

Estudo do Potencial de Energia Elétrica Renovável Através da Produção de Biogás no Aterro Sanitário de Giruá

Patrícia Gomes Dallepiane ^{a*}, Mauro Fonseca Rodrigues ^b, Gabriel Henrique Danielsson ^c

^a Graduada em Engenharia Elétrica na Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul, Ijuí/RS.

^b Doutorando e Mestre em Engenharia Elétrica pela UFSM (Grupo CEESP) e Engenheiro Eletricista pela Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul, Santa Rosa/RS.

^c Aluno do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul, Santa Rosa/RS.

e-mails: patricia.dallepiane@gmail.com, mauro.rodrigues@gmail.com, gabriel.danielsson@gmail.com

Resumo

A energia elétrica é um recurso indispensável para a sobrevivência e o desenvolvimento econômico. Assim, buscando atender à crescente demanda de energia consumida, viabilizando desenvolvimento sustentável, tem-se a alternativa de tecnologias que permitam a sua produção através dos aterros sanitários. Atualmente, devido ao acelerado aumento na produção diária de lixo, há uma preocupação quanto ao seu destino final e às implicações à saúde da população e ao poder público. Expondo a necessidade de substituir os lixões a céu aberto por aterros sanitários como medida de proteção ambiental, contribuindo com um possível aproveitamento energético do biogás, produzido a partir da decomposição da matéria orgânica. Ele é considerado um combustível para produção de energia favorável ao meio ambiente, pois através de sua aplicação permite a redução dos gases do efeito estufa. Portanto, visando o adequado armazenamento do lixo, o presente trabalho busca avaliar o potencial energético do biogás para o aterro sanitário de Giruá, localizado na Região Noroeste do Rio Grande do Sul. Em contraponto, os aterros sanitários são uma necessidade para descarte dos resíduos sólidos urbanos e podem colaborar para compensação energética da usina em questão, podendo ser uma alternativa renovável e inovadora na geração de energia elétrica.

Palavras-chave: Aterro sanitário, Biogás, Fontes Renováveis de Energia, Resíduos Sólidos Urbanos.

1. Introdução

O crescimento populacional e econômico contribui para o aumento diário do consumo de energia, pois é através dela que se proporciona trabalho e desenvolvimento. Com isso, visando as potencialidades e características locais, diversificação na matriz energética, e alternativas para atender a necessidades por outras opções de geração, os novos estudos vêm apresentando desenvolvimento e registram avanços tecnológicos em aproveitamento energético e fonte renováveis de geração.

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo do aproveitamento energético a partir de gases gerados dos resíduos urbanos disponíveis no aterro sanitário de Giruá, localizado na Região Noroeste do Rio Grande do Sul, para fins de propor alternativas para o tratamento e destinação dos resíduos sólidos e buscar alternativas renováveis na geração de energia elétrica através do uso do biogás.

Os aterros sanitários vêm a se destacar em municípios em que ainda não possuem o gerenciamento controlado para os resíduos, pois é uma prática de disposição de lixos no solo

*Autor em correspondencia.

(MENDES, 2005), sem contaminação. Além disso, permite que os resíduos possam ser reaproveitados nos insumos que ali estão depositados, incluindo o biogás gerado a partir da decomposição da matéria orgânica.

O biogás é considerado um combustível para produção de energia favorável ao meio ambiente, pois através de sua aplicação permite a redução dos gases do efeito estufa [1], que resultam no aumento da temperatura da Terra. Em relação ao metano, o setor de resíduos é o segundo maior emissor, causando alterações climáticas, danos para a agricultura, erosão, perda da biodiversidade, derretimento das geleiras, entre outros efeitos [8].

Atualmente, devido ao acelerado aumento na produção de lixo, há uma preocupação quanto ao seu destino final e às implicações à saúde da população e ao poder público. Isso está descrito na Lei nº 12.305/2010, responsável pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece a busca de soluções para o problema ambiental, que resulta no gerenciamento incorreto do destino dado aos resíduos sólidos. Declara-se, então, que a necessidade de aplicação de aterros sanitários como medida de proteção ambiental, contribuindo com um possível aproveitamento energético do biogás.

2. Geração De Energia Em Aterros Sanitários

2.1. Aterros Sanitários

Atualmente, a produção diária de resíduo sólido urbano nos municípios tem causado um acelerado aumento, pois anualmente são constatados acréscimos nos valores finais. Com isso, tem ocasionado preocupações e projetos em administrações públicas, para o adequado tratamento a ser realizado no seu armazenamento.

Os resíduos sólidos urbanos apresentam grande diversidade de materiais em sua composição, os quais perderam seu tempo de vida útil e são considerados inúteis ou descartáveis [3]. Assim, o aterro sanitário é um modelo padrão a ser utilizado como forma de armazenamento desses resíduos, pois através dele ocorre o controle e tratamento de líquidos percolados e dos gases gerados.

O aterro é um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, onde são compactados e cobertos com terra na forma de células, formando camadas. Para proteção à saúde pública e a segurança, minimizando os impactos ambientais, são fundamentados critérios de engenharia para tratar e confinar os resíduos e normas operacionais específicas. Entretanto, antes de projetá-lo, deve ser verificado o solo e a questão geológica da área selecionada. E, principalmente, realizar a impermeabilização do solo, e a instalação de drenos horizontais para captação dos líquidos percolados e drenos verticais para a drenagem dos gases [8].

2.2. Geração De Energia A Partir Do Biogás

O aproveitamento energético desse sistema ganha maior importância, pelo fato da maioria dos municípios não possuírem um correto destino aos resíduos sólidos urbanos. Assim como, pela viabilização de novas tecnologias e pela redução de impacto ao meio ambiente. Com isso, a implantação desse processo, além de criar novas matrizes energéticas, permite a redução dos gases do efeito estufa, ganho ambiental e redução de custos.

Os dejetos armazenados passam naturalmente do estado sólido para o estado gasoso, pela decomposição da matéria orgânica, através da ação dos microorganismos em um ambiente sem a presença do ar, ou em um ambiente conhecido como anaeróbico. O biogás é um gás que possui características como incolor e insolúvel em água. E em sua composição encontra-se gás metano, hidrogênio, oxigênio, dióxido de carbono, nitrogênio e gás sulfúrico [1].

Sua produção depende de diversos fatores como: composição do resíduo, umidade, potencial Hidrogênionico (pH), temperatura, nutrientes e tempo de disposição do resíduo [6]. Entretanto, sua composição depende principalmente do tipo de resíduo que a população vai produzir e a maneira que estes materiais são dispostos ao chegarem ao aterro.

O volume de biogás gerado, depende da quantidade de lixo que são depositados nos aterros. Ressalta-se que os valores dos resíduos são estimados, através do recebimento no local, pois o mesmo não são pesados e não possui um controle detalhado em seu destino final.

Assim, para desenvolver a estimativa do biogás a ser produzido e a energia a ser gerada no período de tempo delimitado, é utilizado métodos matemáticos aplicados e recomendados especificamente para projeções de aproveitamento energético através do biogás.

2.3. Estimativa do potencial a ser produzido

O aterro sanitário de Giruá, localizado na Região Noroeste do Rio Grande do Sul, foi inaugurado em 2011, através da empresa CRVR Riograndense de Valorização de Resíduos Ltda [2]. Instalada em uma área de 20 hectares, com uma vida útil de 20 anos, projetada para uma capacidade total de aproximadamente 2 milhões de toneladas, mas com uma capacidade máxima de recebimento diário de 500 t/dia de resíduos. O aterro compartilhado atende aproximadamente 51 municípios, possuindo uma ampla estrutura de recebimento de resíduos e assim possuindo um considerável potencial energético a ser produzido [4].

A quantidade de energia produzida é estimada a partir da geração e captura do metano, que ocorre durante a degradação do material orgânico, que pode vir a aumentar de forma gradual de acordo com a disposição de dejetos durante o período de utilização, e decair após cessada a sua

deposição de dejetos, mas continuando a produzir durante anos, até a degradação de todo o material ali depositado.

Para iniciar a realização do cálculo do potencial de geração do biogás, foi utilizada a metodologia desenvolvida pelo IPCC – Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas. É um modelo abrangente e simplificado, que permite calcular e avaliar o potencial de geração do metano do resíduo, conforme equação 1. Ressalta-se que a variável da fração do metano no biogás foi considerada em 0,6, utilizado como padrão [8].

$$LO = \left[(MCF) \cdot (DOC) \cdot (DOC_f) \cdot F \left(\frac{16}{12} \right) \right] \quad (1)$$

Onde: LO – Potencial de geração do metano do resíduo (m^3 (biogás)/Kg(RSD)); MCF – Fator de correção do metano (%); DOC – Fração de carbono degradável (KgC/KgRSD); DOC_f – Fração de DOC dissolvida (KgC/KgRSD); F – Fração de metano no biogás; $\frac{16}{12}$ – Conversão de carbono (C) para metano (CH_4) e RSD – Resíduo sólido domiciliar.

O fator de correção do metano é definido de acordo com o tipo de aterro em que se deseja utilizar, a forma que os dejetos são dispostos no local e seu fechamento. Com isso, a Tabela 1, classifica de acordo a situação encontrada. Para a realização do cálculo, no caso apresentado foi determinado o fator de 0,8.

Tabela 1 - Fator de correção do metano [8].

TIPO DE LOCAL	MCF
ADEQUADO	1
INADEQUADO PROFUNDO (>5M DE LIXO)	0,8
INADEQUADO RASO (<5M DE LIXO)	0,4

Fonte: ZIRR (2010).

Para determinar a fração de carbono degradável, é proposto calcular a equação 2, porém é necessário ter conhecimento dos componentes nos quais formam os resíduos depositados no aterro. Assim, relacionar com os valores recomendados pelo IPCC, conforme a Tabela 2, com os as frações definidas.

$$DOC = [(0,4 \cdot A) + (0,17 \cdot B) + (0,15 \cdot C) + (0,40 \cdot D) + (0,3 \cdot E)] \quad (2)$$

Onde: A é fração de papel e papelão; B é a fração de resíduos de parque e jardim; C é a fração de restos de alimentos; D é a fração de tecidos e E é a fração de madeira.

Tabela 2 - Fração de carbono degradável.

Componente	DOC % (em massa)
A) Papel e Papelão	40
B) Resíduos de parque e jardim	17
C) Restos de alimentos	15

D) Tecidos	40
E) Madeira	30

Fonte: ZIRR (2010).

Para obter a variável da fração de carbono degradável dissolvida, é utilizada equação (3), considerando a variável da temperatura na zona anaeróbia (T) de 30°C.

$$DOCf = (0,14.T) + 0,28 \quad (3)$$

Para estimar a geração de metano no ano, utiliza-se como base a metodologia de decaimento de primeira ordem, equação 4 [8].

$$Q = LO.R. [(e^{-k.(c-T)})] \quad (4)$$

Onde: Q é a geração de metano no ano (m³/ano); LO é o potencial de geração do metano nos resíduos (m³/ton); R é a média anual de deposição dos resíduos durante a vida útil do aterro; K é a constante de decaimento (ano⁻¹); c – Tempo desde o fechamento do aterro (anos) e o T é Tempo desde a abertura do aterro (anos).

Para realização dos cálculos, foi utilizado os dados referente ao aterro sanitário de Giruá, com tempo de operação de 20 anos de vida útil. Considerando uma média de deposição dos resíduos durante a operação do aterro de 296 toneladas de lixo/dia [4].

Conforme os dados da USEPA, os valores de constante de decaimento variam de uma faixa de 0,003 a 0,21/ano, conforme representada na equação 5. Entretanto para o aterro de Giruá resultou a constante de decaimento em 0,05.

$$K = \left[\frac{\ln 2}{t. \left(\frac{1}{2}\right)} \right] \quad (5)$$

Onde: K é a constante de decaimento (ano⁻¹) e t.(1/2) – Tempo de fração de DOC decair pela metade em massa (anos).

Para realizar a estimativa do aproveitamento energético produzido nos aterros, a partir de biogás obtido, desenvolve-se o cálculo de potência e energia disponível, determinado pelas equações 6 e 7.

$$P = \left[\left(\frac{Q.Pcmet}{s} \right) . Ec \right] \quad (6)$$

Para calcular a P é potência a cada ano, conforme a expressada na equação 6, foi adotado um valor de eficiência de coleta de gases (Ec) de 75% do biogás produzida no qual pode ser captado, pois o mesmo depende de fatores que influenciam na cobertura do aterro e nos poços de coleta [7]. E para a vazão do metano (Q) é utilizado os valores resultantes da equação 4. Observa-se que devido a temperatura de coleta do biogás, o valor considerado para o poder calorífico (Pc) do

metano é de $35,53 \times 10^6$ (kcal/m³CH₄). E para a variável *S* corresponde a relação segundos/ano, resultando 31.536.000 segundos [8].

$$E = (P \cdot T_o \cdot E_e) \quad (7)$$

Para a equação da energia disponível (*E*), que associa Potência disponível por ano (*P*), Tempo de operação (*T_o*), será adotado para o motor uma eficiência energética (*E_e*) de 33%. [6].

Os valores do ano de 2011 até 2015, apresentavam um total armazenado de 540.000 toneladas, obtidos de levantamentos [4]. Porém, para os anos posteriores são projeções das demandas futuras de dejetos, com valores aproximados ao já armazenado. Em seguida, com os valores da vazão do metano, calculou-se a potência disponível a cada ano, durante o tempo estimado para operação do aterro. Os resultados obtidos anualmente em MW, estão na Tabela 3:

Tabela 3 - Potência estimada disponível.

Ano	10 ³ (m ³ /ano)	MW	Ano	10 ³ (m ³ /ano)	MW
2011	14326,97	12,11	2021	23621,18	19,96
2012	15061,53	12,73	2022	24832,26	20,98
2013	15833,75	13,38	2023	26105,44	22,06
2014	16645,56	14,07	2024	27443,89	23,19
2015	17499,00	14,79	2025	28850,97	24,38
2016	18396,19	15,54	2026	30330,19	25,63
2017	19339,38	16,34	2027	31885,25	26,94
2018	20330,94	17,18	2028	33520,05	28,32
2019	21373,33	18,06	2029	35238,66	29,78
2020	22469,16	18,99	2030	37045,38	31,30
			2031	38944,74	32,91

Fonte: Autoria Própria.

Através da potência gerada, observa-se que anualmente apresentou um aumento no aproveitamento energético, proporcional ao aumento da quantidade de lixo depositada. Demonstra-se que durante os 20 anos de operação do aterro, a potência média gerada é de 20,88 MW. Ressalta-se que posterior ao tempo de vida útil demonstrada na Tabela 3, ainda será obtido a geração de energia durante alguns anos, diminuindo anualmente até a total decomposição.

Em seguida, através da potência gerada a cada ano, pode-se calcular a estimativa da energia disponível no local. Para desenvolvimento do cálculo, será considerado um tempo de operação de 24h por dia, para a potência disponível anualmente. Resultando o comportamento da Tabela 4.

Tabela 4 - Estimativa de energia a ser produzida.

Ano	MWh/dia	Ano	MWh/dia
2011	95,88	2021	158,08
2012	100,80	2022	166,18
2013	105,96	2023	174,71
2014	111,40	2024	183,66
2015	117,11	2025	193,08
2016	123,11	2026	202,98

2017	129,42	2027	213,39
2018	136,06	2028	224,33
2019	143,04	2029	235,83
2020	150,37	2030	247,92
		2031	260,63

Fonte: Autoria Própria.

O potencial energético produzido tem um comportamento crescente, que depende no volume de lixo depositado. Com isso, analisando a estimativa para implantação na região, ao atingir 10 anos de operação pode vir a produzir 19,96 MW, e ao atingir os 20 anos delimitados, ele pode vir a produzir 32,91 MW, contribuindo com a necessidade de compra de energia de concessionárias e regularizando o destino final dos resíduos dos municípios.

O impacto causado aos habitantes por aterro é mínimo, pois o local a ser instalado é distante da população e em uma área delimitada para atender os requisitos mínimos para aplicação. Além disso, a geração através do biogás vem a contribuir com o meio ambiente, com a redução dos gases causadores do efeito estufa. E principalmente, reduz multa que o município vem a pagar referente à disposição inadequada de resíduos sólidos, e torna uma solução adequada para preocupações da administração pública com aumento dos lixos gerados.

Com isso, se torna uma alternativa a ser desenvolvida pelo fato de ser uma fonte renovável, e realiza o destino correto para o lixo. Ressalta-se que para viabilizar a aplicação através de aterro, o mesmo deve ser executado em parceria com mais de um município, abrangendo uma região local, para fins de aumentar o volume de lixo coletado para a produção do biogás e a geração de energia elétrica.

3. Conclusão

Visando o desenvolvimento sustentável e o correto gerenciamento dos resíduos, buscou-se desenvolver um estudo do aproveitamento energético do biogás no aterro sanitário de Giruá/RS. Pois, uma das principais preocupações para a sociedade e a administração pública é o crescente aumento dos resíduos urbanos e sabe-se que eles liberam biogás, cuja emissão é um dos fatores que causam o efeito estufa. Assim, o mesmo deve ter vida útil superior a 10 anos e, por esse motivo, foram apenas delimitados 20 anos de operação, contudo para um projeto de maior porte esse tempo pode se estender, de acordo com a disponibilidade do local.

Com isso, conclui-se que existe um potencial energético no aterro sanitário em questão, que vem sendo desperdiçado, o que acaba prejudicando o meio ambiente. Deve ser ressaltado que todos estes dados são passíveis de alterações futuras tendo em vista a variação de coleta e correta destinação final de resíduos que vem aumentando a cada dia no Rio Grande do Sul.

Conforme Zirr (2010), a viabilidade financeira desses empreendimentos também ocorre, recuperando o valor investido. Partindo do princípio que o destino dos resíduos sólidos é obrigatório, em ambiente corretamente preparado para sua recepção, o uso do biogás para gerar energia elétrica agrega valor ao processo e permite que as prefeituras obtenham retorno de parte do valor investido em coleta e deposição dos rejeitos.

4. Referências

- [1] Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica do Brasil – 3ª Edição. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>.
- [2] COMPANHIA RIOGRANDENSE DE VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS (CRVR). Central de Tratamento de Resíduos de Giruá. Disponível em: <<http://crvr.com.br/>>
- [3] FIGUEIREDO, N. J. V. Utilização de biogás de aterro sanitário para geração de energia elétrica – estudo de caso. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.
- [4] KIRSTEN, D. S. Potencial Inexplorado De Energia Elétrica Proveniente Do Biogás De Aterros Sanitários No Rio Grande Do Sul. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2016.
- [5] LEI 12.305/2010. Brasília, 2010.
- [6] MENDES, Luiz G. G. Proposta de um sistema para aproveitamento energético de um aterro sanitário regional na cidade de Guaratinguetá. Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, 2005.
- [7] PAVAN, Margareth C. O. Geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos: avaliação e diretrizes para tecnologias potencialmente aplicáveis no Brasil. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010. Acesso: 15 de outubro de 2016.
- [8] ZIRR, Guilherme. A geração de energia elétrica através do biogás de aterro sanitário controlado – estudo de caso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2010.