

III-125 - ATLAS DO POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DAS REGIÕES CONSORCIADAS PARA A IMPLANTAÇÃO DOS FUTUROS ATERROS DO ESTADO DE ALAGOAS

Luísa Mayumi Chagas Fuonke⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Alagoas.

Júlia Santos Humberto⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Alagoas. Graduanda em Engenharia de Produção do Centro Universitário CESMAC.

Karina Ribeiro Salomon⁽³⁾

Professora Associada I Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas. Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) Mestre em Engenharia da Energia e Doutora em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira⁽⁴⁾

Professora Titular do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas. Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (Campus II - Campina Grande). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

Endereço⁽¹⁾: Av. Lourival Melo Mota, s/n – Tabuleiro do Martins - Maceió – AL. CEP: 57072-900 - Brasil - Tel: (82) 3214-1301 - e-mail: luisafuonke@hotmail.com

RESUMO

A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) recomenda a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado). No Estado de Alagoas foi promulgada a Lei Estadual nº 7.749/2015 que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e Inclusão Produtiva, a qual dispõe sobre as diretrizes gerais, os seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos, em consonância com as políticas estaduais de meio ambiente, recursos hídricos, saneamento básico e de promoção da inclusão social. Na decomposição dos resíduos sólidos urbanos nos aterros sanitários ocorre biogás, que é um gás composto essencialmente por metano e dióxido de carbono, sendo esses gases contribuintes para o efeito estufa. No entanto, o biogás apresenta um potencial energético elevado podendo ser utilizado como fonte de energia. Uma forma de minimizar os impactos do biogás no meio ambiente é através do seu reaproveitamento para geração de energia elétrica. O presente projeto tem como proposta realizar um levantamento do potencial energético dos resíduos sólidos urbanos do Estado de Alagoas, agrupando os municípios em regiões, facilitando assim a gestão integrada dos resíduos sólidos. Para estimar o potencial energético dos resíduos sólidos urbanos nos futuros aterros sanitários e suas variações ao longo do tempo foi utilizado o modelo LandGEM versão 3.02, que possibilitou observar a partir dos dados encontrados que os futuros aterros apresentam um significativo potencial energético, em particular na região da Zona da Mata o município de União dos Palmares com potência média de 186.439,19 W, seguido do município de Rio Largo, integrante do Consórcio Regional Metropolitano, com 185.686,57 W, na região do Litoral Norte o município de Maragogi com 124.070,91 W disponíveis, a região do Sertão com o maior município de Delmiro Gouveia, com potência média de 131.073 W, Santana do Ipanema na região da Bacia Leiteira, com 103.416 W média, Litoral Sul com o município de Campo Alegre, com 150.190 W disponíveis, e por fim, a região do Agreste, com Arapiraca 882.657 W entre os anos de 2017 e 2037. Espera-se que este trabalho contribua com a formação de recursos humanos na área de bioenergia e ainda no levantamento de dados e informações que possam ser utilizadas como base de estímulo para novas pesquisas e investimentos sobre o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos do Estado de Alagoas.

PALAVRAS-CHAVE: Biometano, Geração de energia, Landgem, RSUs.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional acompanhado por mudanças de hábitos e de consumo da população, tem levado a um aumento significativo da geração de resíduos sólidos das mais diversas naturezas. Diante disso, a preocupação em relação aos resíduos sólidos tem aumentado em razão do crescimento da produção, da falta de gerenciamento adequado e da escassez de áreas apropriadas de disposição final (JACOBI; BESEN, 2011).

Nesse contexto, a opção mais utilizada atualmente no Brasil para disposição final de resíduos sólidos é o aterro sanitário, por ainda ser a forma mais segura e econômica. Com o aumento do número de aterros, aumenta-se também o potencial de produção de biogás.

A produção de biogás se dá sob condições anaeróbicas, de forma que os resíduos sólidos sofrem decomposição formando uma mistura gasosa composta principalmente por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2). O aproveitamento do biogás tem o potencial de melhorar a segurança energética, uma vez que constitui uma fonte alternativa de energia, e de contribuir para a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

No Brasil, a problemática associada à insegurança energética e aos resíduos sólidos faz com que o biogás gerado a partir desses resíduos seja uma alternativa potencialmente vantajosa, uma vez que a geração de eletricidade a partir de biogás proporciona um fornecimento descentralizado e próximo aos pontos de carga, por meio de uma fonte renovável que vem sendo tratada como resíduo; possibilidade de receita extra, resultante da geração de energia a partir do biogás e vendida às concessionárias; redução na quantidade de eletricidade comprada da concessionária e das emissões de metano para a atmosfera, entre outros (SALOMON; LORA, 2005).

O objetivo do trabalho é identificar o potencial energético dos resíduos sólidos urbanos dos futuros aterros dos municípios das regiões Metropolitana, Zona da Mata, Litoral Norte, Bacia Leiteira, Sertão, Agreste e Sul do estado de Alagoas através de um modelo de estimativa de geração de biogás, o LandGEM, com o intuito de mostrar a oportunidade de implantação de projetos de captura de biogás nos aterros, com a consequente geração de energia e redução de emissões de GEE.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o programa LandGEM para fazer uma estimativa da geração de biogás produzido nos futuros aterros dos municípios sede dos consórcios das regiões Metropolitana, Zona da Mata, Litoral Norte, Bacia Leiteira, Sertão, Agreste e Sul do estado de Alagoas, entre os anos de 2017 e 2037.

Este programa foi escolhido para ser utilizado porque, segundo ESMAP (2004), é adequado para a finalidade pretendida e é o modelo mais comumente empregado e aceito nas Américas. Ele possui interface de aplicação simples e é bem aceito por agências e pela comunidade científica.

Modelo LandGEM: Para a estimativa do gás metano, do dióxido de carbono e do biogás, como também de outros gases, a ser produzido nos aterros dos municípios sede das regiões de interesse foi utilizado o programa LandGEM – versão 3.02. Desenvolvido pela EPA em 2005, é utilizado para estimar a quantidade de biogás gerado em aterros e suas variações ao longo de um certo tempo. Este modelo estabelece a equação de primeira ordem, conforme a equação 1 (EPA, 2005).

Os parâmetros L_0 e K são os mais importantes, pois refletem variações de acordo com o local, clima e tipo de resíduos. Nas condições brasileiras o fator K pode ser aplicado para variação de 0,05 até 0,15 e o fator L_0 no Brasil varia de 140 até 190 m^3/t (FIGUEIREDO, 2012).

O software consiste em uma planilha no ambiente Microsoft Office Excel, onde o usuário insere os dados de seu projeto, são eles: os anos de abertura e fechamento do aterro, parâmetros de índice de geração de metano, capacidade de geração de metano do resíduo, percentual de metano em relação ao volume de biogás e o total de resíduo depositado no aterro a cada ano de funcionamento (NECKER, 2013).

Cálculo dos parâmetros k e L_0 : Como que não há dados específicos dos locais dos futuros aterros foi necessário adotar o valor de k (taxa de geração de metano) e estimar o valor de L_0 (potencial de geração de metano) de acordo com as áreas estudadas. Estudos realizados pelo CEPEA (2004) apud Gonçalves (2007) o

valor da taxa de geração de metano (k) é adaptado de acordo com a região, índice pluviométrico e clima. Sugere-se para a região Nordeste $k = 0,1 \text{ ano}^{-1}$. De acordo com o IPCC (2006), uma maneira de se calcular o potencial de geração de metano (L_0), é através da equação 2.

Segundo o IPCC (2006), o valor do fator de correção de metano (FCM) para disposição de resíduos sólidos de forma adequada e bem gerenciada, que é a proposta dos futuros aterros dos municípios sede, é igual a 1. Ainda, é recomendado para a fração de carbono orgânico degradável dissociada COD_f o valor padrão de 0,5. Para a fração em volume de metano (F) é considerado 0,5, uma vez que o Intergovernmental Panel on Climate Change considera que o biogás gerado em um aterro sanitário pelos resíduos sólidos possui um percentual de 50% de metano. Já o carbono orgânico degradável (COD) é estimado com base na composição de resíduos e pode ser calculado a partir de uma média ponderada do teor de carbono de vários componentes degradáveis (tipos de resíduos / materiais) do fluxo de resíduos.

O COD pode ser calculado conforme a equação 3. O biogás gerado pelos resíduos sólidos nos aterros sanitários possui uma porcentagem de cerca de 50% de metano (IPCC, 2006). Portanto, o valor de F utilizado é igual a 0,5.

Para fazer uma estimativa da geração de biogás gerado pelos resíduos das regiões de estudo, foi realizada uma estimativa da quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados ao longo de 20 anos, em função do crescimento populacional e da geração per capita de RSU. Para representação dos potenciais de geração do metano, foi utilizado o programa ArcGIS, onde foram criados mapas que mostram o potencial por município consorciado.

Estimativa populacional: A estimativa do crescimento populacional das regiões consorciadas do Estado de Alagoas foi realizada através de dados do censo 2010 fornecido pelo IBGE. A partir desses dados, foi feita uma previsão da população urbana dos municípios consorciados baseada no método logístico. O ajuste da curva desse método foi feito através do programa CurveExpert Professional 2.4.0 para todos os municípios consorciados das regiões de interesse.

Método da Curva Logística: Este método supõe que o crescimento da população segue uma relação matemática que estabelece uma curva em forma de S. A população tende assintoticamente a um valor de saturação (BENETTI, 2007). Desse modo, a previsão populacional dos municípios foi feita através da equação 4.

Estimativa da geração de RSU: Para a geração per capita de resíduos dos municípios foram adotados os valores disponíveis no site da SEMARH-AL, onde consta as principais informações referentes aos municípios do estado. Assim, foi utilizada a equação 5 e considerada uma vida útil de 20 anos.

Cálculo da Potência Disponível: O potencial energético do biogás está relacionado com a quantidade de metano presente no gás. A determinação da potência disponível pode ser feita por meio da equação 6 (PECORA, 2009).

Quadro 1: Equações utilizadas para a estimativa da produção de metano.

FÓRMULA	PARÂMETROS
$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0,1}^1 kL_0 \left(\frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_{ij}}$ <p>(Eq. 1)</p>	<p>Q_{CH_4}= produção anual de metano para determinado ano (m^3/t); $i= 1$ - acréscimo por ano; n= ano do cálculo (ano inicial de abertura do aterro); $j= 0,1$ - acréscimo por ano; k= taxa de geração de metano (ano^{-1}); L_0= potencial de geração de metano (m^3/Mg); M_i= massa de resíduos recebidos no ano em cada seção (Mg); t_{ij}= ano, em cada seção, de recebimento da massa de resíduos (tempo, com precisão de decimais, por exemplo, 3,2 anos).</p>
<p>(Eq. 2)</p>	<p>L_0: potencial de geração de metano do lixo (Gg de CH_4/Gg de RSU); FCM: fator de correção de metano (%); COD: carbono orgânico degradável (Gg de C/Gg de RSU); COD_f: fração de COD dissociada (%); F: fração em volume de metano (%); 16/12: fator de conversão de carbono em metano (Gg de CH_4/Gg de C).</p>
<p>(Eq. 3)</p>	<p>COD: carbono orgânico degradável (Gg de C/Gg de RSU); A: fração de papel e papelão no lixo; B: fração de resíduos de parques e jardins; C: fração de restos de alimentos no lixo; D: fração de tecidos no lixo; E: fração de madeira no lixo.</p>
<p>(Eq. 4)</p>	<p>A, B, C: parâmetros do método logístico.</p>
<p>(Eq. 5)</p>	<p>Pd: produção diária média de resíduos (kg/dia) Pop: população no determinado ano considerado g: geração per capita de resíduo do município ($kg/hab.dia$) R: percentual de resíduos aterrados (%). (Adotado 100%)</p>
<p>(Eq. 6)</p>	<p>Px: potência disponível a cada ano (W) Qx: vazão de metano a cada ano (m^3CH_4/ano) Pcmetano: poder calorífico de metano = $35,53. 106 J/m^3CH_4$ η: eficiência do motor 31536000: segundos em um ano</p>

RESULTADOS

A partir da obtenção de todas as informações acerca da população ao longo dos anos de vida útil dos futuros aterros, da geração de RSU, da quantidade de metano produzido e da potência disponível nas regiões Metropolitana, Zona da Mata, Litoral Norte, Bacia Leiteira, Sertão, Agreste e Sul do estado de Alagoas, foram adquiridos as estimativas totais de cada região. A Tabela 1 mostra as estimativas totais de cada região.

Tabela 1: Estimativas totais por Região Alagoana

Região	Ano	População	Geração de RSU (t/ano)	Quantidade de metano produzido (m ³ CH ₄ /ano)	Potência (W)
Litoral Norte	2037	301.034	68.073	2.486.167	840.311
Metropolitana	2037	263.592	61.102	2.724.673	920.925
Zona da Mata	2037	330.502	75.679	3.700.372	1.250.706
Sertão	2037	189.797	41.286	1.966.827	664.777
Bacia Leiteira	2037	323.062	68.860	3.272.871	1.106.213
Litoral Sul	2037	493.588	102.692	4.642.947	1.569.291
Agreste	2037	728.317	180.519	8.552.935	2.890.846

A geração máxima de metano nos futuros aterros de cada região ocorre no ano de 2038, um ano após o encerramento da vida útil dos aterros, uma vez que o programa LandGEM considera que a geração de metano vai crescendo com o passar dos anos à medida que mais resíduos sólidos são depositados no aterro sanitário, até atingir um pico de geração máxima de metano próximo ao ano de encerramento do aterro e decair continuamente. A Figura 1 mostra o comportamento da produção de gases nos aterros.

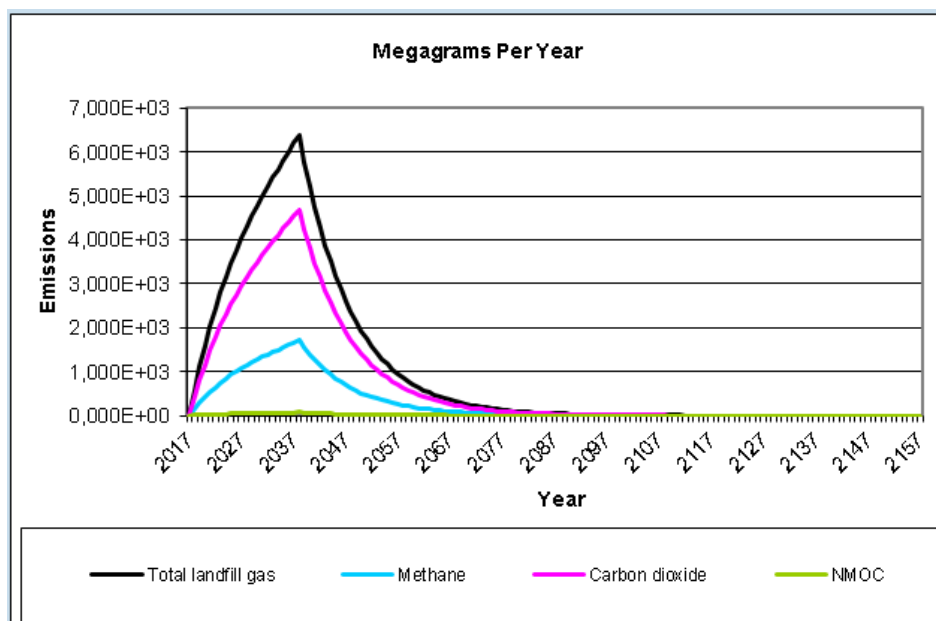


Figura 1: Comportamento da Produção de gases nos aterros

Tendo isso em vista, na região Metropolitana, o pico de geração máxima de metano é de 2.771.520 m³ no ano de 2038, já sua potência máxima é de 0,938 MW nesse mesmo ano. O município consorciado que se destaca nessa região é Rio Largo, apresentando uma potência média disponível ao longo da vida útil do aterro igual a 185.686,57 W. Em contraste, o município que apresenta menor potência média disponível é Coqueiro Seco, com 13.984,71 W. Como Rio Largo é o município que detém da maior geração de RSU e conseqüentemente a maior potência disponível entre os municípios consorciados, apresenta-se como um município com potencial para receber o futuro aterro da região.

Na região da Zona da Mata, o pico de geração máxima de metano de 3.765.254 m³, sendo sua potência máxima igual a 1,27 MW. O município que apresenta maior potência disponível é União dos Palmares, seguido de Atalaia e Murici. Apresentando 186.439,19 W de potência disponível, o município de União dos

Palmares mostra-se com grande potencial para a implantação do futuro aterro que receberá os resíduos de todos os municípios consorciados dessa região. Por outro lado, Pindoba é o município que apresenta menor potência média disponível, sendo igual a 6.075,54 W.

Na região do Litoral Norte o pico de geração máxima de metano é igual a 2.559.222 m³ e sua potência máxima é região é de 0,87 MW. Os municípios que apresentam maior e menor potência média disponível é Maragogi e Jundiá, apresentando 124.070,91 W e 6.009,72 W, respectivamente. Desse modo, Maragogi mostra-se como um município com potencial para receber os RSU dos municípios que compreendem o consórcio dessa região.

Na região do Sertão, o pico de geração máxima de metano é de 2.014.981 m³ no ano, e sua potência máxima é de 0,677 no mesmo ano. O município que se destaca com a maior população, geração de resíduo, quantidade de metano e potência é Delmiro Gouveia, com uma potência média disponível ao longo da vida útil do aterro de 131.072,98 W, com um grande potencial de receber o aterro da região. O município que apresenta menor potência é Pariconha, com 22.725 W disponível.

Já na região da Bacia Leiteira, o pico de geração de metano e potência máxima são 3.384.173 m³ e 1,128 mW, respectivamente. O município que apresenta menor potência é Jacaré dos Homens, por não ter a composição gravimétrica realizada, seguida da Palestina, com 12.123 W, e a maior, Santana do Ipanema, com 103.416 W, sendo a escolha para abrigar o aterro regional.

Na região do Litoral Sul, o pico de geração máxima de metano de 4.882.959 m³, sendo sua potência máxima igual a 1,60 MW. O município que apresenta maior potência disponível é Campo Alegre, seguido de Penedo e Coruripe, com 150.190 W, 149.263 W e 119.112 W, respectivamente, sendo Campo Alegre o município com grande potencial para a implantação do futuro aterro que receberá os resíduos de todos os municípios consorciados dessa região. Por outro lado, Anadia é o município que apresenta menor potência média disponível, sendo igual a 3.146 W.

Por fim, a região do Agreste tem pico de geração máxima de metano de 7.203.662 m³ e potência máxima de 1,108 MW. O município que possui o menor potencial é Olho D'Água Grande, com 12123 W, e o maior, que pode receber o aterro da região é Arapiraca, com 882.657 W disponível.

Vale salientar que, o programa LandGEM considera ainda que a geração de metano cresce com o tempo de maturação e à medida que há acúmulo de resíduos sólidos soma-se um novo potencial de geração de biogás e também estima a geração de metano nos anos posteriores ao fechamento do aterro, apresentando um comportamento condizente com a realidade.

Mesmo com o encerramento da vida útil do aterro sanitário ainda há a geração de metano devido à matéria orgânica presente nos resíduos sólidos e, conseqüentemente, há a geração de energia elétrica, podendo ainda ser aproveitada.

A figura 2 ilustra o mapa das potências disponíveis nas sete regiões do estado de Alagoas.

MAPA DAS POTÊNCIAS DISPONÍVEIS (W) DAS REGIÕES DO ESTADO DE ALAGOAS

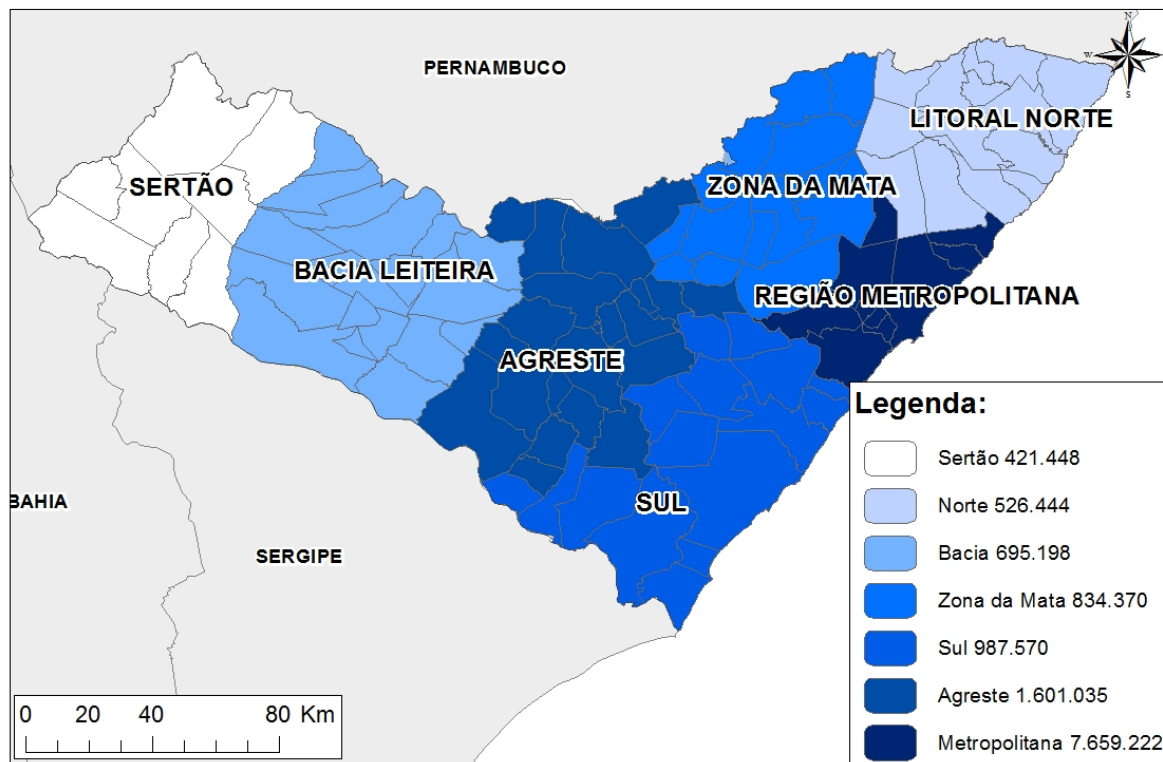


Figura 2: Potências médias das regiões do estado de Alagoas em W

Através da Figura 2 é possível observar a região Metropolitana do estado de Alagoas que possui 9 municípios e a maior potência média do estado, ou seja, 7.659.222 W, se considerado o município de Maceió. Isso se justifica devido a maior concentração populacional na sua capital, a cidade de Maceió, o que gera consequentemente mais resíduo sólido e assim contribui mais com essa potência.

Em seguida, a região do Agreste compreende 20 municípios e se destaca por apresentar a segunda maior potência média do estado, isto é, 1.161.025 W. Nessa região se destaca o município de Arapiraca, que possui a maior população da região e potência variando entre 134.957 W no início da vida útil do aterro e 1.464.734 W ao final da sua vida útil.

Na sequência, observa-se a região do Litoral Sul que possui 16 municípios e apresenta potência média de 987.570 W, tendo maiores contribuições dos municípios de Campo Alegre e Penedo respectivamente, e Anadia com a menor.

A próxima região é da Zona da Mata, que contém 15 municípios e apresentou potência média de 834.370 W. Nesse contexto, o município de União dos Palmares sua potência varia entre 28.898,08 W e 282.030,84 W ao longo da vida útil do aterro.

Dando continuidade, a região da Bacia Leiteira compreende 19 municípios e apresentou potência média de 695.198 W. O município que mais contribui com essa potência é Santana do Ipanema, de modo que sua potência alcança 166.683 W ao término da vida útil do aterro.

Ainda na sequência, a região do Litoral Norte do estado possui 14 municípios e apresentou potência média de 526.444 W.

Por fim, a região do Sertão de Alagoas, que possui 8 municípios e mostrou potência média de 421.448 W. Os municípios que mais e menos contribuem com essa potência são respectivamente Delmiro Gouveia e Pariconha.

CONCLUÇÕES

O presente trabalho teve como princípio avaliar o potencial de geração de energia elétrica pelos resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados na região de Alagoas, e com os dados obtidos a partir da composição gravimétrica dos RSU da área de estudo, pode-se concluir que a região com menor potencial energético é a do Sertão, seguido do Litoral Norte, Bacia Leiteira, Zona da Mata, Litoral Sul, Agreste e a maior, Metropolitana, com um grande potencial de geração de metano.

Sabe-se que o meio ambiente vem sofrendo impactos muito negativos com o tratamento inadequado para o despejo dos resíduos sólidos, com a decomposição dos materiais gerando substâncias tóxicas que contaminam paralelamente água, solo e ar. Com isso há a necessidade de implantação de programas de gestão focando o desenvolvimento sustentável.

A partir do estudo desse potencial energético no estado de Alagoas, é possível saber qual o melhor arranjo para implantação dos aterros sanitários em cada região, de acordo com a ótica da redução de custo de transporte e disposição de resíduos associados à redução dos impactos ambientais.

A geração de energia nos futuros aterros sanitários de Alagoas através do biogás é uma fonte renovável e limpa que pode gerar receitas para os municípios. Além disso, sob o aspecto ambiental e social, a produção de energia trará benefícios e evitará a emissão de gases que contribuem para o efeito estufa, como também trará uma maior qualidade de vida à população, gerando empregos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. Disponível em: < <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acessado em: 06 set. 2016.
2. BENETTI, J. K. A Utilização Da Projeção Populacional Na Elaboração De Projetos De Saneamento Básico: Estudo De Caso, Ijuí, Rs. Ijuí/RS, 2007.
3. ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANCE PROGRAMME (ESMAP). The world bank handbook for the preparation of landfill gas to energy projects in Latin America and the Caribbean. Waterloo, Ontario, 2004.
4. FIGUEIREDO, Juliana Carvalho. Estimativa de Produção de Biogás e Potencial Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais. Dissertação apresentada ao Programa de Pós – Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. Belo Horizonte, 2012.
5. GONÇALVES, A. T. T. Potencialidade Energética dos Resíduos Sólidos Domiciliares e Comerciais do Município de Itajubá - MG. Itajubá, 2007.
6. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/>>. Acessado em: 06 set. 2016.
7. IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2006). Solid Waste Disposal. Disponível em:< http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf>. Acessado em: 06 set. 2016.
8. IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2006). WASTE GENERATION, COMPOSITION AND MANAGEMENT DATA. Disponível em:< http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf>. Acessado em: 06 set. 2016.
9. MARTINS, K.A. POTENCIAL ENERGÉTICO E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE MACEIÓ – AL. Maceió, 2014.
10. JACOBI, P. R.; BESEN G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Revista Estudos Avançados, v. 25, n.71. São Paulo, 2011.
11. NECKER, H. S. Estimativa Teórica da Geração de Biogás do Aterro Sanitário que Será Construído no Município de Ji-Paraná - RO. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET. Ji-Paraná, 2013.
12. PECORA, V et al. Potencial de Geração de Energia Elétrica e Iluminação a Gás por Meio do Aproveitamento de Biogás Proveniente de Aterro Sanitário. São Paulo, 2009.
13. SALOMON. K. R.; LORA. E.E.E. Estimativa do Potencial de Geração de Energia Elétrica para Diferentes Fontes de Biogás no Brasil. Biomassa & Energia, v. 2, n. 1, p. 5767, 2005.
14. SEMARH – Secretária de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (2013). Disponível em: <<http://residuossolidos.al.gov.br/>>. Acessado em: 06 set. 2016.