

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA**

AMANDA MARTINELLO NERES DE SOUZA

**BIOGÁS: MAPEAMENTO DAS PLANTAS E POTENCIAL DE PRODUÇÃO A
PARTIR DE DEJETOS BOVINOS NO RS**

**Bagé
2021**

AMANDA MARTINELLO NERES DE SOUZA

**BIOGÁS: MAPEAMENTO DAS PLANTAS E POTENCIAL DE PRODUÇÃO A
PARTIR DE DEJETOS BOVINOS NO RS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Energia da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia de Energia.

Orientadora: Sabrina Neves da Silva

**Bagé
2021**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S729b Souza, Amanda Martinello Neres de
Biogás: Mapeamento das plantas e potencial de produção a
partir de dejetos bovinos no RS / Amanda Martinello Neres de
Souza.

68 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA DE ENERGIA, 2021.

"Orientação: Sabrina Neves da Silva".

1. biogás. 2. resíduos. 3. bovinos. 4. potencial. 5.
energia. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

AMANDA MARTINELLO NERES DE SOUZA

**BIOGÁS: MAPEAMENTO DAS PLANTAS E POTENCIAL DE
PRODUÇÃO A PARTIR DE DEJETOS BOVINOS NO RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para o Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 12 de maio de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Dra. Sabrina Neves da Silva
Orientadora
UNIPAMPA

Prof. Dr. Luciano Vieceli Taveira
UNIPAMPA

Profa. Dra. Tânia Regina de Souza
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **SABRINA NEVES DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/05/2021, às 11:44, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **TANIA REGINA DE SOUZA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 12/05/2021, às 11:50, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **LUCIANO VIECELI TAVEIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 12/05/2021, às 12:12, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0520883** e o código CRC **4E9009BA**.

Dedico este trabalho a todas as mulheres que já trilharam ou ainda irão trilhar o caminho da ciência.

AGRADECIMENTO

Agradeço à minha mãe Sonia por todo o carinho e suporte durante todas as etapas do curso. Agradeço a minha família e amigos pelo apoio dedicado. Agradeço em especial à Cintia Lemes, Ana Isabel e Carla Daniela por me ouvirem, incentivarem e ajudarem continuamente. Agradeço aos meus colegas do grupo PET Engenharias pelo companheirismo e aprendizados. Agradeço a minha professora orientadora Sabrina Neves pelo suporte e amizade e aos demais professores pelos ensinamentos.

RESUMO

Devido à crise energética mundial e à crescente demanda por tecnologias de baixo impacto ambiental, novas fontes de energia têm sido requisitadas, como alternativa, destaca-se o biogás. O biogás é uma mistura gasosa rica em metano (CH_4) com um poder calorífico adequado para uso como recurso energético. É um gás produzido através da decomposição anaeróbia de matéria orgânica (biomassa), tais como os resíduos agrícolas de origem animal (esterco) ou vegetal e resíduos urbanos (lixões), o que viabiliza a produção do biogás em locais próximos da fonte de resíduo. O biogás pode ser utilizado tanto na produção de energia elétrica ou em sistemas térmicos de aquecimento. Além disso, como subproduto da geração de biogás, forma-se um biofertilizante que também pode ser utilizado, por exemplo, em propriedades rurais. Pela diversidade de fontes de matérias-primas a serem utilizadas, o biogás possui um bom potencial de desenvolvimento no país, especialmente no Rio Grande do Sul. Este trabalho teve como objetivos analisar o atual cenário do setor de biogás no estado e estimar o potencial de produção de biogás e energia elétrica do setor de bovinocultura do estado. Para tal foi realizado uma pesquisa na plataforma Biogasmapp, para levantar dados referentes aos empreendimentos de biogás, para a estimativa de potencial da bovinocultura foi utilizada a plataforma calculadora de biogás da CIBiogás. Averiguou-se que o Rio Grande do Sul conta atualmente com 39 plantas produtoras de biogás cadastradas no Biogasmapp, dessas 27 são de pequeno porte, 4 são de médio porte e 8 são de grande porte, sendo a região noroeste com o maior número de plantas instaladas, e a agropecuária a principal matéria prima utilizada no estado. Com um rebanho atual de 11,9 milhões de cabeças, o estado possui um potencial de produção de biogás estimado em 1878 milhões de Nm^3/ano , que poderiam gerar até 24,8 GWh/ano de energia elétrica. Observa-se que o estado possui um cenário positivo para a produção de biogás, havendo ações de incentivo federal e estadual para tal, contando também com a disponibilidade de matéria prima.

Palavras-chave: Biogás, Resíduos, Bovinos, Potencial, Energia.

ABSTRACT

Due to the global energy crisis and the growing demand for technologies with low environmental impact, new sources of energy have been requested, as an alternative, biogas stands out. Biogas is a gas mixture rich in methane (CH₄) with a calorific value suitable for use as an energy resource. It is a gas produced by the anaerobic decomposition of organic matter (biomass), such as agricultural waste of animal origin (manure) or vegetable and urban waste (landfills), which enables the production of biogas in places close to the source of waste. Biogas can be used either in the production of electrical energy or in thermal heating systems. In addition, as a by-product of biogas generation, a biofertilizer is formed that can also be used, for example, on rural properties. Due to the diversity of sources of raw materials to be used, biogas has a good potential for development in the country, especially in Rio Grande do Sul. This study aimed to analyze the current scenario of the biogas sector in the state and estimate the production potential of biogas and electricity from the state's cattle industry. To this end, a survey was carried out on the Biogasmap platform, to gather data regarding biogas projects, for estimating the potential of cattle farming, the CIBiogás biogas calculator platform was used. It was found that there are currently in Rio Grande do Sul 39 biogas production plants registered in the Biogasmap, of these 27 are small, 4 are medium-sized and 8 are large, with the northwest region having the largest number of plants installed, and agriculture is the main raw material used in the state. With a current herd of 11.9 million cattle, the state has an estimated biogas production potential of 1878 million Nm³/year, which could generate up to 24.8 GWh/year of electricity. It is observed that the state has a positive scenario for the production of biogas, with federal and state incentive actions for this, also counting on the availability of raw material.

Keywords: Biogas, Waste, Cattle, Potential, Energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de Biodigestor Indiano.....	21
Figura 2 - Modelo de Biodigestor Chinês.....	23
Figura 3 - Modelo de Biodigestor da Marinha Brasileira.....	25
Figura 4 - Modelo de Biodigestor Batelada.....	26
Figura 5 - Etapas da biodigestão anaeróbia.....	28
Figura 6 – Interface do biogás.....	39
Figura 7 - Plantas de biogás de pequeno porte.....	40
Figura 8 - Plantas de biogás de médio porte.....	40
Figura 9 - Plantas de biogás de grande porte.....	41
Figura 10 - Estimativa de empreendimentos de biogás implementados por ano....	42
Figura 11 - Porcentagem de plantas cadastradas por regiões.....	43
Figura 12 - Origem da matéria prima utilizada.....	44
Figura 13 - Distribuição dos rebanhos pelas regiões do RS.....	45
Figura 14 - Estimativa de produção via calculadora CIBiogás.....	46
Figura 15 - Potencial de produção de biogás do RS.....	47
Figura 16 - Potencial de geração de energia elétrica.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Elementos representativos da Figura 1.....	22
Quadro 2 - Elementos representativos da Figura 2.....	24
Quadro 3 - Elementos representativos da Figura 4.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativa de energia elétrica gerada pela utilização de biogás de diferentes origens.....	31
Tabela 2 - Produção diária de dejetos animal.....	33
Tabela 3 - Estimativa da capacidade de produção e biogás por biomassa.....	34
Tabela 4 - Comparação do potencial estimado para os anos de 2017 e 2019.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABiogás - Associação Brasileira do Biogás

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento Sócio Econômico

CIBiogás - Centro Internacional de Energias Renováveis

DQO - Demanda Química de Oxigênio

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

GLP - Gás Liquefeito de Petróleo

pH - Potencial Hidrogênico

RS - Rio Grande do Sul

RSU- Resíduos sólidos Urbanos

STD - Sólidos Totais Dissolvidos

TDH - Tempo de detenção hidráulica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS.....	17
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	18
3.1 Biogás.....	18
3.2 Biodigestores.....	19
3.2.1 Modelo indiano.....	19
3.2.2 Modelo chinês.....	22
3.2.3 Modelo canadense.....	24
3.2.4 Modelo batelada.....	25
3.3 Processos de biodigestão.....	27
3.3.1 Hidrólise e acidificação (acidogênese).....	28
3.3.2 Acetogênese.....	28
3.3.3 Metanogênese.....	29
3.3.4 Redução de sulfato.....	29
3.4 Biomassas para produção de biogás.....	29
3.4.1 Características dos resíduos.....	30
3.5 Potencial para produção de biogás no Brasil.....	31
3.6 Aproveitamento energético do biogás e mitigação das emissões de gases do efeito estufa.....	32
3.7 Produção de biogás x bovinocultura.....	32
3.8 Barreiras ao desenvolvimento e formas de incentivo do uso de biogás.....	34

3.9 Políticas de incentivo ao uso de biogás.....	35
4. METODOLOGIA DE PESQUISA.....	38
4.1 Mapeamento das plantas instaladas no RS.....	38
4.2 Estimativa do potencial de produção de biogás a partir de dejetos bovinos.....	38
4.3 Análise das políticas de incentivo para uso de biogás.....	38
5. RESULTADOS.....	39
5.1 Mapeamento de plantas existentes.....	39
5.2 Estimativa do potencial de produção do estado.....	44
5.2.1 Comparativo com literatura especializada.....	48
5.3 Possibilidades de incentivo.....	49
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
APÊNDICE.....	59

1.INTRODUÇÃO

A preocupação com a situação ambiental do planeta trouxe diversas pautas para discussões na sociedade. Dentre elas, uma que é constantemente discutida é o papel da agricultura. Sendo este um setor importante da economia brasileira, cada vez mais se pergunta como podemos continuar a produzir e a crescer, porém diminuir os impactos que essas atividades causam ao meio ambiente? É neste contexto que a biodigestão anaeróbica se mostra não apenas como uma alternativa no tratamento de resíduos, mas também uma fonte de energia e renda para o setor.

A biodigestão anaeróbia é um processo natural onde a matéria orgânica (resíduo) é degradada por bactérias. Pela biodigestão da matéria orgânica, além do biogás, produz-se também biofertilizante. O biogás resultante desse processo é composto por cerca de 60% de metano (CH_4), sendo este o combustível principal e o restante são outros gases.

O biogás é uma opção energética renovável de elevado rendimento, que pode substituir total ou parcialmente o gás de cozinha, gás liquefeito de petróleo (GLP). Sendo que 1 m³ de biogás equivale energeticamente a 0,4 kg de GLP. Além disso, o biogás também pode ser utilizado para gerar energia elétrica descentralizada, diminuindo, dessa forma, gastos em energia elétrica externa, podendo inclusive ser utilizado em pequenas propriedades rurais. Os resultados serão comparados com estudos correlatos.

Além dos benefícios advindos da independência energética, sabe-se que o setor de geração de energia elétrica é responsável por 34,6 % das emissões dos gases do efeito estufa, dessa forma, ao incentivar o uso do biogás, além de se promover o uso de fontes energéticas renováveis, contribui-se para redução das emissões de poluentes.

Na região da campanha gaúcha, apesar do potencial, ainda não há registros de plantas de biogás em funcionamento ou em fase de implantação, possivelmente por diversos motivos, entre eles a falta de conhecimento, questões econômicas, financeiras e políticas.

Nesse sentido, é importante identificar mecanismos de incentivo ao biogás. Somente com ações e iniciativas mais focadas e abrangentes é que o setor de biogás pode realmente se consolidar regionalmente.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

O objetivo geral deste trabalho é propor ações de incentivo do uso do biogás na região do Rio Grande do Sul.

2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- Realizar um levantamento do contexto do setor de biogás.
- Mapear as plantas de produção de biogás para fins energéticos.
- Analisar as barreiras ao uso do biogás.
- Estimar o potencial produtivo de biogás a partir de dados locais do setor de bovinocultura.
- Apresentar possibilidades de incentivo, que atendam a demanda local, com base em metodologias aplicadas em outros estados brasileiros ou países.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta o referencial teórico do trabalho, abordando os temas julgados necessários para a compreensão do mesmo e encontra-se dividido nos seguintes tópicos: biogás, biodigestores, processos da biodigestão, biomassas para produção de biogás, potencial de produção de biogás no Brasil, aproveitamento energético do biogás e a mitigação de gases do efeito estufa, produção de biogás versus a bovinocultura, barreiras ao desenvolvimento do biogás e as políticas de incentivo ao uso do biogás.

3.1 Biogás

O biogás ou 'gás de pântano' é o produto da decomposição da matéria orgânica por bactérias anaeróbicas na ausência de oxigênio; sendo uma mistura de gases com predominância do metano e dióxido de carbono (LORA, VENTURINI, 2012)

Sua descoberta foi por volta de 1667, porém, apenas em 1776, Alessandro Volta descobriu a presença de metano nos pântanos. O primeiro experimento que se tem relato da coleta de biogás foi na Inglaterra em 1895 em uma estação de tratamento e efluentes.

O biogás pode ser encontrado na natureza em pântanos e locais onde a celulose se encontra em estado de decomposição naturalmente (DONGOLA, 2010). Sua composição básica é: Metano (CH_4), Dióxido de Carbono (CO_2), Sulfeto de Hidrogênio (H_2S), Nitrogênio (N_2), Oxigênio (O_2), Amônia (NH_3), Monóxido de Carbono (CO) e Hidrogênio (H_2). Seu potencial energético é estabelecido em função da quantidade de metano presente no gás, o que determina seu poder calorífico. A concentração de CH_4 varia de acordo com a sua fonte de geração, ficando entre 40 a 75% vol. (LORA, VENTURINI, 2012).

Por ser uma mistura de gases, o biogás é um gás abrasivo, em termos de corrosão, devido à presença de gás sulfídrico (H_2S), o que exige cuidados especiais nos equipamentos utilizados. Além disso, o CH_4 é um gás de baixa densidade, o que faz com que ele ocupe um volume significativo, dificultando sua liquefação e seu transporte e armazenamento (LORA, VENTURINI, 2012).

Como o poder calorífico do biogás varia de acordo com a concentração de metano e o teor de umidade que o gás possui, é frequentemente usado uma concentração de 60% de Metano tendo-se assim um poder calorífico de 5.500 Kcal/m³ (POMPERMAYER, PAULA JUNIOR, 2000).

Um metro cúbico (1 m³) de biogás equivale energeticamente a (COLDEBELLA, *et al*, 2008; POMPERMAYER, PAULA JUNIOR, 2003):

- 1,5 m³ de GLP (gás de cozinha);
- 0,61 a 0,70 litros (0,00061 m³ a 0,00070 m³) de gasolina;
- 0,55 litros (0,00055m³) de óleo diesel;
- 0,80 litros (0,00080 m³) de álcool;
- 1,25 a 1,43 kWh de eletricidade;
- 1,60 a 3,50 kg de lenha.

3.2 Biodigestores

Biodigestores são câmaras fechadas livres da presença de oxigênio onde a matéria orgânica é decomposta com o objetivo de se produzir biogás e biofertilizante. Existem vários modelos de biodigestores, entre eles os mais comuns são os modelos Indiano, Chinês e Canadense, podendo esses serem de alimentação contínua ou semi-contínua, e o de batelada (alimentação descontínua). Especificamente para o meio rural em nosso país, alguns modelos de biodigestores têm se mostrado de maior interesse, principalmente por apresentarem custos mais baixos devido à pouca tecnologia associada e à facilidade operacional (JÚNIOR, SANTOS, 2000).

3.2.1 Modelo indiano

De acordo com a literatura, a Índia foi o primeiro país a construir biodigestores em grande escala, a primeira unidade foi montada em 1908; motivada pela falta de fontes de combustíveis fósseis em um cenário marcado pela desigualdade das castas (MACHADO, 2011).

Esse modelo se caracteriza por possuir uma campânula metálica que serve como gasômetro que pode estar submerso na biomassa ou em um selo de água

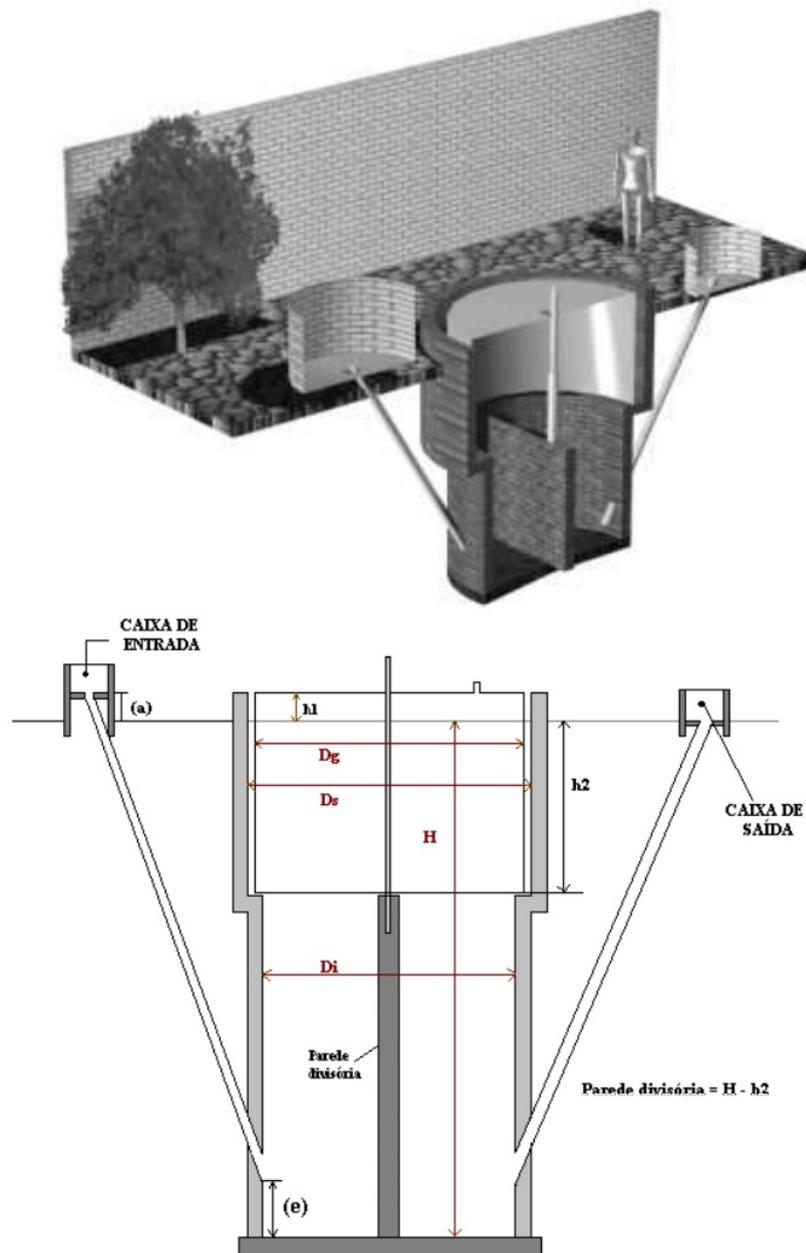
externo, assim como uma parede central que divide a câmara em duas, tendo como função a de que o material circule por todo o tanque (PRATI, 2010).

Para este modelo não é preciso estabelecer medidas fixas para o diâmetro e a profundidade. Tendo em vista a variabilidade do solo e a profundidade de lençóis freáticos próximos, é possível alterar a profundidade em razão do diâmetro do biodigestor, ou seja, quanto menor for a profundidade maior será o diâmetro. Este modelo é de fácil construção, porém o gasômetro de metal pode encarecer o custo final do projeto; também pode ser construído em clima tropical ou frio/temperado, bastando que se altere a relação diâmetro-profundidade (DONGOLA, 2010).

O biodigestor indiano é um dos modelos que pode ter alimentação constante, porém a concentração de sólidos totais e diluídos não podem ultrapassar 8%, para que não se altere o processo de fermentação assim como a circulação dos resíduos pelo digestor, evitando entupimentos (DONGOLA, 2010).

A Figura 1 mostra um esquema tridimensional do modelo e sua vista frontal:

Figura 1 - Modelo de biodigestor indiano.



Fonte: Adaptado Deganutt, *et al.* (2002).

No Quadro 1 são definidos os elementos representativos da Figura 1:

Quadro 1 - Elementos representativos da Figura 1

Legenda	Significado
H	Altura do nível do substrato
D_i	Diâmetro interno do biodigestor
D_g	Diâmetro do gasômetro
D_s	Diâmetro interno da parede superior
h_1	Altura ociosa do gasômetro
h_2	Altura útil do gasômetro
A	Altura da caixa de entrada
E	Altura de entrada do cano com o efluente

Fonte: Adaptado Denutti *et al.* (2002).

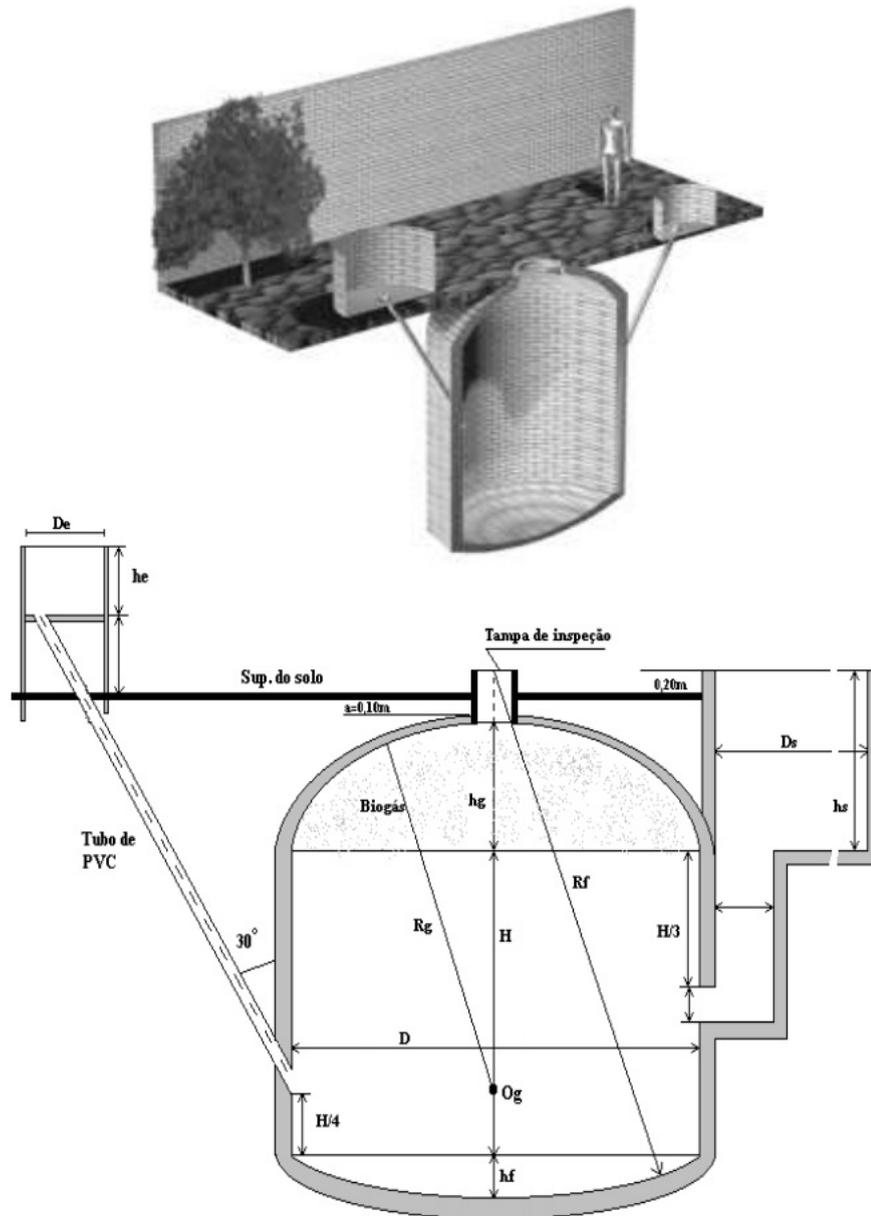
3.2.2 Modelo chinês

O modelo Chinês é semelhante ao Indiano, porém é mais rústico ficando quase que totalmente enterrado no solo, ele é constituído por uma câmara redonda de alvenaria. Este modelo utiliza o princípio da prensa hidráulica para o seu funcionamento, de forma que o aumento da pressão no seu interior por causa do acúmulo de gás, resulta no deslocamento da biomassa da câmara de fermentação para a caixa de saída (PRATI, 2010).

Este modelo possui bastantes críticas pelo fato de seu projeto demandar mão de obra experiente e qualificada, pois os tijolos da câmara precisarão ser assentados sem um recurso de escoamento. Outra crítica é o fato da pressão de consumo oscilar muito. (DONGOLA, 2010).

A Figura 2 mostra a vista em 3D do modelo Chinês como também sua vista frontal.

Figura 2- Modelo de biodigestor chinês



Fonte: Adaptado Deganutti *et al.* (2002).

O Quadro 2 define os elementos demonstrativos da Figura 2.

Quadro 2 - Elementos representativos da Figura 2.

Legenda	Significado
D	Diâmetro do corpo cilíndrico
H	Altura do corpo cilíndrico
H _g	Altura da calota do gasômetro
h _f	Altura da calota do fundo
O _f	Centro da calota esférica do fundo
O _g	Centro da calota esférica do gasômetro
h _e	Altura da caixa de entrada de biomassa
D _e	Diâmetro da caixa de entrada de biomassa
h _s	Altura da caixa de saída de biofertilizante
D _s	Diâmetro da caixa de saída de biofertilizante
A	Afundamento do gasômetro

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

Em termos comparativos, os dois modelos, Indiano e Chinês, apresentam, além das semelhanças estruturais, um desempenho semelhante com leve vantagem do modelo indiano (DEGANUTTI *et al.*, 2002).

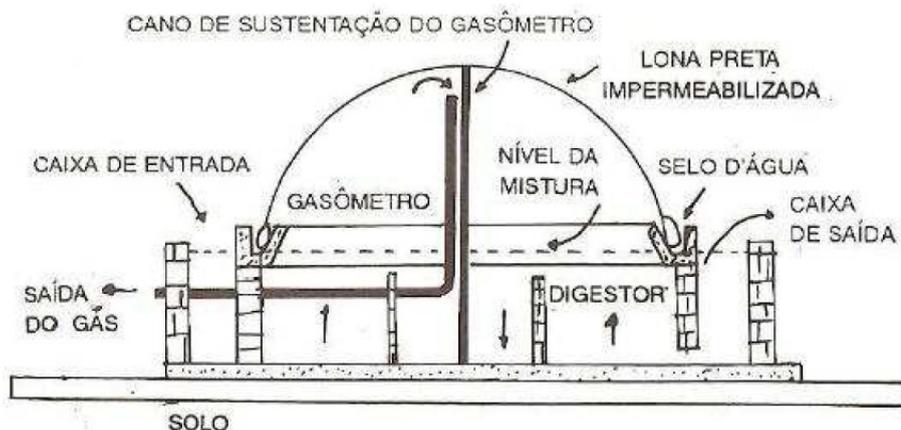
3.2.3 Modelo canadense

O modelo Canadense, também conhecido no Brasil como modelo da Marinha, possui uma cúpula de lona preta impermeabilizada que com a incidência dos raios solares aumenta a temperatura dentro da cúpula o que ajuda na produção do biogás. Este modelo geralmente é instalado ao nível do solo, fato que tem

disseminado seu uso em áreas rurais por ser mais simples de se construir. (DONGOLA, 2010).

A Figura 3 mostra a vista frontal em corte do modelo desenvolvido pela Marinha Brasileira.

Figura 3 - Modelo de biodigestor da marinha brasileira



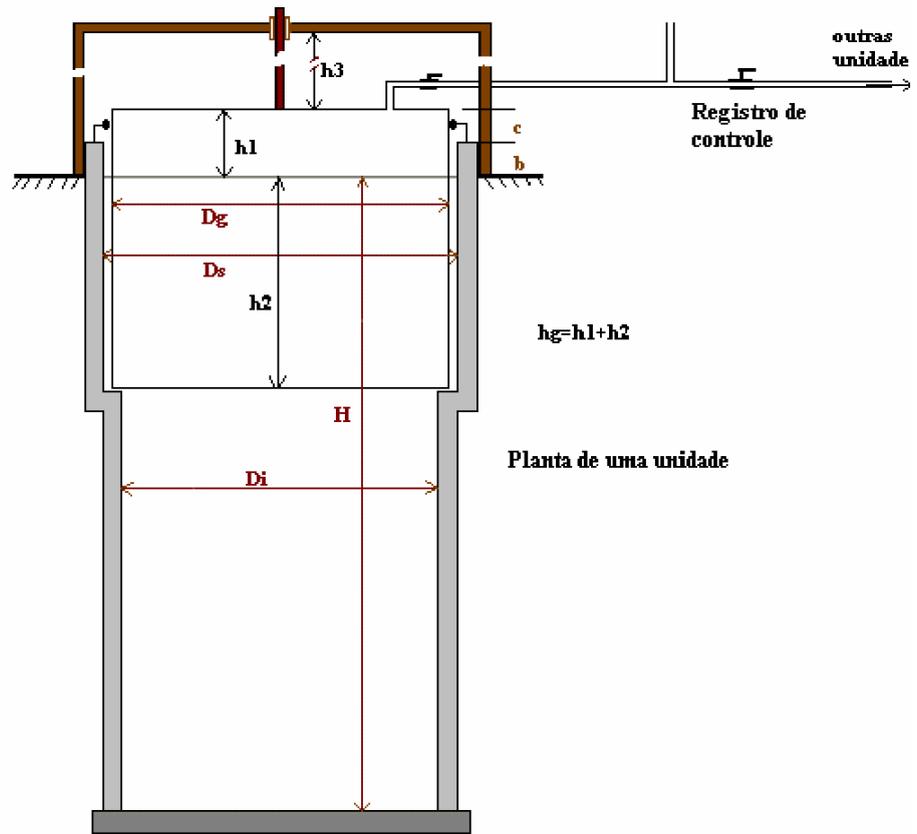
Fonte: Prati (2010).

3.2.4 Modelo batelada

O modelo Batelada é o mais utilizado em laboratórios por ser de fácil montagem e estudo. Consiste em uma câmara fechada com sistemas para medição de pressão, liberação do gás e liberação do biofertilizante. Em geral este modelo de biodigestor não possui alimentação contínua, por isso sua utilização é mais para estudos. Ele não possui um design fixo, podendo apresentar diversas formas, além de ser construído com os mais diversos materiais, podendo inclusive ser construído com materiais reciclados.

A Figura 4 mostra a vista frontal em corte de um modelo deste biodigestor.

Figura 4 - Modelo de biodigestor batelada



Fonte: Deganutti *et al.* (2002).

Quadro 3 - Elementos representativos da Figura 4

Legenda	Significado
Di	Diâmetro interno do biodigestor
Ds	Diâmetro interno da parede superior
Dg	Diâmetro do gasômetro
H	Altura do nível de substrato
h1	Altura ociosa do gasômetro
h2	Altura útil do gasômetro
h3	Altura útil para deslocamento do gasômetro
B	Altura da parede do biodigestor acima do nível do substrato
C	Altura do gasômetro acima da parede do biodigestor

Fonte: Deganutti *et al.* (2002).

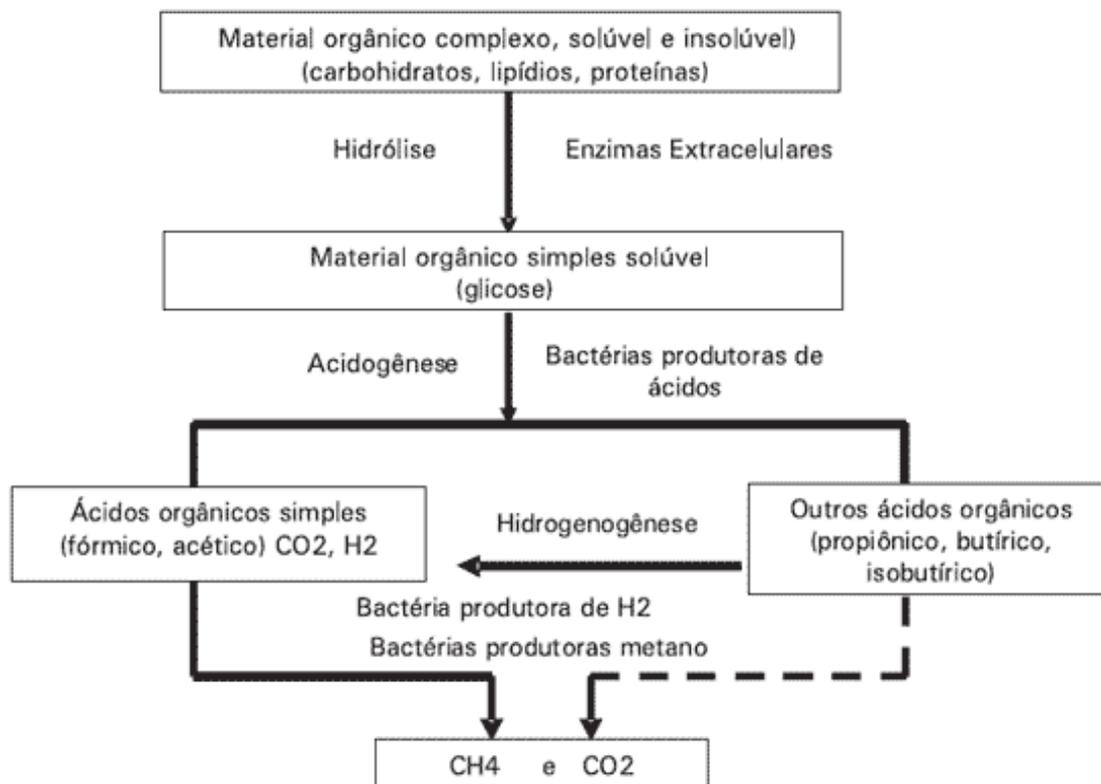
Em função das considerações anteriores observa-se que os biodigestores poderão ser projetados com o objetivo principal de atendimento de uma ou mais vantagens que oferecem como: saneamento, atendimento de uma demanda energética e produção de biofertilizante. Desta forma, são propostos diversos modelos que diferem, principalmente nas tecnologias associadas para obtenção de melhores rendimentos e nas características que os tornam mais adequados ao tipo de resíduo que se pretende utilizar e à frequência com que são obtidos, observando-se também a forma como serão operados os biodigestores (JUNIOR, SANTOS, 2000).

3.3 Processos de biodigestão

A digestão anaeróbica é uma sequência de reações bioquímicas que envolve diversas espécies de bactérias, as principais reações que ocorrem no processo caracterizam os grupos de microrganismos predominantes, podendo-se assim dividir o mesmo em três etapas: hidrólise - acidogênese, acetogênese e metanogênese

(MCCARTY, SMITH 1986 e SPEECE 1996 *apud* LORA, VENTURI 2012). A Figura 5 esquematiza os processos da digestão anaeróbica.

Figura 5 - Etapas da biodigestão anaeróbia



Fonte: BiodieselBR (2012).

3.3.1 Hidrólise e acidificação (acidogênese)

O primeiro processo que ocorre na digestão anaeróbia é a hidrólise do material, gerando compostos mais simples para que possam ser assimilados pelos microrganismos. Neste processo, compostos orgânicos complexos são transformados em açúcares, aminoácidos, ácidos, etc. Esta transformação ocorre através de enzimas extracelulares que são excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas.

3.3.2 Acetogênese

Nesta etapa, os produtos formados na hidrólise são oxidados a acetatos, H_2 e CO_2 para que possam fornecer substrato apropriado aos microrganismos metanogênicos. Conforme a literatura, na degradação de efluentes complexos, a maior parte do CH_4 resulta do acetato como precursor direto (SPEECE, 1996 *apud* LORA, VENTURINI, 2012).

3.3.3 Metanogênese

É nessa etapa que o processo de degradação do substrato é concluído, transformando os produtos das etapas anteriores em CH_4 e CO_2 . Essa etapa é responsável pelo fechamento do ciclo do carbono, devolvendo o mesmo que estava contido na matéria orgânica de volta para a atmosfera.

3.3.4 Redução de sulfato

Quando sulfatos, sulfitos ou outros compostos à base de enxofre estão presentes, a oxidação da matéria orgânica utilizará esses compostos como aceptores de elétrons, sendo obtido como produto final H_2S e CO_2 (CHERNICHARO, 1997 *apud* LORA, VENTURINI, 2012). A presença do enxofre faz com que haja competição entre os grupos de bactérias redutoras de sulfatos e as metanogênicas, o que pode afetar o desempenho do biodigestor.

3.4 Biomassas para produção de biogás

Basicamente qualquer composto orgânico pode ser usado para produção de biogás através da digestão anaeróbica, porém, como se trata de um processo de deterioração da matéria orgânica, utiliza-se preferencialmente resíduos a fim de aproveitar uma matéria orgânica que seria descartada não havendo a necessidade de cultivos e evitando a concorrência com a produção de alimentos como ocorre no processo de produção do etanol (CORTEZ, LORA, GÓMEZ 2008).

Como a biomassa é um composto orgânico, é amplo o número de matérias primas que ela oferece para a produção do biogás, como exemplo tem-se a vinhaça

da cana de açúcar, o lixo doméstico, esterco animal, além de demais resíduos agrícolas (POMPERMAYER, PAULA JUNIOR, 2000).

3.4.1 Características dos resíduos

Pelo dicionário, resíduos são os restos de substâncias submetidas a diversas ações e processos. O Brasil por ser um grande produtor agrícola e agropecuário produz uma grande quantidade dos mais diversos resíduos que podem ser reaproveitados para produção de energia de diversas formas.

Para avaliar o potencial de produção do biogás, há uma série de parâmetros físicos, químicos e bioquímicos que são utilizados para a caracterização dos resíduos. Essa caracterização é importante para se saber qual o nível tecnológico será necessário e se o processo será economicamente viável (CORTEZ, LORA, GÓMEZ 2008).

Os resíduos podem ser classificados de acordo com suas características físicas como viscosidade, tamanho, quantidade, densidade, conteúdo de sólidos; bioquímicas, como a demanda de oxigênio; químicas, como a presença de metais, nutrientes e outros; além de bacteriológicas, como a presença de coliformes fecais, o total de bactérias e os agentes patogênicos (TAIGANIDES, 1977, *apud* CORTEZ, LORA, GÓMEZ 2008). Dentre estes parâmetros e características, o mais importante é a quantidade de matéria-prima disponível, pois é ela quem vai determinar como será o planejamento do biodigestor, assim como a avaliação do potencial de produção do biogás (CORTEZ, LORA, GÓMEZ 2008).

Em um sistema composto por um biodigestor de bancada com capacidade de depósito para 50 m³, construído em aço, avaliou-se a eficiência do sistema de tratamento biológico anaeróbio na redução e estabilização da matéria orgânica biodegradável de dejetos de suínos para produção de biogás. Os dejetos gerados foram conduzidos por canaletas, por gravidade, até o biodigestor, e o tempo de retenção hidráulica foi de 12 dias, obtendo uma produção média diária de biogás de 31,5 m³ (ANGONESE, CAMPOS, PALACIO, SZYMANSKI, 2006).

3.5 Potencial para produção de biogás no Brasil

Pelo fato do setor agroindustrial ser um dos principais setores da economia brasileira, apresenta-se uma grande possibilidade para produção de Biogás através dos resíduos dessas atividades no país. Diversos estudos dedicaram-se a analisar diferentes fontes de matéria-prima e estimar o seu potencial para a produção de energia elétrica para microturbinas e um grupo gerador que são equipamentos utilizados para fornecer energia na incidência de *blackouts*, a Tabela 1 apresenta uma dessas estimativas.

Tabela 1 - Estimativa da energia elétrica gerada pela utilização de biogás de diferentes origens

Resíduo Orgânico	Potencial De Geração De Energia Elétrica por Ano (MW)	
	Microturbinas de 30kW (η 27%)	Grupo Gerador de 80kW (η 29%)
Vinhaça	819,27	879,96
Estações de Tratamento de Esgoto	16,96	18,22
Dejetos de Bovinos	19,68	21,13
Dejetos de Suínos (somente cabeças abatidas)	3,56	3,83
Total	1.125,23	1.208,58

Fonte: Salomon, Lora (2005).

De acordo com o mesmo estudo, o potencial de produção de biogás a partir das fontes estudadas é cerca de 43% do total da potência instalada de fontes renováveis contempladas no Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA (MME, 2005 *apud* SALOMON, LORA 2005).

Em 2019, um levantamento observou que o estado do Rio Grande do Sul (RS) possui um potencial de geração de eletricidade de 8,7 MW a partir de biogás. Para este cálculo foi considerado entre 670 e 800 m³/h de biogás com pureza de 50% de CH₄ para garantir uma geração de 1 MW, deste percentual foi considerado que 40% de todo o biogás gerado é capturado (ABRELPE, 2019).

3.6 Aproveitamento energético do biogás e mitigação das emissões de gases do efeito estufa

O biogás, por ser de fácil obtenção, pode ser utilizado em regiões isoladas, não apenas para geração de energia como também na substituição do gás de cozinha, isso requer uma pessoa qualificada para realizar o projeto, mas pode ser uma solução para grandes fazendas gerarem parte da sua energia. Algumas empresas de corte de frango e suíno já utilizam seus resíduos para produzir biogás e posteriormente energia.

Como o biogás é um produto da decomposição orgânica ele não altera o ciclo do carbono, o que faz com que ele não contribua para o efeito estufa (LORA; VENTURINI, 2012).

Estima-se que no ano de 2019 o Brasil teve um aumento nas emissões brutas dos gases de efeito estufa de 9,6% comparado ao ano de 2018, emitindo para a atmosfera cerca de 2,17 bilhões de toneladas de dióxido de carbono. O setor agropecuário foi responsável por 28% desse percentual, sendo o segundo maior responsável pelas emissões do país (SEEG, 2020).

A utilização de biodigestores no tratamento de resíduos como de dejetos animais podem reduzir em até 40% a emissão de gases do efeito estufa. Mostrando-se uma medida eficaz, assim como uma forma de redenção do setor pelos problemas causados ao meio ambiente (JUNIOR, PIRES, CUNHA, 2016).

Em um estudo de caso de uma granja de suínos com 600 animais alojados, observou-se um potencial de redução de carbono de 325,16 tCO₂ eq¹ano⁻¹, valor que na época do estudo gerava uma receita anual de R\$ 3.186,00 a mais para granja, mostrando que a biodigestão anaeróbica, além de diminuir o impacto ambiental do estabelecimento, ainda pode aumentar o seu lucro (ANGONESE, CAMPOS, WALTER, 2007).

3.7 Produção de biogás x bovinocultura

Inúmeras matérias orgânicas podem ser utilizadas na biodigestão, porém diferentes tipos de dejetos animais apresentam diferentes rendimentos. Primeiramente é preciso estimar o quanto de dejetos cada espécie produz para que

se possa medir o rendimento desta matéria, assim a Tabela 2 apresenta estimativas para os principais rebanhos do país.

Tabela 2 - Produção diária de dejetos animal

Tipo de Animal	Média de produção de dejetos (em kg por dia)
Bovinos	10,00
Suínos	2,25
Aviários	0,18
Equinos	10,00

Fonte: Sganzerla, (1983), apud Colatto e Langer (2012).

Bovinos e equinos destacam-se pela quantidade de dejetos produzida diariamente, mostrando um grande potencial para a produção de biogás. Porém, como falado anteriormente, a capacidade estimada de produção de biogás varia de acordo com a origem da matéria prima, podendo ser diferente também a concentração de metano presente no gás. A Tabela 3 apresenta uma estimativa da capacidade de produção de biogás de acordo com a espécie animal de origem do dejetos.

Tabela 3 - Estimativa da capacidade de produção e biogás por biomassa

Biomassa utilizada	Produção de Biogás (a partir de material seco em m ³ .t ⁻¹)	Percentual de gás metano produzido
Bovinos	270	55%
Suínos	560	50%
Equinos	260	Variável
Ovinos	250	50%
Aves	285	Variável

Fonte: Sganzerla, (1983), *apud* Colatto e Langer (2012).

Observa-se na Tabela 3 que a biomassa com melhor rendimento de produção são os dejetos suínos com 560 m³ e uma concentração de CH₄ de 50%. Dejetos de origem bovina possuem um menor rendimento, sendo este de 270 m³, porém apresentam uma concentração de CH₄ de 55%. É necessário salientar que de acordo com a alimentação das espécies a concentração de CH₄ pode variar, pois animais em confinamento apresentam a tendência de produzir maiores quantidades de metano (COLATTO E LANGER, 2012).

Em um estudo com reator AHHR (*anaerobic high-rate reactor*) onde analisou-se a decomposição da matéria orgânica da fração líquida de dejetos bovinos, observou-se que para um tempo de detenção hidráulica (TDH) de 1 dia, a taxa de DQO era de 71%, e que para um TDH de 3 dias, o DQO aumentou para 79%. O autor considerou como fração líquida a matéria orgânica com particulados de diâmetro inferior a 0,59 mm os quais foram separados por peneiramento a partir da diluição do esterco. A produção de metano obteve a sua maior média de 1,676 L CH₄/d com TDH de 1 dia e carga orgânica volumétrica de 20 kg DQO/m³.d. O autor concluiu que existe potencial na utilização destes reatores com matéria orgânica de dejetos bovinos (VIDAL, 2015).

3.8 Barreiras ao desenvolvimento e formas de incentivo do uso de biogás

Mesmo o biogás se mostrando como uma alternativa viável, sua participação na matriz energética brasileira ainda é tímida, isso se deve às diversas barreiras que o setor continua a enfrentar. Pode-se dividir essas barreiras em três grandes áreas: conhecimento, desenvolvimento tecnológico e ambiente econômico e financeiro (MARINI, 2018).

Dentro da barreira do conhecimento são citados a dificuldade de acesso à materiais com informações técnicas, comerciais e legais do setor; o pequeno número de profissionais qualificados para atuar na área; a insuficiência de parcerias com universidades e o desconhecimento de cases de sucesso por parte do mercado (ABIOGÁS, 2015 *apud* MARINI, 2018).

Quanto às barreiras tecnológicas, temos uma tecnologia brasileira considerada iniciante no setor, afetando principalmente os projetos de produção de biometano pois estes necessitam de alta eficiência para serem economicamente viáveis. Adicione também os problemas de instabilidade na operação das plantas que demandam um tempo de manutenção maior que o informado pelo fornecedor do equipamento juntamente com a falta de profissionais locais qualificados para trabalharem na manutenção das plantas, obtemos assim uma das principais barreiras que o setor enfrenta (MARINI, 2018).

Por fim, no ambiente econômico e financeiro a falta de conhecimento de cases de sucesso do setor trazem grandes incertezas aos investidores. Muitas vezes apenas a relação entre o custo dos projetos e os benefícios comerciais que eles apresentam não são suficientes para atrair esses investidores (MARINI, 2018).

3.9 Políticas de incentivo ao uso de biogás

Criado em 2002, através do decreto nº 5.025, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) tem por objetivo expandir a participação de fontes renováveis de energia na matriz energética brasileira por meio de produtores independentes autônomos (ANEEL, 2015).

Com vigência de 2006 a 2011, o Plano Nacional de Agroenergia buscava orientar as ações públicas e privadas em pesquisa e aquisição de tecnologia que

promovessem uma produção sustentável na agricultura e energia. Sua principal meta era tornar o agronegócio brasileiro mais competitivo, além de contribuir com políticas direcionadas à inclusão social e à sustentabilidade ambiental (BARROS, 2011).

Em dezembro de 2008 foi apresentado o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, dispendo-se a estimular o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação de gases do efeito estufa no país. Organizado em quatro eixos de atuação, sendo eles: “oportunidades de mitigação; impactos, vulnerabilidades e adaptação; pesquisa e desenvolvimento; e educação, capacitação e comunicação”. Além dos objetivos alocados dentro dos quatro eixos, o plano também estipulava metas a serem alcançadas (MMA, 2012).

Buscando atender aos compromissos firmados pelo país de diminuir as emissões de gases de efeito estufa no setor agropecuário, o decreto nº 7.390/2010 instaurou o Plano ABC, uma política pública federal que tem como propósito organizar e planejar ações de implementação de tecnologias de produção mais sustentáveis. Atualmente é composto por seis programas voltados para tecnologias de mitigação e um de ações de adaptações às mudanças climáticas, e vem financiando projetos de implantação, manutenção e melhoramento de sistemas de biodigestão como forma de tratar os dejetos e resíduos gerados pela pecuária (MAPA, 2012).

Uma parceria do governo brasileiro com o governo alemão resultou no Projeto Brasil-Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil, ou PROBIOGÁS. Seus objetivos vão desde difundir o aproveitamento energético efetivo do biogás na agricultura e em instalações de saneamento básico, como também incorporar o biogás e o biometano à matriz energética nacional. Para tal, o PROBIOGÁS trabalha pela melhoria das condições regulatórias do setor, buscando estreitar os laços entre instituições de ensino e pesquisa e empresas, estimulando assim a indústria nacional de biogás (MDR, 2015).

Em 2017 foi implementada a Política Nacional de Biocombustíveis, ou RenovaBio, através da Lei nº 13.576/2017. Entre os seus principais objetivos estão promover a plena expansão dos biocombustíveis na matriz energética, com foco no abastecimento regular de combustíveis; garantir a previsibilidade do mercado de

combustíveis, melhorar a eficiência energética e reduzir as emissões de gases de efeito estufa na produção, comercialização e uso de biocombustíveis (ANP, 2020).

O estado do Rio Grande do Sul aprovou em 2019 a Lei nº 15337 que altera a Lei nº 14864 de 2016, e estabelece a Política Estadual do Biometano juntamente com o Programa Gaúcho de Incentivo à Geração de Biogás e Biometano (RS-GÁS). O projeto tem como objetivos aumentar os investimentos em infraestruturas para produção, distribuição e comercialização de biogás, biometano e biofertilizante, incentivar pesquisas e desenvolvimento relacionadas ao tema, alavancar o desenvolvimento tecnológico e ampliar o mercado de trabalho (Rio Grande do Sul (RS), 2019).

Para o futuro, a Proposta de Lei 2193/20 visa instituir a Política Federal do Biogás e do Biometano, até o presente momento a PL já foi apresentada à câmara dos deputados e encontra-se em análise. Dentre os seus objetivos encontra-se a ampliação nos investimentos em infraestruturas para a produção, distribuição e comercialização do biometano e de biofertilizante, bem como incentivar a pesquisa e o desenvolvimento referentes ao biogás, biometano e biofertilizantes (Brasil, 2020).

4. METODOLOGIA DE PESQUISA

Capítulo destinado a apresentar as metodologias utilizadas na pesquisa.

4.1 Mapeamento das plantas instaladas no RS

Para mapear as plantas de produção de biogás para fins energéticos foi utilizado o Biogasmapp, uma plataforma disponibilizada pelo Centro Internacional de Energias Renováveis - Biogás (CIBiogás), que reúne informações sobre projetos e plantas de biogás em todo o território brasileiro. Os dados foram coletados e organizados em uma tabela contendo:

- Localização: Município/Estado;
- Categoria: Tipo de substrato e aplicação do biogás;
- Situação da planta e data de início da operação;
- Produção de biogás;

A maior ênfase será dada nas plantas que utilizam resíduos da bovinocultura, foco deste trabalho.

4.2 Estimativa do potencial de produção de biogás a partir de dejetos bovinos

A estimativa do potencial produtivo de biogás, a partir de dados locais do setor de bovinocultura, foi realizada utilizando-se a calculadora do CIBiogás, a qual se baseia na quantidade de cabeças de gado para estimar o volume de biogás gerado, bem como o equivalente energético. Para este estudo foram considerados que os números obtidos são todos de gado de corte, devido não ter sido possível estimar qual a porcentagem representa os gados leiteiros e quais os gados de corte.

4.3 Análise das políticas de Incentivo para uso de biogás

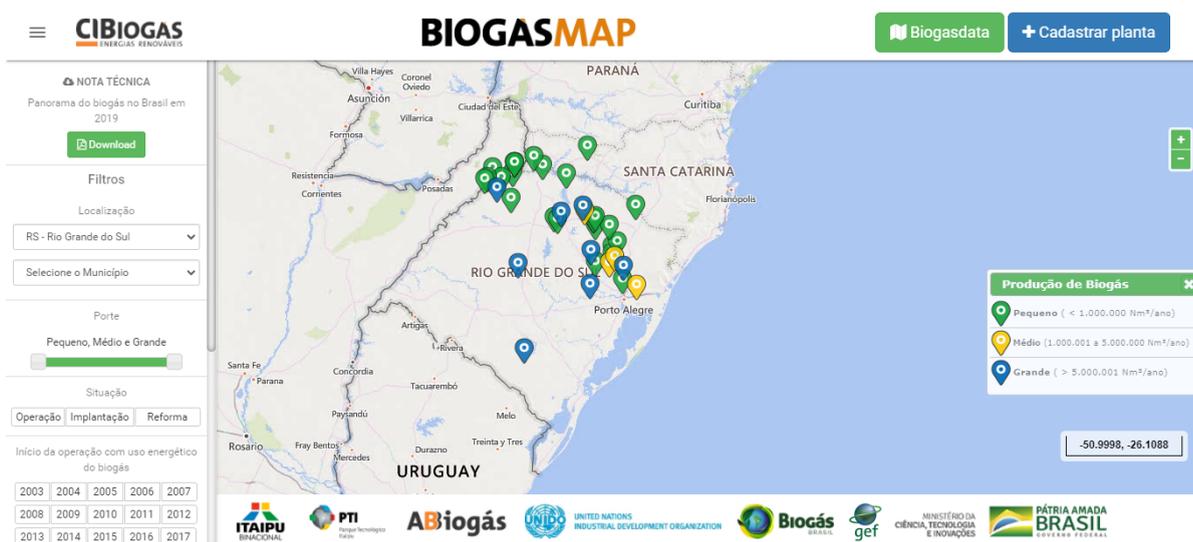
A análise das possibilidades de incentivo, que atendam a demanda local, será baseada em situações correlatas de outras localidades.

5. RESULTADOS

5.1 Mapeamento de plantas existentes

Segundo a plataforma do Biogasmmap atualmente, o RS conta com 39 plantas de biogás cadastradas. A plataforma estudada possui diversas possibilidades de análises mostrando dados como a localização, ano de instalação, situação atual, entre outras, sendo bastante intuitiva e de fácil utilização. A Figura 6 apresenta a interface da ferramenta bem como as 39 plantas cadastradas no sistema dentro do estado.

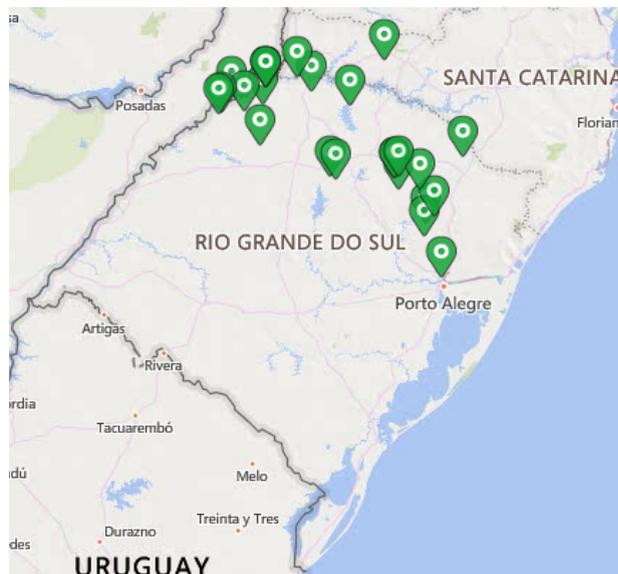
Figura 6 - Interface do biogasmmap



Fonte: Biogasmmap, 2021.

Dentro das 39 plantas registradas, 27 são consideradas de pequeno porte, ou seja, produzem até 1.000.000 Nm³/ano, no mapa essas plantas estão identificadas por ícones na cor verde. A Figura 7 apresenta a localização no mapa das plantas de pequeno porte.

Figura 7 - Plantas de biogás de pequeno porte



Fonte: Biogasmapp, 2021.

O Estado contabiliza um total de 4 plantas de médio porte produzindo entre 1.000.001 e 5.000.000 Nm³/ano, identificadas pelo ícone amarelo no mapa. Essas plantas estão sendo representadas na Figura 8.

Figura 8 - Plantas de biogás de médio porte



Fonte: Biogasmapp, 2021.

Para ser considerado um empreendimento de grande porte, as plantas precisam produzir acima de 5.000.001 Nm³/ano, de forma que são encontradas 8 destas no RS identificadas por ícones de cor azul conforme apresentado na Figura 9.

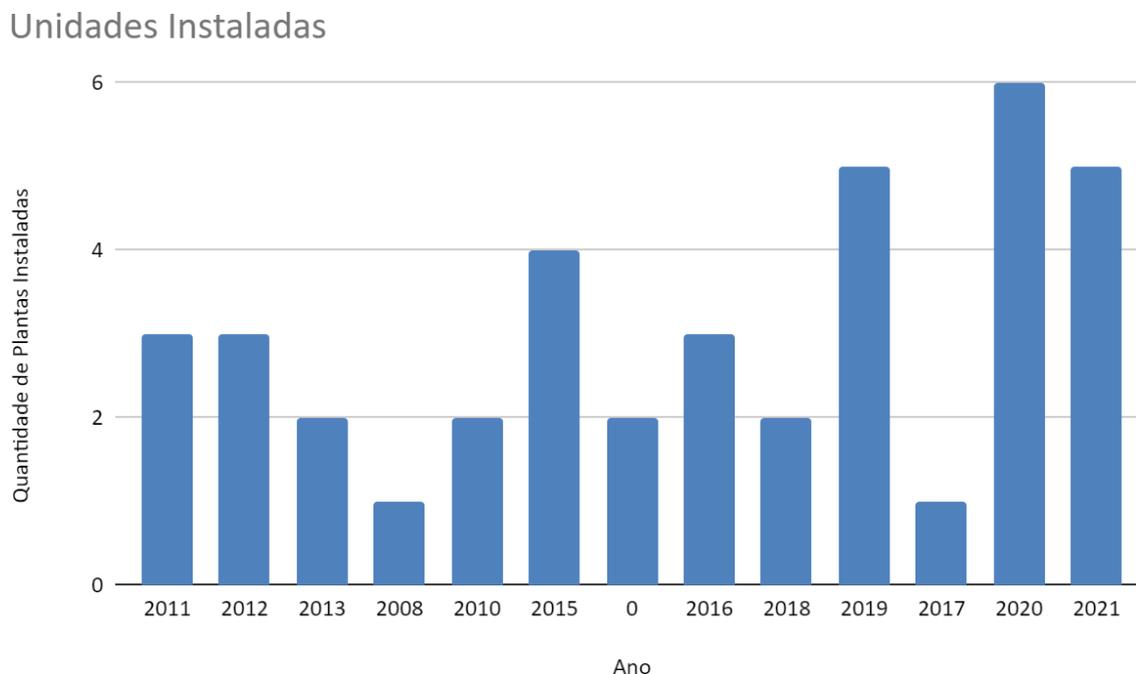
Figura 9 - Plantas de biogás de grande porte



Fonte: Biogasmapp, 2021.

A partir dos dados obtidos com a plataforma foi possível estimar de forma gráfica quantos empreendimentos de biogás iniciaram as suas atividades por ano, trata-se de uma estimativa, pois de acordo com o próprio Biogasmapp, nem todos as plantas estão registradas no mapa devido o cadastramento na plataforma ser realizado de forma voluntária. A Figura 10 apresenta o resultado desta estimativa.

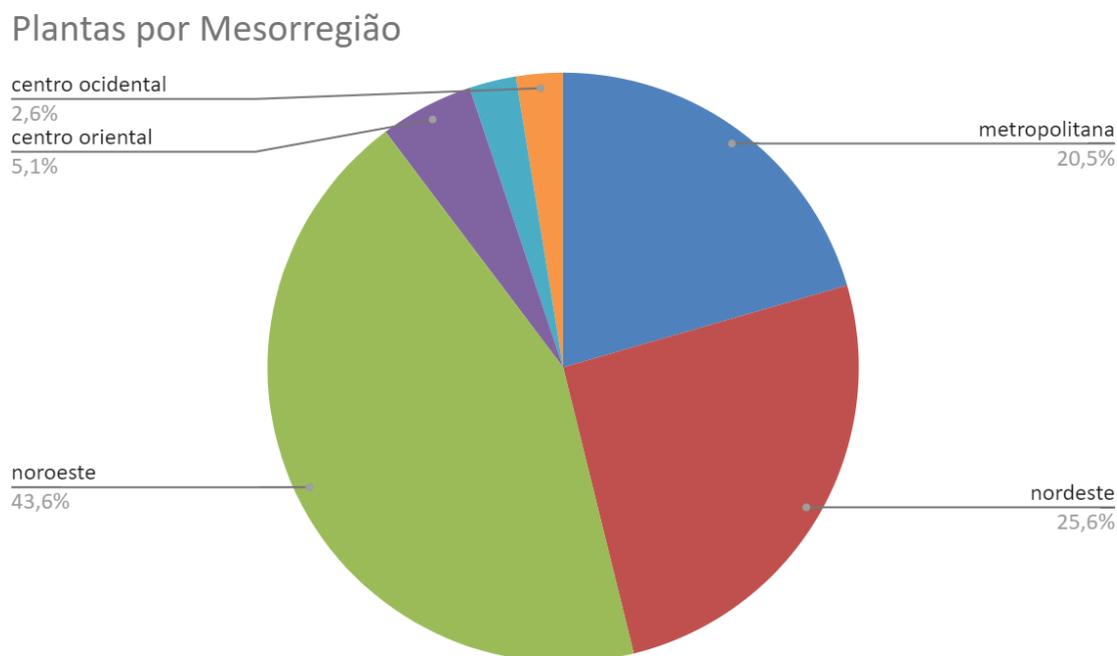
Figura 10 - Estimativa de empreendimentos de biogás implementados por ano



Fonte: Autora, 2021.

Outro dado interessante que o mapa apresenta, é a mesorregião que possui a maior concentração de plantas cadastradas. Esta análise é apresentada na Figura 11, onde é possível notar que a mesorregião noroeste se destaca das outras contendo 43,6% das plantas registradas. Vale ressaltar que, destas, apenas uma é considerada de médio porte e duas são de grande porte. Ao observar que essas plantas, em sua maioria, utilizam matéria prima de origem agropecuária, é possível compreender o motivo dos empreendimentos serem em sua maioria de pequeno porte, pois possivelmente as instalações estão localizadas em propriedades rurais.

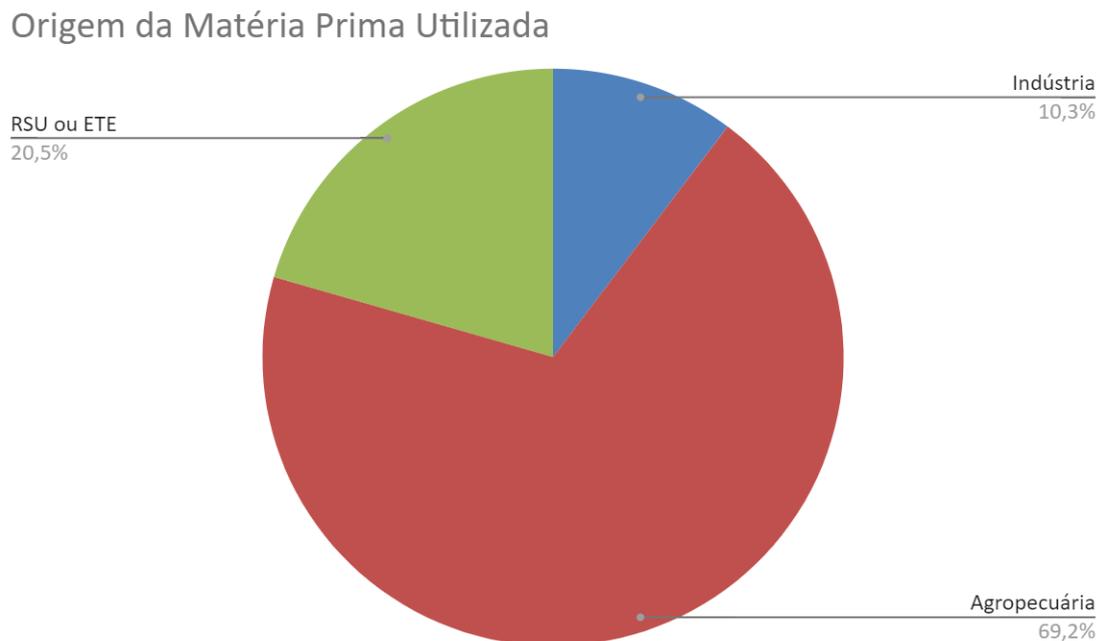
Figura 11 - Porcentagem de plantas cadastradas por regiões



Fonte: Autora, 2021.

Também foi observado qual categoria de matéria prima é mais utilizada no estado, onde observou-se que a agropecuária é a matéria prima utilizada de 69,2% dos empreendimentos cadastrados. É interessante notar que as plantas de maior porte utilizam como matéria prima Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) ou Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), e que 3 das 8 plantas de grande porte estão localizadas na região noroeste do RS. A Figura 12 apresenta graficamente a porcentagem das matérias primas utilizadas no estado.

Figura 12 - Origem da matéria prima utilizada



Fonte: Autora, 2021.

O RS possui uma produção agropecuária muito forte, sendo assim a principal matéria prima disponível no estado de forma que é natural que esta seja a principal matéria prima utilizada. Porém, é importante ressaltar que tanto a indústria quanto a utilização de resíduos sólidos urbanos e estações de tratamento também possuem um enorme potencial, o que pode ser inclusive comprovado ao se notar que as plantas de maior porte utilizam estas matérias-primas para a sua produção.

Algumas curiosidades que podem também ser observadas pelos dados obtidos na plataforma é o fato de que apenas uma das unidades cadastradas faz o refinamento do biogás para a utilização do biometano; a maioria das plantas utilizam-se do biogás para gerar energia elétrica, porém 10 delas também aproveitam a energia térmica que é gerada.

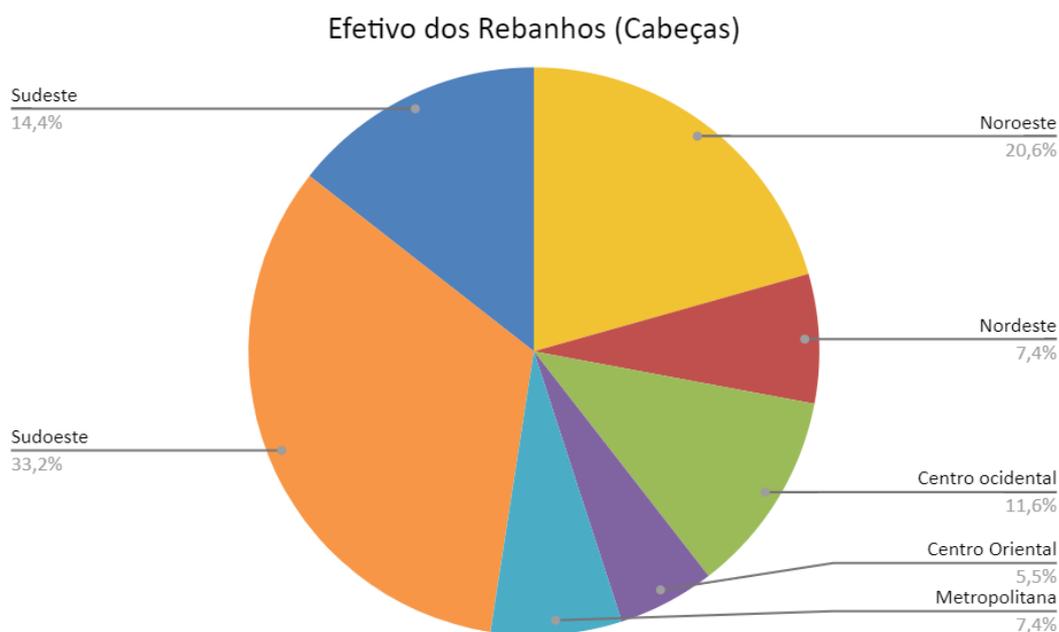
5.2 Estimativa do potencial de produção do estado

Para se estimar o potencial de geração de biogás são necessários diversos dados e critérios técnicos de produção, graças ao desenvolvimento do setor e

instituições como a Associação Brasileira do Biogás, novos estudos vêm sendo realizados trazendo maior disponibilidade de informações. Neste trabalho foi utilizado a plataforma Calculadora de Biogás no auxílio da estimativa do potencial do Estado, embora a plataforma seja útil e apresente valores consistentes, para se estimar o potencial real seriam necessários maiores estudos e outras ferramentas mais precisas.

De acordo com a Pesquisa de Pecuária Municipal (PPM, 2020), o RS conta com um rebanho efetivo de bovinos de 11,9 milhões de cabeças, sendo a maior concentração na região sudeste do estado. A Figura 13 apresenta o efetivo de rebanhos distribuídos pelo Estado.

Figura 13 - Distribuição dos rebanhos pelas regiões do RS



Fonte: Autora, 2021.

Com os valores obtidos pela PPM foi possível estimar o potencial de geração de biogás e energia elétrica de cada região. A ferramenta ainda apresenta qual o equivalente da produção em termos de botijões de gás de cozinha e casas populares que poderiam ser abastecidas pelo sistema, a Figura 14 trás os dados gerados pela calculadora para todo o rebanho do estado.

Figura 14 - Estimativa de produção via calculadora CIBiogás

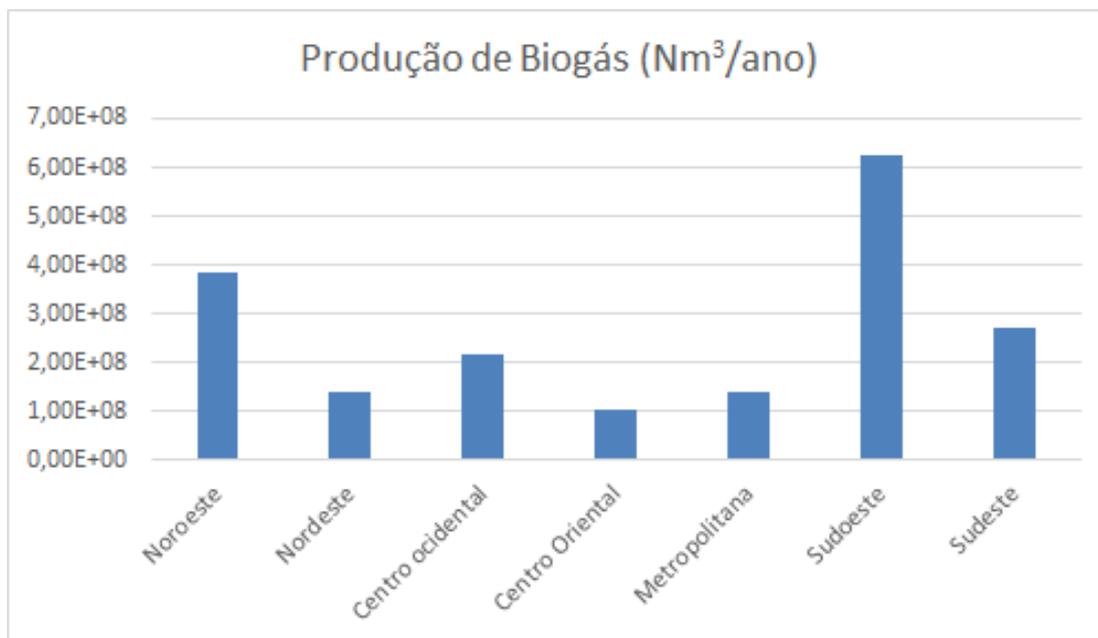


Fonte: CIBiogás, 2021.

Por essa estimativa observa-se que o RS apresenta um potencial de geração de biogás de 1878 milhões de m³/ano, o que em termos de energia elétrica são 24,8 GWh/ano capazes de alimentar o equivalente a 9409 casas populares.

A Figura 15 apresenta o potencial de produção de biogás do estado por mesorregiões. Pelo gráfico observa-se que a região com maior potencial trata-se da região sudoeste, que como visto anteriormente consta apenas com uma unidade cadastrada de aproveitamento de RSU ou ETE, em seguida vem a região noroeste, que é atualmente a região com o maior número de unidades cadastradas.

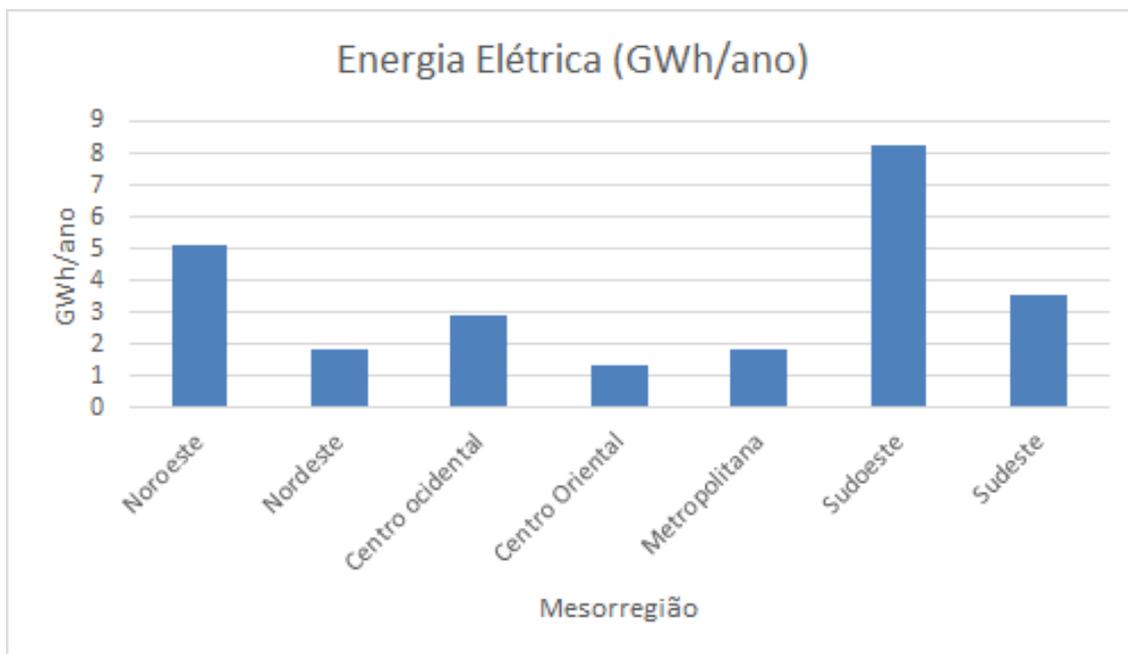
Figura 15 - Potencial de produção de biogás do RS



Fonte: Autor, 2021.

Na Figura 16 é apresentado o potencial de geração de energia elétrica a partir do biogás por região. Conforme o esperado, a região com maior potencial é a sudoeste, podendo gerar quase 9 GWh/ano, que poderiam abastecer o consumo mensal de 3.21 casas populares.

Figura 16 - Potencial de geração de energia elétrica



Fonte: Autor, 2021.

5.2.1 Comparativo com literatura especializada

Em uma ação do Projeto “Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira”, foi realizado um estudo do potencial de produção de biogás para o RS, o estudo apresenta detalhadamente o potencial estimado para os três estados da região sul do país de diversas matérias primas, entre elas a bovinocultura. Os resultados deste estudo serão apresentados a seguir e comparados com os valores obtidos no tópico anterior.

Para estimar o potencial, o projeto realizou uma pesquisa qualitativa e quantitativa, seguindo critérios técnicos de produção e não avaliando os aspectos econômicos. Os dados referentes aos tamanhos dos rebanhos foram retirados do Censo Agro Do IBGE referentes ao ano de 2017, e para o rebanho bovino foi analisado apenas bovinos de corte e leite, desconsiderando bezerros e vacas secas, ou seja vacas fora do período de lactação.

De acordo com a publicação, em 2017 o RS possuía um rebanho bovino total de 5,5 milhões de cabeças, o que segundo o estimado produziria um total de 771 milhões Nm³/ano.

Com o intuito de aferir os dados estimados pela calculadora do CIBiogás, foi realizado o cálculo para o rebanho de 2017, a Tabela 4 apresenta o comparativo dos valores obtidos para 2017 e 2019.

Tabela 4 - Comparação do potencial estimado para os anos de 2017 e 2019

Ano	Tamanho do Rebanho (milhões)	Potencial Estimado (Nm ³ /ano)
2017	5,5	863 milhões
2019	11,9	1878 milhões

Fonte: Autora, 2021.

Observa-se que o potencial estimado para 2017 pela calculadora é maior que o valor estimado pela literatura, demonstrando que a calculadora segue critérios menos rigorosos em sua estimativa e que, portanto, para definir o real potencial de uma propriedade seriam necessários estudos mais aprimorados, que incluam também o aspecto econômico do empreendimento, porém trata-se de uma ferramenta interativa que pode ser utilizada com as devidas ressalvas. Esta autora acredita que para propriedades menores a calculadora apresenta um valor mais próximo do real, pois todos os números aqui utilizados estão em escalas muito altas.

5.3 Possibilidades de incentivo

O Brasil possui uma série de políticas públicas que incentivam a utilização de fontes renováveis de energia, mas ainda são poucas as voltadas exclusivamente para o biogás. Mesmo que ainda de forma indireta essas ações já possibilitam o desenvolvimento do setor e garantem a sua participação na matriz energética brasileira.

Em termos de incentivo econômico, o Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), possui diversas linhas e programas para financiamento de projetos que

visem a produção de biogás, dentre as principais linhas de crédito estão o Finem Eficiência Energética, o Plano ABC e o BNDES-RenovaBio. Outros bancos como o Banco do Brasil, Banco do Nordeste e o Finep, também possuem linhas de créditos para quem deseja investir no setor.

Em conjunto com esses agentes, órgãos como a Agência Nacional do Petróleo e Agência Nacional de Energia Elétrica, também possuem chamadas públicas com o intuito de investirem tanto em novos projetos, quanto em projetos já consolidados. Além destes órgãos, instituições como ABiogás, CIBiogás, Global Environment Facility Biogás Brasil promovem não apenas um incentivo financeiro ao setor como também atuam na divulgação de informações técnicas, promovendo a aproximação de pesquisadores e investidores em diversos eventos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O biogás trata-se de uma fonte de energia renovável produzida a partir de resíduos e efluentes, desta forma possibilita um destino mais adequado e de menor impacto ambiental para os dejetos produzidos pela bovinocultura no país. Ao observarmos que o Brasil possui um dos maiores rebanhos bovinos do mundo, fica evidente o seu potencial como matéria-prima e ainda podemos deixar a escala produtiva mais sustentável, gerando não apenas lucros financeiros como também ambientais. Sendo assim, estimular o desenvolvimento deste setor é estimular um agronegócio mais sustentável.

Neste trabalho mapeou-se as plantas de biogás instaladas no RS considerando-se a região, o tipo de matéria-prima e a capacidade de produção de cada planta. A seguir, estimou-se a produção de biogás a partir de dejetos bovinos no RS, relacionou-se com o equivalente energético e analisou-se as políticas para o desenvolvimento e ampliação do uso dessa tecnologia. No levantamento do contexto do biogás no Brasil, observou-se que existem diversos estudos demonstrando o potencial de produção do biogás, os seus benefícios e novas tecnologias para este setor. É notável que este tema vem sendo amplamente pesquisado dentro do país, algo positivo pois demonstra que existe interesse e também que existem pessoas dispostas a se qualificarem e atuarem no ramo. O desenvolvimento de tecnologias brasileiras para o biogás torna o setor ainda mais forte e competitivo.

Ao mapear as plantas de produção existentes no estado, notou-se que O RS possui 39 plantas de biogás, sendo 27 de pequeno porte, que produzem até 1.000.000 Nm³/ano, 4 de médio porte, com produção de 1.000.001 e 5.000.000 Nm³/ano e 8 de grande porte, com produção acima de 5.000.001 Nm³/ano. Percebe-se que a região noroeste vem investindo em seu potencial, pois a mesma é a mesorregião com a maior quantidade de plantas em operação. A região metropolitana desponta como a maior produtora de biogás do estado devido às suas usinas de produção que utilizam resíduos sólidos urbanos ou de estações de tratamento de esgoto. Ainda assim a matéria prima que abastece o maior número de plantas de biogás provém de resíduos da agropecuária.

Analisando-se a data de implementação dessas plantas e as datas de criação das políticas públicas de incentivo a energias renováveis é possível perceber a relação existente entre elas. É possível notar também que conforme as políticas vão surgindo e sendo implementadas o mercado se movimenta e novos empreendimentos surgem, demonstrando a importância que governo detém para o desenvolvimento desta fonte de energia.

As barreiras que este setor ainda enfrenta não possuem solução simples e rápida, porém podem ser superadas com a cooperação de governos, de instituições de ensino e do mercado privado.

O Rio Grande do Sul possui número expressivo de bovinos que contribuem fortemente com a economia do estado, com quase 12 milhões de cabeças, o potencial estimado de produção de biogás chega a 1878 milhões de Nm³/ano. Um potencial de geração de energia elétrica de 24,8 GW capazes de abastecer mensalmente 9409 casas populares. Mesmo a calculadora utilizada neste trabalho não sendo precisa para números tão expressivos ainda é possível notar que o estado possui potencial e poderia obter vários benefícios com o incentivo desta fonte.

As regiões mais promissoras neste estudo são a região sudoeste e noroeste, a pesquisa anterior demonstra que a região noroeste já vem investindo em seu potencial, porém no sudoeste do país ainda não se observa este aproveitamento. Essa região tem potencial para produzir até 9 GWh/ano, tratando-se de uma região mais rural, o que pode trazer desafios para o setor, mas a própria experiência do noroeste do estado demonstra que não são desafios intransponíveis.

Em termos de políticas de incentivo, o BNDES possui diversas linhas e programas para financiamento de projetos que visem a produção de biogás. Bancos possuem linhas de créditos para quem deseja investir no setor. Além destes, associações de pesquisa e desenvolvimento promovem não apenas um incentivo financeiro ao setor como também atuam na divulgação de informações técnicas, promovendo a aproximação de pesquisadores e investidores em diversos eventos.

Como forma de avançar nas análises desenvolvidas neste trabalho, sugere-se que outros estudos sejam realizados com o intuito de padronizar as metodologias de

análise de potencial, atualizar os dados quanto aos empreendimentos existentes que não se encontrem cadastrados na plataforma e analisar o potencial de outras matérias primas disponíveis no estado.

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético na Destinação de Resíduos Sólidos.** Disponível em: <http://abrelpe.org.br/atlas-brasileiro/>. Acesso em 06 de abr. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA.** Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/pt/proinfa>. Acesso em: 28 mar. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Política Nacional de Biocombustíveis - RenovaBio.** Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/renovabio>. Acesso em: 26 mar. 2021.

ALBUQUERQUE, Igor. ALENCAR, Ane. ANGELO, Claudio. AZEVEDO, Tasso. BARCELLOS, Felipe. COLUNA, Iris. COSTA JUNIOR, Ciniro. CREMER, Marcelo. PIATTO, Marina. POTENZA, Renata. QUINTANA, Gabriel. SHIMBO, Júlia. TSAI, David. ZIMBRES, Bárbara. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019.** SEEG, 2020. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DO_C_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf. Acesso em: 15 mar. 2021.

ANGONESE, André Ricardo, CAMPOS, Alessandro Torres, PALACIO, Soraya Moreno, SZYMANSKI, Nayara. Avaliação da eficiência de um biodigestor tubular na redução da carga orgânica e produção de biogás a partir de dejetos de suínos.. In: **Encontro de Energia no Meio Rural**, 6., 2006, Campinas. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000100022&lng=en&nrm=abn. Acesso em: 02 maio 2021.

ANGONESE, André R., CAMPOS, Alessandro T., WELTER, Rosilene A., **Potencial de redução de emissão de equivalente de carbono de uma unidade suinícola com biodigestor.** Engenharia Agrícola, v. 27, n. 3, p. 648–657, dez. 2007. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000400007&lng=en&nrm=iso. Acesso em 02 maio 2021.

BRASIL. Câmara Dos Deputados. **Projeto de Lei 2193/2020**. Institui a Política Federal do Biogás e Biometano. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2020. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2250615>. Acesso em: 2 maio. 2021.

BIODIESELBR. **Biodigestor**. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/energia/biogas/biodigestor>. Acesso em: 16 mar. 2021.

Biogasmapp. Disponível em: <https://mapbiogas.cibiogas.org/>. Acesso em: 17 abr. 2021.

COLATTO, Luciulla, LANGER, Marcelo, **Biodigestor – resíduo sólido pecuário para produção de energia**. Unoesc & Ciência - ACET, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 119–128, 2012. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/738>. Acesso em: 04 mar. 2021.

COLDEBELLA, Anderson, SOUZA, Samuel Nelson Melegari de, FERRI, Priscila, KOLLING, Evandro Marcos. **VIABILIDADE DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE UM MOTOR GERADOR UTILIZANDO BIOGÁS DA SUINOCULTURA**. Informe GEPEC, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 44-55, jun. 2009. ISSN 1679-415X. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/view/2186>. Acesso em: 02 maio 2021. doi:<https://doi.org/10.48075/igepec.v12i2.2186>.

CORTEZ, Luís Augusto Barbosa, LORA, Electo Eduardo Silva, GÓMEZ, Edgardo Olivares, **Biomassa para energia**. 1ª edição, Unicamp, 2008, Campinas (SP, BRAZIL)

DEGANUTTI, Roberto, *et al.* Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. In: **Encontro de Energia no Meio Rural**, 4., 2002, Campinas. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000100031&lng=en&nrm=abn. Acesso em: 26 nov. 2016.

DONGALA, Abrão Marcandi, **Projeto de biodigestor para geração de bioenergia em sistema de produção de suínos: um estudo de caso da região de Icolo e**

Bengo – Angola. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: http://www.bdtd.uerj.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2509. Acesso em: 02 maio 2021.

GARCIA JUNIOR, Luiz Claudio, PIRES, Marcel Viana, DA CUNHA, Dênis Antônio, BIODIGESTORES PARA A MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELA BOVINOCULTURA NA REGIÃO SUDESTE, BRASIL. **Revista de Economia e Agronegócio**, [S. l.], v. 14, n. 1,2,3, 2016. DOI: 10.25070/rea.v14i1,2,3.355. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rea/article/view/7667>. Acesso em: 24 fev. 2021.

JARDINE, José Gilberto, BARROS, Talita Delgrossi, Agência Embrapa de Informação Tecnológica - Plano Nacional de Agroenergia. **Embrapa.br**, 2011. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fj1ma9ra02wyiv802hvm3j4y1chlr.html>. Acesso em: 28 mar. 2021.

JÚNIOR, Jorge de Lucas, SANTOS, Tânia ., Aproveitamento de Resíduos da Indústria Avícola para Produção de Biogás. **Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola** 12 de abril de 2000 – Concórdia, SC. Disponível em: http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/anais/anais65_lucas.pdf. Acesso em: 02 maio 2021.

LORA, Electo Eduardo Silva, VENTURINI, Osvaldo José, **Biocombustíveis**, vol. 1; 1ª edição, Interciência, 2012, Rio de Janeiro (RJ, BRAZIL)

MACHADO, Rosane Bueno, **O biodigestor como alternativa tecnológica para tratamento de dejetos suínos: um estudo de caso do sistema integrado de produção na região das missões do estado do Rio Grande do Sul.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/8205>. Acesso em: 02 maio 2021.

MARIANI, Leidiane. **Biogás: diagnóstico e propostas de ações para incentivar seu uso no Brasil.** 2018. 1 recurso online (144 p.). Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP. Disponível em:

http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/333144/1/Mariani_Leidiane_D.pdf.

Acesso em 02 maio 2021.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Plano ABC - Agricultura de Baixo Carbono. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono#:~:text=Plano%20ABC%20%2D%20Agricultura%20de%20Baixa,de%20Carbono%20%E2%80%94%20Portugu%C3%AAs%20\(Brasil\)&text=Seu%20navegador%20n%C3%A3o%20pode%20executar,recursos%20podem%20n%C3%A3o%20funcionar%20corretamente.&text=Decreto%20n%C2%B0%2010.139%20%2D%20Consolida%C3%A7%C3%A3o%20dos%20atos%20normativos%20inferiores%20a%20decreto](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono#:~:text=Plano%20ABC%20%2D%20Agricultura%20de%20Baixa,de%20Carbono%20%E2%80%94%20Portugu%C3%AAs%20(Brasil)&text=Seu%20navegador%20n%C3%A3o%20pode%20executar,recursos%20podem%20n%C3%A3o%20funcionar%20corretamente.&text=Decreto%20n%C2%B0%2010.139%20%2D%20Consolida%C3%A7%C3%A3o%20dos%20atos%20normativos%20inferiores%20a%20decreto). Acesso em: 31 mar. 2021.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Projeto Brasil-Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil - Probiogás. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/probiogas>. Acesso em: 31 mar. 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano Nacional sobre Mudança do Clima. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima/plano-nacional-sobre-mudanca-do-clima.html>. Acesso em: 4 abr. 2021.

PEREIRA, Bruno Alvez; Biogás no Brasil e na MMP: Barreiras de Difusão e Mecanismos de Incentivo. **Diálogos Socioambientais na Macrometrópole Paulista**, v. 3, n. 09, p. 32-34, 16 dez. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufabc.edu.br/index.php/dialogossocioambientais/article/view/406/259>. Acesso em 16 mar. 2021.

POMPERMAYER, Raquel de Souza; PAULA JUNIOR, Durval Rodrigues de. Estimativa do potencial brasileiro de produção de biogás através da biodigestão da vinhaça e comparação com outros energéticos.. **Encontro de Energia no Meio Rural**, 3., 2000, Campinas. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000002200000200055&lng=en&nrm=abn. Acesso em: 02 maio. 2021.

PRATI, Lissandro. **Geração de energia elétrica a partir do biogás gerado por biodigestores**. Dissertação (Graduação) - Universidade Federal do Paraná, 2010. Disponível em: <http://www.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/148.pdf>. Acesso em: 02 maio 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Assembléia Legislativa. **Projeto de Lei nº 15.337, de 28 de novembro de 2019**. Altera os artigos da Lei nº 14.864/16 que institui a Política Estadual do Biometano. Porto Alegre, RS: Assembleia Legislativa, 2019. Disponível em:

<https://secweb.procergs.com.br/doe/public/downloadDiario/diario-download-form.xhtml?dataPublicacao=2019-11-29&nroPagina=5>. Acesso em: 2 maio 2021.

SALOMON, Kanina Ribeiro, LORA, Electo Eduardo Silva, Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil. **Biomassa e Energia**, v.2, n.1, p. 57-67, 2005. Disponível em:

SOUZA, Ozair, et. al., Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p.438–443, 2010, Campina Grande, PB, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000400014&lng=en&nrm=is. Acesso em 02 maio 2021.

VIDAL, Adriano Gasparini. **Produção de biogás em reator anaeróbio de alta taxa alimentado com a fração líquida de esterco bovino peneirado**. 2015. Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2015. doi:10.11606/D.18.2015.tde-13082015-111246. Acesso em: 18 abr 2021.

APÊNDICE

BIOGÁS: MAPEAMENTO DO POTENCIAL INSTALADO NO RS

Amanda Martinello Neres de Souza

Sabrina Neves da Silva

Resumo: O biogás é o resultado da decomposição anaeróbica da matéria orgânica, trata-se de uma mistura com propriedades combustíveis que pode substituir total ou parcialmente o gás liquefeito de petróleo. Neste trabalho foi realizada uma análise do potencial instalado no Rio Grande do Sul, através da plataforma Biogasmap. Observou-se que o estado conta com 39 plantas instaladas, dessas 8 são de grande porte, 4 são de médio porte e 27 são de pequeno porte, a região com a maior quantidade de plantas instaladas trata-se da região noroeste, enquanto que a região mais produtora em termos de volume é a região metropolitana. Notou-se também que a matéria prima mais utilizada pelo setor provém da agropecuária.

Palavras Chaves: Biogás, potencial, energia, resíduos.

1 INTRODUÇÃO

A diversificação da matriz energética brasileira vem sendo estimulada através de programas como o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), que busca aumentar a participação de fontes renováveis através de produtores independentes autônomos (ANEEL, 2015). Graças a programas como o PROINFA a produção de biogás aumentou em todo o país, mostrando que a agricultura também pode contribuir com a produção de uma energia sustentável.

O biogás é uma mistura gasosa composta principalmente de metano (CH₄), e que possui características combustíveis. Proveniente da decomposição de matéria orgânica, seu uso vem sendo estimulado em diversos países por se tratar de uma opção energética renovável e eficiente capaz de substituir total ou parcialmente o gás de cozinha, gás liquefeito de petróleo (GLP).

Por ser resultado da decomposição de matéria orgânica, suas fontes de matéria prima são amplas, sendo as principais utilizadas: resíduos sólidos orgânicos

(RSU), estações de tratamento de esgoto (ETE), dejetos da suinocultura e dejetos da bovinocultura.

Mesmo se tratando de uma fonte em crescimento, a situação do setor ainda é desconhecida daqueles que não atuam na área. Visando aumentar a sua visibilidade, este trabalho se propõe a analisar as informações disponíveis no Biogasmapp e apresentar os principais destaques para o Rio Grande do Sul.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O biogás, primeiramente conhecido por gás de pantano, é oriundo da decomposição anaeróbica da matéria orgânica, trata-se de uma mistura de gases com predominância do metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) (LORA, VENTURINI, 2012).

Sua descoberta data de 1667, porém o primeiro relato de um experimento para a coleta do biogás é de 1895. Na natureza, o biogás pode ser encontrado em locais onde a celulose se encontra em decomposição naturalmente como pântanos (DONGOLA, 2010).

O seu potencial energético depende da quantidade de metano presente em sua composição, é ele também o responsável por determinar o poder calorífico do gás. A concentração de CH_4 varia de acordo com a sua fonte de geração, ficando entre 40 a 75% (LORA, VENTURINI, 2012).

Em sua composição encontramos ainda a presença de gás sulfídrico (H_2S), o que acaba corroborando para que o biogás seja abrasivo, em termos de corrosão, e necessite de equipamentos especiais. E devido a baixa densidade do CH_4 , sua liquefação, transporte e armazenamento é dificultada devido ao volume significativo que ele ocupa (LORA, VENTURINI, 2012).

A decomposição anaeróbia ocorre através de uma série de processos bioquímicos, podendo-se dividi-los em três processos principais: hidrólise - acidogênese, acetogênese e metanogênese (LORA, VENTURINI 2012, apud MCCARTY, SMITH 1986 e SPEECE 1996). Na hidrólise - acidogênese, os compostos orgânicos complexos são quebrados em açúcares, ácidos, etc, para que então possam ser assimilados pelos microrganismos. Na fase seguinte, a acetogênese, os produtos obtidos são oxidados a acetatos, H_2 e CO_2 , servindo então como substrato aos microrganismos metanogênicos. Por fim na metanogênese os

substratos concluem o processo de degradação e são transformados em CH₄ e CO₂ (LORA, VENTURINI, 2012 apud SPEECE, 1996).

Energeticamente, um metro cúbico (1 m³) de é o equivalente à 1,5 m³ de GLP, 0,55 litros de óleo diesel e entre 0,61 e 0,70 litros de gasolina (COLDEBELLA, *et al*, 2008; POMPERMAYER, PAULA JUNIOR, 2003).

Um levantamento realizado em 2019, observou que o estado do Rio Grande do Sul (RS), dispõe de um potencial de geração de energia elétrica de 8,7 MW utilizando-se o biogás. Para chegar a este valor foi considerado um volume de biogás entre 670 e 800 m³/h com uma pureza de 50% de CH₄ para garantir uma geração de 1MWe, também foi considerado um percentual de que apenas 40% de todo o biogás gerado é capturado (ABRELPE, 2019).

3 METODOLOGIA

Para o levantamento de dados deste trabalho foi utilizada a plataforma Biogasmapp, que reúne informações de empreendimentos de biogás em todo o país. O cadastro na plataforma é feito de forma voluntária, portanto podem haver plantas que não se encontram registradas no site.

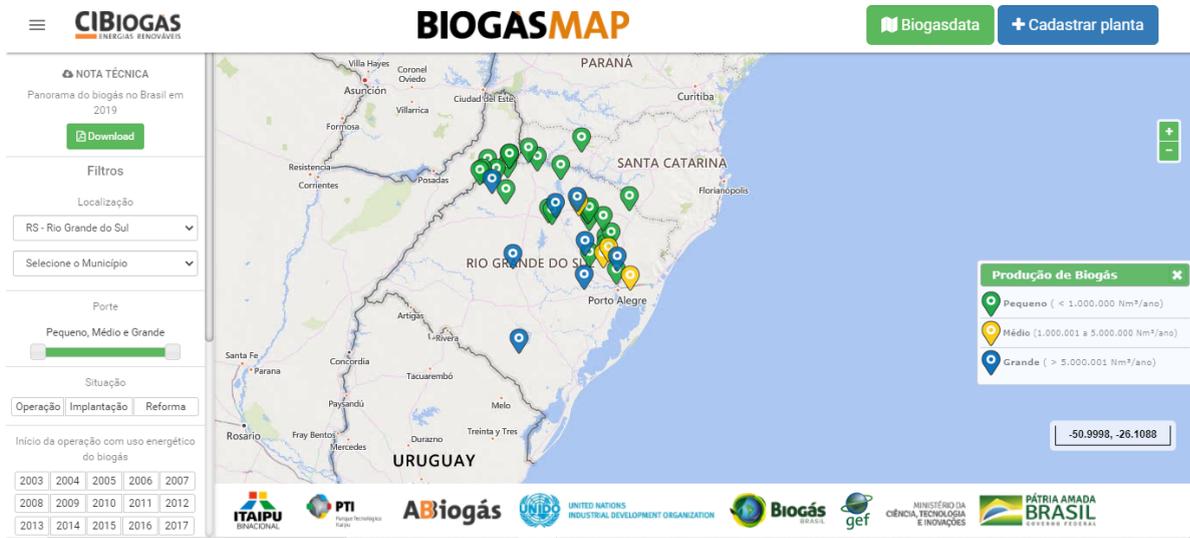
O site disponibiliza um relatório que pode ser baixado em formato de pdf ou planilha, neste relatório contém dados como: localização da planta, situação, matéria prima utilizada, destino do biogás, ano de implementação e o porte do empreendimento.

Como o foco deste trabalho é o estado do RS, apenas os dados referentes à ele foram importados. Após a importação os dados foram organizados e as análises realizadas serão discutidas no tópico a seguir.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O RS conta atualmente com um total de 39 plantas cadastradas no Biogasmapp, elas estão divididas entre pequeno, médio e grande porte. A Figura 1 apresenta a interface do sistema bem como as 39 plantas cadastradas no sistema dentro do estado.

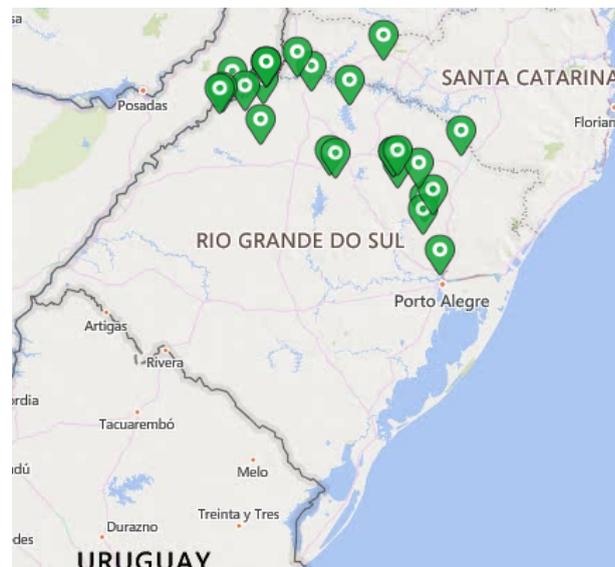
Figura 1- Interface do Biogasmmap



Fonte: Biogasmmap, 2021.

As plantas de pequeno porte produzem até 1.000.000 Nm³/ano e estão representadas no mapa com ícones na cor verde, o RS possui 27 dessas plantas conforme apresentado na Figura 2.

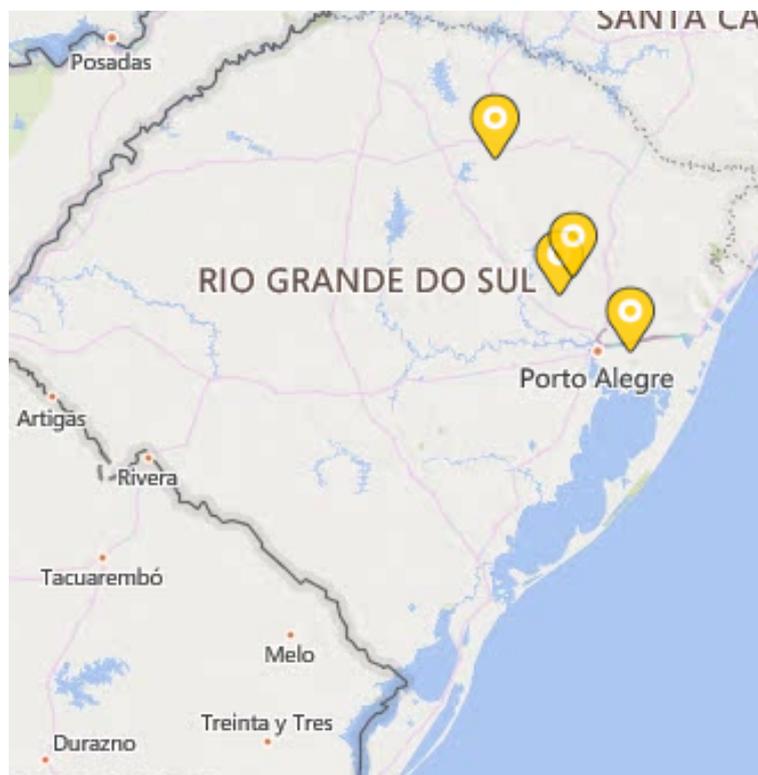
Figura 2. Plantas de biogás de pequeno porte



Fonte: Biogasmmap, 2021.

Plantas de médio porte produzem entre 1.000.001 e 5.000.000 Nm³/ano e são representadas no mapa por ícones na cor amarela. O Estado conta com 4 dessas plantas conforme pode ser observado na Figura 3.

Figura 3. Plantas de biogás de médio porte



Fonte: Biogasmap, 2021.

Por fim, plantas de grande porte produzem acima de 5.000.001 Nm³/ano, e são representadas por ícones azuis no mapa. Atualmente o RS possui 8 desses empreendimentos conforme demonstrado na Figura 4.

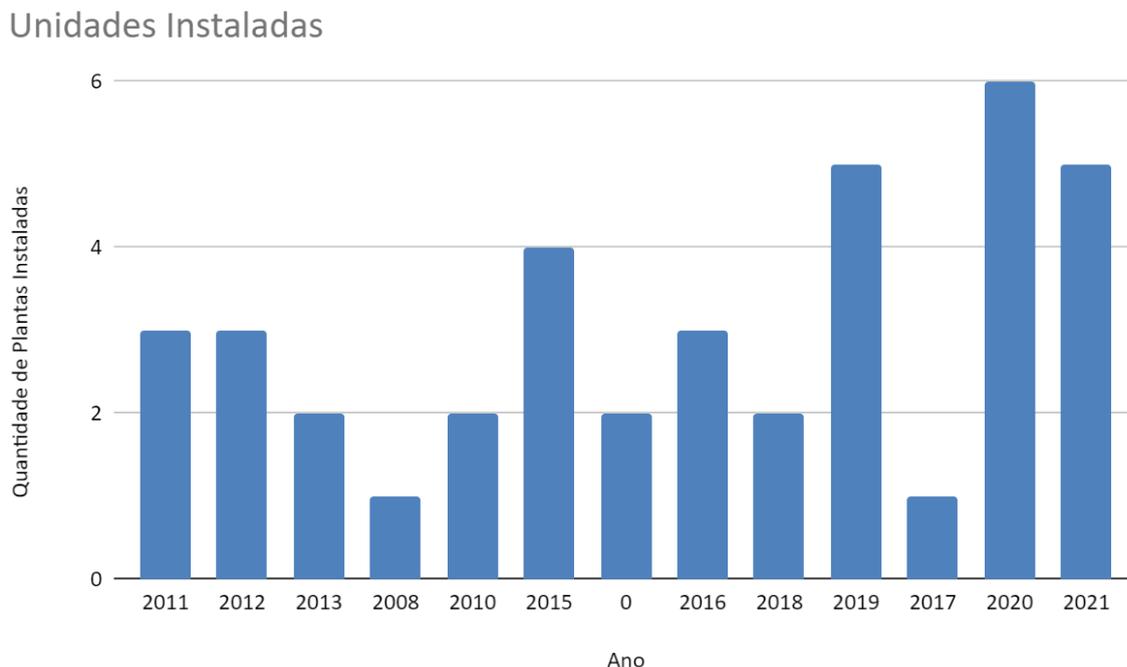
Figura 4. Plantas de biogás de grande porte



Fonte: Biogasmapp, 2021.

Com os dados obtidos através do relatório fornecido pela plataforma, foi possível estimar de forma gráfica quantos empreendimentos de biogás iniciaram suas atividades através dos anos, o resultado pode ser observado na Figura 5.

Figura 5. Estimativa de empreendimentos de biogás implementados por ano

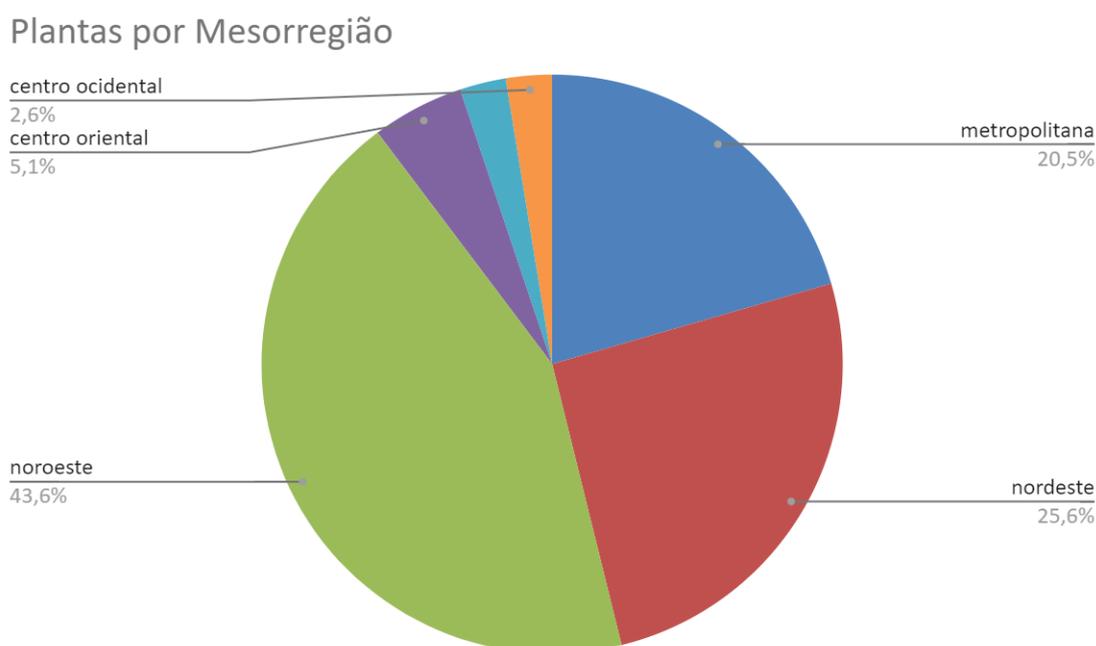


Fonte: Autora, 2021.

Observa-se que no ano de 2020, 6 plantas iniciaram suas atividades, sendo este o maior número até o momento, porém que pode ser superado pois 2021 já conta com 5 empreendimentos registrados. As plantas no ano 0 tratam-se de plantas em reforma ou instalação.

Ao separar as plantas por mesorregiões, observa-se que a região noroeste se destaca por possuir 43,6% das plantas registradas, e destas, apenas uma é de médio porte e duas são de grande porte. A Figura 6 apresenta a divisão das plantas por regiões.

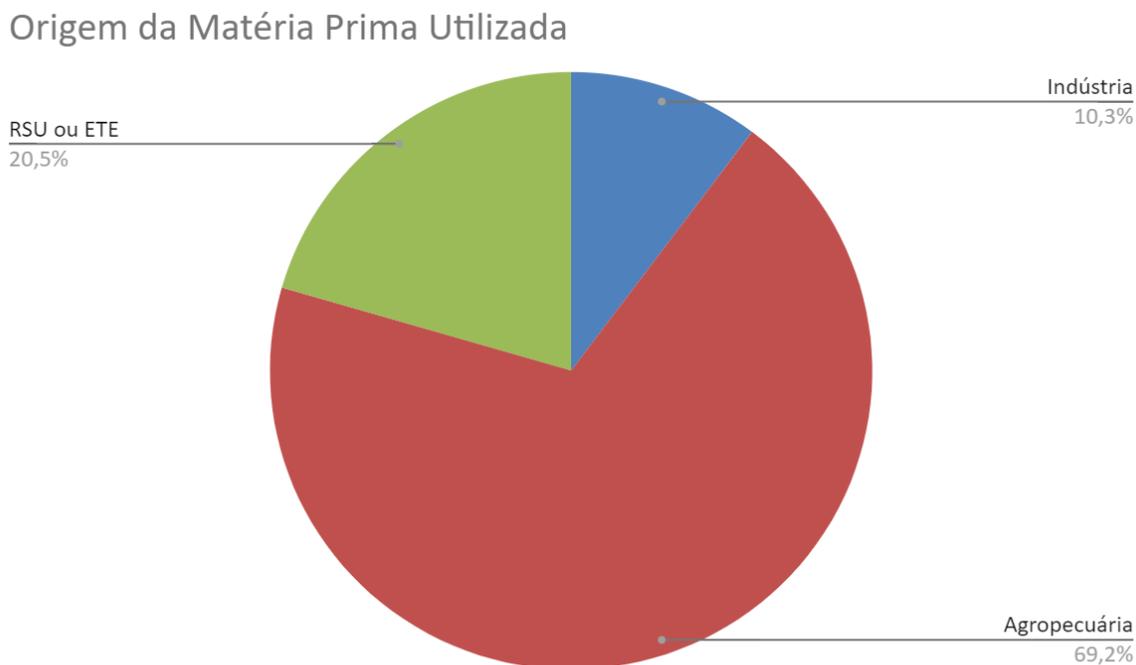
Figura 6. Porcentagem de plantas cadastradas por regiões



Fonte: Autora, 2021.

Um ponto interessante observado é que a maioria das plantas são de pequeno porte, e ao observar-se as matérias primas mais utilizadas no RS, nota-se que a agropecuária representa 69,2% destas. Logo pode-se compreender que essas plantas situam-se em sua maioria em propriedades rurais. A figura 7 apresenta graficamente a porcentagem das matérias primas utilizadas no estado.

Figura 7. Origem da Matéria Prima Utilizada



Fonte: Autora, 2021.

Ainda que em menor quantidade, 20,5% dos empreendimentos do estado utilizam como matéria prima resíduos sólidos urbanos ou estações de tratamento de esgoto. Essas plantas situam-se principalmente na região metropolitana do estado e são de médio ou grande porte. Quando analisa-se a região que mais produz biogás no estado, quem se destaca é justamente a região metropolitana, pois mesmo tendo um número menor de plantas, as que ali estão situadas são de médio ou grande porte, fazendo com que o somatório da região seja superior ao do noroeste.

Uma curiosidade que pode ser demonstrada pelo mapa é que apenas uma das instalações faz o refino do biogás para biometano; e a maioria das plantas utiliza o biogás para a produção de energia elétrica e em menor número para a geração térmica.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que o RS possui um setor de biogás ainda em crescimento, porém é notável o seu potencial, como demonstrado pelas 39 plantas cadastradas. A utilização de RSU e ETEs para a geração de energia é uma tendência mundial e que

já está adentrando no estado. Mesmo que pareça que a agricultura esteja perdendo espaço, esta não é uma observação verdadeira, pois este setor ainda é um dos principais pilares da economia sul rio grandense e portanto o investimento na sua utilização continuará sendo viável.

Os benefícios tanto econômicos quanto ambientais do biogás são oportunidades de negócios que precisam ser mais divulgadas para que haja o crescimento do setor. Ter plataformas que demonstram os dados aqui analisados auxiliam nessa divulgação e também no fortalecimento do setor, mostram também aos investidores que as tecnologias utilizadas trazem resultados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético na Destinação de Resíduos Sólidos.** Disponível em: <http://abrelpe.org.br/atlas-brasileiro/>. Acesso em abril/2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA.** Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/pt/proinfa>. Acesso em: 28 mar. 2021.

ALBUQUERQUE, Igor. ALENCAR, Ane. ANGELO, Claudio. AZEVEDO, Tasso. BARCELLOS, Felipe. COLUNA, Iris. COSTA JUNIOR, Ciniro. CREMER, Marcelo. PIATTO, Marina. POTENZA, Renata. QUINTANA, Gabriel. SHIMBO, Júlia. TSAI, David. ZIMBRES, Bárbara. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019.** SEEG, 2020. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf. Acesso em: março/2021.

Biogasmapp. Disponível em: <https://mapbiogas.cibiogas.org/>. Acesso em: abril/2021.

COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M.; FERRI, P.; KOLLING, E. M. **Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura.** Informe Gepec, v. 12, n. 2, Jul./Dez.

LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J.; **Biocombustíveis**, vol. 1; 1ª edição, Interciência, 2012, Rio de Janeiro (RJ, BRAZIL)

POMPERMAYER, Raquel de Souza; PAULA JUNIOR, Durval Rodrigues de. **Estimativa do potencial brasileiro de produção de biogás através da biodigestão da vinhaça e comparação com outros energéticos**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. Proceedings online. Disponível em:
http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000002200000200055&lng=en&nrm=abn. Acesso em: maio/2021.