

VIABILIDADE ECONÔMICA DA COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DO BIOGÁS: UM ESTUDO DE CASO NO ATERRO SANITÁRIO DE TOLEDO, PARANÁ



Revista
Desafios

Artigo Original
Original Article
Artículo Original

Economic feasibility of biogas electricity cogeneration: a case study in the landfill of Toledo, Paraná.

Viabilidad económica de la cogeneración de energía eléctrica de biogas: un estudio de caso en el relleno sanitario de Toledo, Paraná.

Marcelo Jacobowski¹, Carlos Alberto Piacenti², Weimar Freire da Rocha Junior³,
Christian Luiz da Silva⁴, Manoel João Ramos⁵

¹ Mestre em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Brasil.

² Doutor em Economia Aplicada, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Brasil.

³ Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Brasil.

⁴ Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

⁵ Doutor em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, Mestre em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Brasil.

* Correspondência: Rua Valmir Zanetti, 103, Jardim Gisela, Toledo, Paraná, Brasil. CEP:85.905-120. e-mail: eng.major@hotmail.com

Artigo recebido em 26/05/2020 aprovado em 19/07/2020 publicado em 29/08/2020.

RESUMO

Este estudo tem por finalidade analisar a viabilidade econômica da geração de energia elétrica a partir da produção de biogás no aterro sanitário do município de Toledo, PR. Diante da dificuldade que o país vem passando com sua matriz energética devido a sua dependência de fontes hídricas que vem sendo afetado pela instabilidade climática, o presente estudo se torna relevante por explorar uma alternativa para produção de energia elétrica local. Diante desses fatos, o propósito do trabalho foi identificar a capacidade de geração de biogás para a produção de energia elétrica e verificar a viabilidade econômica dessa atividade. O estudo foi descritivo e usou a técnica de coleta de dados primários pelas entrevistas semi-estruturadas, e também dados secundários, usando levantamentos documentais. Foram entrevistadas duas pessoas que atuam na secretaria do meio ambiente do município de Toledo que são responsáveis pela gestão do aterro sanitário, as mesmas contribuíram com informações que foram utilizadas na análise de viabilidade. As entrevistas ocorreram no período de janeiro a julho do ano de 2018 e as principais conclusões foram que a produção de energia elétrica no aterro por meio do biogás pode ser viável desde que se cumpra com algumas condições para operação do sistema.

Palavras-chave: sustentabilidade, viabilidade econômica, energia elétrica.

ABSTRACT

The present study has the purpose to analyze the economic feasibility of electric power generation from the biogas production in the sanitary landfill of the district of Toledo, PR. Faced with the difficulty that the country has been experiencing with its energy matrix due to its dependence on water sources that has been affected by the climatic instability, the present study becomes relevant for exploring an alternative to produce local electric energy. Due to of these facts, the purpose of the work was to identify the biogas generation capacity to produce electric energy and check the economic viability of this activity. The study was descriptive and used the technique of primary data collection through semi-structured interviews, as well as secondary data, using documents surveys. Two people were

interviewed who work in the secretariat of the environment of the district of Toledo, and they are responsible for the management of the landfill, which contributed with information that was used in the feasibility analysis. The interviews occurred in the period from January to July of the year 2018 and the main conclusions were that the production of electricity in the landfill by means of biogas can be viable provided that some conditions for system operation are fulfilled.

Keywords: sustainability, economic viability, electric energy.

RESUMEN

Este estudio tiene por finalidad analizar la viabilidad económica de la generación de energía eléctrica a partir de la producción de biogás en el relleno sanitario del municipio de Toledo, Paraná. Ante la dificultad que el país viene atravesando con su matriz energética, debido a su dependencia de fuentes hídricas que viene siendo afectada por la inestabilidad climática, el presente estudio se vuelve relevante por explorar una alternativa para la producción de energía eléctrica local. Ante estos hechos, el propósito del trabajo fue identificar la capacidad de generación de biogás para la producción de energía eléctrica y verificar la viabilidad económica de esa actividad. El estudio fue descriptivo y se utilizó la técnica de recolección de datos primarios a través de entrevistas semi-estructuradas, y también datos secundarios, usando encuestas documentales. Se entrevistaron a dos personas que actúan en la secretaría de medio ambiente del municipio de Toledo, que son responsables de la gestión del relleno sanitario, las mismas contribuyeron con informaciones que se utilizaron en el análisis de viabilidad. Las entrevistas ocurrieron en el período de enero a julio del año 2018 y la principal conclusión fue que la producción de energía eléctrica en el relleno por medio del biogás puede ser viable desde que se cumplan con algunas condiciones en la operación del sistema.

Descriptores: sostenibilidad, viabilidad económica, energía eléctrica.

INTRODUÇÃO

No Brasil e no mundo as energias renováveis, também conhecidas como energias limpas, vêm assumindo um papel de destaque no contexto da sustentabilidade. Desta forma, a energia elétrica representa papel de destaque para o desenvolvimento econômico e regional, atuando também para a melhoria da qualidade de vida da população, por meio de aplicações finais, tais como, iluminação e no funcionamento de eletrodomésticos que proporcionam conforto, e também para uma melhor qualidade do meio ambiente, ao utilizar recursos renováveis.

A energia elétrica é uma das principais fontes utilizadas para operação do sistema industrial, no qual consome maior parcela de energia gerada pelo país e que consequentemente impulsiona o crescimento econômico. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2017), o abastecimento de eletricidade no Brasil é realizado, principalmente, por meio de fontes renováveis de energia, o que representa

66% do composto total realizado por energia de fonte hidrelétrica. Entretanto, o abastecimento de energia fica exposto aos riscos incidentes sobre as fontes hídricas, tornando muito atrativo, a possibilidade de criação de novas fontes de geração de energia elétrica.

Ao levar em consideração a previsão para expansão de oferta de energia elétrica no país, a ANEEL (2017), prevê uma redução de sua matriz energética de 66% para 19% derivadas das fontes hídricas e expandir em 27% para 32% vindas de fontes térmicas. A agência ainda traz informações referente à lei n.10.848, de 15 de março de 2004, e do Decreto n. 5.163, de 30 de julho de 2004, que regulamentou a comercialização de energia elétrica por meio de licitações ou leilões, podendo realizar a venda de energia elétrica proveniente de quaisquer fontes.

Vale reforçar que vigora, atualmente, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA), criado pela Lei nº 10.438/2002, que visa a inserção de fontes alternativas renováveis de energia

elétrica, tais como pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e empreendimentos termelétricos a biomassa.

Como exemplo de incentivo à diversificação da matriz energética, a Eletrobrás atualmente trabalha um Grupo de Cooperação Técnica internacional para o desenvolvimento de modelos sustentáveis de eletrificação rural utilizando fontes renováveis de energia.

Nesse contexto, a Eletrobrás, concessionária ligada à Itaipu Binacional e a Administração Nacional de Usinas e Transmissões Elétricas do Uruguai (UTE), ligado ao Ministério da Indústria, Energia e Mineração do Uruguai, assinaram em 2013 o memorando de entendimento para desenvolver projetos de produção de Biogás no departamento de San José, estado do Uruguai (ITAIPU BINACIONAL, 2013). Esses projetos visam se espelhar em modelos desenvolvidos em propriedades rurais localizadas no Oeste do Paraná.

Segundo Castilhos Júnior *et al.* (2003), no Brasil existem alternativas para ampliar suas modalidades de produção de energia com aplicação de fontes renováveis de energia. O biogás é uma das alternativas que podem promover maior diversificação no suprimento energético do país e, conseqüentemente, cooperar com o desenvolvimento econômico, social e sustentável.

De acordo com dados obtidos no sítio da CiBiogás (2016), há sete anos que está em operação o Condomínio de Agroenergia Ajuricaba no município de Marechal Cândido Rondon (PR), o qual já reaproveitou 124 mil m³ de dejetos de bovinos e suínos para geração de energia limpa e renovável. Além disso, os biodigestores podem reduzir em até 90% a emissão de dióxido de carbono (CO₂).

Levando em consideração as condições climáticas instáveis que o país vem enfrentando e os problemas com os níveis de grandes reservatórios

hídricos, que por sua vez trazem preocupações ao setor de energia, a diversificação de sua matriz energética se torna uma ação efetiva contra futuras crises de energia elétrica no país. Neste contexto, este estudo apresenta uma análise de viabilidade para a geração de energia elétrica a partir da produção de biogás no aterro sanitário do município de Toledo, no Oeste do Paraná.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo, aplicou-se o método de pesquisa descritiva com a utilização de dados primários e secundários. A pesquisa por meio de informações secundárias foi utilizada para identificar diferentes perspectivas científicas que de alguma maneira possam fundamentar e contribuir com a análise do tema proposto. Esse tipo de dados pode ser obtido através de trabalhos já realizados, tais como artigos científicos, livros, sites, periódicos e revistas especializadas (Gil, 2008). Os dados secundários relativos ao volume de biogás gerado no aterro sanitário, a qualidade do gás e o seu potencial para geração de energia elétrica, foram obtidos por meio do estudo realizado por Armando (2013), no qual se realizou medições de vazão do gás produzido no aterro mediante o emprego de equipamentos específicos. Também foram realizadas análises da qualidade do gás e, dessa forma, foi possível obter dados quantitativos sobre o potencial energético do biogás produzido no aterro. Esses dados contribuíram para responder ao primeiro tópico dos objetivos específicos deste estudo, no qual se objetiva avaliar o atual potencial e capacidade de cogeração de energia elétrica no aterro sanitário do município.

Para Bonat (2009), como fontes de dados primários, podem ser consideradas aquelas de caráter documental, como documentos de arquivos públicos, cartas, contratos, orçamentos, estatísticas, podendo ser escritos ou não, assim como, informações obtidas por meio de entrevistas e aplicação de questionários.

Neste sentido, para atender ao segundo objetivo específico, que busca projetar o fluxo de caixa gerado pela operação da infraestrutura de cogeração de energia elétrica a partir do biogás, foi necessário buscar informações técnicas sobre o motogerador de 120 kVA a ser implantado. Essas informações trazem dados que são usados para estimar a capacidade de conversão de m³ de biogás em kWh de energia elétrica. Através dos valores de geração de energia e do custo monetário pago pelo kWh é possível projetar os valores de receitas para o fluxo de caixa. Já as saídas do fluxo de caixa são representadas pelos custos de investimento e de manutenção do sistema. Todas essas informações foram obtidas por meio de um orçamento de materiais e serviços necessários para a implantação do sistema, realizado no período deste estudo pelos responsáveis do gerenciamento do aterro sanitário que atuam na secretaria municipal de meio ambiente.

Para realizar o estudo de viabilidade e o impacto econômico da produção de energia elétrica no aterro nas contas de energia do município, foi necessário levantar dados históricos sobre os custos de energia elétrica do município. Os custos com consumo de energia elétrica foram obtidos junto à prefeitura do município no setor de contas, mediante a apresentação dos dados tabulados em planilhas eletrônicas e divididos por setores de atuação e localização, referentes ao período de 2016. Por meio dessas informações e também das anteriormente citadas, foi possível concluir o último objetivo específico previsto nesse estudo.

O tipo de abordagem a ser realizado pela pesquisa é quali-quantitativa, a qual possibilita identificar, por meio de cálculos, a viabilidade da geração de energia elétrica no local do estudo. Os procedimentos adotados nesta etapa, têm como base a aplicação dos métodos de análise de investimentos, considerando os indicadores de viabilidade econômica como payback simples e descontado, Valor Presente

Líquido (VPL), Taxa Mínima de Atratividade (TMA) e Taxa Interna de Retorno (TIR). Detalhes mais específicos sobre a utilização destes indicadores podem ser encontrados facilmente em literaturas voltadas para análise de investimentos.

Conforme Bonat (2009), os trabalhos de pesquisa que podem produzir resultados mensuráveis, medido ou contado, descartando então as questões pessoais, podem ser considerados pesquisas de cunho quantitativo. Entretanto, a aplicação de questionários e entrevistas como instrumento de coleta de dados, também trazem um aspecto qualitativo ao estudo. Desta forma, foram aplicados entrevistas e questionários não estruturados junto aos servidores que atuam na secretaria municipal de meio ambiente, com intuito de ampliar a familiaridade com o tema e obter informações complementares para melhor interpretação dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo tem por objetivo apresentar os resultados obtidos com a análise de viabilidade econômica para implantação de um segundo sistema de cogeração de energia elétrica a partir do biogás, no aterro sanitário do município de Toledo PR. No início foi realizada a caracterização da área em que foi desenvolvido o estudo e sua capacidade de geração de biogás, em seguida são apontados os valores de investimentos para o sistema de cogeração de energia elétrica e os custos ligados ao seu funcionamento, a partir desses dados foi possível realizar a análise de viabilidade econômica e outras estimativas.

As informações de custos e dados sobre o aterro para o desenvolvimento da pesquisa, foram obtidas junto à secretaria do meio ambiente do município. Já os dados sobre consumo de energia elétrica do município foram disponibilizados pelo setor contábil junto à prefeitura municipal. Atualmente, a secretaria do meio ambiente é

responsável pela gestão do aterro sanitário bem como pelos projetos de melhorias.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Segundo dados do portal da Prefeitura Municipal de Toledo (PMT, 2018), Toledo atualmente possui cerca de 130.000 habitantes e recebe destaque em atividades ligadas ao agronegócio e agroindústrias.

A economia do município está pautada na agricultura e pecuária e a agricultura está diretamente ligada com a agroindústria, sendo essa, uma das principais fontes de receitas de Toledo. Dentre os principais produtos agrícolas se destacam a soja, milho e trigo que são produzidos em aproximadamente 5.282 propriedades rurais somando um total de 120.534,2 hectares (PMT,2018).

O município também é detentor do Prêmio Paraná Ambiental na modalidade de Gerenciamento de Resíduos Sólidos pelos Programas Câmbio Verde e Lixo Útil. Estes programas, tiveram por objetivo conscientizar a população sobre a importância da reciclagem do lixo como preservação do meio ambiente. No primeiro, a população de baixa renda trocava o lixo reciclado por cestas básicas de alimentos, o que para muitas famílias era a garantia de alimentos em casa (CESCONETO, 2003). Já o segundo, por meio de um centro de triagem ocorria a separação dos lixos recicláveis propiciando uma melhoria das condições ambientais e sanitárias, além de integrar o cidadão na solução dos problemas ambientais da comunidade.

De acordo com informações descritas no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (2011), o programa Lixo Útil foi implantado no município no ano de 1993. Este programa, além de proporcionar recursos financeiros à comunidade de baixa renda, também incentivou por meio de divulgação constante, práticas para separação do lixo. Durante sua implantação foi adquirido um caminhão

tipo baú para realizar a coleta do lixo reciclável nos domicílios, dez mil caixas plásticas vazadas, uma prensa hidráulica para realizar o enfardamento do lixo e a construção de uma central de triagem de materiais recicláveis junto ao aterro sanitário do município. O programa também proporciona a população de baixa renda, a troca de materiais recicláveis por cestas básicas de alimentos, tal como no programa Câmbio Verde.

No aterro municipal, são recebidas em média 90 toneladas de resíduos sólidos domiciliares e 110 toneladas de resíduos recicláveis ao dia.

A partir de 2011, o município implementou o “Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS, que objetiva diagnosticar a real situação da geração, coleta, transporte e disposição final ou reciclagem dos resíduos sólidos na cidade e propor ações de melhorias para adequações que atendam à legislação ambiental vigente.

De acordo com dados obtidos nesse plano, a geração per capita de resíduos sólidos no município por habitante está abaixo da média se comparado as regiões próximas. Isso se deve ao fato de que os resíduos sólidos gerados são compostos por 70% de matéria orgânica, ou seja, há baixa concentração de materiais recicláveis nos resíduos sólidos que são dispostos no aterro sanitário. Isso é reflexo de programas que incentivam a reciclagem no município.

O aterro sanitário do município está localizado na rodovia PR-317 Toledo-Ouro Verde do Oeste, km 10, o mesmo é licenciado pelo órgão ambiental do estado e classificado como aterro sanitário de resíduos domiciliares (Figura 1).

A operação do aterro iniciou no ano de 2002 no local onde havia o lixão municipal. A responsabilidade de controlar as atividades e realização de investimento está atribuída a Secretaria Municipal do Meio Ambiente. No ano de 2005 foi quando o aterro recebeu maiores investimento para

realização de adequações necessárias para correta operação.

Figura 1. Vista do Aterro Sanitário do município de Toledo-Paraná



Fonte: Adaptado de Google Maps, 2011.

No ano de 2006 a Empresa de Desenvolvimento Urbano e Rural de Toledo (EMDUR), assumiu as atividades de espalhamento, compactação e recobrimento dos resíduos sólidos de forma terceirizada. Esse serviço contribui a eficiência nas atividades de operação, bem como, auxilia nos projetos de melhorias no aterro.

4.2 INVESTIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE BIOGÁS E COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Os dados apresentados nesse tópico foram levantados junto à Secretaria do Meio Ambiente do Município de Toledo, sendo esse o órgão responsável pela gestão do aterro sanitário. As informações foram concedidas por meio de cópias impressas de contratos de prestação de serviços e orçamentos.

Para mensurar os investimentos necessários para a implementação do sistema, os cálculos foram divididos em duas tabelas. Na primeira, estão descritos

os custos referentes ao sistema de captação do biogás enquanto que na segunda são apontados os valores para a aquisição dos equipamentos de cogeração de energia elétrica a partir do biogás. Os serviços de execução da obra também já estão contabilizados nas referidas planilhas. Os orçamentos para o sistema de captação de biogás e cogeração de energia elétrica foram executados por empresas diferentes com contratos individuais.

É importante destacar que para os sistemas de captação e cogeração os dados fornecidos são referentes à um segundo projeto que está em andamento, sendo um sistema complementar ao outro que, atualmente, está em operação no local de estudo. Esse sistema de captação do biogás foi executado no ano de 2017. Entretanto, o sistema de cogeração composto por um grupo motogerador está em processo de cotação.

O sistema de captação de biogás de um aterro sanitário, geralmente, é composto por uma malha de drenos verticais e horizontais que tem, em sua superfície, uma conexão com uma rede de tubulações, normalmente de polietileno de alta densidade, distribuídas pela área do aterro na forma de espinha de peixe. Esse sistema também conta com uma estação de biogás, onde estão instalados os condensadores, sopradores, queimadores, sistema de controle e medição do biogás (ZULAUF, 2004).

A estrutura de captação executado sobre o aterro sanitário de Toledo envolve serviços de escavação, montagem de estruturas tubulares, equipamentos para operação da captação do gás e outros componentes do projeto. Na tabela abaixo estão descritos os investimentos envolvidos para a execução da infraestrutura do sistema de captação no aterro municipal:

Tabela 1. Investimentos para implantação do Sistema de Captação de Biogás no Aterro Sanitário do Município de Toledo – PR

Descrição do Item	Valor Total (R\$)
Serviço de engenharia para planejamento e execução de obras	6.622,29
Mobilização de equipamentos e pessoal	904,48
Retroescavadeira para escavação de vala	11.152,80
Tubo PEAD DE 50 PE 100, espessura 5,6mm	19.218,50
Tubo PEAD DE 75 PE 100, espessura 5,6mm	54.994,00
Assentamento tubo pead, dn 50 mm	1.802,00
Assentamento tubo pead, dn 75 mm	4.402,00
Tubo de concreto DN 60cm	8.961,72
Assentamento de tubo de concreto DN 60cm	4.667,16
Tubo de PVC soldável diâmetro 50mm	87,64
Lasatro de brita	691,98
Concreto usinado classe C15	5.122,55
Caixa de passagem de alvenaria 80X80X80cm com tampa	458,57
Tampa 80X80cm para tubo de concreto	358,98
Tubo de ferro galvanizado 1" (25mm)	20.455,50
Tubo de ferro galvanizado perfurado 1" (25mm)	5.382,00
Niple de alumínio 1"	5.427,50
Niple de alumínio 2"	214,27
Niple de alumínio 3"	4.177,52
Tê de alumínio 1"	2.197,65
Tê de alumínio 3"	8.440,56
Luva F.G. 1"	813,80
Luva de redução F. G. 1.1/4"X1"	1.537,90
Bucha de redução de alumínio 2"X1"	1.890,20
Bucha de redução de alumínio 3"X2"	3.596,40
Abraçadeira aço inox para mangote 2" fita 32	9.029,95
Abraçadeira aço inox para mangote 3" fita 32	11.296,00
Registro de esfera bronze 1"	10.673,00
Registro de esfera bronze 2"	1.616,93
Registro de esfera bronze 3"	5.649,49
União de alumínio para tubos PEAD 2"	199,28
União de alumínio para tubos PEAD 3"	591,43
Adaptador de alumínio para tubos PEAD 2"	3.318,90
Adaptador de alumínio para tubos PEAD 3"	7.164,00
Parafuso travante 3/8" X 1"	25,35
Anel metálico diâmetro 3cm	80,60
Chapéu metálico cilíndrico para proteção do fogo chapa galv. N° 14	13.386,10
Tirantes de aço diâmetro 8,0 para ancoragem do queimador	1.441,05
Transporte com caminhão basculante de 10 m ³	163,10
TOTAL	238.213,15

Fonte: Dados da pesquisa

O sistema de cogeração de energia a ser implantado é composto por um grupo gerador de energia elétrica movido a biogás, que é formado por um motor à combustão de 6 cilindros e 12 válvulas, com ciclo de 4 tempos e um gerador padrão com

capacidade de 120 kVA. O sistema também é composto por outros componentes, os quais estão descritos na Tabela 2 com seus respectivos custos de investimento:

Tabela 2. Investimentos para implantação do Sistema de Geração de Biogás no Aterro

Sanitário do Município de Toledo – PR

Itens	Valor Proposto
GMWM 120 kVA BIO AT	
> 77 kW / Tensão 220 V;	
> KIT de injeção biogás para médio metano;	
> Paineis - WOODWARD EASYGEN	R\$ 165.527,00
Gerenciamento/Controle automáticos;	
Realiza o sincronismo entre os grupos geradores;	
> Sem carenagem;	
PAINEL DE PROTEÇÃO - URP	
> Paineis de proteção URP para geração distribuída - Relê Pextron ou Woodward com disjuntor motorizado ABB;	
> Proteção e conexão com a rede;	R\$ 53.700,00
> Potência máxima grupos geradores 77 kW;	
> Range de proteção conforme a norma é de 100kW até 300kW;	
PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	R\$ 25.000,00
> Elaboração do projeto para concessionária e acompanhamento até a aprovação;	
Startup / Deslocamento / Horas técnicas / estadia / alimentação / comissionamento dos painéis de gerenciamento e proteção;	R\$ -
(05 dias úteis em horário comercial)	
VISITA TÉCNICA	
> Orientações técnicas para execução das obras necessárias para instalação do grupo gerador;	R\$ -
TOTAL GRUPO MOTOGERADOR	R\$ 244.227,00
SISTEMA DE FILTRAGEM PARA H₂S	
> Entrada: 5000 ppm (0,5%)	R\$ 23.700,00
> Saída: Menor que 50 ppm (0,005%)	
TOTAL GERAL	R\$ 267.927,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Segundo Gomes (2014), o sistema deve conter o filtro para tratamento e purificação do biogás, sendo este, responsável pela retirada de gases que afetam a qualidade do produto (biogás), através da compressão, remoção do gás carbônico e do gás sulfídrico.

Conforme o fabricante do grupo gerador de energia, os principais elementos do sistema são o motor à combustão modelo ER-BR / MWM de ciclo OTTO e o gerador de energia elétrica da marca WEG com 120 kVA de potência, pois esses equipamentos são responsáveis pela conversão do biogás em energia elétrica. Desta forma, somando-se o investimento realizado para implantação do sistema de captação do gás em 2017 no valor de R\$ 238.213,15 ao valor previsto no orçamento para implantação do grupo motogerador de energia no valor de R\$ 267.927,00, o

valor total do investimento previsto para a cogeração de energia elétrica a partir do biogás no aterro sanitário do município é de R\$ 506.140,15.

4.3 CUSTOS PARA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS

Os custos necessários para garantir o funcionamento do sistema estão ligados ao próprio manejo do aterro (para garantir a produção de gás) e a manutenção do sistema de captação e cogeração de energia elétrica.

A manutenção do aterro sanitário é realizada por uma empresa terceirizada que utiliza caminhão basculante, trator esteira e pá-carregadeira para manejo dos resíduos sólidos. A empresa também atua

com um compactador de lixo e todos os materiais e mão de obra necessária para realizar as atividades de manutenção do aterro sanitário. Com base nos dados e

informações obtidas junto à secretária do meio ambiente, os custos para manutenção do aterro sanitário em 2018 estão expostos na Tabela 3.

Tabela 3. Custos para manutenção do aterro sanitário em 2018.

Descrição do Custo	Quant. (horas)	Valor Unit. (R\$/hora)	Valor Parcial (R\$)	Valor Total (R\$)
CUSTOS DE MANUTENÇÃO:				
Caminhão Basculante 10 M ³ - (Incluído Operador)	1152	132,00	152.064,00	
Trator de esteiras até 150Hp - (Incluído Operador)	2352	197,00	463.344,00	
Pa carregadeira 125 Hp - (Incluído Operador)	1152	156,00	179.712,00	
Compactador de Lixo Bomag 26T - (Incluído Operador)	1176	215,00	252.840,00	
Materiais e Equipamentos				717.119,03
Mão de Obra				330.840,97
TOTAL GERAL			1.047.960,00	1.047.960,00

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Para que se mantenha a eficiência do sistema de geração de energia elétrica, assim como a vida útil dos equipamentos, é necessário que se realize periodicamente as manutenções preventivas previstas no manual do fabricante. De acordo com as informações prestadas pelo fabricante dos equipamentos, o custo anual de manutenção do sistema é de aproximadamente R\$ 21.967,38. O plano de manutenção preventiva do equipamento prescreve avaliações anuais de 8.000 horas de funcionamento do grupo motogerador, o que equivale a aproximadamente 24 horas de funcionamento diário. Esse custo anual de manutenção foi utilizado para projeção dos fluxos de caixa na análise de viabilidade econômica do projeto.

É importante destacar que, os custos para manutenção do aterro sanitário no valor de R\$ 1.047.960,00 mencionados acima, são necessários mesmo que não exista o sistema de geração de energia elétrica com biogás, dessa forma foi considerado para projeção do fluxo de caixa apenas os valores de investimento e os custos de manutenção preventiva do grupo gerador no valor de R\$ 21.967,38. No entanto, é conveniente ressaltar que o correto manejo dos

resíduos sólidos e a manutenção do aterro afetam diretamente na produção do biogás.

4.4 A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Para gerar a energia elétrica por meio do biogás captado no sistema, são necessários além dos investimentos citados, os quais abrangem toda a infraestrutura para captação, também o sistema de cogeração que é formado pelo motor, gerador e outros equipamentos. Dessa forma para mensurar a quantidade de energia elétrica produzida pelo sistema, é necessário considerar o volume de biogás que é destinado para o sistema de cogeração.

De acordo com Armando (2013), o volume de carbono orgânico é oriundo de processos anaeróbicos que ocorre durante a decomposição dos resíduos que são dispostos anualmente no aterro sanitário. Após realizadas medições de vazão do biogás no sistema de captação do aterro sanitário, a autora concluiu que a vazão de biogás no aterro sanitário do município é de aproximadamente 233,09 m³/dia considerando 24 horas de funcionamento. Já a concentração de metano presente neste biogás corresponde a 55,72% de rendimento. É importante destacar que quanto maior

for a concentração de metano no biogás, melhor será sua qualidade.

O motogerador previsto em orçamento para produção de energia elétrica por meio da utilização do biogás, possui 120 kVA de potência. Os dados de rendimento dos equipamentos foram fornecidos pelo fabricante, que nesse caso, foi equivalente a 2,43 kWh/m³ de metano. Com estas informações foi possível calcular a capacidade de produção de energia elétrica considerando 24 horas de funcionamento do motogerador, conforme é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Capacidade de produção de energia elétrica no motogerador de 120 kVA

Capacidade de Geração	kW/dia	kWh/mês	kWh/ano
Energia elétrica	566,4087	16992,261	203907,132

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Para estimar o custo mensal evitado em razão da produção de energia com o sistema de cogeração, foi considerado o valor atual (julho de 2018) do kWh cobrado pela concessionária de energia elétrica local. O valor de referência pago à concessionária incluindo impostos é de R\$ 0,76 por kWh. Assim, foi possível mensurar o valor conforme descrito na Tabela 5.

Tabela 5. Custo evitado em razão da cogeração de energia com biogás

kWh/mês	Valor kWh (R\$)	Custo evitado (R\$) / mês	Custo evitado (R\$) / ano
16992,261	0,76	12.914,12	154969,42

Fonte: Dados da pesquisa

O custo evitado ao ano pela cogeração de energia com biogás pode ser comparado aos custos com energia consumida pelos diversos setores e departamentos da gestão pública municipal para avaliar o potencial do retorno de investimentos proporcionado pelo sistema. Dessa forma, por meio

desta pesquisa, buscou-se conhecer o montante gasto com o consumo de energia elétrica junto à prefeitura, sendo que os valores informados são referentes ao ano de 2016, conforme tabela 6 abaixo:

Tabela 6. Custos com energia elétrica no ano de 2016 por setores da administração municipal de Toledo-Paraná.

Secretarias Municipais	Custo com energia elétrica em 2016 (R\$)	Média de custo mensal (R\$)
Administração	520.852,84	43.404,40
Assistência Social	171.030,70	14.252,56
Habitação e Urbanismo	97.119,3	8.093,28
Desenvolvimento Econômico	375.081,84	31.256,82
Agropecuária	5.356,19	446,35
Meio ambiente	177.870,41	14.822,53
Cultura	231.292,47	19.274,37
Educação	831.242,89	69.270,24
Esportes e Lazer	421.725,69	35.143,81
Segurança e Trânsito	110.630,16	9.219,18
Juventude	107.410,23	8.950,85
Fazenda	3.158,28	263,19
Recursos Humanos	1.831,51	152,63
Saúde	507.640,25	42.303,35
TOTAL	3.562.242,76	296.853,56

Fonte: Prefeitura Municipal de Toledo (2018).

Ao converter a energia elétrica que é possível gerar anualmente com o grupo motogerador em valor monetário, conforme apontado nas tabelas 5 e 6, observa-se que esse valor pode cobrir, parcialmente, os custos com energia elétrica no ano de 2016 da gestão pública municipal ou, pelo menos, os custos totais de alguns setores como exemplo, os custos da secretaria de habitação e urbanismo ou secretaria de segurança e trânsito ou ainda, a soma de alguns setores. Se comparado ao valor total anual do custo com energia elétrica do município, a geração de energia no aterro pode representar aproximadamente 5% desse valor. Isso demonstra o potencial de substituição da energia elétrica possível de ser gerado com a implantação do sistema.

4.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE

A partir da informação do valor monetário a ser evitado anualmente por meio da produção de

energia elétrica com o sistema de cogeração, o qual soma um montante de R\$ 154.969,42 e, considerando os custos anuais com energia elétrica do município, é possível utilizar esse montante para a projeção do fluxo de caixa a ser gerado pelo projeto, bem como, para os cálculos de viabilidade econômica. Para a análise de viabilidade também foram utilizados informações e valores de orçamentos que foram obtidos junto ao responsável na Secretaria Municipal do Meio Ambiente para o desenvolvimento deste estudo.

A projeção do fluxo de caixa foi realizada considerando um período de 20 anos e a depreciação dos equipamentos. Para estimar a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), foi considerado o risco, a liquidez e o custo de oportunidade. Para esse último, foi considerado a taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC), referente ao mês de julho de 2018. Dessa forma, o valor aplicado para TMA foi de 16,4%.

Para os cálculos não foi considerado o Imposto de Renda (IR), devido ao fato de que a receita considerada se trata de um custo evitado com a energia elétrica.

Na Tabela 7, são apresentados os resultados dos indicadores econômicos para implantação dos sistemas de captação de biogás e cogeração de energia elétrica no aterro sanitário do município de Toledo.

Tabela 7. Indicadores econômicos da implantação do sistema de cogeração de energia elétrica a partir do biogás no aterro sanitário do município de Toledo-PR.

Indicadores Econômicos	Unidade	Valores
Investimentos	R\$	506.140,15
TIR	%	22%
VPL	R\$	165.051,77
PayBack Simples	Anos	4,57
PayBack Descontado	Anos	8,79

Fonte: Dados da pesquisa

Diante aos resultados obtidos por meio dos indicadores econômicos, observou-se que o projeto é viável, dado ao fato de que os resultados são positivos. A recuperação do investimento está prevista para aproximadamente 09 anos. Também pode-se considerar o investimento viável pelo indicador da taxa interna de retorno que que supera a taxa mínima de atratividade em aproximadamente 6%.

Na verificação do Valor Presente Líquido (VPL) como lucro obtido, verificou-se um valor de R\$ 165.051,77, com desconto da taxa mínima de atratividade de 16,4% e também considerando os valores de investimentos. A atividade pode ser considerada economicamente viável quando o resultado do VPL for positivo.

É importante destacar que para os cálculos foi considerado 24 horas de funcionamento diário do sistema de geração de energia, isso se deve ao fato de que a produção de gás no aterro sanitário ocorre de forma contínua.

4.6 ANALISE DE SENSIBILIDADE PARA O SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS

Nas análises de sensibilidade, são propostas variações em fatores ligados ao projeto tais como horas de funcionamento dos equipamentos, valor da tarifa de energia, custos de manutenção, entre outras. O objetivo é verificar as alterações nos resultados dos indicadores econômicos gerados pela variação desses fatores, que podem mostrar cenários em que o projeto pode se tornar inviável.

4.6.1 Variação no valor do investimento

Nessa análise, foi realizado uma variação de 10% e 20% de forma positiva e negativa em relação ao valor previsto do investimento para o projeto. Em decorrência desta pesquisa, foram obtidos na Secretária Municipal do Meio Ambiente de Toledo,

dois orçamentos referentes ao projeto, nos quais, os valores se diferiam em, aproximadamente, 10% e 20%. Sendo assim, essa variação entre as propostas foi utilizada na análise de sensibilidade do projeto em relação ao valor do investimento.

Por meio dos resultados apresentados na análise, foi possível verificar que um acréscimo de

20% no valor de investimento pode gerar uma queda de 12,61% no resultado do VPL e 4% de queda na taxa interna de retorno, nesse caso a queda nos indicadores não é proporcional ao aumento no valor do investimento, conforme pode ser demonstrado na Tabela 8 a seguir.

Tabela 8. Análise de sensibilidade do Valor de Investimento para viabilidade na cogeração de energia elétrica no aterro sanitário de Toledo.

Variação	Valor do Investimento	VPL (R\$)	Variação do VPL (%)	TIR (%)	Variação na TIR (%)	Payback Simples (anos)	Payback Descontado (anos)	Resultado
-20%	404.912,12	266.279,80	61,33%	28%	6%	3,69	6,00	Viável
-10%	455.526,14	215.665,78	30,67%	25%	3%	4,14	7,26	Viável
0	506.140,15	165.051,77	-	22%	-	4,57	8,79	Viável
10%	556.754,17	114.437,75	-6,31%	20%	-2%	5,01	10,74	Viável
20%	607.368,18	63.823,74	-12,61%	18%	-4%	5,44	13,46	Viável

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Mediante aos resultados da análise de sensibilidade é possível concluir que as variações de 10% e 20% sobre os valores do investimento prejudicam os resultados, porém em proporções as quais não inviabiliza o projeto.

4.6.2 Variação no custo de manutenção

Os custos de manutenção estão expostos no orçamento do grupo motogerador de 120 KVA,

divididos em etapas de realização que totalizam os custos anuais. O valor previsto para manutenção anual do sistema é de R\$ 21.967,38. Os valores empregados na avaliação da sensibilidade sobre o custo de manutenção foram de 10% e 20%, os mesmos aplicados na análise anterior. As variações para a análise também foram de forma positiva e negativa, representando o aumento e a redução dos custos de manutenção.

Tabela 9. Análise de sensibilidade do Custo de Manutenção do Grupo Motogerador de Energia Elétrica.

Variação	Custo de Manutenção (Anual)	VPL (R\$)	Variação do VPL (%)	TIR (%)	Variação na TIR (%)	Payback Simples (anos)	Payback Descontado (anos)	Resultado
-20%	17.573,90	190.556,27	15,45%	23%	1%	4,41	8,17	Viável
-10%	19.770,64	177.804,02	7,73%	23%	1%	4,49	8,47	Viável
0	21.967,38	165.051,77	0,00%	22%	0%	4,57	8,79	Viável
10%	24.164,12	152.299,52	-7,73%	22%	0%	4,66	9,13	Viável
20%	26.360,86	139.547,26	-15,45%	21%	-1%	4,76	9,51	Viável

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Os resultados mostram que há baixa sensibilidade dos resultados de viabilidade do projeto em relação as alterações nos custos de manutenção,

tendo em vista que o acréscimo de 20% no custo de manutenção refletiu em uma queda de 15,45% no VPL

e 1% na TIR, esses valores podem ser vistos na tabela 9 acima.

Os prazos para retorno do investimento apresentados nos Payback's também não sofrem variações significantes, houve o aumento de poucos meses no prazo para 20% de aumento no custo de manutenção.

4.6.3 Variação no valor da tarifa de energia elétrica

Os valores praticados pela concessionária local de energia elétrica para o kWh de energia fornecido, podem sofrer aumentos ou reduções a depender de sua capacidade de produção de energia, que por sua vez pode ser afetada pelas variações nas condições climáticas da região. Para realizar os ajustes nas tarifas de energia a concessionaria criou três classificações, conforme segue abaixo:

- **Bandeira Verde:** Condições favoráveis para a geração de energia, não há acréscimo no valor da tarifa.
- **Bandeira Amarela:** Condições menos favoráveis para a geração de energia, nesse caso o acréscimo é de R\$1,00 para cada 100 KWh.
- **Bandeira Vermelha:** Condições mais custosas de geração de energia, para essas condições foram

criadas duas subclassificações, onde patamar 1 gera o acréscimo de R\$3,00 e patamar 2 gera o acréscimo de R\$ 5,00 para cada 100 kWh.

De acordo com informações obtidas no sítio da concessionária de energia local, a Companhia Paranaense de Energia (COPEL), o valor atual da tarifa de energia elétrica, cobrada dos poderes públicos Federais e Municipais, é de R\$ 0,76 para o kWh consumido. Desta forma, os valores aplicados nos cálculos de sensibilidade para o custo da tarifa de energia, foram acrescidos e reduzidos em relação a tarifa atual cobrada do poder público, aplicando-se os critérios estabelecidos nas classificações das bandeiras verde, amarela, vermelha patamar 1 e patamar 2, conforme disposto na Tabela 10.

Nessa análise foi possível verificar que uma redução de 10,5% no valor da tarifa de energia elétrica, provoca uma queda de 57% no valor presente líquido (VPL) e 3% na taxa interna de retorno. Isso indica que o reflexo na alteração do VPL é duas vezes maior que a variação do preço da energia, sendo positivamente ou negativamente.

Tabela 10. Análise de sensibilidade do preço da energia elétrica

Variação	Preço da Energia Elétrica (R\$/kWh)	VPL (R\$)	Variação do VPL (%)	TIR (%)	Variação na TIR (%)	Payback Simples (anos)	Payback Descontado (anos)	Resultado
-10,5%	0,68	70.355,98	-57,37%	19%	-3%	5,32	12,43	Viável
-6,5%	0,71	105.866,90	-35,86%	20%	-2%	5,02	10,71	Viável
-2,6%	0,74	141.377,82	-14,34%	21%	-1%	4,74	9,46	Viável
0%	0,76	165.051,77	-	22%	-	4,57	8,79	Viável
2,6%	0,78	188.725,72	14,34%	23%	1%	4,42	8,21	Viável
6,5%	0,81	224.236,64	35,86%	24%	2%	4,20	7,50	Viável
10,5%	0,84	259.747,56	57,37%	25%	3%	4,01	6,89	Viável

Fonte: Dados pesquisa (2018).

Vale destacar que mesmo diante as variações no preço da energia elétrica utilizados nos cálculos, os indicadores econômicos continuam a apresentar

resultados satisfatórios que apontam o projeto como viável.

4.6.4 Variação no tempo de funcionamento diário do grupo motogerador

O tempo de funcionamento do sistema de geração de energia elétrica considerado para os cálculos anteriores, foi de 24 horas ao dia devido a produção de gás pelo aterro ser de forma contínua. O objetivo dessa análise foi identificar o tempo de funcionamento diário do sistema que possa inviabilizar o projeto.

Pela análise foi possível identificar que uma redução de 4 horas de funcionamento diário do sistema de geração pode provocar aproximadamente 91% de redução no indicador VPL e em torno de 5% na taxa interna de retorno. Dessa forma, o investimento se mostra sensível a variação do tempo de funcionamento diário, pois 4 horas de funcionamento representa apenas 16% da carga diária prevista. Essas informações podem ser visualizadas com maiores detalhes na Tabela 11 a seguir:

Tabela 11. Análise de sensibilidade do tempo de funcionamento do sistema de geração de energia.

Horas de Funcionamento / Dia	VPL (R\$)	Variação do VPL (%)	TIR (%)	Variação na TIR (%)	Payback Simples (anos)	Payback Descontado (anos)	Resultado
7,00	-472.189,67	-386,00%	-5,00%	-27%	>20	>20	Inviável
12,00	-284.733,93	-273,00%	5,00%	-17%	12,67	>20	Inviável
16,00	-134.831,09	-182,00%	11,00%	-11%	8,11	>20	Inviável
20,00	15.110,34	-91,00%	17,00%	-5%	5,88	17,34	Viável
24,00	165.051,77	-	22,00%	0%	4,57	8,79	Viável

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Ao realizar análise observou-se que abaixo de 20 horas diárias de funcionamento, o projeto apresenta a TIR abaixo da taxa mínima de atratividade. O tempo de retorno do investimento ultrapassa 20 anos e dessa forma o sistema de cogeração de energia se torna inviável. Vale reforçar que a concentração de metano do gás do aterro é de aproximadamente 55% conforme resultados de mediações já realizadas. Com o aumento da concentração de metano do biogás, melhora-se a eficiência de conversão e o projeto se torna viável em menor tempo de funcionamento diário.

4.6.5 Variação na concentração de metano no biogás gerado

A concentração de metano no biogás está diretamente relacionada com a eficiência do sistema, quanto maior a concentração melhor é a conversão em energia elétrica. A eficiência da geração é dada pela conversão de 1m³ de biogás em kWh de energia elétrica.

De acordo com informações fornecidas pelo fabricante do grupo motogerador, para saber a capacidade de geração de energia em kWh/m³ de metano, basta multiplicar a vazão de biogás pela % de concentração de metano contido neste, em seguida, deve ser multiplicado o resultado pela eficiência do gerador. A eficiência do gerador proposto no projeto está entre 25 e 28% a depender da qualidade da concentração de metano no biogás.

Conforme Armando (2013), a vazão de biogás no aterro sanitário é de 17,43m³ e sua concentração média de metano é de 55,72%, com essa concentração de metano a eficiência do gerador está próximo de 25%. Diante dessas condições é possível concluir que o motogerador previsto no projeto é capaz de gerar 2,43 kWh/m³ de metano.

Para realizar a análise de sensibilidade do projeto sobre a concentração de metano contido no biogás, utilizou-se os valores de 55, 65, 70, 75 e 90%, visto que o primeiro, trata-se do valor atual de

concentração de metano no aterro sanitário e os demais, estão descritos na tabela de consumo do motogerador fornecido pelo fabricante.

Também foi necessário estimar a capacidade de geração de energia em kWh/m³ de metano para cada uma das taxas de concentração conforme o cálculo mencionado anteriormente.

As análises de sensibilidade sobre as taxas de concentração de metano foram realizadas para cada

regime de tempo de funcionamento diário tratado no tópico anterior (7, 12, 16, 20 e 24 horas de funcionamento diário). Para o tempo de funcionamento diário de 24 e 20 horas, todas as taxas de concentração de metano sustentaram resultados do projeto como viáveis. Esses resultados podem ser verificados nas tabelas 12 e 13 a seguir:

Tabela 12. Análise de sensibilidade da concentração de metano no biogás para 24 horas de funcionamento diário.

Concentração de Metano (%)	VPL (R\$)	Variação do VPL (%)	TIR (%)	Variação na TIR (%)	Payback Simples (anos)	Payback Descontado (anos)	Resultado
55%	165.051,77	-	22%	-	4,57	8,79	Viável
65%	357.560,90	116,64%	29%	7%	3,55	5,67	Viável
70%	439.007,08	165,98%	31%	9%	3,24	4,83	Viável
75%	572.282,63	246,73%	36%	14%	2,83	4,09	Viável
90%	809.663,12	390,55%	47%	25%	2,17	2,90	Viável

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Tabela 13. Análise de sensibilidade da concentração de metano no biogás para 20 horas de funcionamento diário.

Concentração de Metano (%)	VPL (R\$)	Variação do VPL (%)	TIR (%)	Variação na TIR (%)	Payback Simples (anos)	Payback Descontado (anos)	Resultado
55%	15.110,34	-	17%	-	5,88	17,34	Viável
65%	175.533,24	97,20%	23%	1%	4,50	8,53	Viável
70%	243.404,47	138,32%	25%	3%	4,10	7,15	Viável
75%	354.466,48	205,61%	29%	7%	3,56	5,70	Viável
90%	619.781,28	366,35%	38%	16%	2,71	3,85	Viável

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Tabela 14. Análise de sensibilidade da concentração de metano no biogás para 16 horas de funcionamento diário.

Concentração de Metano (%)	VPL (R\$)	Variação do VPL (%)	TIR (%)	Variação na TIR (%)	Payback Simples (anos)	Payback Descontado (anos)	Resultado
55%	-134.831,09	-	11%	-	8,11	>20	Inviável
65%	-6.494,42	-95,18%	16%	5%	6,12	>20	Inviável
70%	47.801,86	-135,45%	18%	7%	5,53	13,93	Viável
75%	36.650,32	-127,18%	21%	10%	4,78	9,60	Viável
90%	348.899,43	-358,77%	28%	17%	3,58	5,76	Viável

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Considerando-se 16 horas de funcionamento diário do sistema de geração, conforme apresentado na tabela 14, o projeto somente se torna viável se a taxa de concentração de metano no gás for superior à 70%.

Já para o regime de 12 horas de funcionamento diário, são necessárias concentrações de metano acima de 90% para viabilizar o projeto, no entanto esse valor de concentração está distante da realidade do aterro. Considerando-se 07 horas de funcionamento diário, todas as taxas de concentração de metano estimadas nos cálculos, resultam em valores que tornam o projeto inviável.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados da pesquisa foi possível verificar que o volume de biogás gerado no aterro sanitário do município de Toledo gera vazão diária suficiente para a implantação de um sistema de cogeração de energia elétrica composto por motogeradores de 120 kWa. Porém, a qualidade do gás que é dada pela concentração de metano, pode impactar negativamente nos resultados de viabilidade do projeto. Dessa forma, ao considerar esta importante limitação, sugere-se como uma nova agenda de pesquisa a realização de estudos direcionados a melhoria da qualidade do biogás para que assim, seja possível contribuir para ampliar o volume de energia elétrica produzida no aterro sanitário do município de Toledo.

A implantação de um grupo motogerador com potência de 120 kWa pode gerar fluxos de caixa que viabilize o projeto no aterro sanitário do município. Entretanto, se o sistema trabalhar por período inferior a 20 horas, sob as condições atuais, torna-se inviável. Por outro lado, se considerar a possibilidade de melhorar a qualidade do biogás para uma concentração de metano a 70% já se torna viável em regime de 16 horas de trabalho.

Para a análise de viabilidade do projeto foram analisados os investimentos e também os indicadores de taxa interna de retorno, valor presente líquido e playbacks. Mediante a aplicação dos indicadores de viabilidade econômica, conclui-se que o projeto para implantação de uma usina de cogeração de energia elétrica utilizando o biogás no aterro sanitário de Toledo, é viável sob o ponto de vista estratégico e econômico.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, p.1, 2004.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>> Acesso em 25 jan 2017.

ARMANDO, M. C. **Avaliação do potencial do biogás gerado e sistemas de aproveitamento energético no aterro sanitário do município de Toledo-PR**. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Cascavel, 2013.

BRASIL. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos** [recurso eletrônico]. 2. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. 73 p. (Série legislação; n. 81).

BONAT, D. **Metodologia da Pesquisa**. 3ª ed. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2009.

CASTILHO JÚNIOR, A. B. (Coord.). **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: Rima. ABES, 2003. 280 p.

CIBIOGAS. Condomínio Ajuricaba, 2016. Disponível em: https://cibiogas.org/condominio_ajuricaba. Acesso em: 05 mai. 2017.

CESCONETO, E. A. Política ambiental: uma gestão local de organização. In: Seminário Nacional: Estado e Políticas Sociais no Brasil, 2003. Disponível em: [http://cac-
php.unioeste.br/projetos/gpps/midia/seminario1/trabalhos/Assistencia%20Social/eixo5/125politicaambiental.pdf](http://cac-
php.unioeste.br/projetos/gpps/midia/seminario1/trabalhos/Assistencia%20Social/eixo5/125politicaambiental.pdf). Acessado em: 06ago. 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**, 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, A. C. A. **A viabilidade econômica financeira do uso do biogás para implantação de um condomínio de Agroenergia no município de Toledo-PR.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campos de Toledo, 2014.

ITAIPU BINACIONAL. **Modelo de produção de biogás do paraná será replicado no Uruguai**, 2013. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/noticia/modelo-de-producao-de-biogas-do-parana-sera-replicado-no-uruguai>. Acesso em 05 mai. 2017.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mudanças climáticas, o maior problema ambiental do planeta, 2005.** Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/arquivos/quioto_2005.pdf> Acesso em 21 de Jun 2017.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Programa de Geração Distribuída de Energia Elétrica 2015.** Disponível em: http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030> Acesso em 21 de Jun 2017.

PMT- PREFEITURA MUNICIPAL DE TOLEDO-PR. **Secretária municipal de meio ambiente.** Disponível em:<<https://www.toledo.pr.gov.br/portal/meio-ambiente/aterro-sanitario>> Acesso em 20 de Jun de 2018.

PTI - PARQUE TECNOLÓGICO DE ITAIPU. **Relatório de resultados PTI 2016.** Disponível em: <https://www.pti.org.br/sites/default/files/Publica%C3%A7%C3%B5es/RELATORIO_DE_RESULTADOS_PTII_2016.pdf> Acesso em 17 de Jun de 2017.

ZULAUF, M. **Geração com biogás de aterros de lixo.** In: GUGGENHEIM, F. Dossiê de Energia Positiva para o Brasil. Greenpeace, 2004.