

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

KRYSTIAN DALTON PICHLER DA SILVA

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
UTILIZANDO BIOGÁS EM SISTEMA ESTACIONÁRIO – ESTUDO DE CASO NA
SUINOCULTURA**

CASCADEL - PR

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
KRYSTIAN DALTON PICHLER DA SILVA

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
UTILIZANDO BIOGÁS EM SISTEMA ESTACIONÁRIO – ESTUDO DE CASO NA
SUINOCULTURA**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, Curso de Engenharia Elétrica, do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Prof. Orientador: Gilson Debastiani

CASCADEL - PR

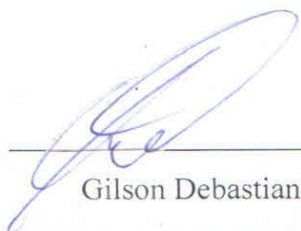
2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
KRYSTIAN DALTON PICHLER DA SILVA

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
UTILIANDO BIOGÁS EM SISTEMA ESTACIONÁRIO – ESTUDO DE CASO NA
SUINOCULTURA**

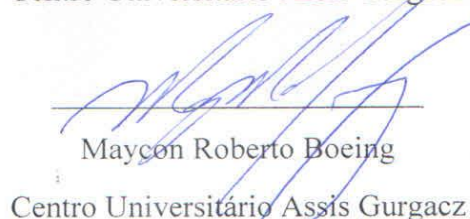
Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, Curso de Engenharia Elétrica, do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica

BANCA EXAMINADORA



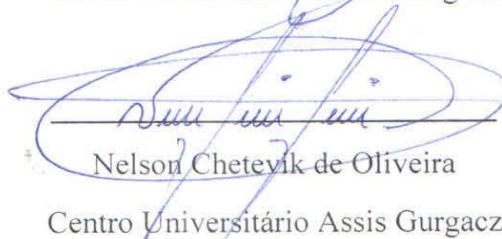
Gilson Debastiani

Centro Universitário Assis Gurgacz



Maycon Roberto Boeing

Centro Universitário Assis Gurgacz



Nelson Chetevik de Oliveira

Centro Universitário Assis Gurgacz

Cascavel, 06 de Dezembro de 2018

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo a produção de energia utilizando o biogás em sistema estacionário. O estudo foi proposto em função de um número elevado de granjas suinícolas na região. Isso resulta em um grande impacto ambiental, pelo fato da má destinação dos dejetos provenientes dessa cultura. Atualmente, um dos maiores desafios enfrentados pelas nações é a busca por fontes renováveis limpas e baratas, alternativas sustentáveis que trazem benefícios ambientais, por serem menos poluentes e econômicas, uma vez que diminuem a dependência dos combustíveis fósseis. Diante disso, buscou-se dar um destino correto aos dejetos resultantes da suinocultura, utilizando a tecnologia de biodigestores, que faz a transformação da matéria orgânica em biogás, um combustível altamente energético que pode ser utilizado para energia térmica, mecânica ou elétrica. O estudo foi realizado em uma UPL – Unidade Produtora de Leite, no município de Três Barras do Paraná – Pr, com um estoque mensal de aproximadamente 6631 suínos, resultando em um volume de 79,495 m³/dia de dejetos. Com esse volume de dejetos observa-se uma alta produtividade de biogás. Para a geração de energia elétrica adotou-se um modelo de motor gerador para consumir todo o biogás produzido diariamente na propriedade acima mencionada. Constatou-se a viabilidade do projeto, pois a propriedade tem uma grande oferta de matéria orgânica, possibilitando uma ampla capacidade para a geração de energia elétrica, transformando assim, um imenso passivo ambiental em ativo energético.

PALAVRAS – CHAVE: Biogás, Biodigestor, Geração de Energia.

ABSTRACT

The present work has the objective of producing energy using biogas in a stationary system. The study was based on a large number of pig farms in the region. This result is a high environmental impact, due to the fact that the waste destined for this crop is destined. Today, one of the biggest challenges facing nations is a search for renewable and cheap sources, sustainable alternatives that bring environmental benefits because they are less polluting and economical as they reduce the use of fossil fuels. In view of this, one of the main swine detection systems was used, using biodigestors technology, which is a component of the organic biogas industry, a highly energetic fuel that can be used for thermal, mechanical or electrical energy. The study was carried out at a UPL - Piglets Production Unit, in the municipality of Três Barras do Paraná - Pr, with a monthly inventory of approximately 6631 new, resulting in a volume of 79,495 m³ / day of waste. With this volume of waste is estimated a high productivity of biogas. To obtain the necessary power generation, use a motor model to consume all biogas produced automatically in the above-mentioned property. It was verified a feasibility of the project, since a property has a great supply of organic matter, allowing a broad capacity for a generation of electric energy, transforming, thus, an immense environmental passive in an energetic asset.

KEYWORDS: Biogás, Biodigestor, Power generation.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação (2.1) – Tamanho do Biodigestor.....	33
Equação (2.2) – Potência Aparente.....	34
Equação (2.3) – Fator de Potência.....	35
Equação (2.4) – Potência Ativa.....	35
Equação (2.5) – Rendimento.....	35
Equação (2.6) – Eficiência Total.....	35
Equação (2.7) – Potência Teórica de Geração.....	36
Equação (2.8) - Potência Técnica de Geração.....	37
Equação (2.9) – Potência Elétrica da Planta de Geração.....	37
Equação (3.1) – Tamanho do Biodigestor.....	39
Equação (4.1) – Produção Total Diária de Biogás.....	43
Equação (4.2) – Energia Produzida por Dia.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Porcentagem de renováveis na matriz energética Brasileira.	15
Figura 2.2 – Fontes renováveis e não renováveis para a geração de energia elétrica.	17
Figura 2.3 – Biodigestor modelo Chinês.....	24
Figura 2.4 – Biodigestor modelo Indiano.....	25
Figura 2.5 - Biodigestor modelo Canadense	26
Figura 2.6 – Produção específica de biogás em função de diferentes taxas de alimentação do biodigestor (kg SV/m ³ de biomassa), para diferentes TRH (22 e 30 dias) e diferentes temperaturas de biomassa (20°C e 35°C).....	31
Figura 3.1 – Vista aérea da propriedade estudada.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Consumo de energia elétrica no Brasil (MWh).....	18
Tabela 2.2 – Consumo de energia elétrica por classes (GWh).....	19
Tabela 2.3 – Equivalência de 1 m ³ de biogás a outras fontes de energia	21
Tabela 2.4 – Estimativa dos teores da MS, N _{tot} ., P ₂ O ₅ e K ₂ O, nos dejetos suínos em função da sua densidade.....	30
Tabela 2.5 – Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos.....	32
Tabela 2.6 - Especificações de motores geradores a biogás.....	36
Tabela 3.1 – Produção de biogás a partir de dejetos suínos	42
Tabela 4.1 – Média mensal de suínos na Granja	40
Tabela 4.2 – Índice de produção de dejetos por m ³ /animal/mês.....	42
Tabela 4.3 – Amostra de dejetos produzidos pela granja por dia.....	42
Tabela 4.4 – Quantidade de biogás produzidos por animal.....	45
Tabela 4.5 – Histórico de consumo em kWh/mês.	47
Tabela 4.5 – Potência elétrica e tipo de operação dos modelos de geradores	48

LISTA DE ABREVIATURAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
RN	Resolução Normativa
CH₄	Metano
CO₂	Dióxido de Carbono
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OIEE	Oferta Interna de Energia Elétrica
Mtep	Mega Tonelada Equivalente de Petróleo
TWh	Terawatts Hora
GWh	Gigawatts Hora
kWh	Quilowatts Hora
MW	Megawatts
kW	Quilowatts
kV	Quilovolts
kg	Quilograma
°C	Grau Celsius
m³	Metro Cúbico
ℓ	Litro
TRH	Tempo de Retenção Hidráulica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 MATRIZ ENERGÉTICA.....	14
2.1.1 Matriz Energética Nacional	14
2.1.2 Matriz Elétrica	16
2.1.2.1 Participação das Renováveis no Cenário Nacional	16
2.1.3 Consumo de Energia Elétrica	18
2.2 PARTICIPAÇÃO DA BIOMASSA NA COMPOSIÇÃO DA MATRIZ ELÉTRICA NACIONAL	19
2.3 USO DO BIOGÁS EM SISTEMAS ESTACIONÁRIOS	20
2.3.1 Biogás	20
2.4 BIODIGESTOR	21
2.4.1 Modelos de Biodigestores	22
2.4.1.1 Modelo Chinês.....	23
2.4.1.2 Modelo Indiano	24
2.4.1.3 Modelo Canadense	25
2.4.2 Digestão Anaeróbia	27
2.4.3 Tempo de Retenção Hidráulica (TRH).....	30
2.5 CARACTERIZAÇÃO DOS DEJETOS.....	32
2.5.1 Dimensionamento de Biodigestores	33
2.6 USO DO BIOGÁS COMO COMBUSTÍVEL	33
2.6.1 Combustão do Biogás.....	33
2.6.2 Motores a Combustão Interna	34
2.6.3 Motores Geradores de Eletricidade a Biogás	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
3.1 DADOS DA GRANJA SUINÍCOLA	39

3.2 DIMENSIONAMENTO.....	40
3.3 PRODUÇÃO DE BIOGÁS	42
3.4 CONSUMO DE ENERGIA DA PROPRIEDADE	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1 DIMENSIONAMENTO DO BIODIGESTOR	44
4.2 PRODUÇÃO DO BIOGÁS	44
4.3 PRODUÇÃO DE ENERGIA	46
4.4 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DA PROPRIEDADE.....	47
4.5 ESCOLHA DO MOTOR GERADOR	47
4.6 CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE ENERGIA	49
5 CONCLUSÃO.....	50
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXO A.....	54
ANEXO B.....	58

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos maiores desafios enfrentados pelas nações é a busca por fontes renováveis limpas e baratas, alternativas sustentáveis que trazem benefícios ambientais, por serem menos poluentes e econômicas, uma vez que diminuem a dependência dos combustíveis fósseis. (BRASIL, 2013).

A matriz energética mundial é composta principalmente por combustíveis fósseis, e a matriz elétrica também segue esse parâmetro. Essa composição fica mais evidente nos países industrializados, com o consumo desenfreado. Os países buscam uma alternativa para suprir a demanda de energia, e nem sempre é possível através da energia limpa, pois com o grande aumento na emissão de gases poluentes acaba agravando cada vez mais a situação do mundo em função do aquecimento global.

O Brasil está à frente de muitos países neste quesito, suas taxas de emissões são baixas se comparado com países industrializados, com quase metade de sua matriz energética com fontes renováveis, e, cada vez buscando mais investimentos em novas fontes renováveis de energia.

A biomassa está se tornando uma energia renovável cada vez mais relevante na composição da matriz elétrica brasileira. Tanto no mercado internacional quanto no interno, é considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis. Considera-se biomassa toda a matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica, e torna-se uma das fontes renováveis com grande potencial de crescimento. Ela é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos. (ALVES, S. M.; MELO, C.F.M. 1980).

Os tipos de biomassa que mais contribuem para a produção de energia são a cana de açúcar, para a produção do Etanol combustível, a lenha a partir do reflorestamento gerando energia térmica, e através de resíduos orgânicos (animais ou vegetais) para geração de energia elétrica com o biogás.

A produção de suínos no Paraná é de grande relevância para o contexto socioeconômico do Estado, intensificando o aumento de empregos e renda na economia de um modo geral, contribuindo para expansão e modernização em todas as áreas da agroindústria e com uma crescente ampliação na demanda de insumos agropecuários, efetivando assim, uma ampliação no número de empregos e rentabilidade para a sociedade (IAPAR, 2009).

Com o grande número de produtores, cuja renda é proveniente da suinocultura, tem-se uma alternativa para o agravante desta atividade que é o manejo dos dejetos, logo que uma vez destinados de forma inadequada traz um enorme impacto para o meio ambiente e para a sociedade. Uma tecnologia eficaz, que faz o uso dos dejetos pecuários para transformá-lo em energia, uma energia limpa e sustentável e para isso utiliza-se a tecnologia de biodigestores.

O biodigestor é formado através de um compartimento fechado, onde coloca-se todo o material orgânico (dejetos suínos) no seu interior, para que passe por decomposição, gerando assim o biogás, que vai se concentrar na parte superior do compartimento mencionado (PALHARES, 2008). O biogás é formado de uma combinação de gases, tendo como principais o metano e o dióxido de carbono e também gás sulfídrico e nitrogênio em pequenas proporções. Nesse processo ocorre uma fermentação na ausência do ar, chamada de digestão anaeróbia, essa fermentação ocorre com dejetos de animais, resíduos vegetais e lixo orgânico, assim como acontece com todos os tipos de matérias orgânicas no processo de decomposição. (ALVES, S. M.; MELO, C.F.M. 1980).

O biogás é caracterizado como um biocombustível e será utilizado na queima para funcionamento de um motor gerador, gerando assim energia elétrica para a toda a propriedade.

Portanto, muitos são os benefícios econômicos, pois com a implantação do sistema de biodigestores haverá ganhos pela redução de energia comprada da concessionária e o uso dos recursos naturais para a geração de energia sustentável, mediante tecnologias de produção energética renováveis e mais limpas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MATRIZ ENERGÉTICA

Matriz energética é o conjunto de fontes de energia disponíveis para serem usados em inúmeros processos produtivos no mundo. Recursos capazes de serem transformados em energia mecânica, elétrica ou térmica. A matriz energética de um país compreende as diferentes fontes de energia disponíveis para o uso nas mais diversas atividades sociais. (BRASIL, 2013)

A matriz energética mundial é composta principalmente, por combustíveis fósseis, como o carvão, petróleo e gás natural, que são fontes não renováveis. Já as renováveis aparecem com uma pequena parcela significativa nesse contexto.

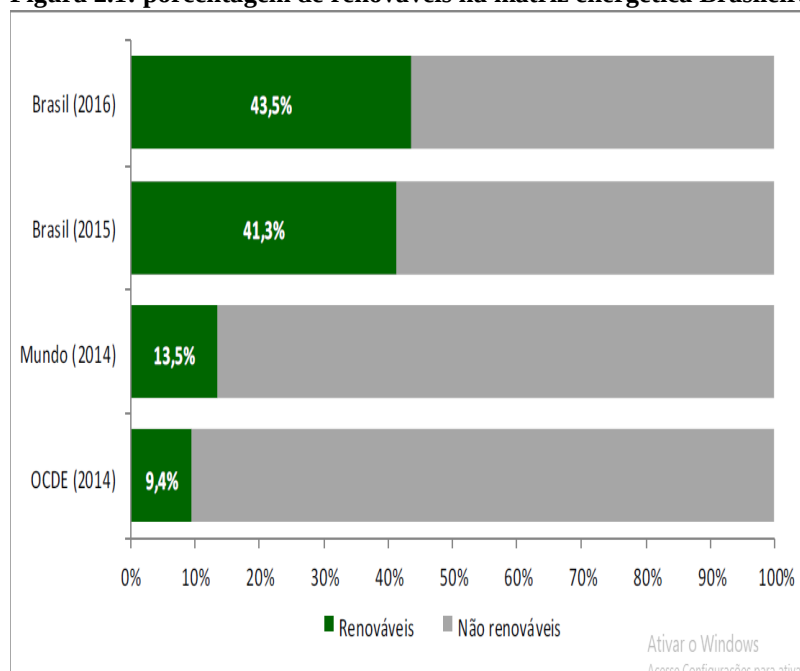
Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2015 a matriz energética mundial era formada de 31,7% de petróleo e derivados, 28,1% de carvão, 21,6% do Gás Natural, 9,7% da Biomassa, 4,9% da Nuclear e 2,5% das Hidráulicas. Já outras fontes renováveis além da biomassa e hidráulica como solar e eólica correspondem a 1,40% apenas.

2.1.1 Matriz Energética Nacional

No Brasil, a matriz energética atual é muito diferente se comparado a matriz energética do mundo industrializado, pois sua capacidade de produção de fontes renováveis é equivalente a 43,5% na composição da sua matriz. Os recursos que elevam esse índice são provenientes de fontes como a hidráulica, biomassa e etanol, além de outras energias como a eólica e a solar (BRASIL, 2017).

Observa-se que em 2016, a participação de renováveis na Matriz Energética Brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo, com pequeno crescimento devido particularmente à queda da oferta interna de petróleo e derivados e expansão da geração hidráulica. Na Matriz elétrica Brasileira a Biomassa em 2016 esteve com 8,2% de oferta de energia, comparado com o ano anterior obteve um crescimento de 0,2% na matriz elétrica nacional (BRASIL, 2017).

Na figura 2.1 mostra a porcentagem de renováveis na matriz energética brasileira em relação a matriz elétrica mundial e a OCDE(Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) que é composta por 36 países.

Figura 2.1: porcentagem de renováveis na matriz energética Brasileira.

Fonte: EPE; Empresa de Pesquisa Energética (2016).

Vale ressaltar que o Brasil possui a matriz energética mais renovável de todo o mundo no setor industrializado. No país, toda a produção de energia é proveniente de recursos capazes de se refazerem em um curto período de tempo, as chamadas fontes renováveis. Entre as principais estão o etanol, a biomassa e os recursos hídricos, além das energias solar e eólica. Quando falamos em matriz energética mundial, as fontes renováveis representam apenas 13% do total em países industrializados. Nações consideradas em desenvolvimento têm um índice ainda menor, de apenas 6%. No parâmetro global, o petróleo tem a maior participação como fonte de energia, com uma participação de mais de 90% só no setor de transportes (BRASIL, 2017).

A previsão para as próximas 5 décadas é de que os combustíveis fósseis vão continuar a dominar a matriz global, mesmo com grande salto em investimentos e pesquisas para o desenvolvimento de fontes alternativas e renováveis de energia (BRASIL, 2013).

Segundo EPE - Empresa de pesquisa energética (2017), em 2016, a oferta interna de energia (total de energia disponibilizada no país) atingiu 288,3 Mtep, redução de 3,8% em relação a 2015, acompanhando, assim, o enfraquecimento da atividade econômica, ano em que o PIB nacional contraiu 3,6%, segundo o IBGE. A retração da oferta interna de petróleo e derivados – 5,6% no período – resultante do superávit nos fluxos de exportação e importação

destas fontes energéticas, adicionado ao recuo de 13,2% do gás natural, foram fatores determinantes para a queda da oferta total de energia.

Em 2016, o total de emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiu 428,95 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Mt CO₂-eq), sendo a maior parte (194,3 Mt CO₂-eq) gerada no setor de transportes. A intensidade de carbono na economia foi de 0,15 kg CO₂/US\$ppp [2010]. O Brasil permanece menos intenso em carbono em relação às economias europeia (-11%), norte-americana (-50%) e chinesa (-70%), de acordo com os dados da IEA de 2014.

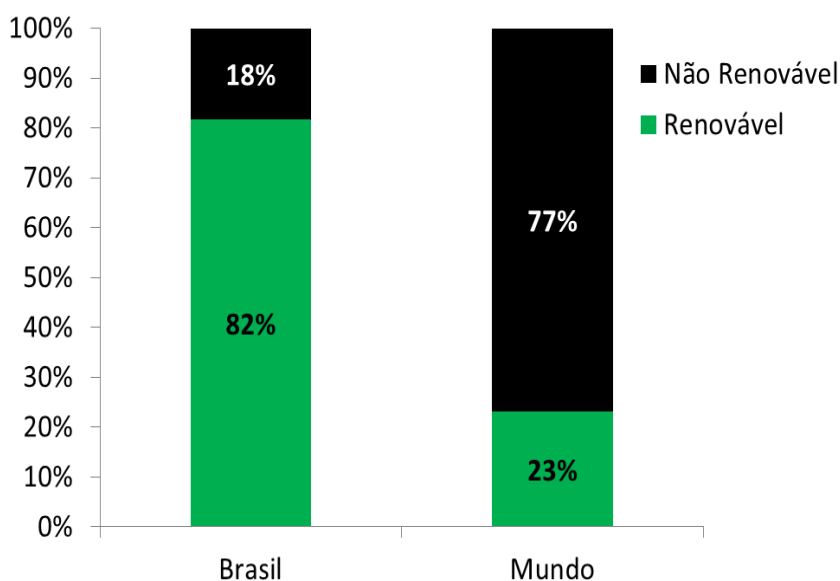
2.1.2 Matriz Elétrica

Diferente da matriz energética, a matriz elétrica é composta por fontes disponíveis somente para geração de energia elétrica. No mundo a geração de energia elétrica baseia-se em combustíveis fósseis, como carvão, óleo e gás natural, em termelétricas. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) a matriz elétrica mundial é formada por 39,3% de carvão, 22,9% Gás Natural, 10,6% Nuclear, 4,1% derivados de petróleo, 16% da Hidráulica, 4,9% geotérmica, maré e 2,2% Biomassa.

2.1.2.1 Participação das Renováveis no Cenário Nacional

A principal fonte para geração energia elétrica no Brasil é a energia renovável, grande parte são provenientes de usinas hidrelétricas, cuja a participação é de 68,1% de toda energia produzida, além da biomassa com 8,2%, e, solar e eólica com 5,4% .Somando juntas um total de 81,7% de fontes renováveis, são as energias limpas que não afetam o meio ambiente. As outras fontes como carvão, derivados de petróleo, gás natural e nuclear correspondem a 18,3%. A matriz elétrica brasileira, conforme figura 2.2, se torna mais renovável do que a energética, e um comparativo mostra a relação entre o Brasil e o mundo.

Figura 2.2 – fontes renováveis e não renováveis para a geração de energia elétrica.



Fonte: (EPE, 2016)

Observa-se que a matriz elétrica brasileira é baseada em energia de fontes renováveis, um caso oposto da matriz elétrica mundial, tornando o Brasil um país com menos taxas de poluentes em relação a outros países industrializados.

Vale salientar que um dos mais importantes assuntos para as discussões sobre o futuro são as energias renováveis. Um grande exemplo disso foi a tentativa de discussão sobre o tema na Conferência do Clima das Organizações das Nações Unidas (ONU), realizada em Copenhague, em 2009, na Dinamarca, a chamada COP 15. O ponto mais importante desse encontro foi o acordo assinado entre os países participantes e aceitos pela ONU, de uma doação no valor US\$ 30 bilhões para um fundo de luta contra o aquecimento global pelo período de três anos, com previsão de chegar a US\$ 100 bilhões até o ano de 2020 (SILVA, A.S.; GUIMARÃES, M., 2011).

Nos dias de hoje, a produção de energia recebe uma atenção especial, onde os países buscam aumentar a oferta de energia e ao mesmo tempo reduzir os custos provenientes desta produção, e as questões que envolvem a sustentabilidade e o cuidado com o meio ambiente. Com o aquecimento global, os países ricos e em desenvolvimento se preocupam em reduzir a emissão de gás carbônico, que tem como um dos principais responsáveis a queima de matérias primas derivadas do petróleo (SILVA, A.S.; GUIMARÃES, M., 2011).

2.1.3 Consumo de Energia Elétrica

Segundo a ANNEL, o consumo de energia elétrica de uma sociedade está diretamente ligado ao desenvolvimento e qualidade de vida. Reflete nos setores de atividade industrial, comercial e no consumo desenfreado da população e todas as atividades estão ligadas na rede de energia elétrica, o que pressiona ainda mais o consumo.

O levantamento do consumo de energia elétrica no Brasil é feito pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética), juntamente com MME (Ministério de Minas e Energia). Em um levantamento feito dos últimos anos, percebe-se que houve um aumento do consumo de energia elétrica. Na tabela 2.1 apresenta um comparativo do consumo de energia no Brasil e suas respectivas regiões, feito nos anos de 2010 e 2017.

Tabela 2.1 - consumo de energia elétrica no Brasil (MWh)

Consumo Anual	por Região em MWh	
	2010	2017
Norte	26.221.714	34.510.271
Nordeste	71.196.945	79.731.255
Sudeste	222.004.702	232.514.731
Sul	69.933.916	84.997.182
Centro-Oeste	26.310.480	35.407.740
TOTAL BRASIL	415.667.758	467.161.179

Fonte: Adaptado do EPE, 2018

Nota-se que o consumo de 2017 houve um aumento de 51.493.421 MWh, aproximadamente de 12,14%, em relação a 2010.

O consumo de energia elétrica está distribuído em vários segmentos, diversas classes, dentre elas estão a residencial, industrial, comercial e outros, que inclui energia rural, serviço público e iluminação pública. Pesquisa feita pela EPE com dados atualizados pela Superintendência de Estudos Econômicos e Energéticos – SEE da Diretoria de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais – DEA, mostra o consumo anual de energia elétrica por classes no país, como mostra tabela 2.2:

Tabela 2.2 – Consumo de energia elétrica por classes (GWh)

CONSUMO - GWh	2010	2017
RESIDENCIAL	107.215	133.904
INDUSTRIAL	179.478	167.065
COMERCIAL	69.170	88.031
OUTROS	59.820	76.031
TOTAL BRASIL	415.683	465.130

Fonte: Adaptado de EPE, 2017

Observa-se que o consumo elétrico brasileiro cresce consideravelmente com o setor industrial liderando como os maiores consumidores seguido logo abaixo do residencial. De 2010 a 2017 ocorreu um aumento de 49.447 GWh equivalente a 11,9%.

Apesar das fontes de energia elétrica no Brasil serem a maioria renováveis, o setor elétrico brasileiro emitiu, em média, 101,3 kg CO₂ para produzir 1 MWh, índice muito baixo quando comparado com países da União Europeia, EUA e China (BRASIL, 2017).

Em 2016 verificou-se um avanço na oferta interna de 4,0 TWh (0,7%) em relação a 2015, em consequência do aumento da importação de Itaipu que cresceu 18,7%. As condições hidrológicas, foram favoráveis, o que acarretou em um aumento da energia hidráulica disponibilizada. Em 2016, o acréscimo foi de 7,0% comparado ao ano anterior.

Vale lembrar que a maior oferta hídrica, aliada à expansão da geração eólica, contribuiu para o avanço da participação de renováveis na matriz elétrica de 75,5% para 81,7%. Registrou-se ainda neste período forte queda da geração térmica a base de derivados de petróleo e gás natural. A geração eólica atingiu 33,5 TWh – crescimento de 54,9%. A potência eólica atingiu 10.124 MW, expansão de 32,6%. A Micro e Mini Geração Distribuída, incentivada por recentes ações regulatórias que viabilizaram a compensação da energia excedente produzida por sistemas de menor porte (*net metering*), atingiu 104,1 GWh com uma potência instalada de 72,5 MW. Destaque para a fonte solar fotovoltaica, com 53,6 GWh e 56,9 MW de geração e potência instalada respectivamente (BRASIL, 2017).

2.2 PARTICIPAÇÃO DA BIOMASSA NA COMPOSIÇÃO DA MATRIZ ELÉTRICA NACIONAL

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) indica que na matriz elétrica do Brasil, a biomassa é responsável por 8,83% da potência total nacional, o equivalente a 14.019.781 kW. Das fontes de biomassa, o bagaço da cana-de-açúcar representa 78,2% do total

com 11.008.691 kW. O setor florestal vem em segundo lugar nessa lista, com 20% do total, o equivalente a 2.803.847 kW. As outras fontes de biomassa, como resíduos animais, resíduos sólidos urbanos, biocombustíveis líquidos e outros agroindustriais, dividem os 11,8% restantes.

Segundo a União da Indústria de Cana de Açúcar (Única) em junho de 2016, a partir de dados da ANNEL, mostram que a biomassa aparece em terceiro lugar na lista, atrás das fontes fósseis que representam 17,25% da matriz elétrica total, com 27.388.731 kW. A fonte hídrica se mantém na liderança com 66,95%, o equivalente a 106.296.520 kW (BIOMASSA E ENERGIA, 2016).

Observa-se que uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos é o Biogás que é a Biomassa proveniente de toda matéria orgânica que pode ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica, sendo uma das fontes renováveis com grande potencial de crescimento. Tanto no mercado internacional quanto no interno, é considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis (ANEEL, 2016).

2.3 USO DO BIOGÁS EM SISTEMAS ESTACIONÁRIOS

2.3.1 Biogás

O biogás é obtido através de uma fermentação bacteriana, na ausência do ar, de toda a matéria orgânica em geral, seja ela de origem animal ou vegetal. Sua formação se dá através de uma mistura de gases contendo principalmente o metano com cerca de 60 a 80% e dióxido de carbono de 20 a 35% e uma concentração pequena de gás sulfúrico e nitrogênio (ALVES, J.L.H; PAULA, J.E.).

Segundo Lucas Junior, (1987), o principal componente do biogás é o metano, representando uma alta porcentagem, e, seu poder calorífico pode atingir de 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico. Com a eliminação de todo o gás carbônico da composição o poder calorífico pode chegar a 12.000 kcal. De forma prática e fácil visualização foi feito uma relação de comparativos de 1 m³ (metro cúbico) de biogás com os combustíveis mais utilizados, conforme tabela 2.3:

Tabela 2.3 – equivalência de 1 m³ de biogás a outras fontes de energia

Quantidade	Uni. de Medida	Fontes de Energia
0,61	ℓ	Gasolina
0,57	ℓ	Querosene
0,55	ℓ	Óleo Diesel
0,45	kg	Gás Liquefeito
0,79	ℓ	Álcool Combustível
1,238	kg	Lenha
1,428	kWh	Energia Elétrica

Fonte: Adaptado de Daganutti et al, (2002)

O poder energético do biogás é muito elevado, podendo assim ser utilizado para a geração de energia elétrica, térmica ou mecânica.

Segundo Kunz, *et al.*, (2004) nos países asiáticos como, China e Índia a biodigestão anaeróbia como processo para produção de biogás é um processo conhecido há muito tempo para a conversão de energia, tendo em vista que possuem seus próprios modelos de biodigestores.

No Brasil, existem alguns problemas na utilização dessa tecnologia, apesar dos avanços obtidos no conhecimento do processo de digestão anaeróbia, na tecnologia de construção e de operação de biodigestores, da redução dos custos de investimento e de manutenção. Também faltam equipamentos desenvolvidos especificamente para o uso do biogás, principalmente aquecedores ambientais, que poderiam substituir os sistemas convencionais em uso, desenvolvidos para o GLP ou a lenha (OLIVEIRA, 2004).

2.4 BIODIGESTOR

O biodigestor é formado através de um sistema utilizado para a produção de gás natural, com alto valor energético. O gás é obtido através de uma decomposição de material orgânico colocado em uma câmara fechada chamado de biodigestor. Resumindo, o biodigestor de modo geral é um compartimento fechado com um tanque para comportar toda a matéria orgânica que passa pela digestão anaeróbia e um gasômetro para armazenar o biogás que irá se concentrar na parte superior do compartimento mencionado (PALHARES, 2008).

O biogás é formado de uma combinação de gases, tendo como principais o metano e o dióxido de carbono e também gás sulfídrico e nitrogênio em pequenas proporções. Nesse

processo ocorre uma fermentação na ausência do ar, chamada de digestão anaeróbia, essa fermentação ocorre com dejetos de animais, resíduos vegetais e lixo orgânico, assim como acontece com todos os tipos de matérias orgânicas no processo de decomposição (ALVES, S. M.; MELO, C.F.M. 1980).

Os primórdios desta tecnologia foram em meados de 1806, na Inglaterra, Humphrey Davy foi quem desenvolveu os primeiros biodigestores e identificou a presença de um gás rico em carbono e dióxido de carbono, que era resultante da decomposição de matéria orgânica em lugares úmidos. Na mesma época os chineses e os indianos buscavam nessa tecnologia, princípios divergentes, os Chineses buscavam o biofertilizante, para suprir a produção de alimentos para sua excedente população e os Indianos necessitavam do biodigestor para a produção de energia, pois o país passava por um imenso déficit de energia (PALHARES, 2008).

Na Europa o biodigestor foi difundido com a vinda da Segunda Guerra Mundial e o biogás foi utilizado para a queima direta e o uso de veículos, substituindo os derivados de petróleo. Mas foi na cidade de Kampur, na Índia, que o uso do biodigestor foi difundido, por meio de várias pesquisas, em 1939. A primeira usina foi através do Institute Gobár Gás (Instituto de gás de Esterco), com o objetivo de obtenção do gás e aproveitamento do biofertilizante, com um tratamento correto aos dejetos de animais, se tornando o pioneiro na Índia e abrindo as portas para aproximadamente 500 mil biodigestores no país. (PALHARES, 2008)

A China motivou-se com a utilização do biogás e adotou a tecnologia a partir de 1958 para a produção de energia, e anos depois por volta de 1972 já havia 7,2 milhões de biodigestores em atividade. Já no Brasil essa tecnologia chegou por volta da década de 70, a partir da crise energética daquela época, trazendo o biogás como uma opção. Com o modelo chinês e o indiano, (atualmente usa-se um modelo com manta PVC e o seu modelo é semelhante ao modelo canadense) (BEZERRA *et al.*, 2014).

Segundo a FAO (Food and Agriculture Organization) a Embrater foi responsável pelo primeiro biodigestor modelo Chinês a ser implantado no Brasil, em novembro de 1979, na Granja do Torto em Brasília.

2.4.1 Modelos de Biodigestores

Existem vários modelos de biodigestores, mas é necessário escolher adequadamente para cada resíduo, em particular entendendo os princípios de operação dos biodigestores,

podendo assim realizar uma seleção e um planejamento para um modelo de tratamento de resíduo (FUKAYAMA, 2008).

Os principais tipos de biodigestores, tem suas características microbiológicas que influenciam no modo de operação e sua eficiência na produção de biogás, para isso é importante o conhecimento de três parâmetros básicos: Tempo de Retenção de Microrganismos (TRM), Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) e Tempo de Retenção de Sólidos (TRS). Nos biodigestores do tipo batelada (de fluxo contínuo) é levado em consideração apenas o TRH que é o intervalo de tempo necessário de retenção do afluente para se tenha o processo de biodigestão de maneira adequada e completa (FUKAYAMA, 2008).

Dentre os biodigestores mais conhecidos no mercado internacional temos o Biodigestor Modelo Chinês, Modelo Indiano, Modelo Canadense e o Modelo Batelada.

2.4.1.1 Modelo Chinês

Os chineses foram um dos primeiros a dominar essa tecnologia, para tanto desenvolveram um modelo de biodigestor que possui uma câmara cilíndrica de alvenaria onde ocorre a fermentação, com um teto abaulado que concentra o gás. Seu funcionamento ocorre em função da pressão interna devido ao acúmulo de gás, com isso o efluente se desloca da câmara de fermentação para a caixa de saída (JORGE & OMENA, 2012).

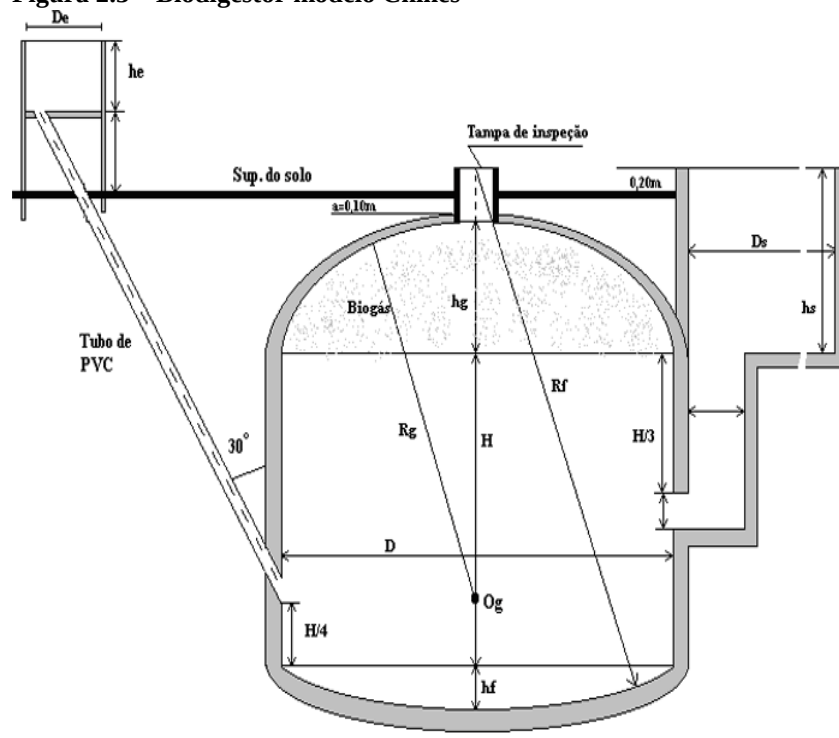
Alguns cuidados a serem tomados para que não ocorra vazamentos, sua confecção é toda em alvenaria e por isso dispensa o uso de chapa de aço para o gasômetro, diminuindo seu custo, e necessita de vedação e impermeabilização adequada. Este modelo pode apresentar uma desvantagem pelo fato de que uma parcela do gás é formada na caixa de saída, reduzindo a pressão interna com o escape do gás (DEGANUTTI *et al.*, 2002).

Uma das características do modelo chinês é semelhante ao indiano, onde o resíduo deve se apresentar aproximadamente 8% de sólidos totais, com fornecimento contínuo, para facilitar a circulação e evitar entupimentos (TARRENTO, 2006).

Segundo Gaspar, (2003), esse modelo possui uma característica para que não dificulte o abastecimento, o tanque de digestão pode ser construído acima do nível do solo. Pode-se alterar a profundidade do biodigestor em relação ao diâmetro, sendo inversamente proporcionais, quanto maior o diâmetro menor a profundidade, e vice-versa.

Na figura 2.3 mostra o biodigestor modelo chinês para melhor identificação:

Figura 2.3 – Biodigestor modelo Chinês



Fonte: (DEGANUTTI *et al.*, 2002)

O biodigestor é abastecido pela caixa de digestão que fica acima do nível do solo, canalizado por um tubo de PVC com um ângulo de 30°, o biodigestor fica abaixo do solo apenas com uma tampa para a saída do gás, o biofertilizante que é resultado do processo é submetido a outro reservatório através da pressão interna do biodigestor.

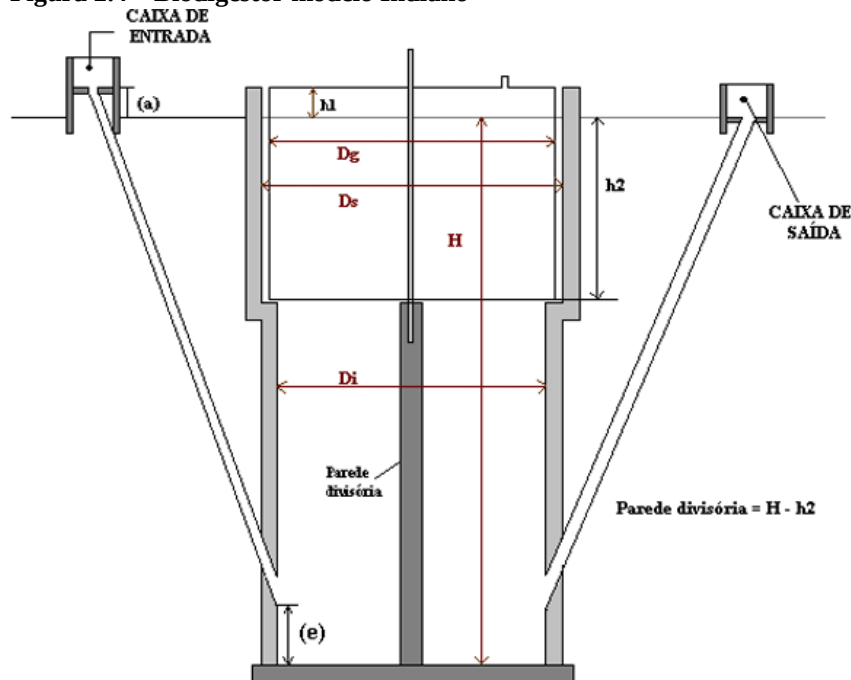
2.4.1.2 Modelo Indiano

Esse modelo é caracterizado por possuir um gasômetro, um compartimento com o formato de uma tampa, podendo estar em um selo d'água externo ou mergulhado junto com a biomassa. Na sua estrutura tem-se uma parede central que divide o tanque de fermentação em dois, para melhorar o fluxo do material no interior da câmara de fermentação (TARENTO, 2006).

O biodigestor Indiano possui um gasômetro de metal e isso pode encarecer no custo final do biodigestor, apesar de ser de fácil construção. O modelo torna-se característico por possuir pressão de operação constante, pelo fato de o gás produzido não ser consumido de imediato. Isso também faz com que o gasômetro se desloque verticalmente aumentando o volume e mantendo sua pressão interior (DEGANUTTI *et al.*, 2002).

Há alguns cuidados com a alimentação do biodigestor, ela deverá ser contínua e a concentração dos sólidos totais não pode ultrapassar a 8%, tendo em vista que há necessidade de circulação no interior da câmara de fermentação para evitar possíveis entupimentos nos canos de passagem do material (TARRENTO, 2006). A figura 2.4 apresenta a vista do biodigestor modelo Indiano.

Figura 2.4 – Biodigestor modelo Indiano



Fonte: (DEGANUTTI *et al.*, 2002)

No modelo Indiano observa-se algumas vantagens em relação ao chinês, podendo manter a pressão de escape do biogás estável devido a sua campânula flutuante, não se torna necessário a utilização de aparelhos que utilizam metano para uma regulagem constante. Não estabelece uma medida fixa para o diâmetro e a profundidade, apenas é necessário observar a relação de capacidade do tanque e da campânula. Sua principal desvantagem é o preço da construção da campânula que normalmente é formada de ferro (GASPAR, 2003).

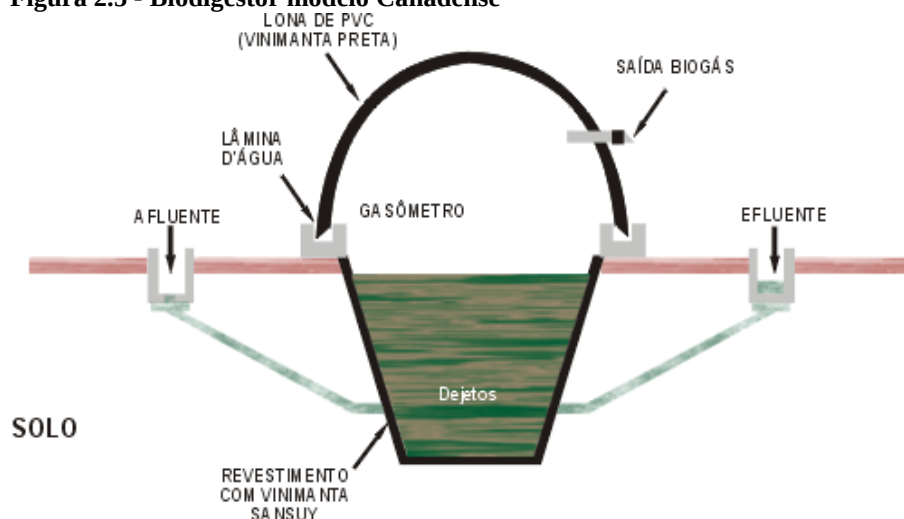
2.4.1.3 Modelo Canadense

Segundo Oliver (2008), no Brasil o tipo de biodigestor mais utilizado e fixado é o Modelo Canadense, por apresentar a vantagem de ser usado tanto em grandes quanto em pequenas propriedades, e também, em projetos agroindustriais.

O modelo canadense é conhecido por ser do tipo horizontal, com uma caixa de largura maior que a profundidade e feita de concreto, possuindo através dessa característica uma maior área de exposição ao sol, sendo possível uma maior produção de biogás e evitando possíveis entupimentos (CASTANHO & HARRUDA, 2008). Uma câmara de fermentação subterrânea que é revestida com lona plástica. Uma manta superior para reter o biogás produzido de modo a formar uma campânula (bolsa) de armazenamento. E uma caixa de saída onde o efluente é liberado. Existe um registro para a saída do biogás e um queimador, que fica conectado ao registro de saída do biogás (PEREIRA et al., 2009).

O local de instalação do biodigestor deve proporcionar menor risco de ocorrer furos na manta superior que venham a causar vazamento de gás. (PEREIRA *et al.*, 2009). Pois durante o processo de produção de gás, a cúpula do biodigestor infla, este material é feito em um material plástico e maleável também conhecido como PVC, para que possa ser retirado quando for preciso. Esta cúpula em PVC é responsável pelo aumento do custo final do biodigestor (CASTANHO & HARRUDA, 2008). A figura 2.5 apresenta a vista do biodigestor modelo Canadense.

Figura 2.5 - Biodigestor modelo Canadense



Fonte: (DEGANUTTI *et al.*, 2002)

Este biodigestor pode ser abastecido de forma contínua ou por batelada e tem a necessidade de ser totalmente vedado (OLIVER, 2008).

2.4.2 Digestão Anaeróbia

A Digestão Anaeróbica é o processo simples de decomposição que ocorre naturalmente com toda a matéria orgânica sendo ele de origem animal, vegetal, resíduos industriais, etc. Ocorre na ausência do ar pela ação de bactérias (microrganismos acidogênicos e metanogênicos). Processo que pode ser feito através de biodigestores, que é favorecido pelo aquecimento e a umidade (PROBIOGÁS, 2010).

Além disso, existe a falta de conhecimento de que a fermentação anaeróbia é um processo muito sensível, pois envolve uma grande gama de microorganismos. O sucesso da digestão depende do balanceamento entre as bactérias que produzem gás metano a partir dos ácidos orgânicos e este, é dado pela carga diária (sólidos voláteis), alcalinidade, pH, temperatura e qualidade do material orgânico, ou seja, da sua operação (OLIVEIRA, 2005).

A entrada de antibióticos, inseticidas e desinfetantes no biodigestor também podem inibir a atividade biológica diminuindo a capacidade do sistema em produzir biogás (OLIVEIRA, 1983). A formação de zonas de curto circuito, dentro do biodigestor e o isolamento das bactérias de contato com a mistura em biodigestão. Durante a fase de metano gênese também são fatores que diminuem a eficiência do sistema e contribuem para o assoreamento precoce do biodigestor e redução de sua vida útil. A agitação da biomassa no biodigestor pode amenizar esses problemas (LA FARGE, 1995).

Observa-se que as faixas de temperaturas são muito relevantes para o processo de tratamento dos resíduos orgânicos, e basicamente temos três tipos de biometanização: Com a temperatura entre 45 e 60°C é a biometanização é considerada termofílica, já com a temperatura de 20 à 45°C é mesofílica, e, quando as temperaturas forem baixas <20°C a digestão anaeróbia de matéria orgânica é referida como digestão psicofílica (EMBRAPA, 2006).

Segundo Sanchez *et al.*, (2005) grande parte dos projetos de biodigestores anaeróbios são planejados na faixa de temperatura mesófila de 20 à 45 °C, na maioria dos casos. Na faixa de temperatura termofílica entre 45 e 60°C a experiência de operação nessas condições não tem sido apropriada, algumas ponderações não foram esclarecidas, como se os benefícios superam as desvantagens, a necessidade de aquecer os digestores, entre outros fatores que contribuem para a instabilidade do processo.

No processo de biodigestão anaeróbia, o prosseguimento das transformações metabólicas está diretamente ligado ao início de operação do biodigestor, sendo sua fermentação de forma lenta, para o biodigestor atingir a estabilidade de funcionamento torna-

se necessário um intervalo de tempo longo, para que haja um equilíbrio entre seus diferentes estágios (LA FARGE, 1995).

Segundo Souza, *et al.* (2002), avaliando a partida de biodigestores de bancada, alimentados com dejetos de suínos, com 6 g.L⁻¹ de sólidos totais, submetidos a três temperaturas diferentes (25, 35 e 40°C) e agitação do substrato, concluíram que as Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos 13 temperaturas de 35 e 40°C favoreceram a partida dos biodigestores, pois resultaram em maior produção acumulada de biogás. No estudo do efeito das temperaturas de 20°C, 25°C e 30°C no tratamento de águas residuais de abatedouro em biodigestor anaeróbio liquefeito, concluíram que a produção de metano decai quando o biodigestor é operado na temperatura de 20°C. A geração de biogás no interior de um biodigestor é um processo termodinâmico, no qual o balanço de energia deve ser considerado. Mudanças bruscas na temperatura, podem afetar o desempenho da digestão adversamente.

A perda total de calor da superfície de interface dos dejetos para os envoltórios do biodigestor, no espaço onde se acumula o biogás produzido, ocorre por processos de condução, convecção e radiação. Uma outra causa de mudança súbita da temperatura é o aumento simultâneo na concentração de todos os ácidos graxos voláteis, especialmente o acético e propiônico (AXAPOULOS, *et al.*, 2001).

O desempenho do biodigestor anaeróbio diminui significativamente quando a temperatura operacional cai de 20°C para 10°C. Em fazendas, liquefeitos podem estar sujeitos a flutuações de temperatura, devido a grandes variações na temperatura do ar ambiente (OLIVEIRA, 2005).

Sendo assim, é necessário o aquecimento do substrato em digestão, para uma maior uniformidade na temperatura do substrato e consequentemente maior eficiência do biodigestor. O aquecimento interno pode ser feito por meio da circulação de água em trocador de calor. Monitorando-se a temperatura para que a água não ultrapasse 54,4°C, prediz-se a formação de incrustações do conteúdo do digestor na tubulação (BENINCASA, *et al.*, 1991).

Ao se utilizar sistemas de aquecimento num biodigestor, deve-se fazer uma análise de quantidade de energia para elevar-se a temperatura do substrato e a quantidade de gás produzida como resultado dessa elevação de temperatura. Caso o incremento na produção de biogás seja inferior, igual ou levemente inferior à energia gasta no processo, o sistema de aquecimento torna-se inviável (AXAOPULOS, *et al.*, 2001).

A percepção de que os biodigestores com grandes volumes (biomassa), produzem altas quantidades de biogás, nem sempre é verdadeira, entretanto o dimensionamento do biodigestor deverá ser compatível com o tempo de residência hidráulica, a temperatura da biomassa, carga de sólidos voláteis e as demandas de biogás na propriedade (LA FARGE, 1995).

Salienta-se que biodigestores com grandes gasômetros representam um risco à segurança dos produtores, face à ação mecânica dos ventos, aumentando o risco de vazamentos de gás e sua possibilidade de ocorrer uma combustão incontrolável. Os modelos de biodigestores adotados entre os produtores de suínos, muitas vezes não passam de “simples esterqueiras cobertas” e, nem sempre projetados para otimizar a geração de biogás e biofertilizante. Aliado a isso, grande parte dos dejetos são extremamente liquefeitos, com baixa concentração de sólidos voláteis fruto de um grande aporte de água pelo desperdício em bebedores, entrada de água de chuva e lavagem excessiva das baias, sendo outro fator a ser considerado quando o assunto é a produção de biogás (OLIVEIRA, 2005).

Para o caso dos dejetos suínos, o grau de diluição dos dejetos, são determinados pela observação da Matéria Seca e Sólidos Totais presentes nos dejetos, sendo que os Sólidos Voláteis, que são os substratos para as bactérias metanogênicas, representando entre 70 e 75% dos sólidos totais. Os responsáveis diretos para a produção do biogás são os Sólidos Voláteis. Tendo em vista que quanto maior a concentração de Sólidos Voláteis no abastecimento diário do biodigestor, maior será sua capacidade de produção de biogás. (LA FARGE, 1995; SANCHES et al., 2005; CENTRO PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, 2000)

Em propriedades produtoras de suínos, segundo observações feitas por Scherer, et al. (1996), no Oeste Catarinense, constatou-se o valor médio dos Sólidos Totais de 3% (30 kg/m³), relativo ao desperdício de água existente nas propriedades. Na tabela 2.4 observa-se que as variações da Matéria Seca (MS), Nitrogênio total (Ntot.), Fósforo (P₂O₅) e Potássio (K₂O), em função da densidade observada para os dejetos suínos.

Tabela 2.4 – Estimativa dos teores da MS, N_{tot}, P₂O₅ e K₂O, nos dejetos suínos em função da sua densidade

Densidade (kg/m ³)	Matéria Seca MS - (%)	N_NTK	P ₂ O ₅ (kg/m ³)	K ₂ O
1008	1,24	1,6	1,14	1,00
1012	2,14	2,21	1,75	1,25
1016	3,01	2,83	2,37	1,50
1020	3,93	3,44	2,99	1,75
1024	4,83	4,06	3,60	2,00
1028	5,73	4,67	4,22	2,25
1032	6,63	5,28	4,84	2,50
1040	8,42	6,51	6,07	3,00

Fonte: Scherer, *et al.*, (1996).

Os sólidos voláteis, podem ser estimados, isso porque representam cerca de 70 a 75% dos sólidos totais. (Centro para a Conservação de Energia, 2000). Com o uso constante de lâmina d'água e o elevado desperdício de água, em propriedades produtoras de suínos, observou-se que os Sólidos Totais (%) é menor que 1,5 ou 15 (kg/m³) (OLIVEIRA, 2005).

No Brasil, os modelos de biodigestores existentes para a produção de biogás, pode ser estimada pelo abastecimento diário de Sólidos Voláteis (SV), no caso da produção de suínos, a produção específica de biogás é de 0,45 m³/kg de Sólidos Voláteis, para temperaturas de biomassa variando entre 30 e 35°C (LA FARGE, 1995; OLIVEIRA, 2005).

2.4.3 Tempo de Retenção Hidráulica (TRH)

O Tempo de retenção hidráulica nada mais é que o tempo necessário para que a digestão anaeróbia possa ser completada, podendo variar de acordo com o volume de dejetos submetidos de 22 a 35 dias em uma temperatura de 25 a 40°C conforme suas especificações (OLIVEIRA, 2005).

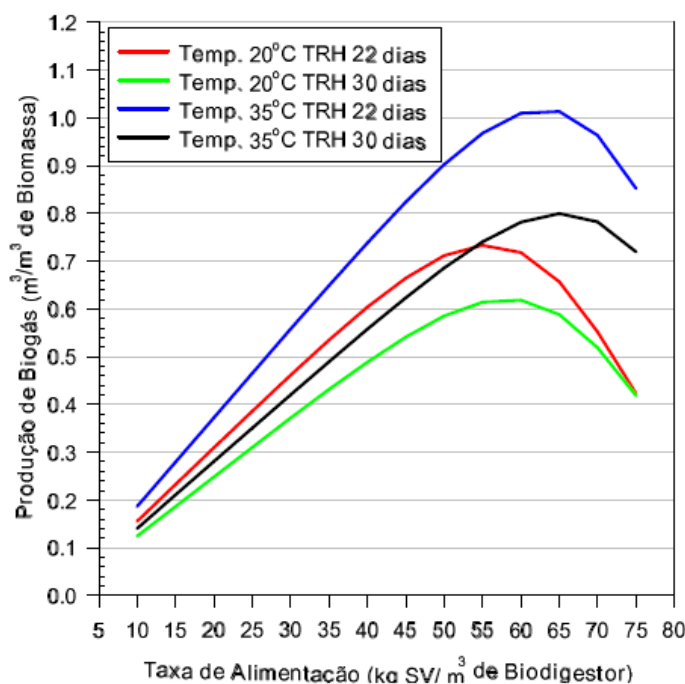
Para estimar a produção do biogás, foi desenvolvido um modelo matemático por Chen (1983), citado por La Farge (1995), e tem sido empregado com sucesso, porque o número de variáveis exigidas para alimentar o biodigestor é baixo e de fácil obtenção, sendo que o modelo considera a temperatura de operação da biomassa no biodigestor. Segundo La Farge (1995) o modelo foi escolhido, pois o mesmo foi usado por diversos pesquisadores.

Para a alimentação do modelo usou-se os dados dos Sólidos Voláteis (SV), Tempo de Retenção Hidráulica (TRH), Temperatura, Volume de Biomassa, Volume de dejetos e número de animais, tanto para o volume do biodigestor como para as características qualitativas dos

dejetos de suínos. O modelo, citado, gerou as curvas de produção específica de biogás, para as diferentes alimentações do biodigestor com dejetos de suínos (Sólidos Voláteis (SV) variando de 10 à 75 kg/m³), usando diferentes TRHs (22 a 30 dias) e temperaturas da biomassa no interior do biodigestor de 20 e 35°C (OLIVEIRA, 2005).

Na figura 2.6, podemos observar as curvas geradas, pelo modelo utilizado, a produção específica de biogás em função de diferentes taxas de alimentação do biodigestor (SV kg/m³), para diferentes Tempos de Retenção Hidráulica (TRH) de 22 e 30 dias e temperaturas da biomassa de 20 e 35°C.

FIGURA 2.7 – Produção específica de biogás em função de diferentes taxas de alimentação do biodigestor (kg SV/m³ de biomassa), para diferentes TRH (22 e 30 dias) e diferentes temperatura de biomassa (20°C e 35°C).



Fonte: Embrapa, 2006

Conforme destaca Oliveira (2005), através da figura 2.6, o aumento da temperatura da biomassa no interior do biodigestor de 20°C para 35°C, provocou um aumento de 30% na produção de biogás, passando de 0,70 para 1 m³ para cada m³ de biomassa existente no biodigestor. O modelo matemático de simulação, também determina os limites de alimentação diária do biodigestor, que nesse caso, situa-se entre 55 e 65 kg de SV por m³ de biomassa para temperaturas da biomassa, entre 20 e 35°C e TRH de 22 dias.

Ainda é visível que, para uma maior produção diária de biogás, de biodigestores instalados em um sistema de produção de suínos, é necessário aumentar a carga de alimentação diária de Sólidos Voláteis para valores entre 55 e 65 kg por m³ de biomassa existente no biodigestor, reduzindo o Tempo de Retenção Hidráulico (TRH) para 22 dias e aumentando a temperatura da biomassa para 35°C (OLIVEIRA, 2005).

2.5 CARACTERIZAÇÃO DOS DEJETOS

A quantidade de dejetos líquidos produzidos é alterada de acordo com o desenvolvimento ponderal dos animais, cerca de 8,5 a 4,9% do seu peso vivo/dia, para a faixa de 15 a 100 kg, sendo a produção de urina um aspecto importante na quantidade de dejetos líquidos produzidos (OLIVEIRA, 1993). A produção total de dejetos em granjas de suínos é muito variável, dependendo principalmente do manejo de limpeza adotado em cada granja, determinando a maior ou menor quantidade de água utilizada. De qualquer forma a água estará sempre presente, diluindo e fazendo parte na geração de resíduo final, o que dá aos dejetos de suínos, na maior parte dos sistemas, a característica de efluente líquido (JUNIOR; J. L., 2008).

Embora haja predominância na utilização de grandes quantidades de água na higienização das instalações, sistemas e manejo que permitem a coleta dos estrumes antes da utilização da água também podem ser adotados. O resíduo final teria características de esterco ou esterco mais urina com variações nas quantidades apresentadas na tabela 2.5 (JUNIO, J. L., 2008).

Tabela 2.5 – produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos.

Categoria	Esterco	Esterco + Urina	Dejetos líquidos
	(kg/dia)	(kg/dia)	(litros/dia)
Suínos 25-100kg	2,30	4,90	7,00
Porcas gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas lactação			
+ leitões	6,40	18,00	27,00
Cachaço	3,00	6,00	9,00
leitões na creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, (1993)

A partir da tabela 2.5 verificou-se a produção diária de dejetos, de acordo com a categoria dos suínos, a quantidade de esterco em quilogramas por dia, a quantidade de esterco

mais urina e a quantidade de dejetos líquidos por dia. Podendo fazer uma perspectiva para uma estocagem mensal de dejetos em metros cúbicos (m³) por animal.

2.5.1 Dimensionamento de Biodigestores

Segundo Embrapa (2002), o tamanho do biodigestor deverá ser de acordo com a capacidade de consumo do biogás produzido. Observando as necessidades energéticas da propriedade, o número de animais existentes na propriedade e a área disponível para aplicação do biofertilizante.

Basicamente, a estimativa para o tamanho do biodigestor é dada pela equação 2.1:

$$TB = V \cdot TRH \quad (2.1)$$

Onde:

TB = Tamanho do Biodigestor (m³)

V = Vazão diária de dejetos (m³/dia)

TRH = Tempo de Retenção Hidráulica, que é o tempo em que a matéria orgânica leva para sua decomposição, estima-se um tempo médio de 22 a 35 dias.

2.6 USO DO BIOGÁS COMO COMBUSTÍVEL

Com uma elevada taxa de metano, o biogás tem um alto poder calorífico, dentre outras características que implicam na escolha da tecnologia usada para sua combustão, ou para conversão de outros equipamentos para adaptação ao biogás.

2.6.1 Combustão do Biogás

Para que haja combustão deve ser misturado o combustível a um carburante no processo de combustão. Há necessidade de uma combustão completa no metano (biogás), com oxigênio. Para que isso aconteça de forma adequada é preciso um volume de metano para dois de oxigênio, produzindo um volume de dióxido de carbono e dois volumes de vapor de água, considerando que há 58% de metano no biogás e 21% de oxigênio no ar. Para a combustão ser

completa a partir desta análise a combustão do biogás é 15,3% de biogás no ar (SOUZA M. S., 2016).

2.6.2 Motores a Combustão Interna

São motores por ignição por centelha (ciclo otto) ligados a geradores de energia elétrica. A maioria dos motores a combustão interna (MCI), são máquinas primárias que mais utilizam o biogás como combustível primário para a geração de eletricidade. Sendo que uma boa parte dos motores a gás usam o gás natural, facilitando o processo de conversão para o biogás (SOUZA M S., 2016).

De acordo com Souza (2016), os motores adaptados para o biogás podem ser de dois tipos: ciclo otto e o ciclo diesel. O ciclo otto é mais simples a adaptação para o biogás, por possuir unidades já adaptadas ao gás natural, para isso é fundamental realizar uma regulagem no carburador para a queima de uma mistura ar e combustível mais pobre.

O ciclo diesel tem uma ignição por compressão, para tanto sua principal alteração é um misturador na entrada de ar, antes de ser comprimido, mantendo o restante do funcionamento com o mesmo princípio (BERNDSEN, 2007).

2.6.3 Motores Geradores de Eletricidade a Biogás

No mundo existem diversos sistemas instalados para a geração de energia em propriedades rurais, na sua maioria a potência de geração está entre 15 e 50 kW. Os grandes grupos de motores geradores a biogás possuem um sistema de arrefecimento, e alcançam potências de 1,6 MW. O sistema de arrefecimento utiliza-se a água quente e gases de exaustão como auxílio na troca de calor, para aquecimento do efluente dos biodigestores, dentre outras aplicações com a energia térmica aumentando a eficiência do sistema (KOELSCH & JEWELL, 1982; SOUZA M. S., 2016).

O gerador de energia elétrica pode-se dizer que é a segunda parte do sistema motor gerador, como o próprio nome diz, sua função é transformar energia mecânica no motor em energia elétrica, sua composição é dada por um extrator (carcaça), uma parte fixa responsável pelo campo magnético, onde estão localizados os polos do gerador. A outra parte é o rotor, uma parte móvel onde aparece a força eletromotriz. (SOUZA, 2016).

A junção do motor gerador é feita por meio de um acoplamento elástico, podendo absorver pequenos desalinhamentos axiais e radiais e vibrações geradas por variações de carga de desbalanceamento (BERNDSEN, 2007).

Os geradores (ou alternadores) produzem eletricidade nas tensões 220/127 V, 380/220 V ou 440/254 V, podendo variar do tipo de ligação trifásica. A potência aparente é a potência produzida pelo gerador e pode ser calculada pela equação 2.2 (NISKIER, 2000):

$$Pa = \frac{\sqrt{3} \cdot V \cdot I}{1000} \quad (2.2)$$

Onde a potência do gerador aparente é dada em kVA, V é a tensão (V) e I é a corrente elétrica (A).

Com a relação entre a potência ativa (P) em kW, e a potência do gerador, pode-se obter o fator de potência do gerador, que é dado pela equação 2.3:

$$FP = \cos\varphi = \frac{P}{Pa} \quad (2.3)$$

A potência ativa é dada em kW, e pode ser obtida em função do fator de potência como:

$$FP = V \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{3} \quad (2.4)$$

Quanto maior o fator de potência, mais potência reativa é produzida (kVAr,) e, maior será a potência aparente em relação à ativa, necessitando de sistemas de distribuição de energia cabos de dimensões maiores (artigo gerador)

O rendimento de um gerador elétrico é a relação entre a potência produzida (kW), potência ativa, e a potência mecânica absorvida no eixo do motor, com a equação 2.5 calcula-se o rendimento:

$$\eta = \frac{P}{P_m} \quad (2.5)$$

Onde P_m é a potência absorvida pelo gerador no eixo do motor em kW.

O gerador não é um rendimento constante e pode variar com a carga, e atinge um valor máximo entre 80 e 100% da potência máxima. Então, quanto maior a carga do motor, maior a eficiência total. A eficiência total de um gerador pode ser calculada, como apresenta a equação 2.6:

$$\eta = \frac{P}{V \cdot PCI} \quad (2.6)$$

Onde P é a potência útil de geração de eletricidade (kW), V é a vazão volumétrica de biogás ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$), com condições normais de pressão e temperatura, PCI é o poder calorífico inferior do biogás ($\text{kWh} \cdot \text{m}^{-3}$). Um motor gerador atende uma eficiência de 26% para geração de eletricidade. Sendo um fator muito importante quando se trata de dimensionamento do potencial de geração de eletricidade com o uso de biogás como combustível (SOUZA, 2016).

No mercado atual encontram-se motores geradores a biogás com potências que podem variar de 10 kW a 1600 Kw. As maiores empresas que comercializam motores geradores a biogás no mundo são Caterpillar e a GE-Energy, com o grupo gerador Jenbacher. No Brasil temos empresas como a Biogás Motores Estacionários Ltda e Leão Energia Indústria de Geradores Ltda. Na tabela a seguir destaca-se as especificações de motores geradores biogás de acordo com os fabricantes (SOUZA, 2016).

Tabela 2.6 - Especificações de motores geradores a biogás.

Fabricante	GE – Jenbacher		Caterpillar		Leão Energia		Biogás Motores
Modelo	JMS 208 GS - B.L.C	JMC 420 GS-B.L	G3406	G3520 refrigerador a água	LGG70	LGG120	OM 366
Potência (kW)	330	1413	132	1600	50	100	50
Nº de cilindros	8l	20 V70 ²	6l	20V	4l	6l	6l
Curso (mm)	145	185	164	190	-	-	-
Diâmetro (mm)	135	145	137	170	-	-	-
Consumo de biogás (m^3/h)	-	-	62,2 (75 % de carga)	647 (75 % de carga)	30	50	
Gerador	-	-	Auto excitado 4 polos	Permanent magneto 6 polos	Cramacho 4 polos	Cramacho 4 polos	4 polos
Rotação (RPM)	1800	1200	1800	1200	1800	1800	1800
Tensão (V)	-	-	220	480	220/380	220/380	220/380

Fonte: GE-Energy (2011), Carterpillar (2011), Leão (2010), Biogás Motores (2011).

O sistema de geração de energia elétrica constitui-se como componente principal o setor agroindustrial na implantação da geração distribuída, com o aproveitamento da biomassa residual.

É recomendado utilizar parâmetros para o dimensionamento do motor gerador, levando em conta o poder calorífico do biogás, a eficiência do motor gerador, a disponibilidade diária de biogás, e o tempo de utilização da planta de geração.

Para determinar o potencial de produção de energia elétrica, utiliza-se os dados disponíveis da produção de biogás na unidade. Sabendo do poder calorífico do biogás, é possível quantificar a eletricidade gerada por metro cúbico de biogás. Obtida pela equação 2.7:

$$PTE = PCI.PB \quad (2.7)$$

Onde PTE é o potencial teórico de produção de eletricidade (kWh.dia⁻¹); PCI é o poder calorífico inferior (kWh.m⁻³) e PB é a produção anual de biogás (m³.dia⁻¹).

Para determinar o potencial técnico de produção de energia elétrica, deve-se considerar eficiência global de conversão nas máquinas térmicas (conjunto motor gerador, microturbina a gás, etc.). Sendo assim, o valor a ser adotado é de 25%, para ter um valor estimado mais preciso. (SOUZA, 2004). Destaca-se que uma conversão eficiente depende do conjunto motor gerador, todo o sistema de adaptação do moto ciclo otto para a operação com o biogás.

O potencial técnico de geração de energia é calculado por:

$$PTCE = \frac{PTE.\eta}{100} \quad (2.8)$$

Onde PTCE é o potencial técnico de geração de energia (kWh.dia⁻¹) e η é a eficiência da conversão

Assim, a potência elétrica da planta de geração é obtida por:

$$POT = \frac{PTCE}{HO.\cos\varphi} \quad (2.9)$$

Onde POT é a potência elétrica da planta de geração (kVA), HO é o número de horas diárias de operação do conjunto motor gerador (horas) e o $\cos \varphi$ é o fator de potência, o qual varia de 0,80 a 1,0.

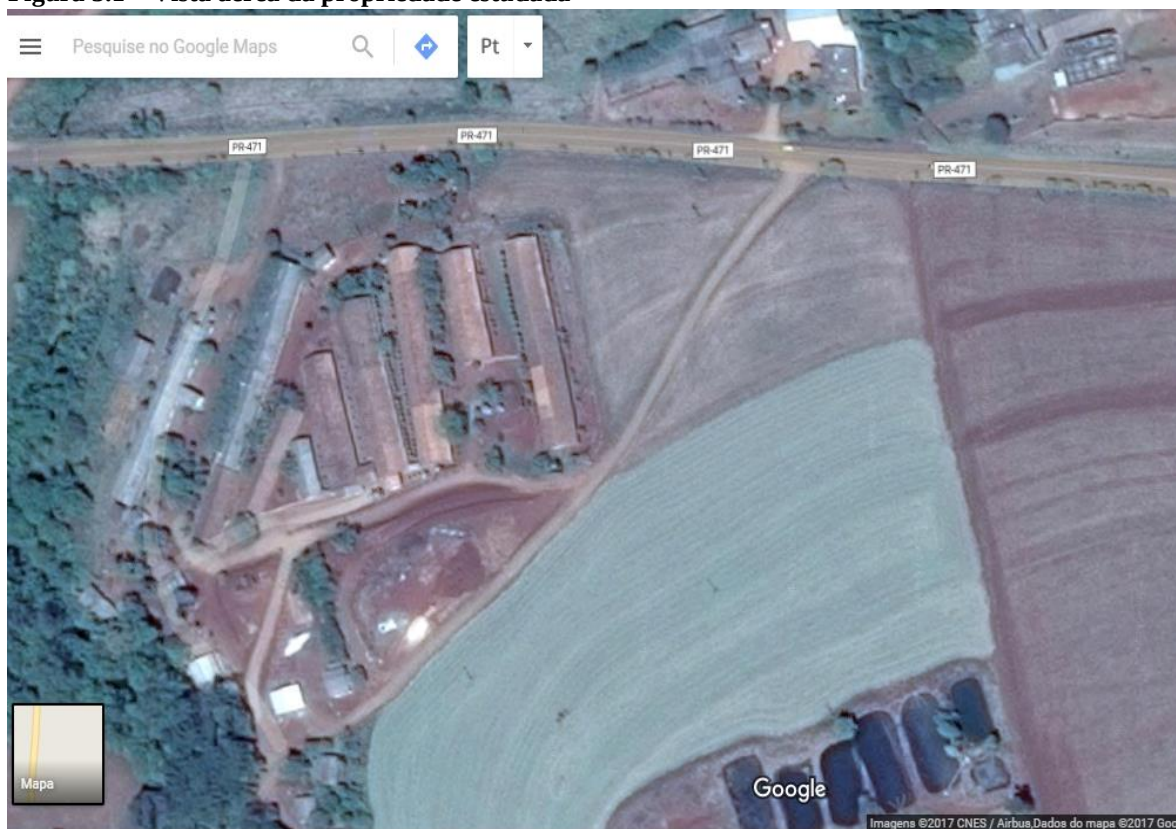
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DADOS DA GRANJA SUINÍCOLA

A propriedade estudada foi a Granja Viganó, situada na Linha Alta, Saída de acesso PR-471, zona rural, da cidade de Três Barras do Paraná – PR, Cep: 85485-000. Atualmente a granja possui uma UPL – Unidade Produtora de Leitões, com 8 chiqueirões ativos.

A localização da propriedade está sob as coordenadas geográficas -25°41' Latitude Sul (S) e 53°18' Longitude Oeste (W). Na figura a seguir conseguimos uma vista aérea da propriedade.

Figura 3.1 – Vista aérea da propriedade estudada



Fonte: Google maps, último acesso em 26/10/2018.

Em levantamento de campo verificou-se que o processo de criação dos suínos para o abate leva em torno de 170 dias, cada gestação dura em média 114 dias, cada fêmea dá a luz a 13 leitões em média e após 5 dias do parto a fêmea volta para a inseminação. Cada matriz passa por 6 gestações e depois é descartada para o abate com o peso médio de 280 kg. O leitão leva 23 dias para a desmama, e fica na creche por mais 40 dias, entra com o peso de 6 kg e sai com

aproximadamente 25 kg em um período de 63 dias. Após esse período, encerra-se o ciclo produtivo da UPL e os animais são transferidos para outros produtores realizarem a fase de terminação onde ficam até atingirem o peso médio de 115 kg para o abate.

Levantou-se o número de animais por sexo/fase dentro do período de 12 meses e realizado a média mensal e animais por ciclo. Obtendo a média de animais foi realizado o cálculo utilizando a tabela 4.1 – produção diária de dejetos de acordo com a categoria dos suínos, tendo o número de dejetos dos animais por dia, resultando na produção diária de dejetos. Na tabela a seguir demonstrará a relação de suínos por categoria e quantidade de dejetos produzidos.

Tabela 4.1 – Média mensal de suínos na Granja

PLANTEL	ESTOQUE MÉDIO/MÊS
Leitoas (ativas)	109
Leitoas (descartadas)	9
Matrizes (ativas)	1144
Matrizes (descartadas)	36
Machos (ativos)	3
Machos (descartados)	0
Maternidade	1976
Creche	3296
Leitões Desclassificados	91

Fonte: Autor

A granja possui um número médio mensal de 6631 suínos, distribuídos por fases e categorias, por se tratar de uma UPL. Os dejetos resultantes desses animais são a forma de abastecimento do Biodigestor.

3.2 DIMENSIONAMENTO

Segundo Oliver (2008) no Brasil o tipo de biodigestor mais utilizado e fixado é o Modelo Canadense, por apresentar a vantagem de ser usado tanto em grandes quanto em pequenas propriedades, e também, em projetos agroindustriais. O local para a implantação do biodigestor deve ser de fácil acesso e próximos das granjas para não dificultar o transporte.

Embrapa (2002), destaca que, o tamanho do biodigestor deverá ser de acordo com a capacidade de consumo do biogás produzido. Observando as necessidades energéticas da propriedade, o número de animais existentes na propriedade e a área disponível para aplicação

do biofertilizante. O biodigestor modelo Canadense com manta em PVC, é levado em consideração para o dimensionamento o TRH e a Vazão diária de dejetos.

Basicamente, a estimativa para o tamanho do biodigestor é dada pela equação 3.1:

$$TB = V \cdot TRH \quad (3.1)$$

Onde:

TB = Tamanho do Biodigestor (m³)

V = Vazão diária de dejetos (m³/dia)

TRH = Tempo de Retenção Hidráulica

De acordo com Lutosa e Medeiros (2014), o TRH, que é o tempo em que a matéria orgânica leva para sua decomposição, estima-se um tempo médio de 20 a 30 dias. Destacando que após os 30 dias a produção de biogás começa a diminuir.

A tabela 4.2 mostra o número de suínos por categoria e suas respectivas produção de dejetos em m³ por mês.

Tabela 4.2 – índice de produção de dejetos por m³/animal/mês.

PLANTEL	ESTOQUE	CATEGORIA	Estrutura de estocagem m ³ /animal/mês	
			Esterco + urina	Dejetos líquidos
Leitoas + leitões	209	Suínos 25-100kg	0,16	0,25
Matrizes (ativas)	1180	porcas gestação	0,34	0,48
Maternidade	1976	porcas lactação + leitões	0,52	0,81
Machos (ativos)	3	Cachaço	0,18	0,28
Creche	3296	Leitões na creche	0,04	0,05

Fonte: OLIVEIRA, (1993); adaptado pelo Autor, (2018).

Com essa relação pode-se observar que a produção de biogás da propriedade é dada pelo número de dejetos produzidos por categoria x dejetos líquidos em m³/animal/mês.

Para tanto foi calculado a quantidade de dejetos produzidos para cada categoria de suínos, com o número de dejetos produzidos, resultando na estocagem mensal de dejetos descartados ou armazenados, e a carga diária de dejetos por dia

Tabela 4.3 – amostra de dejetos produzidos pela granja por dia

PLANTEL	ESTOQUE	Dejetos líquidos/mês	Dejetos*nº suínos/mês	Dejetos suínos m³/dia
Leitoas + leitões	209	0,25	52,25	1,741
Matrizes (ativas)	1180	0,48	566,4	18,88
Maternidade	1976	0,81	1600,56	53,352
Machos (ativos)	3	0,28	0,84	0,028
Creche	3296	0,05	164,8	5,493
Total			2384,85	79,495

Fonte: autor.

Nota-se que o volume de dejetos produzido pela propriedade é de aproximadamente 79,495 m³/dia. Com isso consegue-se dimensionar o biodigestor.

3.3 PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Segundo Santos (2000), podemos determinar a produção de biogás gerado a partir da tabela 3.1, trazendo três referências de suínos para a produção diária e produção específica de Biogás.

Tabela – 3.1 – produção de biogás a partir de dejetos suínos

SUÍNOS	Produção Específica de Biogás (m³kg ⁻¹ SV²)	Produção Diária (m³/animal/dia)
porca em maternidade	0,45	0,866
porca em lactação	0,45	0,933
porco em engorda	0,45	0,799

Fonte: Adaptado de SANTOS, (2000).

O biodigestor escolhido para a transformação da matéria orgânica em biogás foi o modelo Canadense que, de acordo com Oliver (2008), utiliza uma manta de PVC para armazenamento do biogás. O modelo foi fixado pelo fato de ter uma grande área em exposição ao sol, aumentando a taxa de temperatura contribuindo para o aumento na produção de biogás.

Foi proposto um equipamento ciclo otto, pelas suas configurações, que é de fácil adaptação para o biogás lembrando que seu princípio de funcionamento original é com o gás natural como forma de combustível. De acordo com o volume de biogás diário gerado na granja,

tem o modelo adequado para a produção de energia elétrica que atenda a necessidade da propriedade.

3.4 CONSUMO DE ENERGIA DA PROPRIEDADE

A propriedade estudada apresenta quatro unidades consumidoras, para levantar o histórico de consumo da propriedade, buscou-se as faturas de energia da concessionária COPEL S.A. – Companhia Paranaense de Energia, pelo o período de 12 meses. As faturas estão dispostas no Anexo A. O levantamento foi feito do mês de outubro de 2017 até o mês de setembro de 2018, obtendo o histórico de consumo mensal, anual, levantando as médias mensais e anuais das quatro unidades consumidoras presentes na propriedade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DIMENSIONAMENTO DO BIODIGESTOR

De acordo com Lutosa e Medeiros (2014), analisando a figura 2.7, que leva em consideração o estudo feito por Oliveira (2005), adotou-se um TRH de 30 dias.

Com o levantamento de todos os animais da propriedade chegou-se ao volume de dejetos produzido pela propriedade, que é de aproximadamente 79,495 m³/dia. Com isso consegue-se dimensionar o biodigestor.

De acordo com a equação 2.1 apresentado pela Embrapa (2002), e utilizando os dados obtidos, dimensionamento do biodigestor é dado por:

$$TB = 79,495 \frac{m^3}{dia} \cdot 30 \text{ dias}$$

$$TB = 2384,85 \text{ m}^3$$

Portanto, o volume do biodigestor deverá ser de 2384,85 m³.

4.2 PRODUÇÃO DO BIOGÁS

Segundo Santos (2013), o potencial de geração de energia hoje é baseado na produção diária de biogás, em termos teóricos 1m³ biogás teria potencial para gerar 1,3 kWh.

De acordo com Arruda (2002), para a produção diária de biogás, destacou-se uma equivalência de 1 m³ de volume na câmara de fermentação para 0,6 m³ de biogás, com um tempo de retenção hidráulica de 21 dias.

Utilizando como base a produção de biogás apresentada por Santos (2000), foi caracterizado a produção das seguintes categorias de suínos.

Tabela 4.4 – Quantidade de biogás produzidos por animal.

Granja	nº de animais	Cat. Suínos	Produção específica de Biogás (m³kg⁻¹ SV²)	produção Diária (m³/animal/dia)
Maternidade	1976	porca em maternidade	0,45	0,866
Matrizes	1180	porca em lactação	0,45	0,933
Leitoas + Leitões + Cachaço	212	porco em engorda	0,45	0,799
Creche	3296	1/5 porco em engorda	0,45	0,1598

Fonte: Santos (2000), adaptado pelo autor.

Nota-se que foi selecionado os animais por categoria para a produção específica diária de biogás por animal. Com a adaptação feita pelo autor na produção diária da categoria de suínos na creche, seguindo os parâmetros de Oliveira (1993), que estabelece uma relação de 1 para 5, de suínos de 25 a 100 kg para leitões em creche, na carga diária de desejos líquidos.

Com isso a produção total diária de biogás na propriedade é dada pela equação 4.1, que segundo Santos (2000), utiliza-se para as diferentes categorias de suínos, levado em consideração a UPL estudada.

$$Pd = n \cdot Ebio \quad (4.1)$$

Onde Pd é a produção diária de biogás em (m³/dia), n é a quantidade de animais alojados na granja, que nesse caso será feito por categoria, e, Ebio que é a equivalência do biogás.

Com base nos valores obtidos aplicados na equação 4.1, temos:

Cálculo para Suínos em Maternidade:

$$Pd1 = 1976 \cdot 0,866$$

$$Pd1 = 1711,216 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Cálculo para Suínos em Matrizes:

$$Pd2 = 1180 \cdot 0,933$$

$$Pd2 = 1100,94 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Cálculo para Suínos incluindo Leitões, Leitoas e Cachaço:

$$Pd3 = 212 . 0,799$$

$$Pd3 = 169,38m^3/dia$$

Cálculo para Leitões em Creche:

$$Pd4 = 3296 . 0,1598$$

$$Pd4 = 526,7m^3/dia$$

Logo, para concluir o volume total tem-se:

$$Pd\ total = Pd1 + Pd2 + Pd3 + Pd4$$

$$Pd\ total = 1711,216 + 1100,94 + 169,8 + 526,7$$

$$Pd\ total = 3508,656\ m^3/dia$$

Assim pode-se afirmar que o volume diário total na propriedade é de aproximadamente 3508,656 m³/dia de biogás.

4.3 PRODUÇÃO DE ENERGIA

Estima-se uma produção de energia elétrica segundo Coldebella (2006), em virtude da equivalência do biogás, de 1 m³ de biogás para 0,67 kWh. Com isso, sabendo que a produção da granja é de 3508,656 m³/dia, consegue-se obter a quantidade aproximada de energia produzida por metro cúbico de gás, através da equação 4.2.

$$E_{Td} = P_d . E_{eq} \quad (4.2)$$

Sabendo que, E_{td} é a Energia total produzida por dia em (kWh/dia), P_d é a produção diária de biogás em (m³) e E_{eq} é a equivalência energética medida em kWh.

Utilizando os dados obtidos na equação 4.2, temos:

$$E_{Td} = 3508,656 . 0,67$$

$$E_{Td} = 2350,79\ kWh/dia$$

Portanto, estima-se que a produção mensal de energia elétrica será de aproximadamente 70523,7 kWh/mês, com os dados em perfeitas condições segundo Coldebella (2006).

4.3 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DA PROPRIEDADE

O consumo de energia elétrica da propriedade está dividido em 4 unidades consumidoras, totalizando o consumo da propriedade, os dados estão apresentados na tabela 4.5, com o levantamento dos últimos 12 meses, do mês de outubro de 2017 até o mês de setembro de 2018, com a média mensal e anual de consumo em kWh.

Tabela 4.5 – Histórico de consumo em kWh/mês.

Histórico Mensal	UC1	UC2	UC3	UC4	Total Granja
out/17	2610	11285	1076	12215	27186
nov/17	3889	3364	985	10232	18470
dez/17	2752	3235	960	11009	17956
jan/18	3927	7253	1152	11400	23732
fev/18	3579	5635	924	11783	21921
mar/18	2896	4204	1092	11981	20173
abr/18	2937	4210	1040	11212	19399
mai/18	2004	2830	1258	11580	17672
jun/18	2807	4694	983	11708	20192
jul/18	2849	6770	1052	22603	33274
ago/18	1366	4844	1052	11799	19061
set/18	1864	5054	1052	2279	10249
Total Anual	33480	63378	12626	139801	249285
Média Mensal	2790	5281,5	1052,2	11650,1	20773,75

Fonte: Autor.

Verificou-se que a propriedade teve um consumo no último ano de 249285 kWh/ano, já a média mensal de consumo foi de aproximadamente 20773,75 kWh/mês.

4.2 ESCOLHA DO MOTOR GERADOR

Para a escolha do motor gerador foi analisado todos os possíveis equipamentos que pudessem atender tanto a demanda de biogás produzido, e melhor fosse o desempenho do motor gerador dado as circunstâncias e condições estabelecidas pela propriedade.

A necessidade para a busca do motor gerador, deu-se em função da produção de biogás, uma vez que o gerador funcionasse um determinado período por dia e que consumisse todo o biogás produzido para a geração de energia. Com a grande produção de biogás, foi verificado a partir da tabela 2.6 que as especificações nelas descritas de acordo com seus respectivos

fabricantes, não atenderia os padrões mensurados. Com isso buscou-se com outros fabricantes um gerador que fosse adequado para o caso estudado. O motor gerador que mais se encaixou nas necessidades buscadas foi da empresa STEMAC - Grupos Geradores, que conforme a tabela 4.5 apresenta o consumo do gerador, tipo do motor, potência, etc., para os demais dados específicos do grupo gerador adotado segue em anexo 2.

Tabela 4.5 – Potência elétrica e tipo de operação dos modelos de geradores

	Potências Elétrica						Motor				Grupo Gerador				
	Stand-by		Prime		Base		Marca	Modelo	CV	Nº Cil.	Consumo Comb. Nm ³ /h	Dimensões (mm)			Massa (Kg)
	kVA	kW	kVA	kW	kVA	kW						C	L	A	
SINGELOS	50	40	40	32	32	26	MWM	G229-4	60	4	13	2060	880	1400	640
	80	64	70	56	58	46	MWM	G4.12T	97	4	30	2165	860	1500	950
	120	96	104	83	87	70	MWM	G6.12T	146	6	49	2550	960	1500	1150
	250	200	228	182	182	146	SCANIA	OC13A	303	6	57	2060	880	1400	640
	400	320	364	291	291	233	SCANIA	OC13A	487	6	91	2060	880	1400	640
	525	420	477	382	383	306	SCANIA	OC16A	637	8V	102	2060	880	1400	640
PARALELOS	800	640	728	582	582	466	2X SCANIA	OC13A	ND	ND	182	PARALELO 2X			
	1050	840	954	764	766	612	2X SCANIA	OC16A	ND	ND	204	PARALELO 2X			
	1200	960	1092	873	873	699	3X SCANIA	OC13A	ND	ND	273	PARALELO 3X			
	1575	1260	1431	1146	1149	918	3X SCANIA	OC16A	ND	ND	306	PARALELO 3X			
	1600	1280	1456	1164	1164	932	4X SCANIA	OC13A	ND	ND	364	PARALELO 4X			
	2100	1680	1908	1528	1532	1224	4X SCANIA	OC16A	ND	ND	408	PARALELO 4X			

Fonte: STEMAC – Grupos Geradores, (2018).

De acordo com a produção de biogás calculada de aproximadamente 3058 m³/dia, o motor gerador seguindo suas especificações irá consumir todo esse combustível gerado, devido esses fatos necessitou de um grupo gerador modelo OC16A 2xSCANIA, que são dois motores operando paralelamente com um consumo de 204 m³/h, resultando em 17 horas de atividade para consumir todo o biogás gerado diariamente, considerando a potência base que é para funcionamento contínuo é de 612 kW, pode-se chegar a uma produção de aproximadamente 10404 kWh/dia.

Para as demais especificações do motor gerador escolhido, estão disponíveis no Anexo B.

4.3 CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE ENERGIA

A produção de energia representará na quantidade de biogás produzido, com a necessidade da propriedade, tendo como principal objetivo atender a demanda de energia da granja. Com o estudo poderá ser verificado as melhores condições para a produção, para um melhor aproveitamento de tempo e energia e para uma eficiente produção.

Estima-se que com a escolha do grupo gerador a produção de energia será de aproximadamente de 10404 kWh/dia, levando em consideração a potência base de funcionamento contínuo que é de 612 kW, pelas 17 horas de atividades.

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados do estudo de caso na suinocultura, utilizando o biogás em sistema estacionário, foi possível observar que a propriedade tem uma alta capacidade para produção de energia elétrica, com uma grande oferta de matéria orgânica. A atividade suinícola resulta em uma grande quantidade de dejetos, tendo em vista que os mesmos ficam expostos ao meio ambiente, em esterqueiras a céu aberto.

A propriedade estudada apresenta um número médio mensal de 6631 suínos, distribuídos por fases e categorias, por se tratar de uma UPL – Unidade Produtora de Leitões. A partir dessa quantidade de suínos o volume dejetos é de aproximadamente 79,495 m³/dia.

Assim, observou-se a necessidade de uma adequação de um sistema para manejo dos dejetos, utilizando a tecnologia de biodigestores. Transformando os resíduos orgânicos em biogás.

Vale ressaltar que a partir do tratamento adequado para os resíduos orgânicos, muitos serão os benefícios ambientais, em função da redução de gases, ganhos na utilização do biofertilizante como adubo orgânico e a extinção de dejetos que ficam ao céu aberto.

Para a produção do biogás constatou-se que o biodigestor modelo Canadense é o mais utilizado para a conversão de matéria orgânica em biogás. Foi adotado um TRH de 30 dias contribuindo para uma melhor eficiência na produção do biogás, estimando em um volume do biodigestor de 2384,85 m³, com essa quantidade de volume de dejetos o volume diário total na propriedade é de aproximadamente 3508,656 m³/dia de biogás.

O grupo gerador escolhido foi o modelo OC16A 2xSCANIA que atende as necessidades na propriedade utilizando todo o volume diário de gás produzido. Constatou-se que o gerador precisará trabalhar 17 horas diárias para consumir todo o biogás produzido por dia. Gerando assim, energia suficiente para atender a demanda da propriedade. A produção de energia depende da oferta da matéria orgânica, portanto terá uma produção muito superior à demanda consumida na propriedade. Como o trabalho não visava esgotar todas as possibilidades de estudos, sugere-se fazer um estudo de viabilidade econômica para trabalhos futuros e uma possível geração distribuída.

Conclui-se, portanto, a viabilidade da adequação da propriedade ao sistema de biodigestores, visando transformar um imenso passivo ambiental em favorável ativo energético. Muitos são os benefícios econômicos e ambientais, pois haverá ganhos contribuindo para que o impacto ambiental seja reduzido, utilizando recursos naturais para a geração de energia sustentável.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL – **Fontes Renováveis, parte II, Biomassa**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap4.pdf> Acesso em: 05 out 2017.

ALVES, S. M.; MELO, C.F.M.; WISNIEWISKI, A. **Biogás: uma alternativa de energia no meio rural**. Belém, EMBRAPA/CPATU. (Miscelânea, 4), 1980.

ALVES, J.L.H.; PAULA, J.E.; **Madeiras nativas, anatomia, dendrologia, dendometria, produção e uso**. Fundação Mokiti Okada- MOA.

ARRUDA, Mariliz H. et al. Dimensionamento de Biodigestor para Geração de Energia Alternativa. **Revista científica eletrônica de agronomia**, Garças: Ed. da FAEF, 2002. Disponível em: <<http://www.revista.inf.br/agro02/notas/notatecnica01.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2018.

AXAOPOULOS, P.; PANAGAKIS, P.; TSAVDARIS, A.; GEORGAKAKIS, D. Simulation and experimental performance of a solar-heated anaerobic digester. **Solar Energy**, v.70, n.2, p.155-164, 2001. BALESTIERI,

BENINCASA, M., ORTOLANI A. F. ; JUCAS JUNIOR J. **Biodigestores convencionais?** 2.ed.Jaboticabal: UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 1991. 25 p.

BERNDSSEN, C. J. **Desenvolvimento experimental e análise energética de um sistema triggerador para construção simultânea de calor, eletricidade e frio**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. UFPR. 2007.

BEZERRA, et al. **Uso de Biodigestores na Suinocultura** – Artigo 275. 2014. – UESPI – Universidade Estadual do Piauí, Curso de Zootecnia, Corrente, PI.

BIOMASSA E ENERGIA, revista, ed. 13, ano 5, nº 01/2016. Disponível em <<https://www.biomassabioenergia.com.br/imprensa/biomassa-representa-88-da-matriz-eletrica-do-brasil/20160727-115820-h192>>. Acesso em: 06 nov 2017.

BRASIL, 2013 – **BEN- Balanço Energético Nacional, Relatório Síntese/ano base 2012** – Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Rio de Janeiro, RJ. Jun. 2013

BRASIL, 2017 – **BEN- Balanço Energético Nacional, Relatório Síntese/ano base 2016** – Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Rio de Janeiro, RJ. Jun. 2017.

DEGANUTTI, R. P. et al. Biodigestores Rurais: Modelo Indiano, Chinês e Batelada. Departamento de artes e representação gráfica, FAAC – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. UNESP – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. 2002.

FUKAYAMA, E. H. Características Quantitativas e Qualitativas da Cama de Frango Sob Diferentes Reutilizações: Efeitos na Produção de Biogás e Biofertilizante. Tese de Doutorado.

Faculdade de Ciencias Agrarias e Veterinarias. Universidade Estadual Paulista. Pós Graduação em Zootecnia. Jboticabal, 2008.

GASPAR, R., M., B., L. Utilização de Biodigestores em Pequenas e médias Propriedades Rurais, com Ênfase na Agregação de valor: Um estudo de caso na região de Toledo – PR. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Pós- Graduação em Engenharia de Produção. Florianopolis, 2003.

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná – **Cadeia Produtiva de Suínos no Estado do Paraná.**, 2009. Disponível em <http://www.iapar.br/>. Acesso em: 24 out 2017.

JOSE, L.,H.,A.;OMENA, E. Biodigestor. Dossiê Técnico. SENAI/AM – Escola SENAI Antonio Simoes. Março, 2012.

KUNZ, A.; PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. de Biodigestores: avanços e retrocessos.**Suinocultura Industrial**, v.26, n.4, p.14-16, 2004.

LA FARGE, B. de. **Le biogaz: procédés de fermentation méthanique**. Paris: Masson, 1995. 237p.

NISKIER, J., MACINTYRE, A. J. **Instalações elétricas**. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2000, 550p.

OLIVER, A. P. M. Manual de treinamento em Biodigestão. Instituto de Estudios Del Hambre. 2008 Disponível em http://ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf Acesso em : 30 de ago. 2017.

OLIVEIRA, P. A. V. de. Produção e aproveitamento do biogás. In: OLIVEIRA, P.A.V. de. **Tecnologia para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas praticas**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004a. Cap. 4, p.43-55.

OLIVEIRA, P. A. V. de; HIGARASHI, M. M.; MATEI, R. M.; MENDES, G. L. Uso dos resíduos de sistema de crescimento e terminação de suínos para a produção de biogás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINARIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 12., 2005, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, ABRAVES, 2005. p.512-513.

OLIVEIRA, P. A. V. de. Influência da temperatura na produção de biogás. In: REUNIÃO SOBRE A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA BIODIGESTÃO ANAERÓBICA, 1., 1983, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: UFSM,1983. p.32-38.

PALHARES, J.C.P. **Biodigestão anaerobia de dejetos de suínos: aprendendo com o passado para garantir o presente e entender o futuro**. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em www.infobibos.com/artigos/2008_/Biodigestao/index.htm Acesso em 15/08/2018.

PEREIRA, E. R.; DEMARCHI, J.J.A.A; BUDIÑO, F.E.L. Biodigestores – Tecnologia para o manejo de efluentes da pecuária. 2009 Disponível em: <http://www.iz.sp.gov.br/pdfs/1255981651.pdf> Acesso em 21 jun 2017.

SANCHEZ, E.; BORJA, R.; TRAVIESO, L.; MARTIN, A.; COLMENAREJO, M. F. Effect of organic loading rate on the stability, operational parameters and performance of a secondary upflow anaerobic sludge bed reactor treating piggery waste. **Bioresource Technology**, v.96, p.335-344, 2005.

SEIXAS, J.; FOLLE, S.; MACHETTI, D.; **Construção e Funcionamento de Biodigestores**. Embrapa, 1980.

SILVA, A. S.; GUIMARÃES, C. M.; LORDÊLO, F. S.; PORTO, C. M.. A Importância da Utilização das Energias Renováveis para Construção de um Desenvolvimento Econômico Sustentável para o Brasil e para Bahia. **Diálogos & Ciência: Revista da Rede de Ensino FTC**. ISSN 1678-0493, Ano 9, n. 27, set. 2011.

SOUZA, C. F., LUCAS JUNIOR J. e FERREIRA, W. P. M. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato – considerações sobre a partida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais**. Salvador: Sbea, 2002. p.102-108.

TARRENTO. G. E., MARTINES, J C. Analise da implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa. In: SIMPEP, 13. 2006. Bauru, SP, Brasil.

ANEXOS

ANEXO A (1) - FATURAS DE ENERGIA DA PROPRIEDADE, COM QUATRO UNIDADES CONSUMIDORAS.

ANEXO B (2) – ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS DO GRUPO GERADOR A GÁS, STEMAC-GRUPOS GERADORES.



Copel Distribuição S.A.
José Izidoro Biazetto, 158 bl.C - Mossunguê - Curitiba PR - CEP 81200-240
CNPJ: 04.368.898/0001-06- IE 90.233.073-99 - IM 423.992-4



www.copel.com
0800 51 00 116

TRES BARRAS DO PARANA - TRES BARRAS DO PARANA - PR - CEP:

Mês de referência

Outubro/2018

Vencimento

01/12/2018

Unidade Consumidora

VALOR A PAGAR

R\$ 1.227,05

FAT-01-20186895787494-53

Responsabilidade da Manutenção de Ilumina Pública: Município 4532351212

Informações Técnicas

Nº Medidor: MD 0244845219 - TRIFASICO

Rural/Criacao de Suínos

Leitura Anterior	Leitura Atual	Medido	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário	Data de Apresentação	Próxima Leitura Prevista
14/09/2018 2386	16/10/2018 5176	32 dias 2790 kWh	1	2.790 kWh	87,18 kWh	26/10/2018	14/11/2018

Histórico de Consumo e Pagamento

Mês	kWh	Dt.Pgto.	Valor
09/2018	1864	01/11/2018	803,15
08/2018	1366	01/10/2018	584,25
07/2018	2849	03/09/2018	1.175,80
06/2018	2807	01/08/2018	995,89
05/2018	2004	02/07/2018	660,42
04/2018	2937	01/06/2018	953,39
03/2018	2896	02/05/2018	947,58
02/2018	3579	02/04/2018	1.192,90
01/2018	3927	01/03/2018	1.396,80
12/2017	2752	01/02/2018	1.058,49
11/2017	3889	02/01/2018	1.502,59
10/2017	2610	01/12/2017	962,03

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 044.545.017- SÉRIE B

Emitida em 18/10/2018

Produto Descrição	Un.	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	Base Aliq. Cál. ICMS
ENERGIA ELETRICA CONSUMO	kWh	2.790	0,385541	1.075,66	0,00 0,00%
ENERGIA CONS. B.VERMELHA P2	kWh			151,39	0,00 0,00%

Indicadores de Qualidade

Conjunto: QUEDAS DO IGUAÇU
Mês Ref.: 08/2018

	DIC	FIC	DMIC	DICRI	EUSD (R\$)
Realizado:	0,00	0,00	0,00	-	209,72
Limite Mensal:	11,74	7,89	6,49	16,60	
Limite Trimestral:	23,48	15,79	-	-	
Limite Anual:	46,96	31,58	-	-	

Tensão Contratada: 127/220 volts
Limite Adequado Tensão: 117 a 133/202 a 231 volts

O não cumprimento dos indicadores DIC, FIC, DMIC e DICRI definidos pela ANEEL resulta em compensação financeira ao consumidor pela concessionária no faturamento. É direito do consumidor solicitar a apuração destes indicadores a qualquer tempo.

Reaviso de Vencimento

Base de Cálculo do ICMS	Valor ICMS	Valor Total da Nota Fiscal
0,00	0,00	1.227,05
Composição dos Valores		Reservado ao Fisco
Distribuição	288,73	032C.6DA1.A4A5.F118.DD0D.4DE9.FDF0.8F58
Enc. Setoriais	89,61	
Energia	702,33	
Transmissão	49,99	
Tributos	96,39	
Total	1.227,05	

CONSUMO ESTIMADO CONF ART 89 REN ANEEL 414/10 - LEITURA NAO FORNECIDA - LMR INCLUSO NA FATURA PIS R\$17,18 E COFINS R\$79,21 CONFORME RES. ANEEL 130/2005. A PARTIR DE 01/10/2018 - PIS/PASEP 1,65% e COFINS 7,60%.
Atraso superior a 45 dias sujeita inclusão no cadastro de inadimplentes CADIN/PR. Agora é possível recorrer à Ouvidoria da Copel pelo Site ou Mobile.
A qualquer tempo pode ser solicitado o cancelamento de valores não relacionados à prestação do serviço de energia elétrica, como convênios e doações.
Períodos Band.Tarif.: Vermelha P2:15/09-16/10

IDENTIFICAÇÃO
69144397

Mês
10/2018

Autenticação Mecânica

Vencimento
01/12/2018

Valor a Pagar
1.227,05


COPEL

Copel Distribuição S.A.
José Izidoro Biazzetto, 158 bl.C - Mossunguê - Curitiba PR - CEP 81200-240
CNPJ: 04.368.898/0001-06- IE 90.233.073-99 - IM 423.992-4



www.copel.com
0800 51 00 116

TRES BARRAS DO PARANA - TRES BARRAS DO PARANA - PR - CEP:

CPF *****

Mês de referência

Outubro/2018
Vencimento

15/11/2018

Unidade Consumidora

VALOR A PAGAR

R\$ 5.271,12

MFA-01-20186934672488-7

Responsabilidade da Manutenção de Ilumina Pública: Município 4532351212

Informações Técnicas

Nº Medidor: MD 0372170117 - TRIFASICO

Rural/Trn-Criacao de Suínos

Leitura Anterior	Leitura Atual	Medido	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário	Data de Apresentação	Próxima Leitura Prevista
17/09/2018 3	17/10/2018 9786	30 dias 9783 kWh	1	15.228 kWh	326,10 kWh	01/11/2018	16/11/2018

Histórico de Consumo e Pagamento

Mês	kWh	Dt.Pgto.	Valor
09/2018	2279		982,6
08/2018	11799		5.047,5
07/2018	22603	22/08/2018	7.479,09
06/2018	0		
05/2018	0		
04/2018	0		
03/2018	0		
02/2018	0		
01/2018	0		
12/2017	0		
11/2017	0		
10/2017	0		

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 045.309.286- SÉRIE B

Emitida em 23/10/2018

Produto	Un.	Consumo	Unitário	Valor Total	Valor Base Aliq.	Cálculo	ICMS
ENERGIA ELETTRICA CONSUMO	kWh	9.783	0,386323	3.779,40	0,00	0,00%	
ENERGIA ELET CONSUMO PER RES	kWh	5.445	0,154523	841,38	0,00	0,00%	
ENERGIA CONS. B.VERMELHA P2	kWh			650,34	0,00	0,00%	

Indicadores de Qualidade

Conjunto: QUEDAS DO IGUAÇU
Mês Ref.: 08/2018

	DIC	FIC	DMIC	DICRI	EUSD (R\$)
Realizado:	0,00	0,00	0,00	-	1.811,50
Limite Mensal:	11,74	7,89	6,49	16,60	
Limite Trimestral:	23,48	15,79	-	-	
Limite Anual:	46,96	31,58	-	-	

Tensão Contratada: 127/220 volts
Limite Adequado Tensão: 117 a 133/202 a 231 volts

O não cumprimento dos indicadores DIC, FIC, DMIC e DICRI definidos pela ANEEL resulta em compensação financeira ao consumidor pela concessionária no faturamento. É direito do consumidor solicitar a apuração destes indicadores a qualquer tempo.

Total 5.271,12 SUBSTITUI A NF44339747, DE

Reaviso de Vencimento

Base de Cálculo do ICMS	Valor ICMS	Valor Total da Nota Fiscal
0,00	0,00	5.271,12

Composição dos Valores

Distribuição	1.237,86
Enc. Setoriais	384,18
Energia	3.010,88
Transmissão	214,35
Tributos	423,85
19/10/2018	

Reservado ao Fisco

C42C.0277.DA28.DF36.2451.8D39.BD88.A21B

Leitura Per. Reserv.: atual 5445 (17/10/2018), anterior 0 (18/09/2018)
ESTA UNIDADE CONSUMIDORA ESTÁ SUJEITA A SUSPENSÃO DE FORNECIMENTO INCLUSO NA FATURA PIS R\$75,55 E COFINS R\$348,30 CONFORME RES. ANEEL 130/2005. HORARIO DE VERAO: entre 04/11 e 17/02 horario com desconto sera das 22h30 as 07h A qualquer tempo pode ser solicitado o cancelamento de valores não relacionados à prestação do serviço de energia elétrica, como convênios e doações. Atraso superior a 45 dias sujeita inclusão no cadastro de inadimplentes CADIN/PR A PARTIR DE 01/10/2018 - PIS/PASEP 1,65% e COFINS 7,60%. Agora é possível recorrer à Ouvidoria da Copel pelo Site ou Mobile. DEBITOS: 09/2018 R\$ 1.251,27 Períodos Band. Tarif.: Vermelha P2: 18/09-17/10

IDENTIFICAÇÃO

Mês

11339055

10/2018

Vencimento
15/11/2018

Valor a Pagar
5.271,12

Autenticação Mecânica


COPEL

Copel Distribuição S.A.
José Izidoro Biazetto, 158 bl.C - Mossunguê - Curitiba PR - CEP 81200-240
CNPJ: 04.368.898/0001-06 - IE 90.233.073-99 - IM 423.992-4



www.copel.com
0800 51 00 116

TRES BARRAS DO PARANA - TRES BARRAS DO PARANA - PR - CEP:

Mês de referência

Outubro/2018
Vencimento

10/11/2018

Unidade Consumidora

VALOR A PAGAR

R\$ 860,22

FAT-01-20186899583226-60

Responsabilidade da Manutenção de Ilumina Pública: Município 4532351212

Informações Técnicas

Nº Medidor: MD 0294640396 - TRIFASICO

Rural/Criacao de Suínos

Leitura Anterior	Leitura Atual	Medido	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário	Data de Apresentação	Próxima Leitura Prevista
17/09/2018 81905	17/10/2018 83857	30 dias 1952 kWh	1	1.952 kWh	65,06 kWh	01/11/2018	16/11/2018

Histórico de Consumo e Pagamento

Mês	kWh	Dt.Pgto.	Valor
09/2018	5054	10/10/2018	2.179,15
08/2018	4844	10/09/2018	2.072,21
07/2018	6770	07/08/2018	2.804,49
06/2018	4694	09/07/2018	1.671,98
05/2018	2830	07/06/2018	934,56
04/2018	4210	07/05/2018	1.366,64
03/2018	4204	09/04/2018	1.374,78
02/2018	5635	07/03/2018	1.876,95
01/2018	7253	07/02/2018	2.571,57
12/2017	3235	08/01/2018	1.240,66
11/2017	3364	07/12/2017	1.302,54
10/2017	11285	07/11/2017	4.166,54

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 044.779.028- SÉRIE B

Emitida em 19/10/2018

Produto Descrição	Un.	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	Base Cál.	Aliq. ICMS
ENERGIA ELETTRICA CONSUMO	kWh	1.952	0,386317	754,09	0,00	0,00%
ENERGIA CONS. B.VERMELHA P2	kWh			106,13	0,00	0,00%

Indicadores de Qualidade

Conjunto: QUEDAS DO IGUAÇU
Mês Ref.: 08/2018

	DIC	FIC	DMIC	DICRI	EUSD (R\$)
Realizado:	0,00	0,00	0,00		
Limite Mensal:	11,74	7,89	6,49	16,60	743,69
Limite Trimestral:	23,48	15,79	-	-	
Limite Anual:	46,96	31,58	-	-	

Tensão Contratada: 127/220 volts
Limite Adequado Tensão: 117 a 133/202 a 231 volts

O não cumprimento dos indicadores DIC, FIC, DMIC e DICRI definidos pela ANEEL resulta em compensação financeira ao consumidor pela concessionária no faturamento. É direito do consumidor solicitar a apuração destes indicadores a qualquer tempo.

Base de Cálculo do ICMS

0,00

Valor ICMS

0,00

Valor Total da Nota Fiscal

860,22

Composição dos Valores

Distribuição	202,01
Enc. Setoriais	62,69
Energia	491,39
Transmissão	34,97
Tributos	69,16
Total	860,22

Reservado ao Fisco

B8E5.00C8.EA1F.51C8.2E17.4383.0F5E.ED9F

INCLUSO NA FATURA PIS R\$12,33 E COFINS R\$56,83 CONFORME RES. ANEEL 130/2005.
FATURA DO MES 09/2018 ARRECADADA POR DEBITO AUTOMATICO
A PARTIR DE 01/10/2018 - PIS/PASEP 1,65% e COFINS 7,60%.
Atraso superior a 45 dias sujeita inclusão no cadastro de inadimplentes CADIN/PR
Agora é possível recorrer à Ouvidoria da Copel pelo Site ou Mobile.
A qualquer tempo pode ser solicitado o cancelamento de valores não relacionados à prestação do serviço de energia elétrica, como convênios e doações.
Períodos Band.Tarif.: Vermelha P2:18/09-17/10

Reaviso de Vencimento

IDENTIFICAÇÃO

Mês

59140240

10/2018

Vencimento
10/11/2018

Valor a Pagar
860,22

Autenticação Mecânica

83630000008 7 60220111000 7 00101020186 9 89958322660 5

NAO RECEBER - DEBITO AUTOMATICO - BANCO - 756 - AGENCIA - 4370


COPEL

Copel Distribuição S.A.
José Izidoro Biazetto, 158 bl.C - Mossunguê - Curitiba PR - CEP 81200-240
CNPJ: 04.368.898/0001-06- IE 90.233.073-99 - IM 423.992-4



www.copel.com
0800 51 00 116

TRES BARRAS DO PARANA - TRES BARRAS DO PARANA - PR - CEP:

Mês de referência

Outubro/2018
Vencimento

10/11/2018

Unidade Consumidora

VALOR A PAGAR

R\$ 477,69

FAT-01-20186899582683-47

Responsabilidade da Manutenção de Ilumina Pública: Município 4532351212

Informações Técnicas

Nº Medidor: MD 0940475883 - MONOFASICO RURAL

Rural/Criacao de Suínos

Leitura Anterior	Leitura Atual	Medido	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário	Data de Apresentação	Próxima Leitura Prevista
17/09/2018 97682	17/10/2018 98766	30 dias 1084 kWh	1	1.084 kWh	36,13 kWh	01/11/2018	16/11/2018

Histórico de Consumo e Pagamento

Mês	kWh	Dt.Pgto.	Valor
09/2018	1052	10/10/2018	463,60
08/2018	1052	14/09/2018	460,02
07/2018	1052	13/08/2018	435,78
06/2018	0		
05/2018	0		
04/2018	0		
03/2018	0		
02/2018	0		
01/2018	0		
12/2017	0		
11/2017	0		
10/2017	0		

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 044.778.762- SÉRIE B

Emitida em 19/10/2018

Produto Descrição	Un.	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	Base Cál.	Aliq. ICMS
ENERGIA ELETTRICA CONSUMO	kWh	1.084	0,386310	418,76	0,00	0,00%
ENERGIA CONS. B.VERMELHA P2	kWh			58,93	0,00	0,00%

Indicadores de Qualidade

Conjunto: QUEDAS DO IGUAÇU
Mês Ref.: 08/2018

	DIC	FIC	DMIC	DICRI	EUSD (R\$)
Realizado:	0,00	0,00	0,00	-	
Limite Mensal:	11,74	7,89	6,49	16,60	161,51
Limite Trimestral:	23,48	15,79	-	-	
Limite Anual:	46,96	31,58	-	-	

Tensão Contratada: 127/254 volts
Limite Adequado Tensão: 117 a 133/234 a 267 volts

O não cumprimento dos indicadores DIC, FIC, DMIC e DICRI definidos pela ANEEL resulta em compensação financeira ao consumidor pela concessionária no faturamento. É direito do consumidor solicitar a apuração destes indicadores a qualquer tempo.

Base de Cálculo do ICMS

0,00

Valor ICMS

0,00

Valor Total da Nota Fiscal

477,69

Composição dos Valores

Distribuição	112,18
Enc. Setoriais	34,81
Energia	272,88
Transmissão	19,42
Tributos	38,40
Total	477,69

Reservado ao Fisco

62F7.E6A0.4A1C.3188.2219.950F.68DE.9696

INCLUSO NA FATURA PIS R\$6,84 E COFINS R\$31,56 CONFORME RES. ANEEL 130/2005.

A PARTIR DE 01/10/2018 - PIS/PASEP 1,65% e COFINS 7,60%.

Atraso superior a 45 dias sujeita inclusão no cadastro de inadimplentes CADIN/PR.

Agora é possível recorrer à Ouvidoria da Copel pelo Site ou Mobile.

A qualquer tempo pode ser solicitado o cancelamento de valores não relacionados à prestação do serviço de energia elétrica, como convênios e doações.

Períodos Band. Tarif.: Vermelha P2: 18/09-17/10

Reaviso de Vencimento

IDENTIFICAÇÃO

Mês

32658222

10/2018

Vencimento
10/11/2018

Valor a Pagar
477,69

Autenticação Mecânica

Grupo Gerador a Gás

Potências Elétricas							Motor					Grupo Gerador			
	Stand-by		Prime		Base		Marca	Modelo	CV	Nº Cil.	Consumo Comb. Nm3/h	Dimensões (mm)			Massa (Kg)
	kVA	kW	kVA	kW	kVA	kW						C	L	A	
SINGELOS	50	40	40	32	32	26	MWM	G229-4	60	4	13	2060	880	1400	640
	80	64	70	56	58	46	MWM	G4.12T	97	4	30	2165	860	1500	950
	120	96	104	83	87	70	MWM	G6.12T	146	6	49	2550	960	1500	1150
	250	200	228	182	182	146	SCANIA	OC13A	303	6	57	2060	880	1400	640
	400	320	364	291	291	233	A	OC13A	487	6	91	2060	880	1400	640
	525	420	477	382	383	306	SCANIA	OC16A	637	8V	102	2060	880	1400	640
PARALELO							A								
							SCANIA								
	800	640	728	582	582	466	2X	OC13A	ND	ND	182	PARALELO			
	1050	840	954	764	766	612	SCANIA	OC16A	ND	ND	204	2X			
	1200	960	1092	873	873	699	2X	OC13A	ND	ND	273	PARALELO			
	1575	1260	1431	1146	1149	918	SCANIA	OC16A	ND	ND	306	2X			
	1600	1280	1456	1164	1164	932	3X	OC13A	ND	ND	364	PARALELO			
	2100	1680	1908	1528	1532	1224	SCANIA	OC16A	ND	ND	408	3X			
							SCANIA								
							4X								
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									
						SCANIA									
						4X									

POWERED BY:



