



## ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS NO MUNICÍPIO DE ERECHIM (RS)

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.6.23.IV-010>

Rúbia Carla Passaglia (\*), Carlos Alberto Frantz dos Santos (\*)

\* Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e e-mail [rubia-passaglia@uergs.edu.br](mailto:rubia-passaglia@uergs.edu.br)

### RESUMO

O tratamento e a destinação adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), sempre foi uma dificuldade enfrentada pelos municípios brasileiros. O aumento na geração de RSU e no consumo energético do país, tem levado a novos estudos, visando a redução, a reutilização e a reciclagem dos RSU. Assim, a fração orgânica dos RSU tem sido reconhecida como um potencial recurso para a sua conversão em produtos energéticos, a partir do processo de digestão anaeróbia. O principal subproduto da digestão anaeróbia é o biogás, capaz de ser convertido em energia elétrica, térmica ou biometano. Atualmente, a cidade de Erechim (RS) destina seus RSU para um aterro sanitário, gerando um custo anual de, aproximadamente, R\$ 8 milhões. Portanto, esta pesquisa tem como objetivo analisar a viabilidade econômica do reaproveitamento do biogás para geração de energia elétrica, a partir da fração orgânica dos RSU do município de Erechim (RS). Para a viabilidade econômica calculou-se o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), o *Payback*, o Método de *Payback* Descontado (PBD) e o Fluxo de Caixa Total (FCT), do reaproveitamento do biogás para geração de energia elétrica. Caracterizado como um estudo de caso qualitativo e quantitativo, os dados primários foram obtidos através da realização de entrevista semiestruturada com a Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA) e a Secretaria Municipal de Planejamento, Gestão e Orçamento Participativo (SMPGOP), além de levantamento de orçamentos com empresas fabricantes, fornecedoras e projetistas dos equipamentos necessários para a implantação do projeto. Os dados secundários foram obtidos a partir do levantamento de documentos, normas e contratos públicos que tenham relação com a gestão de RSU do município. A estimativa de produção de biogás foi de 7.998 m<sup>3</sup>/dia e de energia elétrica em 16.795 kW/dia, para as 70 t./dia de RSU. O FCT e o VPL deram positivo para o período de 10 anos das demonstrações projetadas. A TIR, que foi de 28,22% apresentou uma rentabilidade superior a TAM, que era de 14%. O *payback* foi de, aproximadamente, 3 anos e 3 meses enquanto o *payback* descontado foi, em torno de 4 anos e 9 meses. Portanto, conclui-se a viabilidade financeira para o projeto proposto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos sólidos urbanos, Digestão anaeróbia, Energia renovável, Valor Presente Líquido.

### ABSTRACT

The treatment and proper disposal of Urban Solid Waste (MSW) has always been a difficulty faced by Brazilian municipalities. The increase in MSW generation and energy consumption in the country has led to new studies aimed at reducing, reusing and recycling USW. Thus, the organic fraction of MSW has been recognized as a potential resource for its conversion into energy products, from the anaerobic digestion process. The main by-product of anaerobic digestion is biogas, which can be converted into electrical, thermal or biomethane energy. Currently, the city of Erechim (RS) sends its MSW to a landfill, generating an annual cost of, about, R\$ 8 million. Therefore, this research aimed to analyze the economic feasibility of reusing biogas to generate electricity from the organic fraction of MSW in the municipality of Erechim (RS). For economic viability, it was calculated. The Net Present Value (NPV), the Internal Rate of Return (IRR), the Payback, the Discounted Payback Method (PBD) and the Total Cash Flow (FCT) were calculated for the reuse of biogas for energy generation electric. Characterized as a qualitative and quantitative case study, the primary data were obtained through semi-structured interviews with the Municipal Secretariat for the Environment (SMMA) and the Municipal Secretariat for Planning, Management and Participatory Budgeting (SMPGOP), in addition to a survey of budgets with manufacturing companies, suppliers and designers of the equipment needed to implement the project. Secondary data were obtained from the survey of documents, norms and public contracts that are related to MSW management in the municipality. The estimated production of biogas was 7,998 m<sup>3</sup>/day and electricity at 16,795 kW/day, for 70 t./day of MSW. FCT and NPV were positive for the 10-year period of projected statements. The IRR, which was 28.22%, showed a higher profitability than the TAM, which was 14%. The payback was approximately 3 years and 3 months while the discounted payback was approximately 4 years and 9 months. Therefore, the financial viability of the proposed project is concluded.

**KEY WORDS:** Urban solid waste, Anaerobic digestion, Renewable energy, Net present value.



**ATENÇÃO:** A área que está sombreada (em amarelo) é a que poderá ser livremente editada pelo autor do trabalho. Isto é feito para proteger o cabeçalho e o rodapé de eventuais desformatações. Posteriormente, a Comissão Organizadora retirará este sombreado e transformará o texto em arquivo PDF.

## INTRODUÇÃO

Entre 2010 e 2019, o aumento da geração per capita de resíduos aumentou de 348 kg/ano para 379 kg/ano e, conseqüentemente, a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil registrou considerável incremento, passando de 67 milhões para 79 milhões de toneladas por ano (ABRELPE, 2020). Ao serem depositados em aterros e/ou lixões, os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), se decompõem e produzem gases e um líquido com elevada concentração de demanda química de oxigênio (DQO) e ácidos graxos voláteis (AGV) (MALINOWSKY, 2016).

O aterramento dos resíduos impossibilita o seu reaproveitamento, o que vai contra o que recomenda a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010. A PNRS preconiza a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, visto que ela considera a distinção entre resíduo (material que pode ser reaproveitado ou reciclado) e rejeito (material que não é passível de reaproveitamento) (BRASIL, 2010).

Nesse sentido, a fração orgânica dos RSU tem sido reconhecida como um potencial recurso para sua conversão em produtos com valor agregado, a partir de transformações microbianas. Dentre os métodos disponíveis de tratamento da fração orgânica dos RSU está a digestão anaeróbia. A partir da utilização de biodigestores, este método é apontado como uma abordagem promissora, sobretudo por representar oportunidade de reduzir a poluição ambiental e, ao mesmo tempo, minimizar os impactos da crise energética através do aproveitamento do biogás (EDWIGES, 2017).

Para Rocha (2016), a utilização de biodigestores é uma alternativa que associa o adequado tratamento da fração orgânica dos RSU e a diversificação da matriz energética. Para mitigar os problemas associados às mudanças climáticas, o aumento global de investimentos na área de energia sustentável é fundamental e se constitui numa grande oportunidade de desenvolvimento econômico e tecnológico (BRAGANÇA, 2017).

A decisão de investir é uma aposta de que no futuro o capital investido seja recuperado com um lucro que compense o seu custo de oportunidade (SOUSA; SECURATO; PEREIRA, 2015). Todavia, antes de realizar um investimento deste tipo, é necessário um bom planejamento financeiro. O planejamento financeiro delinea o modo pelo qual os objetivos financeiros esperados podem ser alcançados, isto é, através do ato de planejar e estabelecer com antecedência as ações a serem executadas possivelmente trará benefícios e vantagens (DINIZ; SOUZA; DALFIOR, 2016).

Atualmente, o município de Erechim tem um custo anual de, aproximadamente, R\$ 8 milhões para realizar serviços de coleta convencional, coleta seletiva e transbordo de resíduos sólidos do município de Erechim, os quais são encaminhados para aterro sanitário. Dado o elevado custo que a coleta e a destinação de resíduos geram para o município, verifica-se a necessidade de propor alternativas de melhoria ao manejo dos RSU, visto que nenhum estudo publicado nessa área foi encontrado para o município de Erechim (RS).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade econômica para geração de energia elétrica a partir do biogás no município de Erechim (RS).

## METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no município de Erechim, localizado na região norte do estado do Rio Grande do Sul. De acordo com o IBGE (2021), o município é considerado a cidade polo da região do Alto Uruguai gaúcho e a segunda cidade mais populosa do norte do Estado, com 107.368 habitantes. A escolha do município se deu por três motivos: o elevado custo para os cofres públicos com a coleta e destinação dos RSU; por ser o município de referência para a região do Alto Uruguai; e por destinar os RSU gerados no município, atualmente, para um aterro sanitário fora do estado do Rio Grande do Sul. A caracterização metodológica utilizada na pesquisa está descrita no Quadro 1 (próxima página).

Os dados foram obtidos através de fonte primária, com a aplicação de questionário, e fonte secundária como documentos públicos e contratos relacionados aos RSU. Assim, construiu-se um questionário específico aplicado à



Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA) e a Secretaria Municipal de Planejamento, Gestão e Orçamento Participativo (SMPGOP). Neste caso, os gestores públicos solicitaram que o questionário fosse encaminhado via e-mail.

**Quadro 1 – Síntese de caracterização do projeto de pesquisa**

Delimitação			Participantes	Processo de Coleta	Sistematização dos Resultados
Natureza	Nível	Estratégia			
Qualitativa e Quantitativa	Exploratório/ Descritivo e Bibliográfico	Estudo de caso	Secretaria Municipal do Meio Ambiente Secretaria Municipal de Planejamento, Gestão e OP	Aplicação de questionários via email Pesquisa bibliográfica em literatura da área Observação direta e participante	Tabulação dos resultados Transcrição das informações Análise de conteúdo

Ainda como fonte de dados primários, foram solicitados orçamentos, com as fabricantes, fornecedoras ou representantes, dos equipamentos necessários para implantação de uma usina de biogás, utilizando biodigestor, a partir da fração orgânica de RSU. Os dados secundários foram obtidos através de consulta em sites oficiais e acesso à documentos públicos, normas e contratos que estejam relacionados à gestão de RSU do município de Erechim (RS).

Os dados secundários obtidos de fonte documental foram explorados através de uma análise de conteúdo e estatística descritiva, e os dados dos cálculos da viabilidade econômica foram analisados utilizando as técnicas de gestão financeira (VPL, TIR, *Payback*, *Payback* descontado e FCT).

## RESULTADOS

### DIAGNÓSTICO DO GERENCIAMENTO DOS RSU

A partir do questionário aplicado foi possível constatar que os RSU do município de Erechim (RS) são destinados para um aterro sanitário, localizado no município de Ipumirim (SC), distante, aproximadamente, 100 km. Sobre a composição gravimétrica dos RSU do município, a SMMA relatou que em 2013, ano de elaboração do Plano Municipal de Resíduos Sólidos, foi realizado estudo gravimétrico dos resíduos coletados, resultando em 21% de papel/papelão, 8,4% de plástico, 4,4% de metais, 1,3% de vidro, 58,6% de matéria orgânica e 6,3% de outros materiais.

De acordo com a SMMA, o levantamento do histórico de pesagens e custos dos serviços de coleta e transbordo, iniciou em outubro de 2019. Desde então, verificou-se uma redução na geração de resíduos, correspondendo a 2,32 %. Considerando o período entre outubro de 2019 a setembro de 2022, a geração média mensal, de resíduos orgânicos foi 1.829,49 toneladas. A partir dos dados da SMMA, constatou-se que a geração per capita de fração orgânica de RSU para o município é 0,57 kg/hab/dia.

Com relação aos custos, verificou-se, no mesmo período da geração, que a média mensal, com coleta (convencional e seletiva), transbordo, transporte e destinação final foi de R\$ 398.521,66. De acordo com os dados da SMMA, houve um aumento significativo nos custos do período entre outubro/2021 a setembro/2022 com relação ao período entre outubro/2020 e setembro/2021, correspondendo a um acréscimo de 45,9%. Sobre os custos com destinação final, a SMMA informou não ter os dados compilados do período anterior a 2022, sendo que as notas fiscais e demais informações foram encaminhadas para o arquivo central da Prefeitura Municipal. Portanto, este custo não foi levado em consideração nesta pesquisa.

Apesar de haver coleta seletiva no município, a SMMA relatou que ainda existem alguns problemas em relação a alguns materiais, como o vidro, pois mesmo com campanhas e publicações sobre o tema eles frequentemente são descartados inadequadamente. Com relação ao aterro sanitário do município, foi possível identificar que este não está operando desde 2017, mas que ocorre manutenção em função do tratamento do chorume que é gerado pela deposição dos resíduos. O respondente informou que aterro possui uma área de 10,7 hectares e que a atual gestão municipal iniciou os estudos ambientais para sua regularização, com o objetivo de reutilizá-lo para disposição final dos resíduos municipais.



Quando questionada sobre utilizar a área do aterro para implantação de um biodigestor, a SMMA informou que seria uma opção interessante para a administração, mas que o local possui pouco menos de 1 hectare de área livre, sendo que este local fica próximo às lagoas de estabilização que possui drenos e tubulações. Posto isso, seria necessário um estudo mais aprofundado do local para analisar a viabilidade técnica de construir um biodigestor nessa área.

### CÁLCULO DA ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS E ENERGIA ELÉTRICA

A determinação da concentração de matéria orgânica em substratos sólidos ou semissólidos é realizada por meio da determinação do teor de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) e sólidos fixos (SF), sendo que, de uma forma geral, pode-se dizer que quanto maior o percentual de SV em relação aos ST, maior será o potencial de produção de biogás de um substrato. (BRASIL, 2016). Entretanto, conforme o mesmo autor, a melhor alternativa para uma estimativa com um nível maior de acurácia da produtividade real de metano para determinado substrato é a realização de ensaios de degradabilidade do material em reatores em escala de laboratório.

A Tabela 02, do Capítulo 1, do livro Conceitos para o Licenciamento Ambiental de Usinas de Biogás (BRASIL, 2016), apresenta a caracterização de resíduos orgânicos segregados na fonte, contendo o potencial de produção de biogás por tonelada para o substrato da fração orgânica dos RSU, conforme resume o Quadro 2.

**Quadro 2 – Caracterização da fração orgânica dos RSU para potencial de produção de biogás. Fonte: Adaptado de Brasil (2016).**

ST (%)	SV (%)	POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS/SV (Nm <sup>3</sup> /t SV)	POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS/t(Nm <sup>3</sup> /t)	TEOR DE METANO NO BIOGÁS (% CH <sub>4</sub> )
15-20	85-95	850	110-160	55-60

Utilizando o valor médio mensal da quantidade de RSU gerado no município de Erechim e o valor médio do potencial de produção de biogás/t apresentado no Quadro 2, podemos estimar do potencial de produção de biogás para o município em 246.981,15 m<sup>3</sup>/mês

Em condições normais de temperatura e pressão, 1m<sup>3</sup> de biogás bruto, contendo 60% de CH<sub>4</sub>, possui poder calorífico de 21,5 MJ, ou seja, 5,97 kWh de energia elétrica equivalente (EDWIGES, 2017). Nesse sentido, podemos estimar a produção de energia elétrica, utilizando a estimativa do potencial de produção de biogás, em 1,47 MWh de energia elétrica renovável por mês.

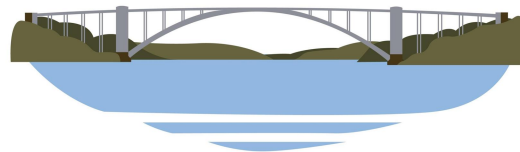
### ARRANJO FÍSICO E TECNOLÓGICO PROPOSTO

As instalações de uma usina de biogás requerem infraestrutura específica para recebimento e armazenamento dos substratos e produtos. O município de Erechim possui a coleta seletiva implementada desde 2010, aproximadamente, e com as associações de recicladores sólidos e atuantes. Esse processo já possui local físico e pode ser caracterizado como a etapa de recepção e pré-tratamento do substrato que será encaminhado para o biodigestor.

Os resíduos que não forem passíveis de reciclagem serão encaminhados junto com os resíduos orgânicos da coleta convencional para um equipamento que promove a desidratação mecânica separando o material orgânico e o lodo do material sintético. Essa etapa é muito importante, pois o material orgânico separado é o substrato que será encaminhado para o biodigestor.

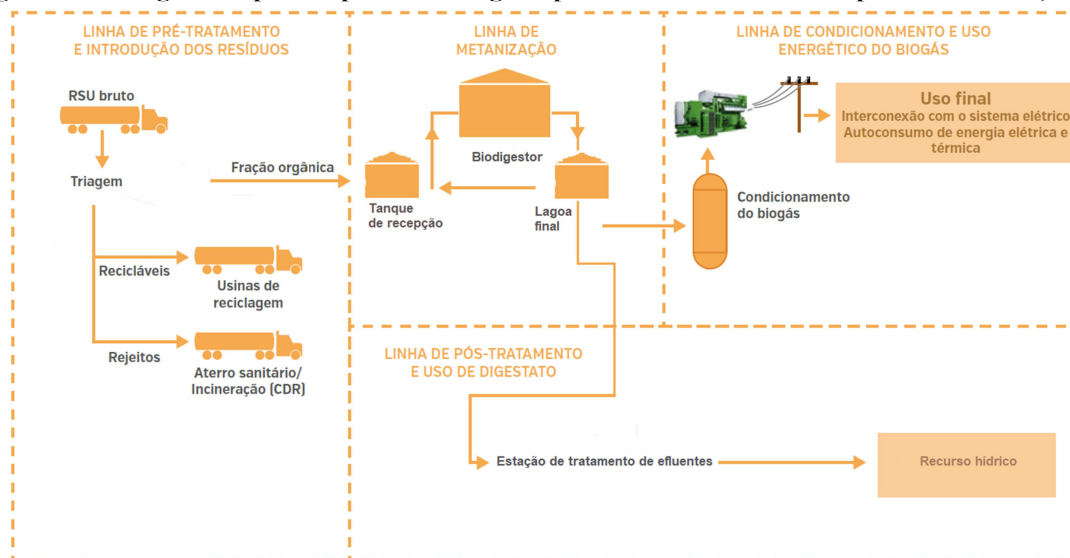
O biodigestor será o responsável pela geração do biogás, para posterior conversão em energia elétrica, e pelo digestato (ou biofertilizante) que, neste caso, será encaminhado para a estação de tratamento de efluente (ETE). O biodigestor proposto para este estudo foi o modelo de mistura contínua *Continuous Flow Stirred Tank Reactor (CSTR)*, utilizado para digestão anaeróbia de substratos mais densos, como é o caso dos RSU. Os reatores CSTR são a tecnologia mais difundida internacionalmente para a digestão de substratos complexos com alto valor energético e podem ser considerados como o estado da arte da tecnologia (BRASIL, 2016). O modelo proposto possui agitação mecânica, controle e constância da temperatura interna, controle do pH e dessulfurização do biogás para evitar a corrosão do grupo moto-gerador.

A utilização dos grupos geradores são a maneira mais comum para a conversão do biogás em energia elétrica. Estes, são formados por um motor a combustão acoplado a um gerador elétrico, também conhecido como *Combined Heat and*



Power-CHP (BRASIL, 2016). Devido à produção de calor na queima do biogás, este equipamento será utilizado em sistema de cogeração com o biodigestor, produzindo o calor necessário para que a temperatura fique constante no seu interior, principalmente nos meses mais frios do ano. Outro ponto levado em consideração no cálculo de geração de energia é a eficiência elétrica dos motores a gás que pode variar de 34 a 45%, enquanto os motores bicombustíveis variam de 30 a 45% (BRASIL, 2016). A Figura 1, apresenta o fluxograma proposto da planta de produção de biogás a partir da fração orgânica dos RSU do município de Erechim.

**Figura 1 - Fluxograma típico de planta de biogás a partir de RSU. Fonte: Adaptado de Brasil (2016).**



### INVESTIMENTOS PRÉ-OPERACIONAIS E CUSTOS FIXOS

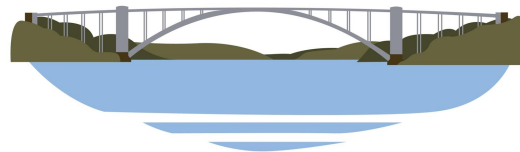
O orçamento para implantação da usina no município de Erechim foi fornecido pela empresa ARCHEA América Latina, uma empresa alemã com sede no município de Pomerode (SC) e que possui mais de 150 projetos executados em diversos países do mundo. Além de fornecer os custos de investimento pré-operacionais necessários para a implantação da usina, apresentados no Quadro 3, a empresa estimou a produção de biogás em 7.998 m<sup>3</sup>/dia e de energia elétrica em 16.795 kW/dia, para as 70 t./dia de RSU.

**Quadro 3 - Estimativa de custo para implantação da usina de biogás**

SERVIÇO	R\$
Projeto e peças importadas	4.287.617,00
Tanque de recepção-Civil	315.805,00
Biodigestor-Civil	2.117.145,00
Lagoa final-Civil	320.000,00
Projeto Estação de tratamento do digestato	20.000,00
Grupo gerador	2.208.000,00
Área 1 hectare	350.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>9.618.567,00</b>

O potencial de produção de biogás apresentado pela empresa, está dentro dos valores estimados anteriormente, ou seja, afere-se uma produção mensal de, aproximadamente, 239.940 m<sup>3</sup>/mês de biogás. Já o potencial de produção de energia estimado pela empresa ficou abaixo do calculado, pois, acredita-se, que a empresa considerou a eficiência do grupo moto-gerador (35%), responsável por converter o biogás em energia elétrica.

Projetos de biogás no setor de RSU podem ser instalados de forma descentralizada e próximos aos centros urbanos, em áreas industriais específicas, de forma a simplificar e reduzir os custos com logística e manejo do RSU em geral



(BRASIL, 2016). Nesse sentido, adicionou-se o custo de uma área de 1 hectare para instalação da usina, localizada próxima ao aterro sanitário do município, a 10 km do centro do município, pensando em facilitar a logística do transporte dos resíduos.

Os únicos custos que não foram levantados foram o custo da execução da estação de tratamento do digestato e o custo da parte elétrica, tanto o projeto quanto a execução. A energia elétrica gerada será injetada na rede, logo a necessidade de um projeto elétrico elaborado por um responsável técnico e aprovado pela concessionária local. Já o digestato precisa atingir os parâmetros necessários para ser lançado no curso hídrico, o que só é possível a partir de análises laboratoriais.

Apesar de, neste caso, a produção de energia elétrica ser o produto principal da análise de viabilidade econômica derivado do biogás, é importante lembrar que há, também, a possibilidade de comercializar créditos de carbono, no mercado financeiro, e comercializar biofertilizantes, na região agrícola, o que poderá resultar em um crescimento no valor do projeto, derivado das oportunidades futuras de investimento.

Como custos fixos identificou-se o custo operacional da planta e 3 funcionários, e como variáveis não foi identificado nenhum custo. O custo operacional apresentado foi fornecido pela empresa ARCHEA que estimou em R\$ 0,27 por kW gerado. Além disso, considerou-se o custo do salário e encargos para manter um operador na planta.

Apesar de serem considerados custos fixos, entende-se que estes valores virão a sofrer reajustes com base na inflação ao longo dos próximos 10 anos, que é o período levado em consideração nos cálculos dos indicadores financeiros. Posto isso, utilizou-se como referência a inflação acumulada do período de 2011-2021 (últimos 10 anos), que foi de 67,21%, obtida em consulta ao site do Banco Central do Brasil. Por fim, somou-se, em cada ano projetado, este valor de inflação ao custo fixo calculado, resultando em R\$ 153.186,80, conforme apresenta o Quadro 4.

**Quadro 4 - Custos fixos projetados**

<b>Serviço</b>	<b>Custo mensal (R\$)</b>
Custo operacional da planta	136.039,50
3 funcionários	7.500,00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>143.539,50</b>
Inflação anual	6,721%
<b>TOTAL</b>	<b>153.186,80</b>

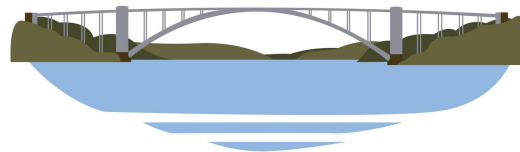
## RECEITAS PROJETADAS

As receitas projetadas aqui consideradas incluem a economia da fatura de energia elétrica e a economia com o transbordo dos RSU. O consumo médio de energia mensal do setor público é 185.000 kW custando, aproximadamente, R\$ 180.000,00, conforme o questionário aplicado. E o custo de transbordo no período de out./2021 a set./2022 foi de R\$ 505.468,88. De acordo com a produção de energia elétrica estimada pela empresa ARCHEA, que foi de 503.850 kW por mês, é possível eliminar os custos do setor público com energia elétrica e comercializar o excedente de, aproximadamente, 318.000 kW. Pelo *know-how* e experiência da empresa ARCHEA, optou-se por utilizar as suas estimativas de geração de biogás e energia para os cálculos de investimento analisados.

Consulta realizada no site da concessionária local de energia, constatou que a tarifa de energia está custando em torno de R\$ 0,58 o kWh para o município de Erechim. Comercializando o excedente de energia a um preço de R\$ 0,48 o kWh, calcula-se uma receita anual de R\$ 1.831.680,00.

Portanto, o custo anual de energia elétrica é de R\$ 2.160.000,00 que somado ao custo anual de transbordo e a comercialização do excedente de energia, totaliza em uma receita anual de R\$ 4.497.148,88.

Da mesma forma que nos custos fixos, entende-se que estes valores da receita virão a sofrer reajustes com base na inflação ao longo dos próximos 10 anos. Portanto, adicionou-se ao valor da receita a inflação de 6,72%, para cada ano. Com isso, o valor da receita anual resultou em R\$ 4.799.402,26.



### ANÁLISE DOS CÁLCULOS DE INVESTIMENTO

Para estimar a depreciação das instalações, utilizou-se a taxa de 10% ao ano, conforme sugerem Ross et al. (2013). Esta taxa é multiplicada pela soma dos valores dos equipamentos e materiais que sofrem depreciação ao longo dos anos. O valor anual da depreciação, para os 10 primeiros anos do investimento, foi estimado em R\$ 924.856,67 ao ano.

De posse das informações referentes aos custos fixos, custos variáveis, projeção de receitas e depreciação, foi possível calcular o valor referente ao Lucro antes da dedução de juros e impostos (Lajir), conforme mostra o Quadro 5.

**Quadro 5 - Demonstrações projetadas**

	ANO 1 (R\$)	ANO 2 (R\$)	ANO 9 (R\$)	ANO 10 (R\$)
RECEITA	4.799.402,26	4.799.402,26	4.799.402,26	4.799.402,26
CUSTOS VARIÁVEIS	-	-	-	-
CUSTOS FIXOS	1.838.241,60	1.838.241,60	1.838.241,60	1.838.241,60
DEPRECIÇÃO	924.856,70	924.856,70	924.856,70	924.856,70
LAJIR	2.036.303,96	2.036.303,96	2.036.303,96	2.036.303,96
IMPOSTO	-	-	-	-
LUCRO LÍQUIDO	2.036.303,96	2.036.303,96	2.036.303,96	2.036.303,96

Com a soma do Lajir mais a depreciação, e descontados os impostos, que neste caso não tem incidência, é possível obter o Fluxo de Caixa Operacional (FCO), sendo o valor estimado em R\$ 2.961.160,66 nos 10 anos. A partir disso, e considerando que os equipamentos e investimentos pré-operacionais serão realizados com capital do poder público municipal, sem aporte de financiamento, obteve-se os valores para FCT, TIR, *Payback* e *Payback* descontado.

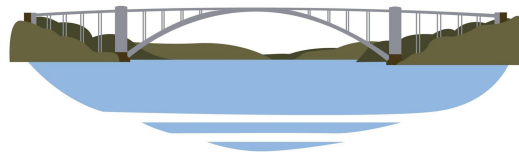
Com o valor do FCO calculado, o valor do Capital Circulante Líquido (CCL) - que é uma importância em dinheiro destinada para pagar os gastos necessários, até que o primeiro pagamento pelo produto vendido seja respondido - e os gastos com capital, obtêm-se o Fluxo de Caixa Total (FCT) para o ano 0 de - R\$ 9.618.567,00. Para os 10 anos seguintes, com o início do retorno produtivo o FCT ficou em R\$ 2.961.160,66.

O VPL traz ao valor presente um valor futuro, representando a diferença entre os recebimentos e pagamentos de um projeto de investimento em valores monetários atuais. Ao realizar o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) de cada ano, exigiu-se uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 14,00% ao ano, visto que esta é superior à taxa SELIC, que hoje está 13,75% anualizada. Dessa forma, o VPL total obtido, foi de R\$ 5.827.189,45. Assim, este dado sugere que, antes mesmo de ser implantado, este projeto tem potencial ser um investimento viável para execução, devido ao elevado valor calculado. Calculando os valores do VPL apresentados para os 10 anos seguintes, percebeu-se que o número é positivo, o que caracteriza a viabilidade do projeto. Pode-se dizer então que o VPL é uma forma de avaliar a lucratividade de uma proposta de investimento.

A TIR está relacionada ao VPL, pois com ela tentamos encontrar uma única taxa de retorno que resuma os méritos de um projeto. A TIR calcula a taxa de desconto que deve ter um fluxo de caixa para que seu VPL se iguale a zero e é usada para avaliar a atratividade de um projeto, refletindo a qualidade de um investimento, ou seja, ela demonstra o quanto rende um projeto de investimento considerando a mesma periodicidade dos fluxos de caixa do projeto. Como base de regra, um investimento é rentável se a TIR exceder ao retorno exigido (no caso 14,00%), caso contrário deve se ser recusado. Para desenvolver este cálculo, utilizou-se de uma planilha de Excel e o resultado obtido para a TIR foi de 28,22%. Este é outro dado que aponta para uma possível viabilidade do sistema produtivo, visto que o mesmo trará um retorno superior ao percentual exigido.

Em relação ao *Payback*, que determina o tempo necessário para obter o retorno do valor investido, utilizou-se da soma do FCT, até zerar o valor do investimento. Assim, chegou-se ao resultado de 3 anos e 3 meses, sem considerar os possíveis novos investimentos necessários, devido a manutenção das instalações. Para o *Payback* descontado utilizou-se da soma do FCT descontado até zerar o valor do investimento, chegando a um resultado de 4 anos e 9 meses, aproximadamente. Pode-se dizer que o investimento terá um tempo de retorno consideravelmente curto para os dois *Payback* analisados.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS



A partir do objetivo geral proposto para este trabalho, percebe-se que o tratamento de RSU com a geração de biogás oferece vantagens sociais, ambientais e econômicas. Dentre essas vantagens destaca-se que o volume de resíduos que seriam destinados a aterros diminui e consequentemente seu período de atividade é aumentado, além de ocorrer uma redução na emissão de GEE provenientes da degradação não controlada de resíduos orgânicos, e da possibilidade da geração de energia elétrica renovável através da utilização do biogás (ROCHA, 2016). É possível destacar também, que projetos como esse não interferem no trabalho realizado pelas associações de catadores, sendo que podem vir a contribuir com eles a partir do momento que a população toma consciência da necessidade de separação correta dos resíduos em suas residências.

Verificou-se que, devido aos seus benefícios, projetos de geração de biogás são fundamentais para garantir o desenvolvimento sustentável e contribuir com os ODS da ONU. Além de proporcionar um tratamento ambientalmente adequado para os RSU, projetos como esse promovem o desenvolvimento do saneamento básico, reduzindo a emissão de GEE e contribuem para a diversificação da matriz energética brasileira.

Com relação a gestão dos RSU pelo município de Erechim (RS), foi possível diagnosticar que a atual forma de coleta, tratamento e transbordo dos RSU possui um custo mensal muito elevado. Neste ano de 2022, a média aritmética do gasto, entre janeiro e setembro, com coleta (convencional e seletiva), transbordo, transporte e destinação final foi de R\$ 864.796,34. Além disso, constatou-se um aumento significativo nos custos do período entre outubro/2021 a setembro/2022 com relação ao período entre outubro/2020 e setembro/2021, correspondendo a um acréscimo de 45,9%.

Em contrapartida, constatou-se que geração de fração orgânica de RSU pela população do município de Erechim (RS) reduziu em 2,32% ao longo do período analisado. Não possível identificar se houve alteração na quantidade gerada dos resíduos da coleta seletiva, pois estes não passam pelo processo de pesagem.

Constatou-se uma geração de 70 t/dia de fração orgânica de RSU, valor que nos mostrou que o município de Erechim/RS, possui um grande potencial de produção de energia, através do reaproveitamento do biogás gerado, utilizando o processo de tratamento a partir da digestão desses resíduos, além de ser possível gerar créditos de carbono e biofertilizante.

O modelo de arranjo tecnológico proposto é semelhante ao implantado no município de São Bento do Sul (SC), que foi implementado pela empresa ARCHEA Biogás. O modelo de biodigestor adotado para este trabalho foi o modelo de mistura contínua *Continuous Flow Stirred Tank Reactor (CSTR)*, também da empresa ARCHEA Biogás, que por possuir maior tecnologia agregada é, justamente, utilizado para digestão anaeróbia de substratos mais densos e com maior presença de sólidos, como é o caso da fração orgânica dos RSU.

Fazendo uma comparação, da estimativa de produção de biogás, entre o valor calculado pela metodologia proposta e o valor calculado pela empresa fornecedora do biodigestor, nota-se que os valores ficaram próximo sendo 246.981,15 e 239.940 m<sup>3</sup>/mês, respectivamente.

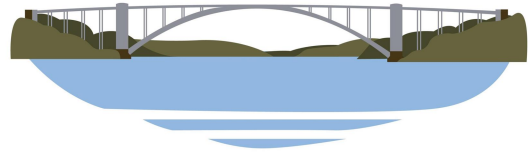
Com relação a estimativa de geração de energia elétrica, houve diferença entre o valor calculado utilizando a metodologia proposta e o valor fornecido pela empresa do biodigestor. Para o primeiro estimou-se uma geração de 1.474.477,47 kWh, enquanto para o segundo a estimativa foi de 503.850 kW/mês. Acredita-se que esta diferença seja em função de que a estimativa da empresa leva em consideração a eficiência do grupo moto-gerador em 35%, o qual é responsável por converter o biogás em energia elétrica.

A análise financeira foi realizada utilizando as estimativas de produção de biogás e energia elétrica fornecidas pela empresa ARCHEA. Ao realizar o estudo acerca da viabilidade econômico-financeira do arranjo tecnológico proposto neste estudo, chegou-se aos seguintes resultados: (i) Custos pré-operacionais totais: R\$ 9.618.567,00; (ii) Custos fixos anuais (até 10 anos): R\$ 1.838.241,60; (iii) Custos variáveis: R\$ 0,00; (iv) Lucro líquido estimado (até 10 anos): R\$ 2.036.303,96; (v) FCT para o ano 0: - R\$ 9.618.567,00; (vi) Fluxo de caixa total para os anos 1 a 10: R\$ 2.961.160,66. Além destes dados identificou-se VPL Total: R\$ 5.827.189,45; TIR: 28,22%; *Payback* de 3 anos e 3 meses; e *Payback* descontado de 4 anos e 9 meses. Com estas informações é possível considerar a viabilidade do sistema proposto, sem considerar a possibilidade de comercializar os créditos de carbono e o biofertilizante.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abrelpe. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. Dez. 2020.





2. Abrelpe. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**. Dez. 2021
3. Bragança, G. G. F. de. O Financiamento de Energia Renováveis Alternativas no Brasil. **Caderno Opinião**. FGV Energia, 2017.
4. Brasil. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Diário Oficial da União**: 03/08/2010.
5. Brasil. Secretaria Nacional de Saneamento Básico. Probiogás. **Conceitos para o licenciamento ambiental de usinas de biogás**. Brasília, DF: Ministérios das Cidades, 2016.
6. Diniz, J. P. A.; Souza, C. A.; Dalfior, V. A. O. Análise da viabilidade econômico-financeira dos projetos da microempresa Alfa. **Anais... III SEGeT**, out./nov. 2016.
7. Edwiges, T. **Biodigestão anaeróbia de resíduos vegetais provenientes de central de abastecimento**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascável, PR, ago. 2017.
8. Malinowski, C. **Tratamento dos resíduos sólidos orgânicos da UFSC através de biodigestor anaeróbio**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, SC, 2016.
9. Rocha, C. M. da. **Proposta de implantação de um biodigestor anaeróbio de resíduos alimentares**. TCC (Graduação). Universidade Federal de Juiz de Fora, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Juiz de Fora, 2016 Ross et al. (2013).
10. Souza, A. F. De.; Securato, J. R.; Pereira, M. A. Alavancagem Operacional: do VPL às opções reais. **Revista FAE**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 32-51, jan./jun. 2015.