

POTENCIAL ENERGETICO UTILIZANDO A PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM TRATAMENTO DE ESGOTO

ENERGY POTENTIAL OF BIOLOGICAL PRODUCTION IN SEWAGE TREATMENT

RESUMO: O avanço do processo de industrialização e urbanização trouxeram consequências, resultando em um crescimento da quantidade de efluentes com elevado teor de orgânicos, que podem se tornar o motivo de grandes impactos ambientais danosos e poluição dos corpos hídricos. Neste seguimento, estimular o saneamento ambiental, e explorar o potencial de produção do biogás e seu uso na geração de energia das estações de tratamento de esgoto, baseado na tecnologia de saneamento já utilizado, pode ser uma alternativa viável. O gás metano oriundo da degradação da matéria orgânica poderia ser conduzido e queimado em motores geradores de energia, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais e utilização do biogás que é uma fonte de energia limpa e renovável. Desse modo, o presente trabalho pretende analisar o potencial do biogás para fins de aproveitamento energético, reduzir o impacto ambiental causado pela emissão do metano (CH_4) buscando uma perspectiva teórica na geração de eletricidade, possibilitando benefícios socioambientais. O estudo obteve os seguintes valores para o potencial de geração do biogás no âmbito Nacional do esgoto coletado e tratado, e do esgoto coletado e não tratado, foram de 466,70 Mm^3/dia e de 163,17 Mm^3/dia , respectivamente. Já o potencial técnico de geração de eletricidade no âmbito Nacional para o esgoto coletado e tratado, e o esgoto coletado e não tratado foram de, 7,583 GWh.dia^{-1} e 2,651 GWh.dia^{-1} , respectivamente.

Palavras chave: Aproveitamento. Biogás. Saneamento. Ambiental.

ABSTRACT: The advancement of the industrialization and urbanization process has had consequences, resulting in an increase in the amount of effluent with a high content of organic matter, which can become the cause of great harmful environmental impacts and pollution of the water bodies. In this regard, stimulating environmental sanitation, and exploiting the potential for biogas production and its use in the generation of energy from sewage treatment plants, based on already used sanitation technology, can be a viable alternative. Methane gas from organic matter degradation could be conducted and burned in energy-generating engines, with the aim of minimizing environmental impacts and using biogas which is a clean and renewable source of energy. Thus, the present work intends to analyze the biogas potential for energy use, reduce the environmental impact caused by the emission of methane (CH_4), seeking a theoretical perspective in the generation of electricity, making possible socioenvironmental benefits. The study obtained the following values for the biogas generation potential in the national scope of the collected and treated sewage, and of the collected and untreated sewage, were 466,70 Mm^3 / day and 163,17 Mm^3 / day , respectively. The technical potential of electricity generation in the National scope for the collected and treated sewage, and the collected and untreated sewage were, respectively, 7,583 GWh.dia^{-1} and 2,651 GWh.dia^{-1} .

Keywords: Use. Biogas. Environmental. Sanitation.

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço do processo de industrialização e o crescimento econômico, vistos durante muito tempo como condições para o avanço da qualidade de vida da raça humana, foram consideradas as principais causadoras pelas agressões no meio ambiente, e alterações das concentrações de gases de efeito estufa (GEE). Nesta situação, como consequência do processo de agroindustrialização e aumento populacional, ocasionou um crescimento na quantidade de efluentes com elevados teores de orgânicos, capazes de gerar fortes impactos ambientais negativos.

Desta maneira, a atual tecnologia utilizada nos sistemas de tratamento de esgoto pode ser cada vez mais eficiente, visto que todas as camadas da população têm a necessidade de saneamento básico. Sendo assim estimular o saneamento ambiental e explorar o potencial energético das estações de tratamento de esgoto baseado na tecnologia de saneamento já utilizado, pode ser uma alternativa viável. Além disto, com a obtenção do gás metano (CH_4), oriundo da degradação da matéria orgânica, poderia ser conduzido e queimado em motores geradores de energia com o objetivo de minimizar os impactos ambientais e utilização do biogás que é uma fonte de energia (FARIA,2012).

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 PRODUTO PRINCIPAL GERADO ATRAVÉS DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

2.1.1 BIOGÁS

O biogás era considerado meramente como um subproduto, alcançado a partir da decomposição anaeróbia (sem a presença de oxigênio) de resíduos orgânicos. Contudo, com a crise ambiental e o acelerado desenvolvimento econômico nos últimos anos, assim como a elevação do preço dos combustíveis convencionais, vêm crescendo o número de pesquisas e investimentos na geração de energia com a utilização de novas fontes alternativas e atrativas economicamente que possibilitem que recursos naturais esgotáveis sejam conservados (SALOMON,2007).

Segundo Castanon (2002), a composição média do biogás proveniente da biodigestão anaeróbia está descrita de acordo com a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Composição da mistura gasosa do biogás

Gases	Intervalo (%)
Metano (CH_4)	40 – 75
Dióxido de Carbono (CO_2)	25 – 40
Oxigênio (O_2)	0,1 – 1
Nitrogênio (N_2)	0,5 - 2,5
Hidrogênio (H_2)	1 – 3
Ácido Sulfídrico (H_2S)	0,1 - 0,5
Monóxido de Carbono (CO)	0 - 0,1
Amônia (NH_3)	0,1 - 0,5

Fonte: Castanon (2002)

Uma mistura de gases constitui o biogás, no qual o metano (CH_4) juntamente com o dióxido de carbono (CO_2) estão em proporções maiores. A taxa de metano está entre 40 a 75% dependendo da fonte geradora, e o dióxido de carbono está entre 25 a 40% (FARIA,2012).

Segundo Cenbio (2001) *apud* Salomon (2007), O biogás além de ser renovável e ser um subproduto da degradação de um resíduo, possui as seguintes vantagens:

Para as prefeituras:

- Uma maior aceitação social das instalações de saneamento, visto que serão gerenciadas de forma mais adequada;
- A alternativa de venda de eletricidade a rede, possibilitando receita extra;
- Colaboração para a viabilidade econômica no tratamento do lixo;

Para a sociedade:

- Contribuição para a viabilidade econômica do saneamento básico;
- Possibilidade de geração de emprego e redução de subempregos;
- A partir de uma fonte renovável tratada como resíduo, possibilita a geração descentralizada e próxima aos pontos de carga;

Para o meio ambiente:

- Diminuição das emissões de metano para a atmosfera, uma vez que seu potencial de poluição global é 21 vezes maior que o CO₂;
- Diminuição do uso de combustíveis fósseis, que são os responsáveis principais pelo efeito estufa;
- Diminuição da geração de odor para as vizinhanças;

Como principais barreiras existentes são as seguintes:

Tecnológicas:

- Limpeza do gás;
- Necessidade de planta de demonstração no país;

Econômicas:

- Investimento elevado dependendo da fonte de biogás;
- A análise econômica convencional, desconsidera benefícios ambientais (emissões de metano – saneamento).

2.1.2 PODER CALORÍFICO DO BIOGÁS

Gerado por meio da degradação da matéria orgânica, o biogás é um gás inflamável, fermentado dentro de limites de teor de umidade, temperatura e acidez, dentro de um ambiente impermeável ao ar e realizado por microorganismos (GENOVESE *et al*, 2006). O potencial teórico de energia compreendido em alguma fonte de combustível pode ser determinado através do poder calorífico inferior (PCI). No biogás o principal componente é o metano, no qual possui uma composição média de 50% a 65% de CH₄, e 25% a

45% de dióxido de carbono (CO₂), e pequenas parcelas de H₂S, N₂, H₂, CO, O, com cerca de 5500 Kcal/m³ de poder calorífico, se sua proporção em metano for aproximadamente de 60% (IANNICELLI, 2008). O P.C.I do biogás é demonstrado na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Poder calorífico inferior de gases

Gás	PCI (Kcal/m ³)
Metano	8.500
Propano	22.000
Butano	28.000
Gás de Cidade	4.000
Gás Natural	8.554
Biogás	5.500

Fonte: Genovese (2006)

O uso direto do biogás oriundo dos biodigestores, sem purificação, utilizado no acionamento de bombas hidráulicas e geradores de energia, pode ser vantajoso como aproveitamento energético. No entanto, na queima *in natura* do biogás, devido a presença do CO₂, é mais lenta, e energeticamente, libera uma menor quantia de calor por unidade de massa que os gases combustíveis convencionais, bem como o gás natural e o gás liquefeito de petróleo, devendo ser considerado no dimensionamento dos equipamentos ou reajustados dos já existentes. O poder calorífico do gás natural é em média de 43.500 kJ/Kg e o gás liquefeito de petróleo é de 46.000 kJ/kg, versus 19.500 KJ/Kg do biogás (SOUZA *et al*, 2010).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho objetiva avaliar o potencial de produção do biogás no âmbito Nacional no ano de 2016 para o aproveitamento na geração de energia elétrica como fonte alternativa, a determinação da produção do biogás e da produção de eletricidade será por meio de cálculos matemáticos estimados, o estudo foi desenvolvido por meio de pesquisas bibliográficas, e os dados obtidos para os cálculos foram através do SNIS (Sistema Nacional de informações sobre Saneamento), juntamente com pesquisas na literatura. Os dados obtidos no SNIS foram os seguintes: o volume diário em metros cúbicos de esgoto coletado e tratado; e volume de esgoto coletado e não tratado. Ambos os dados no âmbito Nacional e pelas regiões do Brasil, dividindo-se o volume por 365 dias para a obtenção da vazão média diária calculada de acordo com a equação 1.

Para efeito de cálculos alguns dados foram adotados de acordo com a literatura consultada, como a eficiência da remoção de DQO do reator UASB que foi adotado 70% segundo Sousa, (2004), e a DQO característica do esgoto doméstico que de acordo com Gonçalves e Souza, (1997) assim como Metcalf e Eddy, (2005) ambos admitem a concentração média de 500 mg/L de DQO.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Q = vazão média (m³.dia-1);

V = Volume (m³.dia-1);

T = tempo (365 dias);

3.1 CÁLCULO DE ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

A produção do biogás pode ser realizada a partir da estimativa da carga de DQO afluente ao reator, convertida no gás metano, conforme apresentado matematicamente na equação 2. Onde alguns valores foram pré-definidos para efeito de cálculo. De acordo com o cálculo do PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (2009), na estimativa da produção de biogás produzida na digestão anaeróbia, foi adotado valor de 0,25 m³CH₄.kg⁻¹ DQO, que com uma eficiência do processo de biodigestão de 80%, obteve-se 0,20 m³CH₄.kg⁻¹ DQO de biomassa disponível. Baseado na relação de produção de metano por DQO removida e na concentração de metano no biogás, determina-se a produção de metano em m³/dia, podendo ser calculada pela equação 2:

$$PM = \frac{V_{ef} \cdot (DQO_e) \cdot Y}{C_{CH_4}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

PM = produção de Metano;

V_{ef} = vazão de biomassa através de biodigestão anaeróbia (m³.dia-1);

DQO_e = é o valor médio da demanda química de oxigênio da biomassa residual produzida (kg DQO.m⁻³ de efluente);

Y = é a produção de metano por kg de DQOe (m³ CH₄.kg⁻¹ DQOe);

C_{CH_4} = é a concentração de metano no biogás (aproximadamente 60% de metano);

3.2 ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE

Para estimar a produção de energia e o potencial técnico de geração em estudo, utilizou a

metodologia proposta pelo PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (2009), seguindo os seguintes parâmetros:

3.2.1 POTENCIAL TEÓRICO DE PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE (PTE)

$$PTE = PCI \cdot PB \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

PTE = potencial teórico de produção de eletricidade ($\text{kWh} \cdot \text{dia}^{-1}$);

PCI = poder calorífico inferior ($\text{kWh} \cdot \text{m}^{-3}$), considerou-se o valor de $6.5 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$ (aproximadamente 65% de metano);

PB = produção diária de metano ($\text{m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$);

3.2.2 POTENCIAL TÉCNICO DE GERAÇÃO (PTCE):

$$PTCE = \frac{PTE \cdot \eta}{100} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

$PTCE$ = potencial técnico de produção de eletricidade ($\text{kWh} \cdot \text{dia}^{-1}$) e;

η = eficiência de conversão de aproximadamente, 25%.

4 RESULTADOS

O presente trabalho apresenta como resultados a avaliação da estimativa de produção de biogás proveniente do tratamento do esgoto sanitário do Brasil e sua capacidade de geração de energia renovável para o ano de 2016.

4.1 ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE BIOGAS

Os efluentes domésticos urbanos disponíveis em estações de tratamento de esgoto possibilitam a produção de biogás para geração de eletricidade, que é possível a partir da remoção da carga orgânica. Conhecendo-se a vazão média de entrada do efluente no sistema de tratamento de esgoto, a demanda química de oxigênio (DQO) média num período e o índice de produção de biogás em função da DQO gerada, é possível fazer a estimativa como apresentado na metodologia. Foram realizados cálculos para o esgoto

coletado e tratado, e para o esgoto coletado e não tratado no Brasil no ano de 2016 segundo SNIS. A Tabela 3 e as Figuras 1 e 2 abaixo apresentam a estimativa de produção de metano no âmbito Nacional e nas regiões do Brasil.

Tabela 3 - Estimativa da produção de metano

Esgoto coletado e tratado					
Região	Vazão média m ³ /3 dia (Q)	DQO mg/L	Y(m ³ /kg)	% de CH ₄	PRODUÇÃO DE METANO Mm ³ /dia
Nacional	11.111.900	350	0,2	60%	466,70
Norte	197.744	350	0,2	60%	8,31
Nordeste	1.571.550	350	0,2	60%	66,01
Sudeste	6.799.470	350	0,2	60%	285,58
Sul	1.547.850	350	0,2	60%	65,01
Centro-Oeste	995.289	350	0,2	60%	41,80
Esgoto coletado e não tratado					
Região	Vazão média m ³ /3 dia (Q)	DQO mg/L	Y(m ³ /kg)	% de CH ₄	PRODUÇÃO DE METANO Mm ³ /dia
Nacional	3.885.072,00	350	0,2	60%	163,17
Norte	49.796,71	350	0,2	60%	2,09
Nordeste	371.126,90	350	0,2	60%	15,59
Sudeste	3.272.936,00	350	0,2	60%	137,46
Sul	105.596,30	350	0,2	60%	4,44
Centro-Oeste	85.612,75	350	0,2	60%	3,60

Fonte: Autor (2018)

Para calcular a produção estimada do biogás foram usados os seguintes indicadores técnicos:

- DQO removida, (350 mg/L) de acordo com a literatura analisada;
- Média de vazão (m³/dia);
- Produção de metano por Kg de DQO removida (Y);

- Concentração de metano (60%).

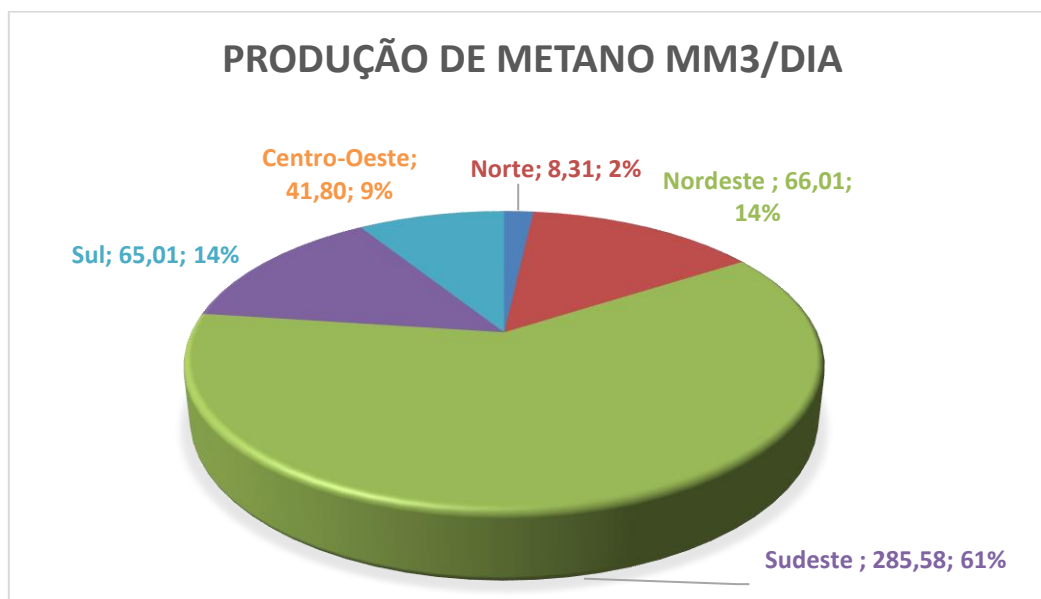


Figura 1 - Estimativa da produção de metano do esgoto coletado e tratado
Fonte: Autor (2018)

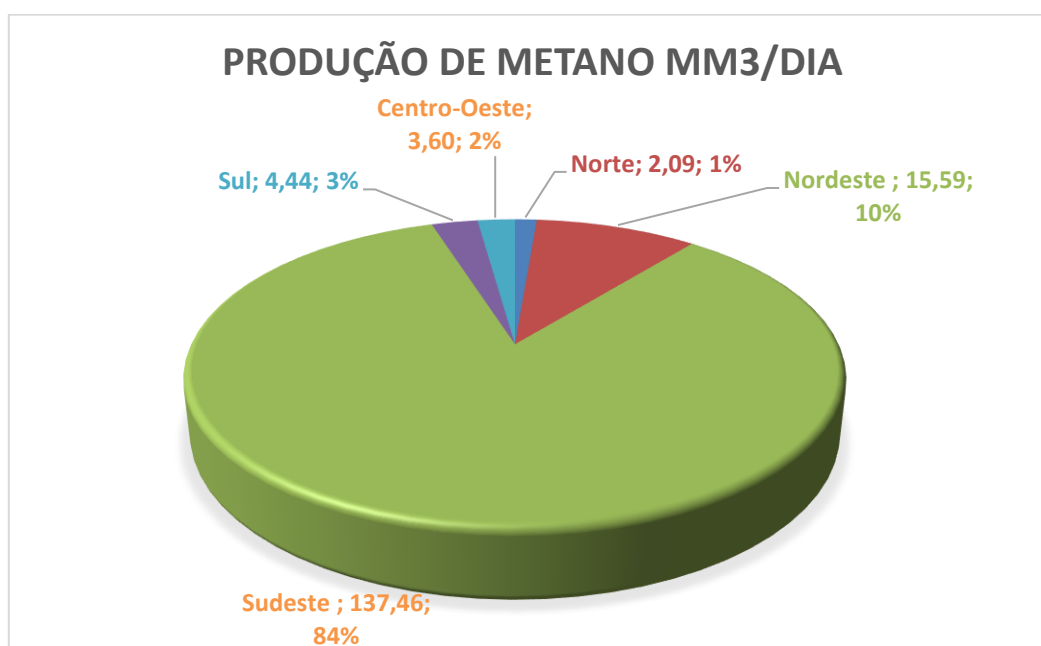


Figura 2 - Estimativa da produção de metano do esgoto coletado e não tratado
Fonte: Autor (2018)

4.2 ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELETRICA

Para a estimativa da geração de energia e seu potencial técnico de geração, foi utilizado a metodologia proposta pelo PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (2009), no qual foi considerado o potencial teórico de produção de eletricidade (kWh.dia-1), o poder calorífico inferior P.C.I (kWh.m-3) que no presente estudo foi adotado um valor de 6.5, que equivale a aproximadamente 65% de metano, valor que, de acordo

com a literatura, é a porcentagem estimada da qualidade do metano no processo de biodigestão anaeróbica do esgoto, a eficiência da conversão do metano, que é em torno de 25% e a produção estimada diária do biogás ($\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$). O resumo e a produção de energia está apresentada na Tabela 4 e nas Figuras 3 e 4 abaixo.

Tabela 4 - Estimativa do potencial técnico da produção de energia elétrica

Esgoto coletado e tratado			
Região	PRODUÇÃO DE METANO Mm^3/dia	PTE ($\text{GWh}.\text{dia}^{-1}$)	PTCE ($\text{GWh}.\text{dia}^{-1}$)
Nacional	466,70	3.034	7,583
Norte	8,31	54	0,134
Nordeste	66,01	429	1,072
Sudeste	285,58	1.856	4,640
Sul	65,01	423	1,056
Centro-Oeste	41,80	272	0,679
Esgoto coletado e não tratado			
Região	PRODUÇÃO DE METANO Mm^3/dia	PTE ($\text{GWh}.\text{dia}^{-1}$)	PTCE ($\text{GWh}.\text{dia}^{-1}$)
Nacional	163,17	1060,624	2,651
Norte	2,09	13,594	0,033
Nordeste	15,59	101,317	0,253
Sudeste	137,46	893,511	2,233
Sul	4,44	28,827	0,072
Centro-Oeste	3,60	23,372	0,058

Fonte: Autor (2018)

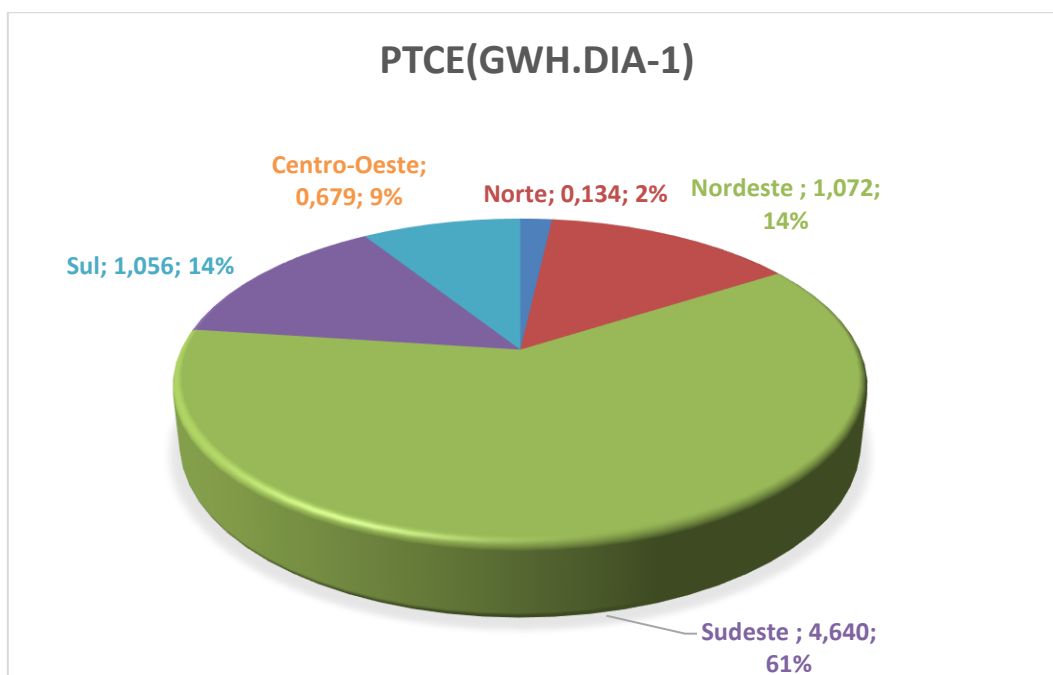


Figura 3 - Estimativa do potencial técnico da produção de energia elétrica do esgoto coletado e tratado
Fonte: Autor (2018)

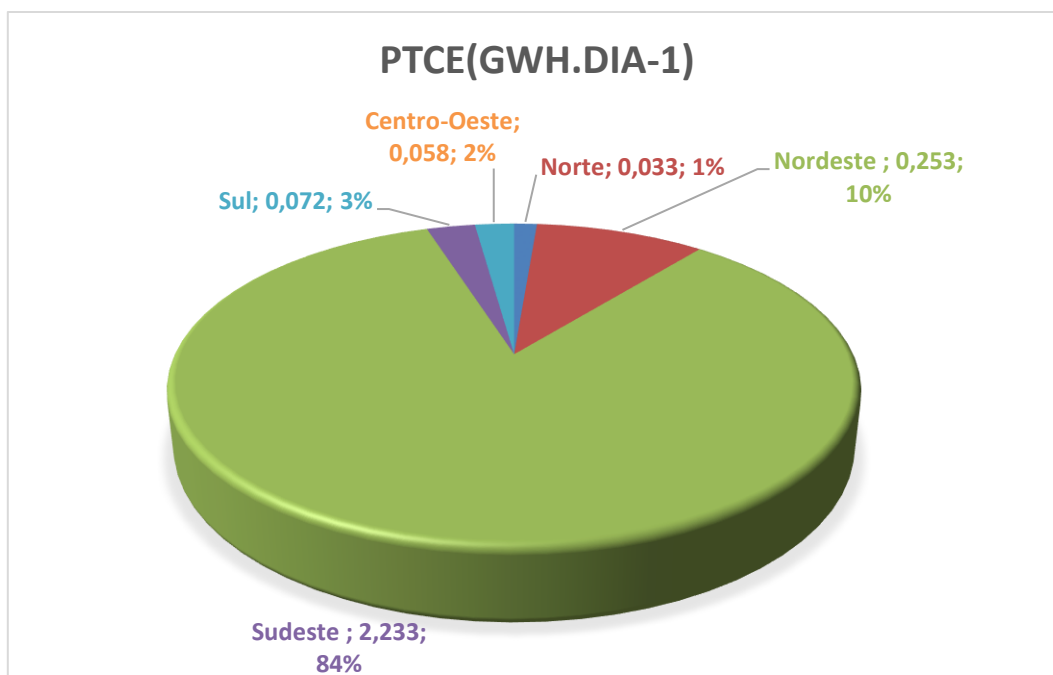


Figura 4 - Estimativa do potencial técnico da produção de energia elétrica do esgoto coletado e não tratado
Fonte: Autor (2018)

5 DISCUSSÕES

A capacidade de produção do biogás no âmbito Nacional apresentou a quantia de 466,7 Mm³/dia e 163,17 Mm³/dia para o esgoto coletado e tratado, e para o esgoto coletado e não tratado, respectivamente. Das regiões do Brasil a que apresentou uma maior capacidade no potencial técnico de

geração de energia elétrica foi a região Sudeste, com a quantia de 4,640 GWh.dia-1 e 2,23 GWh.dia-1 para o esgoto coletado e tratado, e para o esgoto coletado e não tratado, respectivamente. Isso se dá por apresentar uma vazão média de esgoto maior e consequentemente uma maior capacidade de geração do biogás.

O potencial técnico de geração de eletricidade no âmbito Nacional para o esgoto coletado e tratado, e o esgoto coletado e não tratado foram de, 7,583 GWh.dia-1 e 2,651 GWh.dia-1, respectivamente. Os resultados obtidos com o potencial técnico de geração do esgoto coletado e tratado equivalem anualmente a cerca de 0,48% de toda a produção elétrica no Brasil. Essa porcentagem pode chegar 0,64% se caso todo o esgoto coletado no Brasil fosse tratado e submetido ao aproveitamento energético.

Não a outras referências bibliográficas de outros autores a respeito da capacidade de produção de energia elétrica utilizando o biogás proveniente da degradação da matéria orgânica do esgoto doméstico urbano, no âmbito Nacional e das regiões do Brasil, nesse intuito foi realizado o estudo para estimar a capacidade de geração de biogás proveniente dos efluentes domésticos urbanos do Brasil e de suas regiões e seu uso como fonte alternativa na geração de energia elétrica.

6 CONCLUSÃO

Contudo, como visto anteriormente a utilização do biogás traz benefícios tanto para o meio ambiente como também no gerenciamento dos resíduos no país, geração de eletricidade, possibilidade de geração de emprego, etc. Parte da demanda de energia elétrica do Brasil poderia ser suprido pela utilização do biogás. Para o presente estudo podem-se estabelecer as seguintes conclusões:

O potencial de geração do metano no âmbito Nacional para o esgoto coletado e tratado, e o esgoto coletado e não tratado foram de, 466,70 Mm³/dia e de 163,17 Mm³/dia, respectivamente.

Devido ao potencial ser reduzido em relação à outras fontes de energia como a solar por exemplo, entende-se como ganho nessa utilização apenas o uso local, em sistema de cogeração para redução de despesas operacionais. O pequeno potencial, associado à característica de distribuição geográfica, corrobora essa premissa de utilização em modelo de geração distribuída.

7 REFERÊNCIAS

CASTANÓN, N.J.B. **Biogás, originado a partir dos rejeitos rurais, Trabalho apresentado na disciplina: Biomassa como Fonte de Energia - Conversão e utilização**, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

FARIA, R. A. P. **Avaliação do potencial de geração de biogás e de produção de energia a partir da remoção da carga orgânica de uma estação de tratamento de esgoto-estudo de caso**. Dissertação (programa de pós-graduação em energia na agricultura), UNIOESTE. Universidade estadual do oeste do Paraná. 2012.

GENOVESE, A. L., UDAETA, M. M., GALVAO, L. C. R. Aspectos energéticos da biomassa como recurso no Brasil e no mundo. In: **ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL**. Campinas, 2006.

GONÇALVES, F. B., SOUZA, A. P. **Disposição oceânica de esgotos sanitários: história e prática**. Rio de Janeiro: ABES, .1 ed. 1997

IANNICELLI, L. A. **Reaproveitamento energético do biogás de uma indústria cervejeira**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) -Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté. Taubaté, 2008.

METCALF e EDDY. **Wastewater engineering** : treatment and reuse. 4th ed. New York. Mc Graw Hill. 2005. (Mc Graw-hill series in water resouces and environmental engineering).

PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA. **Relatório Técnico Parcial** :Revisão Bibliográfica: Geração Distribuída de Energia Elétrica a Biogás com Saneamento Ambiental. Foz do Iguaçu: FINEP - ITAI, 2009.

SALOMON, K. R. **Avaliação Técnico-Econômica e Ambiental da Utilização do Biogás Proveniente da Biodigestão da Vinhaça em Tecnologias para Geração de Eletricidade**. Tese (programa de pós-graduação em engenharia mecânica), UNIFEI. Universidade Federal de Itajubá. 2007.

SOUSA, J.T.; VAN HAANDEL, A.; LIMA, E.P.C. **Use of constructed wetland for the post-treatment of domestic sewage anaerobic effluent from UASB reactor**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 9, n. 4, p. 285- 290, 2004.

SOUZA, R. G., SILVA, F. M., BASTOS, A. C., **Desempenho de um conjunto motogerador adaptado a biogás**. Lavras, v. 34, n. 1, p. 190-195, jan./fev., 2010.

SNIS - **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento** (2016) Diagnósticos dos Serviços de água e Esgotos 2016. Disponível em <http://www.snis.gov.br>, consultado em novembro de 2018.