

## POTENCIAL ENERGÉTICO PARA USO DE BIODIGESTORES NO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Gabriel H. Danielsson <sup>a,\*</sup>, Natália Krein <sup>b</sup>, Silvana Zauza <sup>c</sup>, Patricia G. Dallepiane <sup>d</sup>, Mauro F. Rodrigues <sup>e</sup>

<sup>abcde</sup> Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI), Santa Rosa, Rio Grande do Sul, Brasil.

e-mails: gabriel.danielsson@gmail.com, natikrein@gmail.com, silvana.zauza@gmail.com, patricia.dallepiane@gmail.com, mauro.rodrigues@unijui.edu.br

---

### Resumen

A aplicação de biodigestores na zona rural, sobretudo na pecuária intensiva com gado em confinamento, pode ser uma forma de ampliar os recursos financeiros para os produtores. O investimento nesse equipamento pode significar uma forma de venda de energia elétrica, através da compensação energética prevista na Resolução 482/2012 e revisada pela 687/2015. Assim, este trabalho busca apresentar os tipos de biodigestores existentes, o contexto da biomassa e da Geração Distribuída (GD) no Brasil. Estudando os biodigestores para aproveitamento da biomassa em áreas rurais e comparando o potencial do Estado do RS, sobretudo na mesorregião Noroeste. Para realizar tal estudo, foram levantadas as principais características de biodigestores, estudadas as formas de integração de pequenas fontes na rede elétrica brasileira e conseguidas as avaliações de instalação dos biodigestores.

*Palabras Clave – Biodigestor, Energia Renovável, Potencial Energético.*

### 1. Introdução

As fontes renováveis possuem, no Brasil, um forte apelo para construção de uma matriz de energia elétrica mais equilibrada com a necessidade de demanda e manutenção dos aspectos ambientais. Atualmente, predominantemente hídrica, a matriz de energia elétrica é composta por cerca de 65% de hidrelétricas, sendo estas as principais fontes do sistema e priorizadas no despacho de energia. No entanto, as outras fontes renováveis vêm crescendo em participação, sobretudo eólica e fotovoltaica. Neste trabalho, está se estudando os biodigestores para aproveitamento da biomassa em áreas rurais e comparando o potencial do Estado do RS, sobretudo na mesorregião Noroeste. Para realizar tal estudo, foram levantadas as principais características de biodigestores, estudadas as formas de integração de pequenas fontes na rede elétrica brasileira (GD), e conseguidas as avaliações de instalação dos biodigestores, assim foi possível comparar os dados para verificar qual o potencial inexplorado para os biodigestores na região.

### 2. Metodologia

Para este trabalho, formado a partir da compilação de outras publicações dos autores, foi efetuada uma comparação direta entre os resultados obtidos para os custos de biodigestores gerando energia elétrica. Com isso, busca-se evidenciar a possibilidade de aplicação de recursos em pequenas fontes de forma a diversificar a matriz de energia elétrica e concretizar a implantação de GD no Brasil. A comparação direta traz a apresentação dos dados obtidos em tabelas, faz a apresentação do potencial inexplorado de energia elétrica a partir de biodigestores na Região e utiliza os dados financeiros da

\*Autor en correspondencia.

implantação de biodigestores para geração de eletricidade como base para obter o custo do kW instalado.

### **3. Composição do biogás**

O biogás, também chamado de Metano ou Gobar Gas é o produto de uma mistura de gases. É um combustível rico em poder calorífico, resultante da fermentação anaeróbica de matérias orgânicas, chamadas de biomassa. [1]. O biogás é um conjunto gasoso com predominância do gás metano resultado da fermentação de resíduos orgânicos (dejetos de animais, resíduos vegetais, etc.), na ausência de Oxigênio. [2] A Tabela 1 apresenta uma composição média de gases formadores do biogás. A capacidade calorífica do biogás depende da quantidade de metano em sua constituição, podendo alternar entre 5.000 a 6.000 kcal/m<sup>3</sup>. [1] O uso desse gás em grande escala possibilitaria que a humanidade contivesse o consumo de petróleo, aproveitando o material gerado a partir dos dejetos próprios e de outros animais; assim, essa redução com a não emissão direta na atmosfera do biogás, principalmente do metano, se transformaria em combate à emissão de gases de efeito estufa e por consequência, minimizaria o aquecimento global [3]. O biogás pode ser usado diretamente nos aparelhos que funcionam com GLP, sendo necessária apenas uma abertura maior nos injetores, por causa da baixa pressão de funcionamento, no caso de fogões, queimadores de geladeiras e lampiões. Já no caso de motores, qualquer mecânico com experiência é capaz de fazer esta adaptação, sendo recomendável, a utilização de aparelhos e motores específicos para biogás [4].

### **4. Biomassa**

A utilização da biomassa e de biodigestores oferece notável vantagem na área rural, onde as sobras de resíduos culturais e dejetos de animais podem ser utilizados para elaboração de fertilizante, que é o material orgânico processado no biodigestor e usado como adubo. Além desse benefício, pode-se fornecer a energia necessária para a iluminação, aquecimento de fogões, campânulas, o aquecimento de ambientes, estufas, aquecedores de água, lampiões, chuveiros, acionamento de motores e outros aparelhos. [1]

### **5. Biodigestores e seus tipos**

O biodigestor, pode ser definido como uma câmara de fermentação ou tanque de fermentação, normalmente circular, construído abaixo do nível do solo com o objetivo de tentar minimizar as variações de temperatura que podem levar à interrupção do processo de fermentação e consequentemente à parada na produção de gás. [3]

#### **5.1 Modelo Indiano**

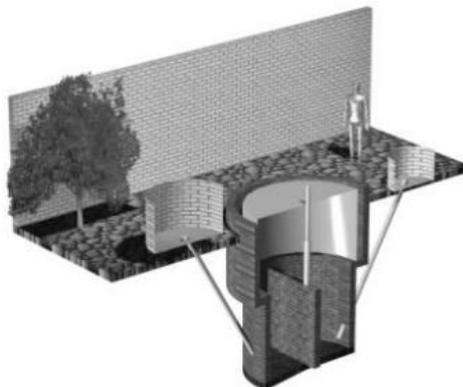
Este modelo caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, que pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. Esta parede faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação, como mostra na Figura 1. [5]

Segundo [5], o fato do gasômetro estar disposto sobre o substrato ou sobre o selo d'água, reduz as perdas durante o processo de produção do gás.

O resíduo a ser utilizado para alimentar o biodigestor indiano, deverá apresentar uma concentração de sólidos totais (ST) não superior a 8%, para assim facilitar a circulação do mesmo pelo interior da câmara de fermentação, e evitar o entupimento dos canos de entrada e de saída do

material. O abastecimento também deverá ser contínuo, ou seja, alimentado por dejetos bovinos e/ou suínos, que apresentam uma certa regularidade no fornecimento de dejetos. [5]

Fig. 1 - Representação tridimensional em corte do biodigestor modelo indiano.

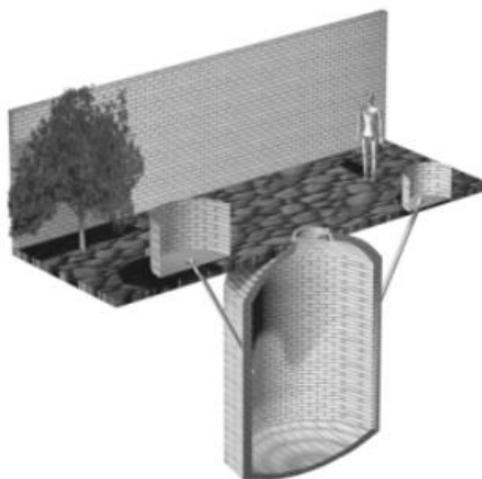


## 5.2 BIODIGESTOR MODELO CHINÊS

Constituído quase que totalmente em alvenaria, dispensando o uso de gasômetro em chapa de aço, este biodigestor é formado por uma câmara cilíndrica para fermentação, com teto impermeável, destinado ao armazenamento do biogás. Funciona com base no princípio de prensa hidráulica, de modo que o aumento de pressão em seu interior, devido ao acúmulo de biogás, gere um deslocamento do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário quando ocorre o decréscimo da pressão. [5]

Opta-se pela utilização deste tipo de biodigestor em instalações de pequeno e médio porte, uma vez que uma parcela do gás formado na caixa de saída é liberada para atmosfera, reduzindo a pressão interna do gás. Assim como o modelo indiano, o substrato deverá ser fornecido continuamente, com a concentração de sólidos totais em torno de 8%, para evitar entupimentos do sistema de entrada e facilitar a circulação do material [5]. A Figura 2 mostra a representação tridimensional do interior do biodigestor modelo Chinês.

Fig. 2 - Representação tridimensional em corte do biodigestor tipo Chinês.



### 5.3 BIODIGESTOR MODELO CANADENSE

O biodigestor modelo Canadense é um modelo tipo horizontal, com sentido de fluxo tubular, apresentando uma geometria retangular, construído em alvenaria e com largura maior que a profundidade, assim tendo uma grande área de exposição ao sol, que em climas quentes contribui para a produção de biogás pela elevação da temperatura [6]. Este modelo, é o mais utilizado nas propriedades do Sul do Brasil [7]), e é indicado para grandes volumes de dejetos, pois apresenta um valor financeiro mais acessível para implantação [8].

Esse modelo é constituído por uma caixa de entrada, para onde são canalizados os dejetos provenientes das unidades criadoras; uma câmara de fermentação subterrânea; campânula superior construída com lona plástica para reter o biogás produzido; uma caixa de saída, por onde passa o efluente final sendo conduzido para uma esterqueira; um registro para saída do biogás e um queimador do biogás. Por segurança, o biodigestor deve estar cercado e seus arredores limpos para assim oferecer um risco menor de ocorrer furos na lona da campânula. [7]

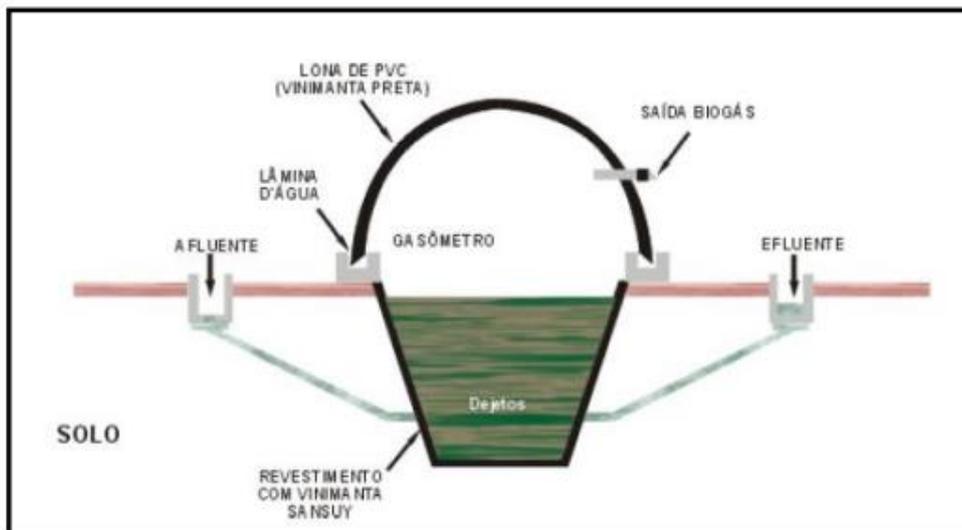
Fig. 3 - Representação do biodigestor tipo Canadense.



### 5.4 BIODIGESTOR MODELO DA MARINHA BRASILEIRA

Na década de 70, o Instituto de Pesquisa da Marinha do Brasil (IPqM) realizou estudos sobre biodigestores e acabou desenvolvendo o modelo conhecido como Biodigestor da Marinha do Brasil [9]. O modelo é do tipo horizontal, isto é, seu reservatório tem a largura maior que a profundidade, com a câmara de fermentação podendo ser construída abaixo ou não do nível do solo, e contendo um gasômetro feito de plástico, material maleável de Policloreto de Vinila (PVC) que infla quando a quantidade de biogás aumenta [10] Atualmente esse modelo de biodigestor é o mais difundido no Brasil devido ao aperfeiçoamento da manta impermeável que passou a ser confeccionada em PVC, o que confere um menor custo e maior facilidade de instalação, além de apresentar maior resistência à corrosão provocada pela água e pelo ácido sulfídrico presente na mistura gasosa [9]. Sua principal desvantagem diz respeito ao espaço físico disponível para instalação, por ter uma profundidade pequena, necessita de uma grande área superficial para que consiga armazenar uma grande quantidade de dejetos [3]. É indicado para projetos industriais e agroindustriais por ser versátil ao uso de diferentes resíduos orgânicos e ser capaz de armazenar grande quantidade de resíduos possíveis a fermentação anaeróbica, produzindo assim uma grande quantidade de biogás e estabilizando os dejetos que podem ser utilizados como biofertilizantes [10].

Fig. 4 – Representação em corte do biodigestor modelo da marinha



## 5.5 BIODIGESTOR MODELO BATELADA

Trata-se de um sistema simples e de pequena exigência operacional, como mostrado na Figura 5. Sua instalação pode ser apenas um tanque anaeróbio, ou vários tanques em série. Sendo um biodigestor descontínuo, a modelo batelada é abastecido de uma só vez, mantendo-se em fermentação por um período satisfatório, sendo o material descarregado após o término do período de produção de biogás. Esse tipo adapta-se melhor quando a disponibilidade de biomassa ocorre em períodos longos, como ocorre em granjas avícolas de corte, cuja a biomassa fica a disposição após a venda dos animais e limpeza do galpão. [5]

Fig. 5 - Representação tridimensional em corte do biodigestor tipo Batelada



## 6 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (GD)

Em 17 de abril de 2012, entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, onde certifica que o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Trata-se da micro e da minigeração distribuídas de energia elétrica. [11]. A ANEEL [11] define como microgeração distribuída uma central geradora de energia elétrica que possui potência instalada menor ou igual a 75 kW e minigeração distribuída uma central geradora de energia elétrica que possui potência instalada maior que 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor e igual a 5 MW para cogeração qualificada. Portanto, a GD torna-se uma alternativa a ser explorada. O próprio consumidor torna-se gerador de energia elétrica, sendo chamado de “prosumidor”, união das palavras consumidor e produtor. Um ponto a ser destacado é que, se o sistema gerar energia elétrica excedente, essa energia pode ser injetada na rede da concessionária a qual está ligada, gerando créditos para o consumidor. A resolução normativa nº 482/2012 ainda garante que os créditos gerados pela energia injetada na rede da concessionária podem ser utilizados para abater o consumo em outro posto tarifário ou na fatura dos meses subsequentes. Os créditos gerados se mantêm válidos por 60 meses.

## 7. Capacidade de geração de Biogás

Conforme Farret [1], um suíno produz 2,25 kg de dejetos por dia e 1 kg de dejetos produz 0,064m<sup>3</sup> de biogás. Através da equação (1) e (2) pode-se obter o valor do volume de biogás gerado em um dia.

$$T \text{ biogás /animal} = m \text{ dejetos /dia} * f \text{ produção /animal} \quad (1)$$

$$T \text{ biogás /animal} = 2,25 * 0,064$$

$$T \text{ biogás /animal} = 0,14 \text{ m}^3 \text{ /dia}$$

Onde  $T$  é a quantia de biogás produzido por animal, proveniente de  $m$  que são os dejetos produzidos por dia e  $f$  que é a produção de dejetos por animal. A partir da equação (1) vem a equação (2)

$$T \text{ biogás /dia} = T \text{ biogás /animal} * N \quad (2)$$

$$T \text{ biogás /dia} = 0,14 * 3.397.268,00$$

$$T \text{ biogás /dia} = 475.617,52 \text{ m}^3 \text{ /dia.}$$

Onde  $TI$  é a quantia de biogás produzida por dia, a partir do produto de  $T$ , quantia de biogás produzida por animal, e  $N$ , que é quantidade de animais do local. Assim é possível obter valor total da capacidade de produção biogás/dia. Com essas informações foi possível realizar os cálculos e obter os valores referentes ao total de biogás gerado no País, Estado e Mesorregião.

Tabela 3 - Produção de Biogás em m<sup>3</sup>/dia no País, Estado e Mesorregião.

Volume BIOGÁS produzido no Brasil m <sup>3</sup> /dia	Volume Biogás produzido no Estado do RS m <sup>3</sup> /dia	Volume Biogás produzido na Mesorregião Noroeste do Estado m <sup>3</sup> /dia
5.646.557,42	832.795,18	475.617,52

Segundo comparativos de Lima [8] e levando em consideração os fatores climáticos, faz-se necessário reduzir do valor encontrado em 30%, o que dará uma margem menor de erros no dimensionamento do gerador.

Farret [1] informa que para obter informações sobre a capacidade de geração de energia elétrica com o biogás, é de fundamental importância os dados referentes à capacidade de produção de biogás/dia.

### 8. Capacidade de geração de energia elétrica

Para obter o valor referente à capacidade de geração de energia elétrica, realizou-se uma análise de um motor gerador. Tendo como base, o motor/gerador de 30 kVA que consome, em média, 10 m<sup>3</sup> de biogás por hora; então, a cada 10 m<sup>3</sup> de biogás o motor gerador gera 30 kVAh de energia.

Tabela 4 - Capacidade de produção de biogás m<sup>3</sup>/h na Mesorregião Noroeste

Biogás produzido/animal.dia	Nº Suínos Mesorregião	100% biogás /dia	70% biogás/dia	m <sup>3</sup> /hora
0,14	3.397.268,00	475.617,52	332.932,26	13.872,18

Se 3.397.268 suínos geram 475.617,52 m<sup>3</sup>/dia de biogás, considerando as perdas que equivalem a 30%, então a capacidade de geração é de 332.932,26 m<sup>3</sup>/dia de biogás, dividindo esse valor por 24 que é o número de horas do dia é possível obter o valor da capacidade de geração de biogás por hora na Mesorregião Noroeste Rio-grandense, que é de 13.872,18 m<sup>3</sup>/h.

Realizou-se a mesma análise no Estado do RS e no País para comparações, conforme se pode observar na tabela 5 tem-se a capacidade de produção em m<sup>3</sup>/h de biogás no Estado RS.

Tabela 5 - Capacidade de produção de biogás m<sup>3</sup>/h no Estado RS

Biogás gerado/animal.dia	Nº Suínos Estado RS	100% biogás /dia	70% biogás/dia	m <sup>3</sup> /hora
0,14	5.948.537,00	832.795,18	582.956,63	24.289,86

Na tabela 6 se tem o valor da capacidade de produção em m<sup>3</sup>/h de biogás no País Brasil.

Tabela 6 - Capacidade de produção de biogás m<sup>3</sup>/h no País

Biogás gerado/animal.dia	Nº Suínos Estado BRASIL	100% biogás /dia	70% biogás/dia	m <sup>3</sup> /hora
0,14	40.332.553,00	5.646.557,42	3.952.590,19	164.691,26

A partir dos dados obtidos, é necessário identificar qual a capacidade de geração de energia elétrica por m<sup>3</sup>/h de biogás. Segundo Farret [1] para o gerador aplicado, com capacidade de geração de 30 kVA a cada 10 m<sup>3</sup>/h de biogás, se pode aplicar a equação (3), sendo possível observar a capacidade de potência instalada em kVA.

$$\begin{aligned}
 P \text{ kVA} &= C_p \text{ biogás m}^3/\text{h} * \frac{C_{gm}}{C_{bm}} & (3) \\
 P \text{ kVA} &= 13.872,18 * \frac{30}{10} \\
 P \text{ kVA} &= 41.616,53
 \end{aligned}$$

Onde  $P_{kVA}$  é a potência instalada em kVA, o  $C_{gm}$  é a capacidade de geração do motor,  $C_{bm}$  é o consumo de biogás pelo motor e  $C_{p\ biogás\ m^3/h}$  é a capacidade de produção do biogás em  $m^3$  por hora. Para obter a capacidade de potência ativa instalada foi aplicada a equação (4).

$$\begin{aligned}
 P_{kW} &= P_{kVA} * FP & (4) \\
 P_{kW} &= 41.616,53 * 0,9 \\
 P_{kW} &= 37.454,88
 \end{aligned}$$

Onde  $P_{kW}$  é a potência instalada em kW,  $P_{kVA}$  é a potência instalada em kVA e o fator de potência em  $FP$ . A partir das equações apresentadas é possível obter os valores do potencial de geração de energia elétrica por biodigestores com biogás na Mesorregião Noroeste Rio-grandense e do Estado do RS e País Brasil, tornando possível realizar um comparativo do potencial, conforme se pode observar na tabela 7.

Tabela 7 - Potencial de geração de energia elétrica por biogás

País Brasil	Estado RS	Mesorregião Noroeste Rio-grandense
494.073,77 kVA	72.869,58 kVA	41.616,53 kVA
444.666,40 kW	65.582,62 kW	37.454,88 kW

## 9. Conclusões

Ao analisar os resultados é possível afirmar que o País e principalmente o Estado e a Região apresentam grande capacidade de gerar energia elétrica através de um potencial que hoje é inexplorado, o biogás. Contudo, pode-se concluir que se o potencial de geração dos biodigestores for associado a outras fontes de geração de biogás, como o biogás produzido através de dejetos bovinos e a outras fontes de geração de energia renováveis aplicada à GD, como por exemplo, a fotovoltaica, que também apresenta enorme potencial de geração na região em estudo, a capacidade de geração será muito superior a que a hidrelétrica é capaz de gerar. Outro ponto importante a salientar, é referente ao custo elevado do kW da produção de energia elétrica através do biogás, pois, se o custo fosse inferior ao analisado atualmente, o potencial de geração seria muito superior ao valor encontrado neste estudo que baseou-se em projeto realizado para propriedade rural de pequeno porte, que gera energia em poucas horas do dia, por não ter biogás suficiente para suprir o gerador durante todo período.

Por fim, ainda é possível destacar que esse investimento atenderia todas as instalações de suinocultura da região para implantação de biodigestor para geração de energia elétrica e sobraria recursos para aplicação em outras fontes de energia elétrica. Estas avaliações ficarão para trabalhos futuros, numa proposição de diversificação da matriz de energia elétrica brasileira.

## 10. Referencias

[1] FARRET, F. A. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. 2ª edição. Santa Maria – RS: Editora UFSM, 2010.

[2] FERRAZ, J.M.G. e MARRIEL, I.E. **Biogás; fonte alternativa de energia**. Sete Lagoas, EMBRAPA-CNPMS, 1980.

- [3] OLIVEIRA, R. D. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbica de dejetos em abatedouros e as possibilidades no mercado de carbono.** 2009, 98 f.
- [4] MENEZES ,H. S. **Geração de biogás a partir de esterco caprino.** 2008, 25 f. Trabalho de conclusão de curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- [5] DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R; SANTOS, C. **Biodigestores rurais: modelos indiano, chinês e batelada.**
- [6] CASTANHO, D.S.; ARRUDA, H. J. **Biodigestores.** IN: VI Semana de Tecnologia em Alimentos. Anais. Ponta Grossa, 2008.
- [7] OLIVEIRA, M. M. **Estudo da inclusão de compartimentos em biodigestores modelo canadense.** 2012. 118f. Tese (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), Rio Grande do Sul, 2012.
- [8] CUNHA, L. **Uso do biodigestor para tratamento de dejetos suínos.** 2007. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.
- [9] PRATI, L. **Geração de Energia Elétrica a partir do biogás gerado por Biodigestores.** 2010 . Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2010.
- [10] FRANÇA Jr., Antonio Tavares de; **Análise do aproveitamento energético do biogás produzido numa estação de tratamento de esgoto.** Ilha Solteira, SP.
- [10] OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. - **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves,** 2006.
- [11] SRD. 2015. **Geração distribuída.** Acesso em: 20/04/2018. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>>.