

ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO AMBIENTAL

**ESTIMATIVA DO POTENCIAL ENERGÉTICO A PARTIR DA PRODUÇÃO
DE BIOGAS DE RSU NO ESTADO DA PARAÍBA**

Vanessa Rosales Bezerra, rosalesuepb@gmail.com,(UEPB)
Valderi Duarte Leite, mangabeiraleite@gmail.com,.(UEPB)
Ana Alice Quintans de Araujo,anaaliceq@gmail.com,(UEPB)
Sinara Martins Camelo,sinara_@hotmail.com(UEPB)
Roberta Milena Moura Rodrigues,robertamilena@gmail.com, (UEPB)
Maria Virginia da Conceição Albuquerque,virginia.albuquerque@yahoo.com.br(UEPB)

Resumo

Os impactos ambientais negativos resultantes da disposição final indevida de resíduos orgânicos diminui a qualidade das águas superficiais e subterrâneas em grandes proporções, as altas concentrações de nutrientes orgânicos como fósforo e nitrogênio causam eutrofização. A falta de tratamento de tais resíduos, ocasionam a geração de gases de efeito estufa(GEE) que influenciam diretamente para o aquecimento global. Dentre os gases mais agressivos para a atmosfera está o metano (CH₄), presente na composição do biogás. A digestão anaeróbia é um processo utilizado para diminuir a carga orgânica dos resíduos putrescíveis e na mesma proporção, produzir fertilizante do próprio resíduo e biogás. Nesta perspectiva, acontece o aproveitamento energético deste gás, para diversas fontes de energia, inclusive eletricidade. O aproveitamento energético dos RSU, diminui a emissão de gases poluentes, propicia a geração de energia térmica ou elétrica em substituição sem utilização de combustíveis fósseis. A não emissão de poluentes, podem ser credenciadas para a geração de créditos de carbono, que são títulos comercializados em mercado. O presente trabalho tem a finalidade de identificar o potencial de produção de energia elétrica a partir de resíduos sólidos orgânicos, foi estimado o valor total de 29.386.550 m³ CH₄/ano, sendo assim apresenta potencial energético referente a 60.032,52 (MWh/ano)favorável a produção de energia elétrica ,considerando o poder calorífico de metano bastante elevado.

Palavras-chaves: RSU, Digestão anaeróbia, Eletricidade

ABSTRACT

The negative environmental impacts resulting from improper final disposal of organic waste decreases the quality of surface water and groundwater in large proportions, high concentrations of organic nutrients such as phosphorus and nitrogen cause eutrophication. The lack of treatment of such waste causes the generation of greenhouse gases (GHG) that directly influence global warming. Among the gases most aggressive to the atmosphere is methane (CH₄), present in the biogas composition. Anaerobic digestion is a process used to reduce the organic load of the

putrescível residues and in the same proportion, to produce fertilizer of the own residue and biogas. In this perspective, the energetic use of this gas occurs for various sources of energy, including electricity. The energy utilization of the RSU, reduces the emission of pollutant gases, allows the generation of thermal or electric energy in substitution without the use of fossil fuels. The non-emission of pollutants can be accredited for the generation of carbon credits, which are marketed in the market. The present work has the purpose of identifying the potential of electric energy production from organic solid wastes, estimated the total value of 29.386.550 m³ CH₄ / year, thus presenting a favorable energy potential for the production of electric energy, considering the very high methane heat output.

Keywords: MSW, Anaerobic Digestion, Electricity

INTRODUÇÃO

De acordo com Silva et al. (2013), no Brasil, os resíduos sólidos de origem vegetal e animal, respondem em termos quantitativos por 55%, dos resíduos sólidos urbanos. A digestão anaeróbia é um importante alternativa para o tratamento de resíduos com elevadas concentrações de materiais orgânicos putrescíveis, haja vista incorporar baixos custos operacionais e produzir fonte limpa de energia.

O rendimento de biogás de resíduos sólidos orgânicos, depende da quantidade, das concentrações dos gases gerados e da composição dos resíduos. O rendimento pode variar fortemente, em função de vários fatores, como a origem do resíduo (mercados, restaurantes, casas, indústria alimentícia), a forma de coleta, umidade, tamanho das partículas, temperatura, e pH(CIBIOGAS,2017).

O aproveitamento da fração putrescível, resultante dos resíduos sólidos urbanos (RSU), colabora complementarmente para resolução de problemas que envolve saneamento básico e favorece ao gerenciamento de RSU. Neste sentido, o que contribui para um bom resultado concernente ao potencial energético de tais resíduos, é a gestão de resíduos sólidos consolidada e o grande número da população urbana. De acordo com Fean, (2012) a biodigestão anaeróbia, através de biodigestores, destaca-se como tecnologia eficiente. Para tornar o processo viável, faz-se necessário o aporte diário de, no mínimo, 150 t/dia, quanto maior a escala do processo, maior viabilidade apresenta.

Conforme Godoy (2015), com técnicas mais eficientes, os biodigestores oferecem vantagens operacionais e econômicas, comparando-se a captação direta de biogás em aterros sanitários, pois, a concentração de biogás nos biodigestores permite que a captação seja em locais específicos, confinados e não disseminados. Desta forma, através de tecnologia simples é possível captar maior quantidade de biogás, com aplicação de biodigestores

As principais fontes de biomassa energética disponíveis no Brasil são a cana de-Açúcar e seus derivados, a lenha de florestas energéticas ou nativas manejadas, os Resíduos sólidos urbanos (RSU) e os resíduos agrícolas, agroindustriais e agropecuários (BRASIL, 2015).

A produção de energia elétrica no Brasil a partir do biogás, em 2017, foi 14% superior à geração comparada ao mesmo período do ano anterior. As 35 usinas que aproveitam rejeitos urbanos, da pecuária e da agroindústria somaram 135,279 megawatts (MW) médios, entregues ao longo do ano passado, frente aos 118,6 MW médios gerados no mesmo período de 2016, segundo os dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Atualmente, as tecnologias mais utilizadas para conversão de biogás em geração de energia elétrica pode ser dividida em do com o uso de conjunto Gerador de Eletricidade: Consiste em um motor de combustão interna Ciclo Otto (álcool, gasolina ou diesel) adaptado para o uso do biogás como combustível, acoplado a um gerador de eletricidade, independente da rede de energia elétrica da concessionária local (OLIVEIRA, 2004).

Quanto a geração de energia produzida no estado da Paraíba, a maior quantidade é através de importação 2799 (MWh), advinda de energia hidrelétrica, salienta-se que o estado apresenta grande potencial de crescimento com energia eólica, apenas a região do município de Mataraca(PB), apresenta cerca de 63 MW de potência instalada (ANEEL,2017).

OBJETIVOS

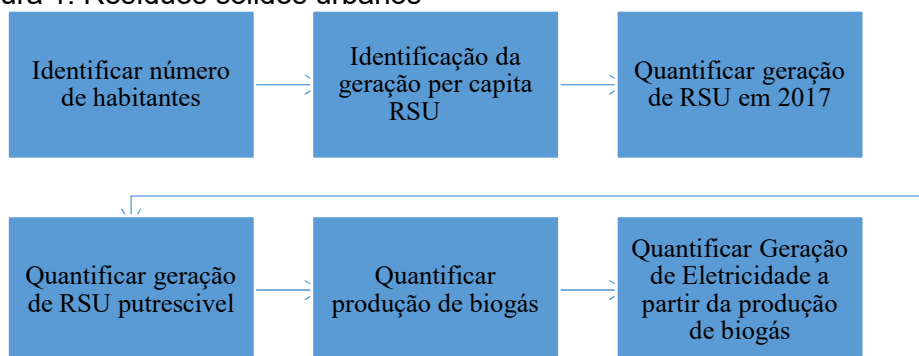
Avaliar o potencial energético de Resíduos sólidos urbanos gerada no estado da Paraíba e sua provável contribuição na matriz energética estadual.

METODOLOGIA

A estimativa de potencial energético de Biogás a partir de RSU foi realizada no Estado da Paraíba, entre o período de 2017 e 2018. Segundo o IBGE (2017) a estimativa da população paraibana é 4.025.558 milhões de habitantes, distribuído em 223 municípios, as três cidades com maior número de população são: Campina Grande, João Pessoa e Santa Rita.

É necessário para realizar o diagnóstico do potencial energético da geração de RSU do estado da Paraíba e estimar o potencial de aproveitamento de Biogás, seguir passo-a-passo os processos citados a seguir. Na figura 1, são apresentadas as etapas utilizadas para desenvolvimento do estudo.

Figura 1: Resíduos sólidos urbanos



Fonte: Autoria Própria

A coleta de dados foi, através de sites de pesquisa, documentos, órgãos públicos, Plano Estadual de Gerenciamento de RSU da Paraíba. Nesta Perspectiva, no Quadro 1, são apresentados os valores da geração per capita de RSU de acordo com as faixas populacionais

Quadro 1: Taxa de geração de RSU

Taxa de Geração de Resíduos sólidos hab./dia	Faixas Populacionais
0,7Kg	Pop < 25.000 habitantes
0,8Kg	Pop 25.001 a 100.000 habitantes
0,9Kg	Pop 100.000 a 500.000 habitantes

Fonte: Cetesb(2014)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece, que RSU envolve os resíduos domiciliares (residências urbanas) e os resíduos de limpeza urbana (vias públicas, varrição e limpeza de logradouros). Posto isso, não foi utilizado para a estimativa de geração de RSU os Resíduos comerciais e industriais do Estado. Para calcular a geração de resíduos foi utilizado o número da População, a geração per capita de RSU e a fração putrescível. Segundo Abrelpe(2016) é coletado 3.042 toneladas por dia no Estado da Paraíba No Quadro 1, apresenta a geração per capita de RSU no estado da Paraíba, como também, a quantidade coletada por dia. Na tabela 1, estão apresentados os dados da composição gravimétrica e o número da população de alguns municípios do estado da Paraíba.

Tabela 1: Composição gravimétrica de RSU no município de Campina Grande/PB

Composição	Porcentagem (%)
Plástico	29
Metal	5
Vidro	4
Papel e Papelão	7
Compósitos	5
Matéria orgânica	38
Texteis sanitários	4
Outros	8

Fonte: Araújo,(2011)

Inicialmente, é necessário identificar o número de habitantes, para posteriormente constatar a geração de RSU, foi calculado usando a Eq.(1):

$$V = (I \times \text{hab.} \times 365\text{dias}) \div 1000 \quad (1)$$

Onde:

V: volume total (T/ano)

I: geração per capita de RSU (kg/hab. dia)

hab.: número de habitantes (hab.)

Posteriormente, é calculado a geração de RSU putrescível, considerando que esta fração seja aproximadamente 50%, conforme a composição gravimétrica de RSU no Brasil. neste sentido, é calculado a fração orgânica, conforme a Eq.(2):

$$V_{\text{orgânico}} = V \times 0,50 \quad (2)$$

Identificação do potencial de produção de biogás para RSU

Existem inúmeros métodos para calcular a quantidade de metano produzido pela digestão anaeróbia dos resíduos sólidos urbanos. Os indicadores de conversão para determinar a quantidade de metano dos resíduos orgânicos que foram utilizados nos cálculos foi, segundo o IPCC (1996), IPCC (2000), citado por Salomon(2007), Santos et al,(2018) a equação (3) para estimar a produção de metano é a seguinte:

$$E = \text{Pop} \times \text{taxa RSU} \times \text{RSUf} \times \text{FCM} \times \text{COD} \times \text{CODF} \times F \times 16/12 \quad (3)$$

Onde:

E: Produção de biogás

Pop: população (habitantes) (dados do IBGE 2017);

Taxa RSU: taxa de geração de resíduos sólidos urbanos (kg RSU por habitante por ano);

RSUf: fração de resíduos sólidos urbanos que é depositada em locais de disposição de resíduos sólidos (%);

FCM: fator de correção de metano (% - fração adimensional – , existem valores recomendados pelo IPCC);

COD: carbono orgânico degradável no resíduo sólido urbano (gC g-1 RSU);

CODF: Fração de COD que realmente degrada (%);

F: fração de CH₄ no Biogás (% - fração adimensional);

16/12 : taxa de conversão de carbono em metano (adimensional).

Para identificar o valor referente ao carbono orgânico degradável no resíduo sólido urbano (gC g-1 RSU), temos:

DOC(t) : Fator de emissão* Fração de Resíduo Orgânico

O potencial de energia elétrica a partir da produção de gás metano, segundo do modelo matemático proposto por Barros et al, (2014) e Santos et al, (2016) é apresentado, bem como o cálculo da geração de energia elétrica também é utilizado a tecnologia a partir de motogerador, segundo Salomon (2009), considerando 40% de rendimento. Para calcular a produção de energia, as equações (4) e (5)

$$Pot = (Q \times PCI \times n) \div 860 \quad (4)$$

$$E = Pot \times \Delta T \quad (5)$$

Onde:

Pot - potência gerada (KW);

Q - Volume de gás metano (m³);

PCI - poder calorífico do gás metano (kcal/m³);

E - Energia disponível anualmente (KWh);

n - eficiência elétrica do motor (40%);

860 - Conversão kcal para kW

8400 - Número de horas adotadas de operação anual

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os valores da estimativa da geração de resíduos nos principais municípios da Paraíba, e a estimativa de geração de resíduos putrescíveis

Tabela1: Estimativa de geração de RSU em municípios da Paraíba

Municípios	Habitantes (2017) IBGE	Geração de resíduo por dia(T)	Geração de resíduo
------------	---------------------------	-------------------------------------	-----------------------

			Putrescível por dia(T)
Joao Pessoa	811.598	621,68	310,84
Campina Grande	410.332	314,31	157,15
Santa Rita	136.851	104,82	52,41
Patos	107.790	82,56	41,28
Bayeux	97.010	74,30	37,15
Souza	69.554	53,27	26,63
Cabedelo	68.033	52,11	26,05
Cajazeiras	62.187	41,47	20,73
Guarabira	58.881	45,10	22,55
Sapé	52.697	40,36	20,36

Fonte: Autoria Própria

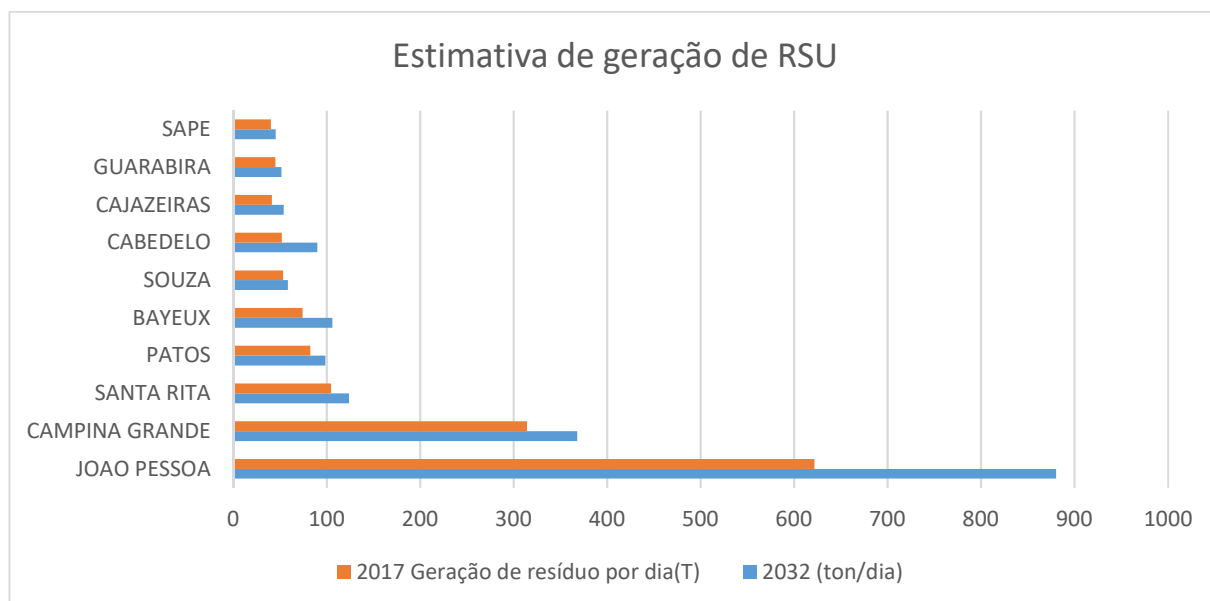
A administração adequada do RSU e a geração de energia por meio da utilização do biogás, são soluções ambientalmente sustentáveis, inclusive, a geração de energia a partir do biogás permite a redução dos gases do efeito estufa (GEE) e a maximização do índice de conversão de metano, contabilizado no cálculo para emissão de créditos de carbono, Abreu, Costa Filho e Souza (2014).

Neste ponto de vista, a demanda energética nacional cresce de forma bastante acelerada, tão assustador quanto a geração de RSU no Brasil. O valor da produção de biogás anual, multiplicado por seu poder calorífico e pela eficiência das tecnologias de geração em estudo, determinando-se assim a geração de eletricidade anual.

A partir dos dados obtidos, pertinente a estimativa de geração de RSU, foi possível estimar que a população total da Paraíba 4.025.558 habitantes (IBGE,2017), possui a produção de RSU no valor de 1.125.505,05 Ton/ano, O potencial de produção de metano, utilizando resíduos sólidos orgânicos urbanos na Paraíba, é de 29.386.550 Nm³ CH₄/ano, quanto ao potencial energético a partir do biogás é 60.032,52 MWh/ano.

Embora expressivo, este potencial deve ser avaliado de maneira conservadora, porque este valor não refere-se a estimativa teórica do potencial energético. No gráfico 01 apresenta uma análise comparativa da geração de RSU entre (2017-2032) anos

Gráfico 01: estimativa de geração de RSU na Paraíba



O potencial de produção de metano identificado, refere-se ao valor aproximado, deve ser utilizado como parâmetro referencial, levando em consideração fatores externos como época do ano, hábitos de consumo da população. Por isso, é necessário avaliar as características físicas e antrópicas do local a ser estudado.

A partir dos resultados desta pesquisa, a geração de resíduos sólidos urbanos na Paraíba será crescente nos próximos anos, e conseqüentemente a produção de metano também aumentará, na mesma proporção a demanda energética nacional cresce de forma bastante acelerada, tão assustador quanto a geração de RSU .

O potencial de produção de metano identificado, a partir do modelo proposto por IPCC, (2000) refere-se ao valor aproximado, deve ser utilizado como parâmetro referencial, levando em consideração fatores externos como época do ano, hábitos de consumo da população, por isso, é necessário avaliar as características físicas e antrópicas do local a ser estudado.

As equações do modelo matemático teórico da estimativa da produção de metano, são utilizadas também para cálculo de produção de (GEE), tal metodologia apresentada por IPCC(2000), resulta em dados mais conservadores, visto que geram projetos que tem o intuito da certificação de créditos de carbono que são comercializados no mercado internacional, e para isto preconiza-se uma forma de não superestimar os valores de produção de GEE (FIGUEIREDO,2012).

De acordo com Castro et al. (2013), em estudo realizado, pertinente a análise comparativa entre o modelo teórico proposto por IPCC (2000), e modelo prático (desde dados obtidos em campo), para estimativa de produção de gás metano, constataram que a produção estimada através do modelo matemático, foi menor que a produção de gás metano obtido em análise experimental, no mesmo período analisado, tal estudo foi justificado em virtude da elevada biodegradabilidade dos resíduos utilizados.

Segundo Vanelk ,(2018) o modelo de estimativa teórica de produção de metano proposto por IPCC (2000) apresenta limitações, posto que, não é considerado para o cálculo da estimativa de metano a composição dos resíduos sólidos urbanos da localidade estudada, e as mudanças de padrão de consumo da comunidade.

É imprescindível para escolha da tecnologia utilizada, para tratamento de RSU (fração orgânica), a localização do empreendimento, método de operação do processo, composição gravimétrica, condições climáticas, como também mercado econômico para os subprodutos do tratamento de RSU.

O principal fator para que o sistema de tratamento de RSU ocorra com eficiência, é o gerenciamento de RSU consolidado, é indispensável a separação de RSU a partir da fonte geradora, até a triagem dos resíduos. Neste sentido, a colaboração da sociedade e da gestão pública na geração, e segregação dos resíduos é fundamental.

A estimativa de geração de RSU pode ser utilizado como instrumento, para o norteamento de políticas e estratégias de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e, reduzir custos econômicos no que concerne aos investimentos de gestão, salienta-se que o aperfeiçoamento das estatísticas e dos dados referentes à estimativa de geração de resíduos deve ser contínuo (MELO,2009).

De acordo com FEAN (2012), Para tornar o processo de tratamento de RSO viável, faz-se necessário o aporte diário de, no mínimo, 100 Ton./dia, quanto maior a escala do processo, maior viabilidade apresenta.

Neste ponto de vista, para implantação de sistema de aproveitamento de metano a partir de RSU, em regiões populosas, como os municípios de João pessoa e Campina Grande, apresentam viabilidade técnica-econômica, pois a centralização de grande quantidade de RSO no mesmo local, favorece ao aproveitamento energético.

CONCLUSÃO

É imprescindível para escolha da tecnologia de digestão anaeróbia utilizada para tratamento de RSU (fração putrescível), a localização do empreendimento e método de operação do processo, composição gravimétrica, condições climáticas e mercado econômico, para os subprodutos após o tratamento.

O principal fator para que a tecnologia abordada anteriormente, ocorra com eficiência, é o gerenciamento de RSU consolidado, pois, é indispensável a separação de RSU a partir da fonte geradora, até a triagem dos resíduos. Neste sentido, a colaboração da sociedade e da gestão pública na geração, e segregação dos resíduos é fundamental.

Nesta perspectiva, o estado da Paraíba apresenta grande geração de RSU, com elevado potencial disponível de produção de metano, aproximadamente 29.386.550 m³ CH₄/ano, se todo o resíduo orgânico fosse utilizado para tecnologia de digestão anaeróbia. Vale ressaltar, que a viabilidade técnica-econômica permite, a implantação de tal processo, em regiões populosas, como o município de João pessoa e Campina Grande, pois a centralização dos resíduos no mesmo local, favorece ao aproveitamento energético.

Para a inserção na matriz energética, a geração de eletricidade a partir do biogás, é imprescindível o incentivo dos gestores públicos, pesquisas científicas relacionada ao desenvolvimento de novas tecnologias, para aumentar a eficiência do processo de conversão energética, como também a necessidade de fabricação de equipamentos nacionais, na tentativa de reduzir os custos de implantação por importação de tais produtos.

Finalmente, esta pesquisa tem o intuito de dar subsídios para próximas ações relacionadas a importância da fração de resíduos orgânicos, dos RSU, para tratamento anaeróbio, levando em consideração as características locais.

REFERÊNCIAS

SILVA, Welligton R. et al. Digestão Anaeróbia de Resíduos Vegetais com Baixa Concentração. Gaia Scientia, 2013

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE.2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

GODOY, Manuel R. Berríos. Potencial energético contenido en los residuos sólidos urbanos: realidad brasileña. Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais, v. 6, n. 3, p. 479-491, 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos: Guia de Orientações para Governos Municipais de Minas Gerais. Publicado em: 2012. Disponível em: http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/aproveitamento_20energ_c3_a9tico.pdf. Acesso em: fev. 2018

CIBIOGAS, Estudo de viabilidade do Projeto Biogás. San José/UY. CIBiogas: 2017

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Gasi, T. M. T. Caracterização, reaproveitamento e tratamento de resíduos de frigoríficos, abatedouros e graxarias. São Paulo: CETESB, fev. 1993.

ARAÚJO, E. P. Estudo do Comportamento de Bactérias Aeróbias e Anaeróbias Totais na Biodegradabilidade de Resíduos Sólidos Urbanos da Cidade de Campina Grande-PB. 2011. 116 p. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SANTOS, Ivan Felipe Silva et al. **Assessment of potential biogas production from multiple organic wastes in Brazil:** Impact on energy generation, use, and emissions abatement. Resources, Conservation and Recycling, v. 131, p. 54-63, 2018.

SALOMON, K. R. e LORA, E. E. S. **Estimate of The Electric Energy Generating Potential for Different Sources of Biogas in Brazil.** Biomass and Bioenergy, v. 33, p. 1101-11-7, 2009.