

CABURÉ

**Saberes Acadêmicos
Interdisciplinares**

V. 1, N. 1 (2018)

**GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A
PARTIR DO APROVEITAMENTO DO
BIOGÁS GERADO POR (RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS) RSU NO SERTÃO DE
ALAGOAS.**

**GENERATION OF ELECTRIC ENERGY FROM THE USE OF BIOGAS
GENERATED BY (URBAN SOLID WASTE) RSU IN ALAGOAS BACKWOODS**

Karla Juliana Cordeiro Costa

Universidade Federal de Alagoas -Campus do Sertão
karlarampjuliana@gmail.com

Thauany Alves Pastor

Universidade Federal de Alagoas -Campus do Sertão

Josilane Pereira Melo da Silva

Universidade Federal de Alagoas -Campus do

Sanderson Carlos dos Santos Mendes

Universidade Federal de Alagoas -Campus do

Resumo

Este trabalho visa estimar o potencial de aproveitamento da biomassa que é obtido da matéria orgânica, sendo ele gerado pelos resíduos sólidos urbanos e a partir disso calcular o Potencial Energético gerado entre os anos de 2010 a 2021. A pesquisa foi realizada em oito municípios de Alagoas, sendo eles: de Água Branca, Canapi, Delmiro Gouveia, Inhapi, Mata Grande, Olho d'Água do Casado, Pariconha e Piranhas que são os municípios que integram o Consórcio Regional de Resíduos Sólidos do Sertão de Alagoas. O destaque se dará para Delmiro Gouveia - AL, localizada no Sertão de Alagoas, fazendo divisa com os estados de Pernambuco, Bahia e Sergipe. A metodologia seguirá de uma pesquisa bibliográfica com abordagem quantitativa. Para auxiliar a discussão e fundamentar a análise, foram utilizados como fundamentação teórica Pecora (2006), Pavan (2010), dentre outros que estudam sobre o aproveitamento do biogás.

Palavra-chave: Sustentabilidade; Energia Renovável; Biomassa e Resíduos Sólidos Urbanos

Abstract

This work approaches the possibility of using biogas which is obtained from organic matter and is generated by urban solid waste and from this, calculate the Energy Potential generated between the years 2010 and 2021. The research was executed in the counties of Alagoas, these are: Água Branca, Canapi, Delmiro Gouveia, Inhapi, Mata Grande, Olho d'Água do Casado, Pariconha and Piranhas, which are the municipalities that participate of the Consórcio Regional de Resíduos Sólidos do Sertão de Alagoas. The highlight will be for Delmiro Gouveia - AL, located in the backwoods of Alagoas, bordering the states of Pernambuco, Bahia and Sergipe. The methodology will follow a bibliographical research with a quantitative approach Pecora (2006), Pavan (2010), among others who study on the biogas using. These authors were used to support the discussion and to base the analysis.

Keywords: Sustainability; Renewable energy; Biomass and Urban Solid Waste

Contextualização histórica

No início do século XX o petróleo era o principal combustível fóssil utilizado. Contudo, ao longo do desenvolvimento tecnológico, novas fontes de energia foram observadas e podendo observar os efeitos degradantes e poluentes dos combustíveis fósseis, proporcionando um novo tipo de energia que seria gerado por meio do biogás.

Em 2018, segundo dados da ANEEL, cerca de 8,77% da matriz energética do Brasil é movida a Biomassa. Com isso, a produção de energia elétrica a partir dos resíduos sólidos urbanos (resíduos domiciliares e de limpeza urbana) é uma das formas, que cada vez mais está sendo analisada e discutida, de reduzir os impactos ambientais e socioeconômicos consequentes de tais resíduos. A degradação anaeróbia da matéria orgânica dos RSUs resulta em uma mistura gasosa conhecida como biogás, composto principalmente por metano e dióxido de carbono, quanto maior a presença de metano, maior a quantidade de energia por unidade de massa também no biogás. Além desses compostos há outros em menor quantidade como o monóxido de carbono, nitrogênio, vapor d'água e hidrogênio.

A produção de energia ocorre da seguinte forma: Inicialmente recolhe-se o gás, em seguida há o processo de remoção das partículas em suspensão e outros agentes contaminantes, por fim, ele é convertido em eletricidade e distribuído por equipamentos de interconexão.

Para o desenvolvimento do trabalho, apoiamo-nos em produção de Pavan (2010), o qual permitiu estimar a quantidade de biogás que um aterro pode produzir e, a partir disso, calcular o quanto de energia elétrica pode fornecer ao consumidor através do Método de Decaimento de Primeira Ordem.

Com isso, este artigo visa analisar se o crescimento populacional aumenta em proporção direta ao potencial energético, além de apresentar o potencial energético da biomassa por meio do material orgânico presente nos resíduos sólidos urbanos e o custo de sua produção para as cidades que compõem o Consórcio Regional de Resíduos Sólidos do Sertão de Alagoas – CRERSSAL

Como estimar o potencial de energia a partir da produção de biogás em aterros

O Método de Decaimento de Primeira Ordem, que nos fornece a vazão de metano anual $Q_{T,x}$ (m^3 /ano) de um aterro dada pela seguinte equação:

$$Q_{T,x} = kR_x L_0 e^{-k(T-x)} \quad (1)$$

- k é a constante de decaimento por ano;
- R_x é a quantidade de resíduo produzida por ano em toneladas;
- L_0 potencial de geração de metano do lixo em m^3 /tonelada;
- T ano em vigência;
- x ano de deposição do lixo no aterro.

Além disso, para que seja possível calcular a emissão total de CH_4 pelo lixo alocado no aterro durante todos os anos devemos utilizar a seguinte fórmula:

$$Q_T = \sum Q_{T,x} \quad (2)$$

Onde o x é o ano inicial até T e Q_T representa a quantidade total de gás metano gerado em m^3 /ano.

A constante de decaimento de metano (k) sofre influência de fatores tais como a umidade, a disposição de nutrientes, a temperatura e o pH. Por este motivo, muitas instituições estudam a relação entre k e tais variáveis. International Panel On Climate Change – IPCC (2018).

Informa ainda que caso o k não seja caracterizado (como nos casos dos estudos feitos pela UNITED STATES ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY – USEPA (1991) e BANCO MUNDIAL devemos adotar o k como 0,05 e que a relação do potencial de geração de metano, L_0 , será de acordo com a caracterização do resíduo. A tabela abaixo trata dos valores de L_0 para a matéria orgânica;

Tabela 1: Valores de L_0 em função da degradabilidade do resíduo.

Caracterização do Resíduo	Valor mínimo de L_0 ($m^3 CH_4$ / ton resíduo)	Valor máximo de L_0 ($m^3 CH_4$ / ton resíduo)
Resíduo altamente degradável	225	300

Fonte: World Bank (2003)

Os valores máximos e mínimos de L_0 , irão fornecer, respectivamente, a geração de metano máxima e mínima.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Secretaria de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico fornecem os dados para os anos entre 2010 e 2017, mas para os anos seguintes será necessário calcular uma estimativa para cada população. Para isso, a partir das informações já obtidas, podemos encontrar uma taxa para o crescimento populacional. O Centro de Estratégias em Recursos Hídricos & Energia – CERNE (2018) fornece uma fórmula para este cálculo:

$$r = \left[\left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] \times 100 \quad (3)$$

Onde:

- r representa a taxa de crescimento populacional;
- P_t a população final;

- P_0 a população inicial;
- n números de anos dentro do período em questão.

Os valores de R_x serão encontrados através da multiplicação da geração de resíduo per capita estimada (t/dia) fornecidos pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH (2016), pela quantidade de dias do ano em que o lixo é desposto no aterro e pela taxa de matéria orgânica dos RSU de cada município.

Tabela 2: Taxa de matéria orgânica dos municípios integrantes do CRERSSAL.

Município	Matéria orgânica (%)
Água Branca	60,63
Canapi	50,85
Delmiro Gouveia	58,49
Inhapi	57,90
Mata Grande	38,91
Olho d'Água do Casado	75,44
Pariconha	59,72
Piranhas	57,69

Fonte: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH Alagoas

Com todos os elementos conhecidos, podemos conhecer os valores de $Q_{T,x}$ e Q_T , dados pelas fórmulas (1) e (2).

De acordo com BGS Equipamentos para biogás (2013) cada $1m^3$ de metano equivale a 1KWh. Portanto para descobrir o potencial energético anual gerado no município, basta multiplicar o valor encontrado em KWh e dividir pela quantidade de horas que um ano contém: 8760 horas para anos normais e 8784 horas para anos bissextos.

O Centro de Estratégias em Recursos Hídricos & Energia – CERNE (2017) nos fornece os valores médios de comércio por MWh referentes aos leilões de energia nova A4 e A6 do ano de 2017, que dizem respeito as usinas que irão começar a operar em quatro e seis anos, respectivamente. Esses valores foram R\$ 144,51/MWh, para o A4 e de R\$ 189,45/MWh para o A6. Com base nesses valores, iremos calcular o valor de comércio desta produção.

Resultados

De acordo com dados do IBGE e Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH, e da fórmula fornecida pelo Departamento De Informática Do Sistema Único De Saúde – DATASUS tornou-se possível o

conhecimento da taxa para o crescimento populacional e, conseqüentemente, da estimativa da população entre os anos de 2018 e 2021, exposto nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Taxa calculada para crescimento anual.

Municípios	Taxa de Crescimento
Água Branca	0,69%
Canapi	0,52%
Delmiro Gouveia	1,12%
Inhapi	0,52%
Mata Grande	0,44%
Olho d'Água do Casado	1,36%
Pariconha	0,50%
Piranhas	1,17%

Fonte: Autores.

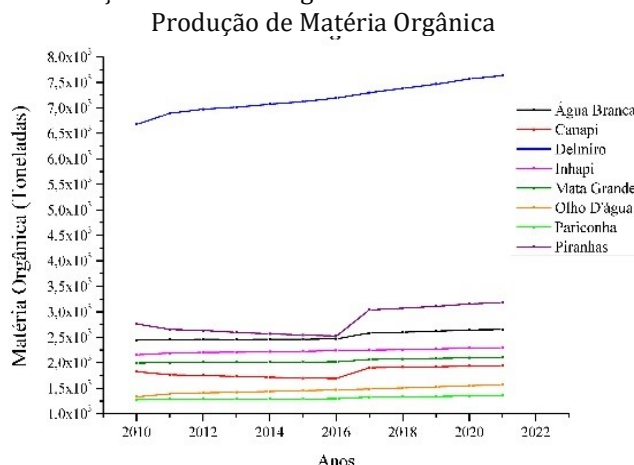
Tabela 5: Estimativa para crescimento populacional entre os anos de 2018 e 2021.

Estimativa para crescimento populacional				
Municípios	2018	2019	2020	2021
Água Branca	20607,5	20748,9	20891,4	21034,7
Canapi	18076,8	18171,1	18265,8	18361,1
Delmiro Gouveia	53188,4	53786,6	54391,4	55003
Inhapi	18748,4	18845,4	18942,8	19040,8
Mata Grande	25702,6	25816,7	25931,3	26046,4
Olho d'Água do Casado	9587,5	9717,8	9849,8	9983,6
Pariconha	10737,7	10791,7	10845,9	10900,4
Piranhas	25594,7	25894,9	26198,6	26505,8

Fonte: Autores.

Com base nos valores da tabela 5 e dados da SEMAHR (2015) e [IBGE](#) foi medida a produção de material orgânico. A figura 1 apresenta a produção em cada município, onde é notório que a quantidade do material orgânico é proporcional ao crescimento da população.

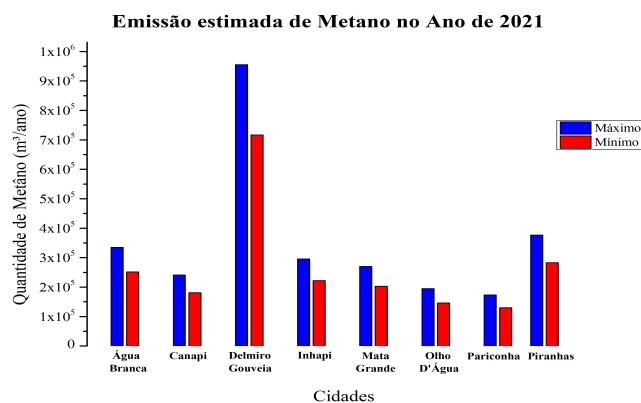
Figura 1: Produção de matéria orgânica entre os anos de 2010 e 2021.



Fonte: SEMARH do estado de Alagoas, 2016 e autores.

A vazão do metano, obtida através do método de Decaimento de Primeira Ordem, apresenta um intervalo originado com base nos valores mínimo (225 m³ CH₄/ ton resíduo) e máximo (300 m³ CH₄/ ton resíduo) do potencial de geração de metano (L₀) para resíduo altamente degradável. Foi possível calcular durante os 12(doze) anos uma aproximação da vazão total de biogás mínima de **2,13Mm³** e máxima de **2,84Mm³**. A figura 2 apresenta a distribuição da vazão de metano nos municípios analisados.

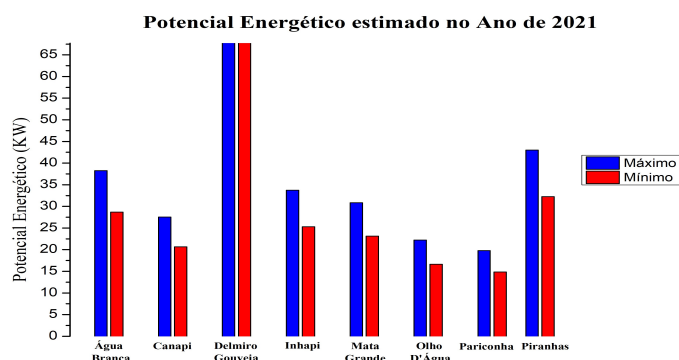
Figura 2: Emissão estimada da vazão mínima e máxima total do metano entre os anos 2010 e 2021.



Fonte: Autores.

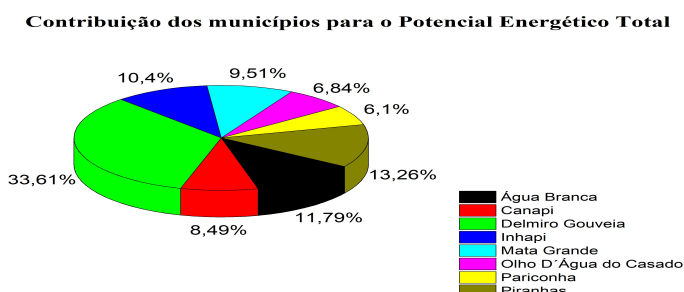
Assim, o potencial total mínimo de geração de energia elétrica para os municípios do CRERSSAL durante o período de estudo é de **243,33 KW** e máximo de **324,44 KW**. As figuras 3 e 4 mostram a distribuição do potencial energético por município.

Figura 3: Potencial energético mínimo e máximo dos municípios que compõem o CRERSSAL entre os anos de 2010 a 2021.



Fonte: Autores.

Figura 3: Porcentagem do potencial energético dos municípios que compõe o CRERSSAL entre os anos de 2010 a 2021.



Fonte: Autores.

O custo mínimo e máximo de produção da energia para o período de 2010 a 2021, fundamentado em dados do Centro de Estratégias em Recursos Hídricos & Energia – CERNE (2017), referente aos leilões de energia Nova A4 e A6 é apresentado na tabela 6.

Tabela 6: Valor de comércio de acordo com os leilões 2017 para energia nova.

Valor de comércio da produção de energia (R\$)		
Leilões de Energia	Mínimo	Máximo
A4	35.165,06	44.640,72
A6	46.887,71	61.468,95

Fonte: Autores.

Discussões

O estudo mostrou que o potencial energético de uma usina de gás metano, alimentada pelo material orgânico presente nos resíduos sólidos da CRERSSAL durante o período de doze anos seria em média de 283,89 KW.

A metodologia aplicada mostra-se eficiente no cálculo da estimativa de potencial energético, pois considera fatores básicos como a taxa de crescimento populacional, e taxa de lixo gerado e entregue ao aterro por cada município.

Outros estudos podem ser realizados para observação dos benefícios da instalação de uma usina geradora de biogás utilizando os RSU's, como também a economia alcançada através da instalação de uma usina geradora de biogás.

Além do objetivo primário deste artigo, que é o estimar o potencial energético de geração de biogás pelos municípios que compõe o CRERSSAL, ressalta-se importantes características do uso deste combustível, redução da emissão de gases de efeito estufa, e melhoria nas condições sanitárias da região que dá tratamento adequado aos seus resíduos.

Em uma perspectiva mais consistente de análise, esta pesquisa procurou evidenciar que utilizando os RSU's de forma adequada, com devido trato e colaboração dos municípios participantes do CRERSSAL, a produção de biogás. De acordo com o potencial energético produzido, pode-se afirmar que prover autonomia para manter entre 1.184,21 à 1.578,94 famílias, ao consumo médio de uma 150 kwh, considerado o consumo médio brasileiro de uma família composta por 4 pessoas.

No entanto, se observarmos o consumo de um único município isolado, podemos afirmar que esse potencial é de pequeno porte, essa produção deverá abastecer pequenas comunidades, ou automação dos processos da usina.

Conclusões

O estudo mostrou que o potencial energético de uma usina de gás metano, alimentada pelos resíduos sólidos da CRERSSAL durante o período de doze anos seria em média de 163,19 KW.

A metodologia aplicada mostra-se eficiente no cálculo da estimativa de potencial energético, pois considera fatores básicos como a taxa de crescimento populacional, e taxa de lixo gerado e entregue ao aterro por cada município.

Outros estudos podem ser realizados para observação dos benefícios da instalação de uma usina geradora de biogás utilizando os RSU's, como também a economia alcançada através da instalação de uma usina geradora de biogás.

Além do objetivo primário deste artigo, que é dimensionar o potencial energético de geração de biogás pelos municípios que compõe o CRERSSAL, ressalta-se importantes características do uso deste combustível, redução da emissão de gases de efeito estufa, e melhoria nas condições sanitárias da região que dá tratamento adequado aos seus resíduos.

REFERÊNCIAS:

ANEEL. Matriz De Energia Elétrica. [online] Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em 31 de janeiro de 2018

BANCO MUNDIAL. Municipal Solid Waste Incineration – world bank technical guidance report. Washington, D.C. first printing,, 103 p.199.

[BGS Equipamentos. Cálculo da Produção de Biogás. \[online\] Disponível em <http://bgsequipamentos.com.br/blog/calculo-de-producao-de-biogas-2/>. Acesso em 31 de janeiro de 2018.](http://bgsequipamentos.com.br/blog/calculo-de-producao-de-biogas-2/)

CENTRO DE ESTRATÉGIAS EM RECURSOS HÍDRICOS & ENERGIA – CERNE. Biomassa: Retorno dos leilões de energia é positivo e precisa ser contínuo para a fonte. [online] Disponível em: <<http://cerne.org.br/biomassa-retorno-dos-leiloes-de-energia-e-positivo-e-precisa-ser-continuo-para-a-fonte/>> Acesso em 01 de fevereiro de 2018.

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE – DATASUS. Taxa de crescimento da população – A.3.[online] Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/LivroIDB/2edrev/a03.pdf>> Acesso em 05 de fevereiro de 2018.

IBGE. Delmiro Gouveia. [online] Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/delmiro-gouveia/panorama>>. Acesso em 29 de janeiro de 2018>.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Guidelines for national greenhouse inventories: reference manual, v.3 1997.[online] Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs>>. Acesso em 06 de fevereiro de 2018.

PAVAN, M. C. O. Geração De Energia A Partir De Resíduos Sólidos Urbanos: Avaliação E Diretrizes Para Tecnologias Potencialmente Aplicáveis No Brasil. Tese (Doutorado em Energia) – Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS – SEMARH. Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Alagoas. 2015.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS – SEMARH. Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Região do Sertão. 2016.

UNITED STATES ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY – USEPA. Air emissions from municipal solid waste landfills. Background information for proposed standards and guidelines. Emission standards. EPA-450/3-90-011a, March 1991.