologia	87
FIGURA 37	Resumo Geral – Simulação de Rota Tecnológica: Detalhe da Simulação da Tarifa Básica	88
FIGURA 38	Resumo Geral – Simulação de Rota Tecnológica: Detalhe da Simulação de Tarifa Básica	88
FIGURA 39	Aba C-FCL Real – Panorama da Aba Fluxo de Caixa Financeiro do Projeto	89
FIGURA 40	Aba C-FCL Real – Estrutura de Capital e Financiamento do Acionista	90
FIGURA 41	Aba C-FCL Real – Estrutura de Capital e Financiamento do Acionista	91
FIGURA 42	Aba C-FCL Real – Variáveis de Avaliação da Rentabilidade do Projeto	92
FIGURA 43	Aba C-FCL Real – Detalhe da Figura 42	93

FIGURA 44	Aba C-FCL Real – Destaque do Gráfico de Fluxo de Caixa do Projeto	94
FIGURA 45	Aba C-FCL Real – Visão Geral da Estruturação da Aba	95
FIGURA 46	Aba C-Graf Simul Tarifa – Destaque do Gráfico de Comportamento da Tarifa	96
FIGURA 47	Aba C-Graf Simul Tarifa – Destaque da Tabela de Variação de PayBack	97
FIGURA 48	Aba C-Graf Simul FEP – Gráficos de Comportamento de Tarifa & Prazo	99
FIGURA 49	Aba C-Calc Tarifa – Estrutura Geral	101
FIGURA 50	Aba C-Calc Tarifa – Detalhamento das Variáveis Tarifárias e Tipos/Categorias de Imóveis	101
FIGURA 51	Aba C-Calc Tarifa – Detalhamento do Cálculo da Tarifa por Categorias de Imóveis	102
FIGURA 52	Aba C-Calc Tarifa – Distribuição do Valor da Tarifa: Fator Ponderador por Categoria do Imóvel	105
FIGURA 53	Aba C-Calc Tarifa – Distribuição do Valor da Tarifa: Fator Ponderante	107
FIGURA 54	Aba C-Calc Tarifa – Distribuição do Valor da Tarifa: Fator Ponderador Faixa de Consumo de Água	108
FIGURA 55	Aba C-Calc Tarifa – Distribuição do Valor da Tarifa: Cálculo de Taxas e Tarifas	108
FIGURA 56	Aba C-Calc Tarifa – Distribuição do Valor da Tarifa: Simulação da Estimativa de Receitas	109
FIGURA 57	Aba C-Calc Tarifa – Consolidação dos Valores Anuais Estimados	110
FIGURA 58	Aba R&C-Painel de Controle – Resumo Geral do Painel Controle	116

FIGURA 59	Aba R&C-Painel de Controle – Detalhe da área azul da Figura 58	117
FIGURA 60	Aba R&C-Painel de Controle – Detalhe da área vermelha da Figura 58	118
FIGURA 61	Aba C-FCL Real – Resumo das informações da Estrutura de Capital	120
FIGURA 62	Aba R&C-Painel de Controle – Detalhe da área azul da Figura 58	121
FIGURA 63	Aba R&C-Painel de Controle – Detalhe da área vermelha da Figura 58	122
FIGURA 64	Aba R&C-Painel de Controle – Detalhe da área vermelha da Figura 93	124
FIGURA 65	Aba R&C-Painel de Controle – Detalhe do botão <i>Atualizar Tarifa</i>	125
FIGURA 66	Aba C-Graf-Simul FEP – Detalhe da Análise de Sensibilidade do Investimento	127
FIGURA 67	Aba C-Graf-Simul FEP – Detalhe da Análise de Sensibilidade do Investimento	128
FIGURA 68	Aba C-Calc Tarifa – Premissas para a Distribuição da Tarifa do Serviço	131
FIGURA 69	Aba C-Calc Tarifa – Fatores de Ponderação Distribuição da Tarifa de Serviço	133
FIGURA 70	Aba C-Calc Tarifa – Fatores de Ponderação Distribuição da Tarifa do Serviço	134
FIGURA 71	Aba C-Calc Tarifa – Tarifas do Serviço de Manejo de RSU Frequência de Coleta	136
FIGURA 72	Aba C-Calc Tarifa – Tarifas do Serviço de Manejo de RSU Frequência de Coleta	139
FIGURA 73	Aba C-Calc Tarifa – Economias por Município/Consórcio Frequência de Coleta	139
FIGURA 74	Aba C-Calc Tarifa – Economias por Município/Consórcio Frequência de Coleta	140
FIGURA 75	Aba C-Calc Tarifa – Economias por Município/Consórcio Frequência de Coleta	141
FIGURA 76	Aba C-Calc Tarifa – Economias do Município/Consórcio Frequência de Coleta	142

FIGURA 77	Aba Painel de Controle: Área de Entrada de Dados para Custos	158
FIGURA 78	Área de Entrada de Dados para Custos: Detalhe Ampliado da Fig. 77	158
FIGURA 79	Resumo Geral dos Custos de Investimento e Custos Operacionais das Tecnologias	159
FIGURA 80	Área de Entrada de Dados para Investimentos e Custos Operacionais	160
FIGURA 81	Área de Entrada de Dados para Investimentos e Custos Operacionais	163
FIGURA 82	Área de Entrada de Dados para Investimentos e Custos Operacionais	168
FIGURA 83	Resumo das Tecnologias Definidas e Capacidades de Dimensionamento	170
FIGURA 84	Resumo das Tecnologias Definidas e Capacidades de Dimensionamento	172
FIGURA 85	Resumo das Tecnologias Definidas e Capacidades de Dimensionamento	173
FIGURA 86	Área de Entrada de Dados para Custos: Detalhe Ampliado da Fig. 28	174
FIGURA 87	Resumo Geral de Dados das Receitas Acessórias e Custos Econômicos	175
FIGURA 88	Custos Complementares e Receitas Acessórias da Rota Tecnológica	176
FIGURA 89	Resumo de Receitas Acessórias e Custos de Tratamento/Disposição	181
FIGURA 90	Resumo dos Dados de Custos da Coleta de Resíduos	183
FIGURA 91	Resumo dos Custos Unitários da Produção/Geração de Substratos	184
FIGURA 92	Aba Painel de Controle: Resumo Geral da Simulação de Rota Tecnológica	185
FIGURA 93	Resumo Geral da Simulação de Rota Tecnológica: Detalhe do Resumo dos Quantitativos	186

FIGURA 94	Resumo Geral da Simulação da Rota Tecnológica: Detalhe dos Custos Operacionais	187
FIGURA 95	Resumo Geral da Simulação da Rota Tecnológica: Detalhe dos Custos por Tecnologia	188
FIGURA 96	Resumo Geral da Simulação da Rota Tecnológica: Detalhe da Simul. da Tarifa Básica	189
FIGURA 97	Resumo Geral da Simulação da Rota Tecnológica: Detalhe da Simul. da Tarifa Básica	193
FIGURA 98	Aba C-FCL Real – Panorama da Aba Fluxo de Caixa Financeiro do Projeto	195
FIGURA 99	Aba C-FCL Real – Estrutura de Capital e Financiamento do Acionista	196
FIGURA 100	Aba C-FCL Real – Estrutura de Capital e Financiamento do Acionista	197
FIGURA 101	Aba C-FCL Real – Variáveis de Avaliação da Rentabilidade do Projeto	199
FIGURA 102	Aba C-FCL Real – Detalhe da Figura 74	200
FIGURA 103	Aba C-FCL Real – Destaque do Gráfico de Fluxo de Caixa do Projeto	202
FIGURA 104	Aba C-FCL Real – Visão Geral da Estruturação da Aba	203
FIGURA 105	Aba C-Graf Simul FEP – Gráficos de Comportamento de Tarifa e Prazo	205
FIGURA 106	Aba C-Graf Simul FEP – Gráficos de Simulação de Tarifa & Prazo Constante	206
FIGURA 107	Aba C-Graf Simul FEP – Gráficos de Simulação de Tarifa & Prazo Constante	207
FIGURA 108	Aba C-Calc Tarifa – Detalhamento das Variáveis Tarifárias e Tipos e Categorias de Imóveis	210
FIGURA 109	Aba C-Calc Tarifa – Detalhamento das Variáveis Tarifárias e Tipos e Categorias de Imóveis	212

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Abas que constituem a parte Rotas – Balanço de Massa	28
TABELA 2	Abas referentes a Custos – Estimativas e Dados Econômicos	59
TABELA 3	Natureza dos Custos Operacionais - Opex	143
TABELA 4	Custos de Investimento – Capex da Tecnologia de Triagem Manual de Materiais Recicláveis	145
TABELA 5	Custos de Investimento – Capex da Tecnologia de Triagem Mecanizada de Materiais Recicláveis	146
TABELA 6	Custos de Investimento – Capex da Tecnologia de Produção de CDR TM – Tratamento Mecânico	147
TABELA 7	Custos de Investimento – Capex da Tecnologia de Produção de CDR TMB – Tratamento Mecânico Biológico	148
TABELA 8	Custos de Investimento – Capex da Tecnologia de Compostagem	149
TABELA 9	Custos de Investimento – Capex da Tecnologia de Biodigestão	150
TABELA 10	Custos de Investimento – Capex da Tecnologia de Incineração	151
TABELA 11	Custos de Investimento – Capex da Tecnologia de Aterro Sanitário	153



ProteGEer

Elaborado por:



Por ordem do



Ministério Federal
do Ambiente, Proteção da Natureza
e Segurança Nuclear



Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Technische
Universität
Braunschweig

MINISTÉRIO DO
DESENVOLVIMENTO REGIONAL



da República Federal da Alemanha