

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDO NETO
GIOVANNA DE FERREIRA BANDEIRA
LAIS CALDAS BRESSAM
LUCAS AVOSANI
LUIZA SERENATO

**ANÁLISE TÉCNICA E FINANCEIRA DO APROVEITAMENTO DE
BIOGÁS GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO DE CURITIBA
SOB A PERSPECTIVA DE UMA EMPRESA DE PROJETOS**

CURITIBA

2020

EDUARDO NETO
GIOVANNA DE FERREIRA BANDEIRA
LAIS CALDAS BRESSAM
LUCAS AVOSANI
LUISA SERENATO

**ANÁLISE TÉCNICA E FINANCEIRA DO APROVEITAMENTO DE BIOGÁS
GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO DE CURITIBA SOB A
PERSPECTIVA DE UMA EMPRESA DE PROJETOS**

Projeto apresentado ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis e Eficiência Energética.

Orientador: Prof. Dr. Christian Scapulatempo Strobel.

CURITIBA
2020

RESUMO

Este artigo teve como objetivo o estudo técnico e econômico do aproveitamento do biogás de aterros sanitários sob a perspectiva de uma empresa de projetos. Um estudo de caso foi abordado, considerando a cidade de Curitiba. Em relação aos requerimentos legais, entende-se que se trata de uma concessão, cujo tipo de contrato administrativo varia de acordo com interesses das partes e o caso específico de exploração. A ANP rege o procedimento para regularização da produção de biogás, tanto a autorização como a especificação de biogás que deve ser seguida. O Plano Decenal de Expansão de Energia de 2026 estima o gás natural como mais econômico em comparação (USD/MMBtu) a outros combustíveis fósseis. Essa possibilidade relaciona-se diretamente a oportunidade de negócio no mercado do Biogás (biometano). De acordo com a Associação Brasileira de Biogás, o potencial do biogás na região sul é de 801 milhões de Nm³/ano equivalente ao potencial energético elétrico de 1,52 TWh/ano. A utilização do biogás provenientes de aterros sanitários de grande porte, além de serem competitivos economicamente trazem benefícios ambientais e o aproveitamento de uma fonte de energia normalmente desperdiçada. A empresa de projetos também foi avaliada financeiramente, com payback de 4 anos e Taxa interna de Retorno de 20%.

Palavras-chave: biogás, aterro sanitário, energia, sustentabilidade, análise financeira.

ABSTRACT

This article aimed at the technical and economic study of the use of biogas from landfills from the perspective of a project company. A case study was addressed, considering the city of Curitiba. In relation to the legal requirements, it is understood that it is a concession, the type of administrative contract of which varies according to the interests of the parties and the specific case of exploitation. ANP governs the procedure for regularization of biogas production, both the authorization and the specification of biogas that must be followed. The 2026 Ten-Year Energy Expansion Plan estimates natural gas to be more economical compared (USD / MMBtu) to other fossil fuels. This possibility is directly related to the business opportunity in the Biogas (biomethane) market. According to the Brazilian Biogas Association, the biogas potential in the southern region is 801 million Nm³ / year equivalent to the electric energy potential of 1.52 TWh / year. The use of biogas from large landfills, in addition to being economically competitive, brings environmental benefits and the use of a normally wasted energy source. The project company was also evaluated financially, with payback of 4 years and Internal Rate of Return of 20%.

Keywords: biogas, landfill, energy, sustainability, financial analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Projeção de preços do gás natural - Plano Decenal de Expansão de Energia 2022	8
Figura 2 - Faixa de preços para o GNL.....	9
Figura 3 - Estimativa de oferta e demanda para o gás natura.....	9
Figura 4 - Preço mínimo do biometano em diferentes cenários financeiros segundo estudo da EPE.	11
Figura 5 - Usinas de aproveitamento do biogás para geração de biometano implantadas no Brasil..	14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados para K_d , K_e e WACC.	26
Tabela 2 - Cálculo do VLP e TIR.	26

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1. ANÁLISE DO MERCADO	8
2.2. ASPECTOS OPERACIONAIS	11
2.3. ASPECTOS LEGAIS	15
2.3.1. Aterros Sanitários	15
2.3.1.1. <i>Tipos de concessão</i>	15
2.3.1.2. <i>Legislação paranaense</i>	16
2.3.1.3. <i>Requisitos Ambientais</i>	17
2.3.2. Produção de Biometano	18
2.3.2.1. <i>Legislação pertinente e tipo de autorização</i>	19
2.3.2.2. <i>Norma tributária e políticas de incentivo</i>	20
3. ANÁLISE FINANCEIRA DA EMPRESA DE PROJETOS	22
4. CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

Apresenta-se a BIOSOLVE, empresa dedicada ao desenvolvimento do biogás como recurso energético limpo e competitivo, com objetivo de promover o mercado de energias renováveis, especializados em aproveitamento energético de aterros sanitários, onde se realiza coleta de dados e análise de potencial de desenvolvimento de soluções energéticas no país, deste modo, contribuindo para o destaque dos desafios e oportunidades relacionadas ao mercado, incluindo análise ambiental regulatório e tomada de decisão.

O levantamento elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 2011, destaca que o território brasileiro possui 84,4% da população residente na zona urbana, sendo metade (44%) concentrada em municípios acima de 200 mil habitantes, aumentando assim a geração e a destinação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), onde mais de 50% de sua composição é matéria orgânica. No ano de 2014, o Brasil produziu 114 mil toneladas diárias de RSU (APRELPE, 2015), destinadas em aterros sanitários. Este número expressivo tornou os aterros sanitários grandes potenciais de exploração de biogás com aproveitamento energético para conversão em eletricidade, assim como o biocombustível em frotas veiculares.

Do ponto de vista econômico, vale destacar que a decisão de investimento está vinculada à rentabilidade da opção escolhida para o aproveitamento energético. No aspecto da comercialização, há a possibilidade de monetização via venda para ao mercado de energia elétrica, seguindo as regras definidas nas regulamentações da ANEEL. Para o caso de monetização via biometano em substituição ao gás natural, os mercados que podem ser atendidos vão desde o mercado de gás canalizado, residencial, industrial, até o veicular. Este último concorre com combustíveis tradicionais como a gasolina e o diesel. Também há a possibilidade de autoprodução, ou seja, atendimento da própria frota, ou qualquer outra demanda própria de combustíveis.

O grande desafio global de combate à mudança climática está levando a adoção crescente de fontes de energia renovável. Além de problemas ambientais, o predomínio de combustíveis fósseis enfrenta, cada vez mais, obstáculos como a volatilidade de preços e a tendência de médio a longo prazo de diminuição de oferta. Neste contexto, o biogás surge como uma das alternativas mais sustentáveis.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ANÁLISE DO MERCADO

O objetivo da análise de mercado com relação ao gás natural é entender quão competitiva é a produção de biogás e, posterior tratamento para obtenção de biometano, frente aos combustíveis fósseis já existentes e utilizados, como o óleo diesel e o gás natural.

Primeiramente, podem-se analisar as projeções da Empresa de Pesquisa Energética - EPE com relação à utilização do gás natural versus o óleo combustível (diesel). Com relação aos preços, para 2022, estima-se que o gás natural continue a figurar-se como mais econômico, já se considerando ambos os combustíveis em situação de equivalência energética (comparação em USD/MMBtu). No ano de 2020, o gás natural seria 15% mais econômico, a 9,02 USD/MMBtu, e o óleo combustível a 10,61 USD/MMBtu, como pode ser observado na Figura 1 (Plano Decenal de Expansão de Energia 2022, EPE).

Figura 1 - Projeção de preços do gás natural - Plano Decenal de Expansão de Energia 2022.

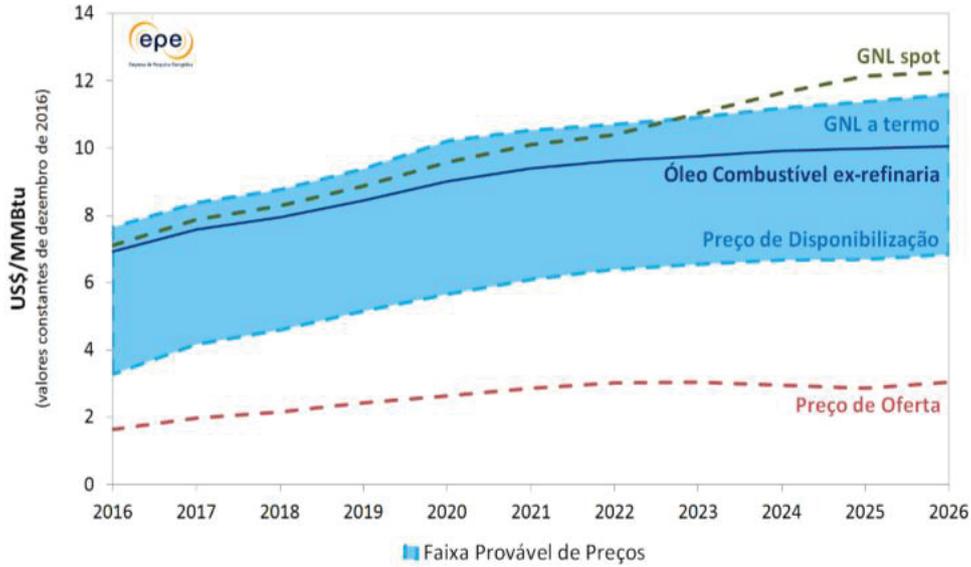
Tabela 137 – Projeção de preços do gás natural: hipótese de competitividade de 85% com o OC ATE		
Ano	OC ATE	GN (85% OC ATE)
	(USD/MMBtu)	(USD/MMBtu)
2013	12,95	11,00
2014	12,99	11,04
2015	13,03	11,07
2016	13,05	11,09
2017	12,16	10,34
2018	11,41	9,70
2019	10,91	9,27
2020	10,58	8,99
2021	10,57	8,99
2022	10,61	9,02

Fonte: Elaboração EPE.

Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia 2022 - EPE

Pode-se ainda analisar o horizonte de preços no Plano Decenal de Expansão de Energia 2026, da EPE. O gráfico na Figura 2 apresenta uma faixa possível de preços para o GNL, em azul, e a tendência de preços para o óleo combustível, ambos sem a consideração de ICMS, PIS/CONFINS, transporte e margem de distribuição. Observa-se que para vários cenários de oferta o gás natural estabelece-se ainda como mais econômico, na comparação em USD/MMBtu.

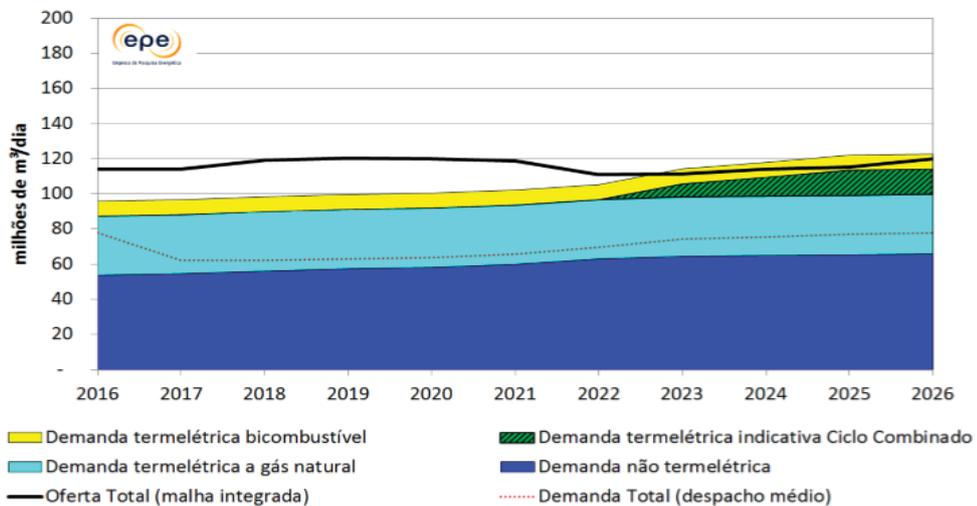
Figura 2 - Faixa de preços para o GNL.



Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 - EPE

Já o gráfico na Figura 3, retirado também do Plano Decenal de Expansão de Energia 2026, trata da estimativa de oferta e demanda para o gás natural, o que pode relacionar-se com a oportunidade de negócio no mercado do Biogás (biometano). A partir de 2023, se considerada a demanda máxima das termoeletricas, seria possível que a demanda total brasileira por gás natural fosse pouco maior do que a oferta, indicando a necessidade de um combustível alternativo, tal qual a fonte renovável que se constitui o biogás.

Figura 3 - Estimativa de oferta e demanda para o gás natural.



Nota: O despacho médio termelétrico inclui tanto as térmicas a gás quanto as térmicas bicombustíveis.

Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 – EPE.

O Biogás, o qual pode ser gerado da decomposição de resíduos nos aterros sanitários, possui composição típica de 55% de biometano, que de fato é o gás combustível (COELHO, 2017). A Abiogás, Associação Brasileira de Biogás, compilou alguns dados referentes ao potencial de aterros nas diferentes regiões do Brasil para a geração de biogás e geração de energia, sendo a fonte primária dos dados a Abrelpe – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, em publicação de 2018.

Para a Região Sul, a geração de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU chegaria a 22 429 toneladas/dia, com uma fração orgânica de 53%. O potencial correspondente de Biogás seria de 801 milhões de Nm^3/ano , sendo o biometano 413 milhões de Nm^3/ano e o potencial energético elétrico de 1,52 TWh/ano. Tratando-se da quantidade de RSU em aterros sanitários em 2018, seriam mais de 27 Mton/ano, com uma captação de biometano de 276 milhões de Nm^3/ano , sendo que um ônibus percorre em média 5 km com aproximadamente 1 Nm^3 de biometano (comparativo trazido pelo estudo da Abiogás). No cenário nacional, em 2018, o país teria deixado de produzir biometano suficiente para substituir mais de 2 milhões de litros de óleo diesel.

Tratando-se da competitividade de Biometano frente ao Gás Natural de origem fóssil, a Empresa de Pesquisa Energética - EPE realizou um estudo de viabilidade econômica do aproveitamento de resíduos sólidos urbanos de aterro para a produção de Biometano, em 2018.

O estudo considera que o biogás gerado deve ser tratado para a obtenção do gás com maior porcentagem de metano, o biometano, segundo as especificações da Resolução ANP n 685/2017, que contempla especificamente o tema de biogás gerado em aterros sanitários. Se o gás gerado está conforme a especificação de tal resolução, ele poderia ser injetado na rede existente de gás natural.

A análise foi realizada para duas escalas de aterros, um de grande porte (700 toneladas de lixo/dia, e mais de 45000 m^3/dia de biogás gerado), correspondendo a uma cidade com aproximadamente 750 mil habitantes; outro de médio porte (190 toneladas de lixo/dia, entre 15000 e 45000 m^3/dia de biogás), relativo a uma cidade de aproximadamente 200 mil habitantes. Os resultados obtidos ao final do estudo para o preço mínimo do biometano podem ser observados na tabela abaixo, para 12 e 15% de taxas interna de retorno. Os cenários 1 e 2 diferem nas condições de financiamento do projeto.

Considerando os valores para o Gás Natural de origem fóssil do mesmo ano, que constam no estudo da EPE, entre 0,91 R\$/m³ e 1,12 R\$/m³ (praticados pela Petrobrás), apenas os empreendimentos de grande porte poderiam ser competitivos, como aterros que atendem a grande Curitiba (Figura 4).

Figura 4 - Preço mínimo do biometano em diferentes cenários financeiros segundo estudo da EPE.

Projeto	Custo de capital próprio	
	12%	15%
Grande Escala (>45.000m ³ /dia de biogás) com 50% de recursos de terceiros	1,04 R\$/m ³	1,09 R\$/m ³
Grande Escala (>45.000m ³ /dia de biogás) sem recursos de terceiros	1,11 R\$/m ³	1,19 R\$/m ³
Média Escala (entre 15.000 e 45.000 m ³ /dia de biogás) sem recursos de terceiros	1,72 R\$/m ³	1,85 R\$/m ³

Fonte: EPE, 2018.

Além do ponto de vista econômico, existem os interesses do município em diminuir os danos ambientais causados pela queima de combustíveis fósseis, que podem gerar problemas de saúde pública, além de demais consequências do aquecimento global devido à emissão de gases estufa.

Somente o fato de utilizar o biogás gerado em aterros e evitar sua emissão, poderia reduzir o impacto em termos de emissão de gases estufa, uma vez que o CO₂, resultante da queima do biometano, possui um impacto 21 vezes menor em relação às mudanças climáticas do que o próprio metano, CH₄ (COELHO, 2017).

Além disso, existe o comparativo do uso de somente óleo diesel em caminhões, com o uso de gás natural e diesel combinados, condição na qual funcionam os caminhões convertidos para o uso de gás natural fóssil ou biometano. A redução na emissão de CO₂ seria de 10-12%, e 30% menos particulados (SODRÉ, 2019).

2.2. ASPECTOS OPERACIONAIS

O gás de aterro, ou biogás, formado pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica, é composto por vários gases, sendo majoritariamente o metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂), e outros em quantidades traço, como a amônia (NH₃), o hidrogênio (H₂), o gás sulfídrico (H₂S), nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂). A distribuição exata do percentual de gases variará de acordo com o tempo de existência do aterro (PIÑAS et al, 2016).

O biogás também contém pequenas quantidades de siloxanos, compostos formados por Sílica e Oxigênio, que se transformam em dióxido de silício, um abrasivo prejudicial aos motores de combustão responsáveis pela redução do rendimento desse combustível (VEIGA, 2016). Os siloxanos formam depósitos de óxidos de silício no catalisador de veículos e um filme de sílica em queimadores (ANP, 2017).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, s/d):

O objetivo do aproveitamento energético do biogás produzido pela degradação dos resíduos é convertê-lo em uma forma de energia útil, tais como eletricidade, vapor, combustível para caldeiras ou fogões, combustível veicular ou para abastecer gasodutos com gás de qualidade. Independentemente do uso final do biogás produzido no aterro, deve-se projetar um sistema padrão de coleta, tratamento e queima do biogás: poços de coleta, sistema de condução, tratamento (inclusive para desumidificar o gás), compressor e flare com queima controlada para garantia de maior eficiência de queima do metano.

A concentração, em volume, de metano no biogás é quantificada entre 50 a 55% e, de acordo com a Resolução ANP nº685/2017 que estabelece regras para aprovação do controle de qualidade e a especificação do biometano proveniente de aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto para uso veicular, industrial, residencial ou comercial, dispõe que a porcentagem molar mínima do metano, após tratamento do biogás deve ser de 90% no produto final. Ainda conforme a Resolução ANP nº685/2017, explana-se que o biometano deve apresentar concentrações limitadas de componentes potencialmente corrosivos para que a segurança e a integridade dos equipamentos e a saúde humana sejam preservados.

A produção de biometano resulta do processo de purificação do biogás para retirada do gás carbônico e dos componentes traço, sendo o gás sulfídrico um dos principais devido à sua propriedade corrosiva quando da exposição com metais. O biometano é, portanto, o gás com alta concentração de metano, com qualidade suficiente para viabilizar seu uso em automóveis e na distribuição através de gasodutos (VEIGA, 2016).

Para purificar o biogás, existem atualmente algumas rotas de processo. Na absorção, o CO₂ é dissolvido em água ou outro solvente seletivo como o polietileno

glicol, pois ele é mais solúvel nesses solventes do que no metano, permitindo, portanto, sua retirada do fluxo de gás. Quando a absorção se dá à pressão atmosférica, faz-se uma depuração química com compostos nitrogenados (amine scrubbing), seguido de uma reação reversa na presença de calor para liberar o CO₂ e recuperar os compostos nitrogenados. Na adsorção, o biogás é pressurizado e conduzido por uma coluna com compostos fixadores, chamados de adsorventes, como uma peneira molecular de carbono. Recupera-se o CO₂ a partir da redução da pressão e do uso de um gás de expurgo. Nos processos de separação por membrana, o biogás é pressurizado e conduzido por uma membrana permeável onde o CO₂ atravessa e o metano é retido. A separação criogênica é uma tecnologia em desenvolvimento que consiste na redução gradativa de temperatura até atingimento do ponto de condensação dos componentes. No processo, todos os compostos com temperatura de condensação mais alta de o metano, como água, sulfeto de hidrogênio, siloxanos e nitrogênio podem ser separados (EPE, 2018).

Com as mudanças climáticas significativas nos últimos anos e com a tentativa de redução dos gases que provocam o aumento do efeito estufa (GEE), o refino do biogás para biometano visa uma possibilidade de redução da emissão na atmosfera de gases como CO₂ (dióxido de carbono) e CH₄ (metano), que segundo o IPCC (2014) é 28 vezes mais danoso que o CO₂.

Toda a produção de biometano depende exclusivamente da qualidade do resíduo orgânico, isto é, umidade, tamanho das partículas, pH, temperatura e composição. Juntamente com toda a implantação e operação dos locais de destinação. Em um estudo feito nos aterros de Caieras e Santo André, no estado de São Paulo, é mostrado que a produção de metano por tonelada de RSU foi de 99,63 m³ (PERCOLA; VELASQUEZ; COELHO, 2010) e de 73,59m³ (ICLEI, 2009), respectivamente.

Mesmo existindo a Lei nº 10.438/2002 (BRASIL, 2002) que traz o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), ainda há pouco projetos implantados para a geração de energia elétrica e combustível no país.

No período de 2004 a 2015 o biogás gerado dos resíduos dos aterros sanitários fora explorado em nove termoelétricas, gerando 86,6 MW de energia elétrica em duas usinas que geraram 57 mil metros cúbicos diários de biometano.

A primeira iniciativa brasileira de aproveitar o biogás para utilizá-lo como biometano (que segundo a ANP, possui características muito similares ao Gás Natural), ocorreu na década de 1970 no estado do Rio de Janeiro, no antigo lixão do Caju. Esteve

em operação entre 1935 até 1977, acumulando cerca de 30 milhões de metros cúbicos de RSU. O sistema foi implantado pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Estado do Rio de Janeiro (COMLURB), que conseguiu captar 20 milhões de metros cúbicos de biogás e injetar na rede de Gás Natural da Companhia Estadual de Gás do Rio de Janeiro (CEG). No ano de 1980 iniciou-se o processo de abastecimento da frota da COMLURB (MUYLAERT, 2000).

Somente no ano de 2014 é que apareceram mais duas iniciativas para a produção do biometano, também no estado do Rio de Janeiro. Provavelmente depois da Política Estadual de Gás Natural Renovável (GNR), que obriga as concessionárias de distribuição de gás canalizado a adquirirem de forma obrigatória todo o GNR produzido no Estado, até o limite de 10% do volume de gás natural convencional (AGENERSA, 2012). A Usina Verde Gramacho foi a primeira a entrar em operação e em seguida a Usina de Tratamento de Biogás Dois Arcos. Alguns dados sobre essas duas usinas estão dispostos na Figura 5 a seguir.

Figura 5 - Usinas de aproveitamento do biogás para geração de biometano implantadas no Brasil.

UF	Usinas de biometano	Município	Início da operação	Volume produzido (m ³ /dia)	Custo (milhões de R\$)	Uso
RJ	Verde Gramacho	Duque de Caxias	05/14	49.000	90	REDUC
RJ	Dois Arcos	São Pedro da Aldeia	08/14	8.000	Desconhecido	Supermercados. Guanabara

Fonte: PetroNoticias, 2014; SBERA,2015; REDUC.

2.3. ASPECTOS LEGAIS

O objetivo desta seção é abordar os quesitos legais envolvidos na regularização do uso de um aterro para tratamento dos resíduos sólidos urbanos e aproveitamento energético, por meio da exploração do biogás. Uma vez que existem variações entre as leis estaduais, consideraram-se as legislações aplicáveis federais, do estado do Paraná e, quando necessário, do município de Curitiba.

2.3.1. Aterros Sanitários

Nesta subseção, abordam-se as legislações pertinentes à regulamentação e uso de aterros sanitários.

2.3.1.1. *Tipos de concessão*

Os aterros sanitários são gerenciados por empresas privadas por meio de processo de licitação; a autorização para manejo do aterro é uma concessão, que envolve contrato administrativo. Na concessão, a empresa privada pode explorar o bem em questão por tempo limitado e pode haver restrições para tal.

Segundo a Lei 11.079, de 30 de dezembro de 2004, de âmbito federal, existem tipos de concessão que se aplicam para diferentes serviços públicos. As concessões comuns são aquelas nas quais não há aporte do estado, isto é, a população paga integralmente, por meio de tributos ou tarifas específicas, o serviço da empresa privada.

Já nos caso das concessões do tipo Parceria Público Privada - PPP, sempre há algum aporte do estado; na modalidade patrocinada, o estado é responsável por parte do pagamento ao parceiro privado, sendo a outra parte derivada de tarifas cobradas dos usuários (ex.: concessões de rodovias com pedágios); a modalidade administrativa implica que o único cliente e pagador da empresa privada é o estado. A PPP também prevê repartição de decisões, procedimentos e riscos entre as partes, critérios de avaliação do desempenho do parceiro privado em sua função, além de sustentabilidade financeira e vantagens socioeconômicas.

Tomando como um exemplo o aterro sanitário da Caximba, em Curitiba, seu funcionamento até a desativação como espaço de aterro foi regido por meio de concessão comum, prevista na Lei 11.268 de 16 de Dezembro de 2004, na qual a exploração de biogás era permitida, porém com 45% das entradas destinadas a determinados fundos do estado; o projeto de lei ordinária 005.00377.2017, de 2017, porém, tem como objetivo alterar esse tipo de concessão para uma PPP do tipo

administrativa (não há mais o uso do espaço para tratamento de lixo), com o objetivo de viabilizar o uso do biogás que ainda é produzido no espaço do aterro desativado para produção de energia elétrica a ser utilizada na iluminação pública; nesse caso, a empresa privada ficaria autorizada também a comercializar o excedente de energia elétrica gerada.

Portanto, a decisão do tipo de concessão a ser aplicada para o uso de um aterro depende do interesse do estado, do orçamento necessário para a iniciativa, da necessidade de colaboração e *know-how* da empresa privada, dentre outros.

Um exemplo atual de contrato de concessão visando o tratamento dos resíduos sólidos urbanos da região metropolitana de Curitiba está contido no Edital de Concorrência 001/2019, do Consórcio Intermunicipal para Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos. O edital contém as diretrizes do processo licitatório e também o contrato a ser aplicado com o vencedor do processo, contido no Anexo VII. O contrato não está exposto neste artigo devido à sua extensão, porém encontra-se devidamente referenciado e pode ser consultado por meio do seu endereço na internet.

A respeito da geração e gerenciamento do Biogás que pode ser gerado considerando o cumprimento da disposição final ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, no tópico “6. DOS ESTUDO REALIZADOS” do Edital, os itens 6.6 e 6.7 citam a produção de gás metano a partir da biodigestão, para geração de energia elétrica para as unidades de tratamento e venda do excedente no mercado. Além disso, no tópico “8. PREMISSAS PARA ELABORAÇÃO DA METODOLOGIA DE EXECUÇÃO”, nos itens 8.20 a 8.22, o Edital aponta que a empresa administradora poderá gerar subprodutos dos processos de tratamento, tais como composto orgânico, biofertilizantes, biogás, energia térmica, energia elétrica e combustível derivado de resíduo; coloca também que cabe à empresa a comercialização ou destinação dos subprodutos, e que a receita gerada com tal comercialização deve ser considerada na proposta de pagamento do órgão licitante à empresa.

2.3.1.2. *Legislação paranaense*

A atual legislação paranaense que estabelece “diretrizes e critérios orientadores para o licenciamento e outorga, projeto, implantação, operação e encerramento de aterros sanitários” constitui-se a resolução CEMA nº 094, de 04 de novembro de 2014. Destaca-se aqui a definição de “destinação ambientalmente adequada”, presente no

artigo 2º, que inclui a recuperação e aproveitamento energético dos resíduos de modo a minimizar impactos ambientais.

Tal regulamentação conversa com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305 de 2 de Agosto de 2010. O artigo 9º, parágrafo 1º, diz “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.”, relacionando a destinação adequada de resíduos sólidos (aterros sanitários) à possível geração de combustível e energia elétrica. Além disso, no artigo nº 17 estabelece-se que devem existir planos estaduais de resíduos sólidos, com “metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos”.

2.3.1.3. Requisitos Ambientais

A Resolução CEMA nº94/2014 sobre aterros sanitários define os procedimentos administrativos necessários no que tange as atividades desse tipo de empreendimento no Estado do Paraná. Conforme a mesma, aterros sanitários com disposição diária superior a 20 toneladas de resíduos sólidos urbanos devem apresentar Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Já aqueles com quantidade inferior a 20 toneladas de disposição diária, poderão apresentar o Relatório Ambiental Preliminar (RAP) quando do requerimento da Licença Prévia (LP), dispensando-se EIA/RIMA, com exceção se o aterro sanitário apresentar potencial degradação significativa ao meio ambiente. De acordo com o Art. 5º, os processos de licenciamento ambiental e outorga deverão atender as etapas de outorga prévia, licença prévia, licença de instalação, outorga de direito, licença de operação, autorização ambiental para implementação de melhorias e autorização ambiental para encerramento e recuperação ambiental. Portanto, no caso de implantação de um projeto de extração e tratamento do gás de aterro de um aterro sanitário já em funcionamento, seria necessário requerer uma autorização ambiental, por se tratar da execução de uma melhoria (Art. 8º). Todos os documentos, estudos ambientais e termos de referência exigidos nas etapas de licenciamento ambiental de aterros sanitários no Estado do Paraná estão indicados na Portaria IAP nº260 de 26/11/2014, esta que trata em seu Art. 6º: “o que se refere à emissões atmosféricas deverá,

preferencialmente, ocorrer o aproveitamento energético do biogás gerado no aterro sanitário, e na impossibilidade desse aproveitamento deverá ser realizada sua queima, através da instalação e operação contínua de queimadores para conversão do metano.”

De acordo com o Art. 13º, fica proibida a disposição de resíduos sólidos Classe I, resíduos industriais, resíduos de construção civil e resíduos provenientes de atividades de mineração nas trincheiras dos aterros sanitários. Também não serão recebidos resíduos de serviço de saúde, com exceção daqueles dos Grupos A1 e A2 submetidos a tratamento que reduzam a carga poluidora tornando-a compatível com o nível III de inativação microbiana e, dos resíduos do Grupo D.

No Art. 15º da mesma Resolução, são definidos alguns requisitos para o funcionamento de um aterro sanitário: deve localizar-se fora da área de influência direta do manancial de abastecimento público; manter-se a uma distância mínima de 200 metros de rios, nascentes e demais corpos hídricos, 1500 metros de núcleos populacionais e 300 metros de residências isoladas; deve possuir sistema de impermeabilização lateral e de fundo, com geomembrana ou similares, sendo vedada disposição direta no solo, além de sistema de monitoramento de águas subterrâneas a montante e a jusante da área do empreendimento; deve-se realizar cobertura diária dos resíduos, com camadas de solo ou outro material apropriado, reutilizável ou não; e deve ser projetado para uma vida útil superior a 15 anos.

A Resolução CEMA nº94/2014 ainda define os tratamentos adequados para o chorume gerado no aterro sanitário e, cita a necessidade do automonitoramento ambiental, na qual os critérios e exigências estão dispostos em Portaria específica do IAP de nº 259 de 26/11/2014. Finalmente, determina que o descumprimento das disposições estará sujeito às infrações administrativas ambientais nos termos do artigo 70 de Lei Federal 9605/1998 e de seu decreto regulamentador – Decreto Federal 6514/2008.

2.3.2. Produção de Biometano

Nesta subseção, abordam-se as legislações pertinentes à regulamentação da produção de biometano a partir do biogás.

2.3.2.1. *Legislação pertinente e tipo de autorização*

Dentro da atual Legislação Paranaense, a Lei 19500, de 21 de Maio de 2018, trata da Política Estadual de Biogás e Biometano.

Destaca-se primeiramente o artigo 3º, na qual a destinação ou transferência de resíduos e efluentes para a biodigestão, para geração de biogás ou biometano são considerados métodos de destinação final adequados. Já o artigo 6º trata do fomento às atividades envolvendo produção de biogás ou biometano por meio de programas regulamentados, e inclui adição de percentual mínimo de biometano à rede de gás canalizada, a aquisição de energia elétrica gerada a partir do biometano, aquisição de biometano para abastecimentos de veículos oficiais, o estabelecimento de parcerias público-privadas para o desenvolvimento da cadeia produtiva do biogás e demais produtos da decomposição da matéria orgânica, além da aquisição de certificados de descarbonização (CBIOS).

Sobre a permissão para produção de biogás, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, na resolução nº 734, de 28 de Junho de 2018, regulamenta a autorização para a produção de biocombustíveis, excluindo-se os empreendimentos que comercializam o produto somente para geração de energia elétrica.

O artigo 4º estabelece que pessoas jurídicas interessadas em requerer autorização para exercício da atividade de produção de biocombustíveis (inclui-se aqui o biometano) devem abrir protocolo na ANP com os devidos documentos: ficha cadastral preenchida e enviada por meio da página da ANP na internet; certidão simplificada da junta comercial, com o capital social integralizado; certidões negativas de débitos; estatuto ou contrato social, com ata de eleições de seus administradores, no caso de sociedade por ações. Já a autorização para operação, segundo artigo 7º, deverá ser requerida por meio de modelo disponível na página da ANP na internet, nos casos de nova instalação; alteração da capacidade de produção; transferência de titularidade de autorização de operação; o artigo 8º estabelece também que junto desta autorização, após a finalização da construção da unidade produtiva, uma série de outros documentos deve ser entregue, dentre eles o projeto básico da instalação, solicitação de vistoria a ANP, licença ambiental emitida pelo órgão competente, vistoria emitida pelo corpo de bombeiros. Expõe-se a seguir um exemplo de requerimento de autorização para operação, de acordo com o modelo do site da ANP, estando os itens preenchidos em itálico.

Modelo de Solicitação de Autorização para o Exercício da Atividade de Produção de Biocombustíveis

Curitiba, 05 de Abril de 2020

Assunto: **Solicitação de Autorização para o Exercício da Atividade de Produção de Biometano**

A empresa *Biosolve*, CNPJ nº XXXX, localizada em *Curitiba, Paraná*, vem solicitar a Autorização para o Exercício da Atividade de Produção de *Biometano*.

Para efeitos da referida solicitação, encaminhamos anexos os seguintes documentos:

1. (listar todos os documentos protocolados, exigidos pela Resolução ANP nº 734/2018).

2.

.

n.

Atenciosamente,

Giovanna Bandeira

(Assinatura do Representante Legal da Empresa)

Nota: O envio da documentação deve ser feito por meio de peticionamento no Sistema Eletrônico de Informações - SEI, disponível em <http://www.anp.gov.br/processo-eletronico-sei>, substituindo o envio de documentos em papel e promovendo maior agilidade no trâmite do processo.

2.3.2.2. Norma tributária e políticas de incentivo

Na Lei Federal nº12305/2010 que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, cita-se no Art. 42 que o poder público poderá instituir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender, prioritariamente, às iniciativas de desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos. No Art. 44, concede-se competência à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios a instituição de normas com o objetivo de conceder incentivos fiscais, financeiros ou

creditícios para indústrias e entidades dedicadas à reutilização, ao tratamento e à reciclagem de resíduos sólidos produzidos no território nacional.

De acordo com o Art. 7º da Lei Estadual 19500/2018, os empreendimentos de biogás e biometano podem ser beneficiados com a concessão de incentivos fiscais, recursos financeiros, subvenção econômica, matérias ou infraestrutura, a serem ajustados em termos de regimes diferenciados de tributação, regimes especiais de transferência, cessão e utilização de créditos tributários, parceria, convênios ou contratos específicos, destinados a apoiar atividades de pesquisa e desenvolvimento no território paranaense. Além disso, um dos fomentos citados nesta Lei são os certificados de descarbonização (CBIOS), conhecidos como créditos de carbono. Os procedimentos e diretrizes referente a comercialização do CBIOS estão dispostos na Lei Federal nº13576 de 26/12/2017 que dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e objetiva concretizar os compromissos assumidos no Acordo de Paris, reduzindo a emissão de gases do efeito estufa e incentivando o uso de biocombustíveis. A emissão primária de Créditos de Descarbonização será efetuada, sob a forma escritural e, a negociação será feita em mercados organizados, inclusive em leilões.

Por ter o custo de produção superior ao gás natural convencional, o biogás necessita de incentivos fiscais para ser produzido em grande escala, no entanto a venda do biogás se submete à incidência do ICMS, do PIS e da COFINS.

De acordo com o convênio ICMS 24 de 8 de abril de 2016, os Estados da Bahia, Mato Grosso, Rio de Janeiro e São Paulo estão autorizados a conceder redução da base de cálculo do ICMS nas saídas internas com biogás e biometano, de tal forma que a carga tributária do imposto resulte na aplicação do percentual de 12% (doze por cento) sobre o valor da operação.

Tramita no Senado o Projeto de Lei PL 302/2018 que busca incentivar empresas produtoras de biogás, biometano e energia elétrica a partir de resíduos sólidos provenientes de aterros sanitários. O PL 302/2018 pretende garantir que essas empresas recebam incentivos fiscais da União, Estados ou Municípios. Ainda, visa alterar a Lei 10865/2004, para que fiquem isentos dos tributos PIS/Pasep e Cofins incidentes sobre a receita bruta com a comercialização no mercado interno, os empreendimentos que gerarem energia elétrica a partir dos resíduos sólidos de aterros sanitários.

3. ANÁLISE FINANCEIRA DA EMPRESA DE PROJETOS

A análise financeira da empresa de projetos, isto é, da empresa que seria responsável por realizar projetos para a captação e tratamento do biogás, com foco na geração de aterros, baseou-se no método de fluxo de caixa descontado. Este método seria bastante aplicado no mercado para análises de empresas, segundo trabalho concebido pela USP (2013).

O fluxo de caixa foi construído com base no modelo da Figura 6, mesmo aplicado na disciplina de Análise Econômica da Pós-Graduação de Energias Renováveis e Eficiência Energética, da UFPR. Trata-se de um exercício para aplicação das ferramentas financeiras, por isso existem muitas considerações que possibilitaram a conclusão da análise.

Figura 6 - Modelo de Fluxo de Caixa utilizado para análise financeira da empresa de projetos.

Demonstracao dos resultados (DRE)	Ano 0	%	Demonstracao do fluxo de caixa	Ano 0	%
Faturamento					
(-) Deducão sobre as vendas					
= Receita operacional líquida					
(-) Lucro dos produtos vendidos					
= Lucro operacional bruto					
(-) despesas administrativas					
(-) despesas com vendas					
(+) Outras receitas ou (-) Outras despesas					
= Lucro operacional líquido de juros, IR, depreciação e amortização (LAJIDA)					
(-) Amortização e depreciação					
= Lucro antes dos juros e IR (LAJIR)	->	->	= Lucro antes dos juros e IR (LAJIR)		
(+/-) Resultado financeiro	0		(-) IR		
(+/-) Resultado não operacional	0		(-) Contribuição social		
= Lucro antes dos impostos (LAIR)	0		= Lucro operacional após impostos		
(-) Contribuição social	0		(+) Depreciação		
(-) Imposto de Renda	0		(+/-) Variação do capital de giro		
(-) Participação minoritária	0		(-) Investimento em ativo fixo		
(-) Resultado da equivalência patrimonial	0		(-) Dividendos		
= Lucro líquido	0		= Fluxo de caixa livre desavaliado	0	

Fonte: Modelo proposto na disciplina Análise Econômica da Pós Graduação de Energias Renováveis e Eficiência Energética, da UFPR (2020).

Para análise da empresa de projetos, considerou-se que o valor cobrado por projeto seria de 100 000 reais, e que a empresa continua a prestar consultoria para o cliente dentro do período de 2 anos após a compra, com valor de 80 000 reais/ano. Foi estabelecido para o primeiro e segundo ano 4 projetos; e para o terceiro e quarto, 5.

A respeito das despesas, considerou-se que não há dedução sobre as vendas; 8000 reais/funcionário/mês, como despesa administrativa, levando-se em conta aqui somente os 5 projetistas envolvidos na startup; 1000/mês em despesas com vendas; e

2500/mês com demais despesas. Sobre amortização, considerou-se 20% sobre computadores tipo laptop, e 10% sobre impressoras, sendo 5 laptops de 3000 reais e 1 impressora de 2000 reais. A respeito dos impostos, assumiu-se 9% de contribuição social, e 25% de imposto de renda, tomando como referência o plano de negócios elaboração pela KPMG para a Cattalini Bioenergia, que atua em um ramo semelhante, de produção de combustível a partir da biodigestão, dentre outros.

A seguir estão expostos os resultados do fluxo de caixa para os quatro primeiros anos (Figura 7), a partir do ano 0.

Figura 7 - Sequência de fluxo de caixa para os primeiros 4 anos de existência da empresa de projetos.

Demonstracao dos resultados (DRE)	Ano 0	%	Demonstracao do fluxo de caixa	Ano 0	%
Faturamento	0				
(-) Deducão sobre as vendas	0				
= Receita operacional líquida	0				
(-) Lucro dos produtos vendidos	0				
= Lucro operacional bruto	0				
(-) despesas administrativas	-480000				
(-) despesas com vendas	0				
(+) Outras receitas ou (-) Outras despesas	0				
= Lucro operacional líquido de juros, IR, depreciacao e amortizacao (LAJIDA)	0				
(-) Amortizacao e depreciacao	0				
= Lucro antes dos juros e IR (LAJIR)	->	->	= Lucro antes dos juros e IR (LAJIR)		
(+/-) Resultado financeiro	0		(-) IR	NA	
(+/-) Resultado não operacional	0		(-) Contribuicao social	NA	
= Lucro antes dos impostos (LAIR)	0		= Lucro operacional após impostos		
(-) Contribuicao social	0		(+) Depreciacao	NA	
(-) Imposto de Renda	0		(+/-) Variacao do capital de giro	NA	
(-) Participacao minoritária	0		(-) Investimento em ativo fixo	NA	
(-) Resultado da equivalencia patrimonial	0		(-) Dividendos	NA	
= Lucro líquido	0		= Fluxo de caixa livre desavalcado	-480000	
Demonstracao dos resultados (DRE)	Ano 1	%	Demonstracao do fluxo de caixa	Ano 1	%
Faturamento	400000				
(-) Deducão sobre as vendas	0				
= Receita operacional líquida	400000				
(-) Lucro dos produtos vendidos	0				
= Lucro operacional bruto	400000				
(-) despesas administrativas	480000				
(-) despesas com vendas	12000				
(+) Outras receitas ou (-) Outras despesas	30000				
= Lucro operacional líquido de juros, IR, depreciacao e amortizacao (LAJIDA)	-122000				
(-) Amortizacao e depreciacao	3200				
= Lucro antes dos juros e IR (LAJIR)	->	->	= Lucro antes dos juros e IR (LAJIR)	-125200	
(+/-) Resultado financeiro			(-) IR	-31300	
(+/-) Resultado não operacional			(-) Contribuicao social	-11268	
= Lucro antes dos impostos (LAIR)	-125200		= Lucro operacional após impostos	-82632	
(-) Contribuicao social	-11268		(+) Depreciacao	0	
(-) Imposto de Renda	-31300		(+/-) Variacao do capital de giro	0	
(-) Participacao minoritária	0		(-) Investimento em ativo fixo	0	
(-) Resultado da equivalencia patrimonial	0		(-) Dividendos	0	
= Lucro líquido	-82632		= Fluxo de caixa livre desavalcado	-82632	

Demonstracao dos resultados (DRE)	Ano 2	%	Demonstracao do fluxo de caixa	Ano 2	%
Faturamento	720000				
(-) Deducao sobre as vendas	0				
= Receita operacional liquida	720000				
(-) Lucro dos produtos vendidos	0				
= Lucro operacional bruto	720000				
(-) despesas administrativas	480000				
(-) despesas com vendas	12000				
(+) Outras receitas ou (-) Outras despesas	30000				
= Lucro operacional líquido de juros, IR, depreciacao e amortizacao (LAJIDA)	198000				
(-) Amortizacao e depreciacao	3200				
= Lucro antes dos juros e IR (LAJIR)	->	->	= Lucro antes dos juros e IR (LAJIR)	194800	
(+/-) Resultado financeiro			(-) IR	48700	
(+/-) Resultado não operacional			(-) Contribuicao social	17532	
= Lucro antes dos impostos (LAIR)	194800		= Lucro operacional após impostos	128568	
(-) Contribuicao social	17532		(+) Depreciacao	0	
(-) Imposto de Renda	48700		(+/-) Variacao do capital de giro	0	
(-) Participacao minoritária	0		(-) Investimento em ativo fixo	0	
(-) Resultado da equivalencia patrimonial	0		(-) Dividendos	0	
= Lucro líquido	128568		= Fluxo de caixa livre desavalcado	128568	
Demonstracao dos resultados (DRE)	Ano 3	%	Demonstracao do fluxo de caixa	Ano 3	%
Faturamento	1140000				
(-) Deducao sobre as vendas	0				
= Receita operacional liquida	1140000				
(-) Lucro dos produtos vendidos	0				
= Lucro operacional bruto	1140000				
(-) despesas administrativas	480000				
(-) despesas com vendas	12000				
(+) Outras receitas ou (-) Outras despesas	30000				
= Lucro operacional líquido de juros, IR, depreciacao e amortizacao (LAJIDA)	618000				
(-) Amortizacao e depreciacao	3200				
= Lucro antes dos juros e IR (LAJIR)	->	->	= Lucro antes dos juros e IR (LAJIR)	614800	
(+/-) Resultado financeiro			(-) IR	153700	
(+/-) Resultado não operacional			(-) Contribuicao social	55332	
= Lucro antes dos impostos (LAIR)	614800		= Lucro operacional após impostos	405768	
(-) Contribuicao social	55332		(+) Depreciacao	0	
(-) Imposto de Renda	153700		(+/-) Variacao do capital de giro	0	
(-) Participacao minoritária	0		(-) Investimento em ativo fixo	0	
(-) Resultado da equivalencia patrimonial	0		(-) Dividendos	0	
= Lucro líquido	405768		= Fluxo de caixa livre desavalcado	405768	
Demonstracao dos resultados (DRE)	Ano 4	%	Demonstracao do fluxo de caixa	Ano 4	%
Faturamento	1220000				
(-) Deducao sobre as vendas	0				
= Receita operacional liquida	1220000				
(-) Lucro dos produtos vendidos	0				
= Lucro operacional bruto	1220000				
(-) despesas administrativas	480000				
(-) despesas com vendas	12000				
(+) Outras receitas ou (-) Outras despesas	30000				
= Lucro operacional líquido de juros, IR, depreciacao e amortizacao (LAJIDA)	698000				
(-) Amortizacao e depreciacao	3200				
= Lucro antes dos juros e IR (LAJIR)	->	->	= Lucro antes dos juros e IR (LAJIR)	694800	
(+/-) Resultado financeiro			(-) IR	173700	
(+/-) Resultado não operacional			(-) Contribuicao social	62532	
= Lucro antes dos impostos (LAIR)	694800		= Lucro operacional após impostos	458568	
(-) Contribuicao social	62532		(+) Depreciacao	0	
(-) Imposto de Renda	173700		(+/-) Variacao do capital de giro	0	
(-) Participacao minoritária	0		(-) Investimento em ativo fixo	0	
(-) Resultado da equivalencia patrimonial	0		(-) Dividendos	0	
= Lucro líquido	458568		= Fluxo de caixa livre desavalcado	458568	

Fonte: Os autores (2020).

Uma série de parâmetros financeiros foi então calculada para melhor entendimento do payback da empresa, Taxa Interna de Retorno – TIR, além de outros parâmetros de risco e investimento, como colocado a seguir.

O primeiro parâmetro é Custo médio ponderado de capital, WACC – *Weighted Average Cost of Capital*. Este parâmetro se refere a um custo e engloba todas as fontes de renda da empresa. É uma taxa que pode ser comparada com a taxa de retorno para entendimento da viabilidade do negócio, sabendo-se que a taxa de retorno deve ser superior à WACC.

$$WACC = \left(\left(\frac{E}{D + E} \right) \cdot K_e \right) + \left(\left(\frac{D}{D + E} \right) \cdot K_d \cdot (1 - T) \right)$$

Sendo:

E: total do capital próprio; considerou-se 50000 reais.

D: total do capital de terceiro ou dívida; considerou-se o restante do investimento inicial, 430000 reais.

K_e : custo do capital próprio

K_d : custos do capital do terceiro

T: alíquota tributária marginal efetiva; considerou-se a soma de IR + contribuição social, igual a 34%.

A seguir encontra-se a equação para cálculo de do capital próprio, relacionado ao custo do risco do investimento.

$$K_e = R_f + \beta \cdot (E(R_m) - R_f) + R_B + R_S$$

Sendo:

R_f : retorno médio do ativo sem risco ou taxa livre de risco; considerado igual a 2 (Bloomberg, 2020).

β : índice de risco sistemático da empresa avaliada; considerado igual a 1,27, como “Environmental & Waste Services” (material fornecido na disciplina de Análise Econômica da Pós Graduação de Energias Renováveis e Eficiência Energética da UFPR, 2020).

$E(R_m)$: retorno esperado da carteira de mercado ao longo prazo obtido no mercado acionário norte americano.

$E(R_m) - R_f$: prêmio de risco do mercado acionista; considerado igual a 4,83%, valor do ano de 2019 (material fornecido na disciplina de Análise Econômica da Pós Graduação de Energias Renováveis e Eficiência Energética da UFPR, 2020).

4. CONCLUSÃO

O objetivo deste artigo foi expor alguns resultados referentes a uma análise técnica e econômica de uma empresa de projetos, que foca em oferecer soluções para o aproveitamento energético do biogás em aterros sanitários.

O Brasil possui um potencial muito grande para a produção de Biometano, principalmente pela quantidade RSU gerado diariamente e pela alta porcentagem de matéria orgânica nele contido. Com este estudo pudemos analisar a dificuldade do processo em geral, desde a disposição do RSU, seu tratamento, as características desse resíduo, filtragem, como também seu transporte.

Por outro lado, o agravamento das mudanças climáticas e suas consequências, mostram a necessidade de aumentarem os incentivos para que essa matriz energética seja mais utilizada de forma a reduzir as emissões dos Gases do Efeito Estufa (GEE) e os custos das frotas que realizam a coleta dos aterros sanitários.

Analisando a viabilidade financeira do ponto de vista da empresa de projetos, somente, como forma de negócio, entende-se que é economicamente viável dentro das considerações feitas. Considera-se o payback de 4 anos aceitável, e o valor de TIR obtido como bastante positivo, além de superior ao valor de WACC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABILOGÁS – Associação Brasileira de Biogás. **Abiogás e Abrelpe apresentam dados sobre RSU**. Disponível em: <<https://abiogas.org.br/abiogas-e-abrelpe-apresentam-dados-sobre-rsu/>>. Acesso em: 02/02/2020.

AGÊNCIA REGULADORA DE ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (AGENERSA). **Lei nº 6.361, de 19 de dezembro de 2012**. Dispõe sobre a Política Estadual de Gás Natural Renovável GNR. Rio de Janeiro: AGENERSA. Disponível em: <Disponível em: <https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/1033645/lei-6361-12>>. Acesso em: abril 2020.

AGÊNCIA ENVOLVERDE, JORNALISMO E SUSTENTABILIDADE. **Nova usina de biogás transformará lixo de 20 municípios em energia**. Agência Envolverde, Jornalismo e Sustentabilidade, São Paulo, 2014. Disponível em: <Disponível em: <http://www.envolverde.com.br/ambiente/nova-usina-de-biogas-transformara-lixo-de-20-municipios-em-energia/>>. Acesso em: 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS (ABRELPE). **Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético na Destinação de Resíduos Sólidos**, 109 p., São Paulo, 2012.

BLOOMBERG. **United States Rated & Bonds**. 29 de fevereiro de 2020. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/markets/rates-bonds/government-bonds/us>>.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.438**. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), e dá outras providências. Brasília, 2002. Disponível em: <Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10438.htm>. Acesso em: abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Atividades de Projetos MDL Aprovados nos Termos da Resolução nº 1**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2012. Disponível em: <Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/mecanismo_de_de>

[senvolvimento limpo/Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.html](#) >. Acesso em: abr. 2020.

BRASIL. ANP, **Resolução nº 685**, de 29 de Junho de 2017.

BRASIL. ANP, **Resolução nº 734**, de 28 de Junho de 2018.

BRASIL. **Lei 11.079**, de 30 de dezembro de 2004.

BRASIL. **Lei 19.500**, de 21 de Maio de 2018.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Lei 12.305 de 2 de Agostos de 2010.

CIDADE DE CURITIBA. **Lei Municipal 11.268** de 16 de Dezembro de 2004.

COELHO, J. M. **Impactos da Participação do Biogás e do Biometano na Matriz Brasileira**. Empresa de Pesquisa Energética. 2017. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-244/topico-257/EPE_IV%20FORUM%20BIOGAS_JOSE%20MAURO_2017_1710.pdf>. Acesso em: 02/02/2020.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Edital de Concorrência 001/2019**. Disponível em: <<http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2019/00249528.pdf>>. Acesso em: 12/04/2020.

Empresa de Pesquisa Energética. **Estudo sobre a Economicidade do Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterro para Produção do Biometano**. Ministério de Minas e Energia, 2018. Disponível em< <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-309/NT%20Biometano%20de%20Aterro%20vf%200192018.pdf>>.

ESTADO DO PARANÁ. **Resolução CEMA nº 094**, de 04 de novembro de 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Estudo sobre a Economicidade do Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterro para Produção de Biometano**, 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-309/NT%20Biometano%20de%20Aterro%20vf%200192018.pdf>>. Acesso em: 02/02/2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2022**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde>>. Acesso em: 02/02/2010.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde>>. Acesso em: 02/02/2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2011.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Guia para inventários nacionais de gases de efeito estufa**. Módulo 6: Lixo. Estados Unidos: IPCC. v. 2., 1996. Disponível em: <Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html> >. Acesso em: jun. 2015.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014**. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genebra: IPCC, 2014. Disponível em: <Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> >. Acesso em: abr 2020.

KPMG Corporate Finance. Cattalini Bioenergia S.A. **Plano de Negócios** (Business Plan). 17 de fevereiro de 2014. Documento disponibilizado na disciplina de Análise Econômica da Pós Graduação de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Universidade Federal do Paraná (2020).

MUYLAERT, M.S. **Consumo de energia e aquecimento do planeta**. Análise do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo MDL do Protocolo de Quioto - Estudos de Caso. Editora da Coppe, Rio de Janeiro, 2000.

PETRONOTÍCIAS. **Gás extraído de aterro sanitário passa a ser consumido pela Reduc**. PetroNotícias, Rio de Janeiro, 2014 Disponível em: <Disponível em: <http://www.petronoticias.com.br/archives/52304> >. Acesso em: abr. 2020.

PIÑAS, Jean A. V. et al. **Aterros Sanitários para geração de energia elétrica a partir da produção de biogás no Brasil: comparação dos modelos LandGEM (EPA) e Biogás (Cetesb)**. R. bras. Est. Pop., Rio de Janeiro, v.33, n.1, p.175-188, jan./abr. 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbepop/v33n1/0102-3098-rbepop-33-01-0175.pdf>>.

PESSUTI, Bruno; BOBATO, Mauro. **Projeto de Lei Ordinária Municipal 005.00377.2017**, 2017. Disponível em: <https://www.cmc.pr.gov.br/wspl/sistema/ProposicaoDetalhesForm.do?select_action=&popup=s&chamado_por_link&pro_id=338752&PESQUISA>. Acesso em: 05/04/2020.

SODRÉ, E. **Caminhão a gás tem custo maior que diesel**. Folha de São Paulo. 12 de outubro de 2019. Disponível em:

<<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2019/10/caminhao-a-gas-tem-custo-maior-que-diesel.shtml>>. Acesso em: 02/02/2020.

REICHERT, G.A. **Painel 4 - Tecnologias apropriadas para o tratamento dos resíduos sólidos**. Seminário nacional de resíduos sólidos, desafios para implantação da política nacional, ABES. Brasília, 2014. Disponível em: <Disponível em: http://www.abes-df.org.br/upload/estudo/2014_08_19/41-geraldo-reichert-tecnologias.pdf>. Acesso em: abr. 2020.

UNIVERSDADE DE SÃO PAULO (USP). **Laudos de avaliação de empresas**: práticas adotadas no Brasil, 10º Congresso de Iniciação Científica em Contabilidade: São Paulo: 2013.

VEIGA, Ana Paula Beber. **Contribuição à avaliação das barreiras e oportunidades regulatórias, econômicas e tecnológicas do uso de biometano produzido a partir de gás de aterro no Brasil**. Instituto de Energia e Ambiente, USP, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-15072016-113112/publico/TDE_revfinal.pdf>.