

O BIOGÁS COMO FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA

BIOGAS AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF ENERGY

Henrique Gois Vieira – henriquevieira96@outlook.com

Henrique Quero Polli – henrique.polli@fatectq.edu.br

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

DOI: 10.31510/inf.v17i1.766

RESUMO

Em longo prazo há uma tendência de esgotamento das fontes tradicionais de energia, e vários pesquisadores vêm afirmando que o interesse por matrizes energéticas renováveis e alternativas tem vivido uma fase de crescimento no Brasil. A produção de biogás vem avançando em diversos aspectos, sendo responsável pela redução da emissão de metano orgânico e CO₂ na atmosfera, podendo ser utilizado na geração de eletricidade e como biocombustível para veículos, em substituição ao diesel. A biomassa de origem orgânica tem o benefício de gerar energia renovável, em forma de calor e eletricidade, reduzindo o impacto ambiental devido ao seu descarte. No entanto, alguns estudiosos têm afirmado que faltam políticas viabilizando a entrada de tecnologias usadas nas estações de beneficiamento do biogás no Brasil. Este artigo visa analisar as condições atuais da produção de biogás no Brasil, bem como as perspectivas para a sua produção a partir de resíduos agroindustriais, junto a sua utilização como energia.

Palavras-chave: Biogás. Energia alternativa. Biomassa.

ABSTRACT

In the long run, there is a tendency to deplete traditional energy sources, and several researchers have stated that the interest in renewable and alternative energy matrices has been experiencing a growth phase in Brazil. The production of biogas has been advancing in several aspects, being responsible for the reduction of the emission of organic methane and CO₂ in the atmosphere, being able to be used in the generation of electricity and as biofuel for vehicles, replacing diesel. Biomass of organic origin has the benefit of generating renewable energy, in the form of heat and electricity, reducing the environmental impact due to its disposal. However, some scholars have stated that there is a lack of policies enabling the entry of technologies used in biogas processing stations in Brazil. This article aims to analyze the current conditions of biogas production in Brazil, as well as the perspectives for its production from agro-industrial waste, together with its use as energy.

Keywords: Biogas. Alternative energy. Biomass.

1 INTRODUÇÃO

Os combustíveis fósseis, apesar de serem abundantes não são renováveis, estando relacionados a impactos ambientais, e sujeitos a volatilidade em seus preços, dessa forma, nos últimos anos tem-se intensificado a procura por fontes alternativas e renováveis de energia. Hernandez (2008) expõe que uma das maiores dificuldades atrelada ao desenvolvimento econômico mundial é a produção energética de cada país, devido ao uso de fontes de carbono fóssil, com 36% correspondente ao petróleo, 23% ao carvão, e 21% ao gás natural.

Segundo o Banco de Informações de Geração da ANEEL (ANEEL/BIG) o Brasil possui uma matriz energética majoritariamente concentrada em grandes centrais hidrelétricas, com a geração hídrica correspondendo a cerca de 60,7% da potência instalada. Apesar de se tratar de uma fonte de energia renovável, essas centrais hidrelétricas geram impactos negativos, devido à utilização de grandes áreas.

Silva e Cavaliero (2004) afirmam que o interesse por matrizes energéticas renováveis, principalmente as alternativas (energia solar, dos ventos, biomassa), têm vivido uma fase de crescimento no Brasil, uma vez que o apelo ambiental vinha sendo utilizado como o único argumento viável para a utilização dessas fontes. A partir da crise da energia elétrica e o plano de racionamento de 2001, passou-se a incentivar a diversificação das fontes de energia como uma necessidade.

O biogás diminui o lançamento de metano orgânico e CO₂ na atmosfera, podendo ser utilizado na geração de eletricidade e como biocombustível para veículos, em substituição ao diesel. Quando queimado, o biogás transforma metano em CO₂ e água, podendo ainda ser utilizado como uma alternativa ao gás natural. Esse gás é gerado através da decomposição dos resíduos orgânicos depositados em biodigestores, tendo como componente principal o gás metano (CH₄). A biomassa é definida como qualquer material que tem a propriedade de se decompor por efeito biológico, ou seja, pela ação de diferentes tipos de bactérias (CONDEBELLA, 2005).

De acordo com Gonçalves Júnior et al. (2009) nos próximos anos, as fontes alternativas de energia provenientes da biomassa devem movimentar volumes expressivos de recursos nas transações agrícolas internacionais.

Segundo Mathias e Mathias (2015), a biomassa de origem orgânica tem o benefício duplo de gerar energia renovável, em forma de calor e eletricidade, e de diminuir o impacto

ambiental devido ao seu descarte. Na produção do biogás, representa uma forma de geração distribuída (produção de energia descentralizada e em pequena escala) e, levando-se em consideração as particularidades nacionais, demonstra um potencial de trazer uma nova função econômica para as áreas rurais.

A produção de biogás vem avançando em diversos aspectos, como na melhoria dos processos de tratamento de resíduos sólidos e esgotos, no desenvolvimento de processos para digestão anaeróbica, na produção de calor e energia, na purificação do produto para compatibilizá-lo com as utilizações existentes de gás natural e na extração de químicos, entretanto, muitas questões têm sido levantadas, como por exemplo, as políticas de incentivo e subsídios, e o custo das tecnologias necessárias.

O presente artigo visa analisar as condições atuais da produção de biogás no Brasil, bem como as perspectivas futuras para a sua produção a partir de resíduos agroindustriais, junto a sua utilização como energia, tendo como base um levantamento bibliográfico a respeito do tema.

2 BIOGÁS COMO UMA ALTERNATIVA DE ENERGIA RENOVÁVEL

Milanez et al. (2018) afirma que em longo prazo há uma tendência de esgotamento das fontes tradicionais de energia, como o carvão e o petróleo, sendo emergente o surgimento de novas fontes, especialmente as renováveis. O aproveitamento da biomassa, principalmente o biogás, pode ser visto como uma fonte privilegiada, uma vez que as energias convencionais apresentam custos crescentes de produção e impactos socioambientais relevantes.

Kim (2006) afirma que nos últimos cinquenta anos a utilização intensiva de energia não-renovável propiciou importantes conquistas à humanidade, entretanto, surgiram problemas complexos que têm causado mudanças climáticas irreversíveis, nascendo a necessidade de diminuir as emissões de carbono na atmosfera e a adotar medidas emergenciais, como a utilização de fontes energéticas renováveis e limpas.

Esperancini et al. (2007) defendem que o desenvolvimento e a implementação de alternativas tecnológicas visando à geração de energia de menor custo podem gerar impactos socioeconômicos positivos. A utilização de biomassa para produzir energia é uma alternativa muito promissora, propiciando o uso mais racional dos recursos disponíveis na exploração

agrícola, reduzindo a transferência de renda para outros agentes e diminuindo a dependência de fontes externas de energia.

O uso de combustíveis renováveis foi impulsionado devido à elaboração do *RenovaBio*, criado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e da EPE. O programa objetiva a produção sustentável de biocombustíveis no Brasil, e pressupõe que o aumento da produção está vinculado às premissas de um mercado competitivo com empresas em equilíbrio econômico e financeiro (MILANEZ et al. 2018).

De acordo com Cabello (2006) são diversas as fontes de energia renováveis disponíveis, no entanto, a biomassa tende a ser uma alternativa viável. O aumento da participação da biomassa a partir da utilização de fontes amiláceas na matriz energética é uma oportunidade de execução sustentável das políticas de cunho social, ambiental e econômico.

O biogás foi descoberto no século XVIII, por Alessandro Volta, e começou a ser produzido em larga escala em biodigestores espalhados pela China e Índia com a intenção de atender as necessidades energéticas na zona rural (SILVEIRA, 1981). Segundo Seghezze et al. (1998) na atualidade, o interesse maior está relacionado à sua capacidade de estabilização de resíduos, devido à necessidade cada vez maior de preservação do meio ambiente.

A composição típica do biogás é cerca de 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de hidrogênio, nitrogênio, amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, amins voláteis e oxigênio (WEREKO-BROBBY; HAGEN, 2000 apud COELHO et al., 2006). Dependendo da eficiência do processo, influenciado por fatores como carga orgânica, pressão e temperatura durante a fermentação, o biogás pode conter entre 40% e 80% de metano (COELHO et al, 2006).

Ranzi et al. (2004) explicam que a composição do biogás pode variar de acordo com a temperatura no interior do biodigestor, o resíduo com que é alimentado e o tempo de retenção hidráulica. O biogás é um gás inflamável, devido à presença do metano, gás predominante, inodoro, insípido e incolor, e seus valores caloríficos variam conforme a porcentagem do metano, o que possibilita sua utilização como substituto de muitos combustíveis, podendo ser usado em fogões, geladeiras, aquecedores, lampiões, ferros de passar roupa, refrigeradores, motores e geradores, dentre outros equipamentos adaptados para funcionar com o biogás. Para

a utilização em motores e outros equipamentos, é recomendável a retirada do sulfeto de hidrogênio, que é corrosivo.

Segundo Milanez et al. (2018) no período de um ano a biodegradação natural de matéria orgânica em condições anaeróbicas libera entre 590 a 800 milhões de toneladas de metano na atmosfera. A produção de biogás faz parte do ciclo global do carbono. É explorando esses processos bioquímicos que os sistemas de recuperação de biogás decompõem vários tipos de biomassa, utilizando o biogás liberado como fonte de energia, sendo necessário a atividade de pelo menos três comunidades bacterianas nas cadeias bioquímicas que liberam metano.

Primeiramente, durante a hidrólise, enzimas extracelulares degradam carboidratos complexos, lipídios e proteínas nas suas unidades constitutivas, em seguida ocorre a fermentação, em que os produtos da hidrólise são convertidos em ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono. Bactérias mediando tais reações exaurem o oxigênio residual no digestor, proporcionando condições adequadas para o processo final (metanogênese), no qual bactérias anaeróbicas controlam a produção de metano dos produtos da acidogênese. (BOND; TEMPLETON, 2011).

De acordo com Bollman et al. (2008) há variadas tecnologias para realizar a conversão energética do biogás, transformando um tipo de energia em outro. A energia química contida nas moléculas do biogás é convertida em energia mecânica através de um processo de combustão controlada, ativando um gerador, que a converte em energia elétrica. O ciclo Rankini (caldeira com turbina a vapor) e os motores de combustão internado tipo “Ciclo Otto” são as tecnologias mais utilizadas para esse tipo de conversão energética.

Segundo Gryscek e Belo (1983), resíduos altamente fibrosos, como o bagaço de cana e a casca de arroz, considerados de baixa digestibilidade, apresentam menor potencial de geração de biogás, enquanto materiais ricos em amido (restos de grãos ou grãos deteriorados), proteína (restos e sangue de abatedouro), celulose (gramíneas) e carboidratos apresentam um potencial mais elevado. Heydt, et al. (2020), ao avaliarem a degradação e o potencial de produção de biogás do biopolímero de amido de batata por digestão anaeróbia em fase mesofílica com os reatores em operação batelada, observaram que a adição de apenas 7% de biopolímero de amido de batata, apresentou melhores resultados referentes a composição do biogás.

Fernandes e Testezlaf (2002) entendem que o uso de biodigestores auxilia na integração das atividades agropecuárias, aproveitando o esterco, que muitas vezes não possui nenhum valor comercial, e convertendo-o em duas bases para o desenvolvimento sustentável: energia renovável e fertilizante orgânico, proporcionando expansão da produção agrícola e energia para a transformação dos produtos, o que agrega valor, organiza a produção, aumenta a conservação e melhora a logística de comercialização. Barbosa e Langer (2011), ao fazerem uma análise técnica de biodigestores para tratamento de resíduos de suínos e geração de biofertilizantes e biogás em propriedades rurais, concluíram que essa tecnologia de biodigestores traz ganhos significativos para o produtor e o meio ambiente, uma vez que, o tratamento e destinação de resíduos (dejetos) gerados na propriedade, são de responsabilidade do produtor.

O desenvolvimento do conhecimento sobre a digestão anaeróbia é um dos mais promissores no campo da biotecnologia, uma vez que é fundamental para promover, com grande eficiência, a degradação dos resíduos orgânicos que são gerados em grandes quantidades nas modernas atividades rurais e industriais (LUCAS JÚNIOR, 1987).

Tolmasquim (2003) afirma que falta uma política que viabilize a entrada de tecnologias usadas nas estações de beneficiamento do biogás no Brasil, ao contrário do ocorrido no caso das termelétricas alimentadas por gás natural.

Segundo Milanez et al. (2018) devido ao fato de ser gerado de modo contínuo, o biogás difere-se da energia solar e eólica, sendo possível estocá-lo com baixo custo, seja como matéria-prima, ou como gás comprimido. Por conta de sua estabilidade, pode atuar como mecanismo regulador da intermitência das fontes eólica e fotovoltaica. O metano que iria para a natureza, causando a poluição do solo e da atmosfera é transformado em fonte de energia. A produção do biogás, quando proveniente de atividades agropecuárias, é também fator de segurança energética por diminuir as dificuldades de atendimento da demanda por energia elétrica em áreas distantes do meio rural. A purificação do biogás o torna um substituto perfeito do gás natural em todas as suas aplicações, abrindo-se um grande potencial de utilização.

De acordo com Landim e Azevedo (2006) o investimento de capital para a instalação de uma estação de produção de energia alimentada por biogás é muito maior que o investimento em estações que utilizam combustíveis fósseis.

As principais aplicações comerciais do biogás são a energia elétrica, por meio da sua queima em motogeradores, a fabricação de biometano, após a retirada do CO₂ e contaminantes, para a substituição do gás natural, especialmente o veicular, e a utilização dos resíduos como fertilizantes. A principal utilização do biogás para uso próprio, especialmente nas pequenas e médias propriedades rurais, é a sua queima para a produção de energia térmica (MILANEZ et al. 2018).

Barrera (2003) afirma que o biogás não compete por espaço com outras culturas, diferente do álcool da cana de açúcar e de óleos extraídos do milho, da soja, da mamona, dentre outros, não apresentando riscos à produção de alimentos. Isso ocorre por conta dele ser gerado a partir de resíduos agrícolas, excrementos de animais e do ser humano, do lixo urbano (orgânico), como já acontece nos chamados aterros sanitários e também de resíduos industriais.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foi realizado uma pesquisa bibliográfica a respeito do tema, em artigos científicos, revistas e livros, com o intuito de analisar a produção de biogás no Brasil, bem como suas vantagens e benefícios.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Salomon e Lora (2005), antigamente o biogás era tido como um subproduto da digestão anaeróbia, no entanto, atualmente tem aumentado sua relevância diante da necessidade de utilização de fontes renováveis, que sejam economicamente viáveis e auxiliem na preservação dos recursos naturais esgotáveis. Há vários tipos de resíduos orgânicos capazes de gerar biogás após serem submetidos a processos de digestão anaeróbia, dentre eles: o lixo urbano e doméstico, lodo das estações de tratamento de esgoto, resíduos agrícolas, efluentes industriais e dejetos de animais.

A geração de biogás proporciona diversas vantagens ambientais e sociais, poupando o meio ambiente da exploração de recursos naturais desnecessários, e reduzindo as emissões de gases estufa, os gastos com adubação química, através da utilização de biofertilizantes, e

substituição do gás GLP e do óleo diesel, dentre outros. O biogás possibilita também a substituição da energia elétrica consumida, resultando em redução de gastos.

Há um enorme potencial para uso das diferentes fontes produtoras do biogás no Brasil. Segundo Mathias e Mathias (2015) o biogás apresenta diferentes usos energéticos, podendo ser utilizado como calor, calor e energia combinados (CHP), combustível de veículos e, com tratamento adicional (para que respeite às especificações locais), pode ser até inserido na rede de gás natural.

É preciso ressaltar que a transformação de dejetos em biogás é viável, e pode ser realizada por produtores, proporcionando retorno financeiro, e se enquadrando na atual visão de sustentabilidade, uma vez que sua geração é capaz de reduzir o potencial poluidor da atividade pecuária, contribuindo para solução dos problemas ambientais relacionados ao gerenciamento dos dejetos animais.

Souza et al. (2004), estudando o custo e viabilidade de produção de eletricidade gerada a partir do biogás proveniente de resíduos da suinocultura numa propriedade rural, concluíram que o sistema pode ser viável a depender da tarifa paga pelo proprietário rural a concessionária local de energia, sendo que, para uma tarifa de energia elétrica de R\$ 0,19 kWh-1, o tempo de recuperação do investimento é de 5,4 anos. Resultado semelhante, foi observado por Cervi et al. (2010), estudando a viabilidade econômica de um sistema biointegrado para geração de eletricidade a partir do aproveitamento de dejetos de suínos, que concluíram que o sistema de produção de biogás é viável do ponto de vista econômico, se o consumo de energia elétrica for de 35 kWh por dia, em média. Além do uso do biogás como combustível para geração de energia elétrica aproveitar de modo sustentável este subproduto da disposição dos resíduos, evita também a emissão do gás metano nele contido na atmosfera.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2011) o metano tem potencial muito maior que o CO₂ no aumento do efeito estufa, dessa forma, a queima do biogás na produção de energia evita emissões deste gás. A quantidade de carbono equivalente que potencialmente seria impedido de alcançar a atmosfera da Terra, assim, equivale a 12 milhões de toneladas no primeiro ano de geração de energia por meio da recuperação e utilização do biogás. Essas emissões evitadas podem ser credenciadas para a geração de créditos de carbono, que são títulos comercializados em mercado, que geram uma outra fonte de receita para os aterros que geram energia por meio do biogás.

De acordo com Bley Jr. et al. (2010) ainda há a possibilidade de utilização do biogás em indústrias dependentes de muita energia, como a de grãos, tijolos, cimento, azulejos, pedras, dentre outros produtos minerais, além de frigoríficos, moinhos e outras indústrias agrícolas. Esses segmentos conseguiriam, através do biogás, obter energia sob medida para seus altos níveis de consumo. Schaffer et al., 2014 identificou, dentre as várias aplicações do biogás na área energética, a reforma para a produção do gás hidrogênio (H₂), um combustível de elevada capacidade energética e baixíssimo impacto ambiental, podendo ser utilizado em células a combustível, agregando maior valor econômico e energético ao biogás.

Todo resíduo orgânico gerado na produção de alimentos pode ser transformado em biogás. Atualmente no Brasil, um dos rejeitos da produção de alimentos mais utilizados para a produção de biogás é a água de mandioca, tubérculo que alcançou a produção de 23,71 milhões de toneladas no ano de 2016, com uma área colhida de 1,55 milhão de hectares (CONAB, 2016). A água proveniente da produção de suco de laranja é outro resíduo utilizado na produção de biogás. Soja e milho também têm potencial e alguma utilização.

De acordo com Milanez et al. (2018) o biogás tem apresentado crescimento significativo no Brasil, tendo em vista que em 2016, o país tinha em torno de 120 MW de capacidade instalada para geração elétrica a partir do biogás, um volume seis vezes superior ao registrado em 2007, sendo que 95% desse valor se refere a plantas que utilizam resíduos sólidos urbanos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As crescentes preocupações ambientais, aliadas às novas demandas sociais têm levado as empresas a buscarem novos modelos de negócio, numa busca por sustentabilidade na questão energética, e diminuição de desperdícios, o que tem incentivado a procura por matrizes energéticas alternativas. Dentro deste contexto o biogás tem figurado como uma importante opção, recebendo incentivos ao redor do mundo. No entanto, no Brasil, políticas públicas que visam estimular o desenvolvimento e produção do biogás são indispensáveis para que seja aproveitado todo o seu potencial.

Atualmente há várias opções tecnológicas para o aproveitamento da biomassa para geração de energia. Dentre elas é possível destacar a biodigestão anaeróbia de resíduos dos animais. No Brasil, os empreendimentos de produção de biogás são principiantes e

regionalmente isolados, apesar de apresentarem grandes oportunidades econômicas e sustentáveis para as áreas rurais.

A utilização da biomassa para produção do biogás é uma alternativa ao modelo tradicional de expansão do sistema elétrico, complementando a matriz energética. O biogás, além de gerar energia renovável, pode ser utilizado como um substituto do diesel nas operações agropecuárias, sendo uma opção mais sustentável e economicamente viável.

Após as pesquisas realizadas foi possível analisar a relevância do biogás, e concluir que sua produção tem crescido no Brasil, principalmente do biogás gerado a partir de resíduos sólidos urbanos. Entretanto, quando se analisa o biogás proveniente dos resíduos agroindustriais é factível afirmar que seu potencial não vem sendo completamente utilizado, sendo necessários mais incentivos para produção e consumo do mesmo.

REFERÊNCIAS

- ANEEL/BIG, 2017. **Banco de Dados de Geração**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 15 março 2020.
- BARBOSA, G.; LANGER, M. **Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental**. Unoesc & Ciência ACSA, v. 2, n. 1, p. 87-96, 2011.
- BARRERA, P. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 106 p. 2003.
- BLEY JR, Cícero. **Reflexões sobre a economia do biogás**. Foz do Iguaçu, Itaipu Binacional, Assessoria de Energias Renováveis, Biblioteca. Novembro. 2010. Disponível em: <https://ecoreporter.abae.pt/docs/apoio/reflexoes_sobre_a_economia_do_biogas.pdf>. Acesso em: 19 março 2020.
- BLEY JR, Cícero et al. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2ª ed. rev.–Foz do Iguaçu/Brasília: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, TechnoPolitik Editora, 2009.
- BOLLMAN, H. A. et al. **Energia no Lixo: uma avaliação da viabilidade do uso do biogás a partir de resíduos sólidos urbanos**. Encontro Nacional da Anppas. 4, Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT4-1043-947-20080518202346.pdf>>. Acesso em 01 março 2020.
- BOND, T.; TEMPLETON, M. R. **History and future of domestic biogas plants in the developing world**. Energy for Sustainable Development, v. 15, p. 347-354, 2011.

- CABELLO, C. **Produtos derivados de fécula de mandioca-etanol.** In: Workshop sobre Tecnologias em Agroindústrias de Tuberosas Tropicais, 4, 2006, Botucatu. Anais... Botucatu: UNESP. p.02-06. 2006
- CERVI, Ricardo G.; ESPERANCINI, Maura S. T.; BUENO, Osmar de C.. **Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suínica para geração de energia elétrica.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 831-844, Oct. 2010 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000500006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 01 abril 2020.
- COELHO, S. T., et al. **A conversão da fonte renovável biogás em energia.** Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Brasília, 2006. Disponível em <https://www.academia.edu/28647048/A_convers%C3%A3o_da_fonte_renov%C3%A1vel_biog%C3%A1s_em_energia> Acesso em 19 março 2020.
- COELHO, S. T., et al. **Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás Proveniente do Tratamento de Esgoto Utilizando um Grupo Gerador de 18 kW.** Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Brasília, 2006. Disponível em <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v1/070.pdf>> Acesso em 12 março 2020.
- CONDEBELLA, Anderson. **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação e propriedades rurais.** Cascavel: UNIOESTE. 10 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2005.
- ESPERANCINI, M.S.T. **Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do estado de São Paulo,** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.27, n.1, p.110-118, jan./abr. 2007.
- FERNANDES, A. L. T.; TESTEZLAF, R. **Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.1, p.45-50, 2002.
- GONÇALVES JUNIOR, C.A. et al. **Um estudo das deliberações da Câmara Setorial do Açúcar e do Alcool, usando análise de correspondência.** Revista de Economia e Sociologia Rural, Piracicaba, v.47, n.1, p.183-210, 2009.
- GRYSCHKEK, J. M.; Belo, F. R. **Produção e uso do gás metano na agricultura e agro-indústria.** Piracicaba, 1983.
- HEYDT, Anderson Rodrigo et al. **Avaliação da Produção de Biogás por Digestão Anaeróbia de Biopolímero de Amido de Batata.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, [S.l.], v. 9, p. 311-328, fev. 2020. Disponível em: <http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8704/4855>. Acesso em: 01 abril 2020.

- HERNANDEZ, D.I.M. **Efeitos da produção de etanol e biodiesel na produção agropecuária do Brasil**. 2008. 163f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Curso de Pós-graduação em Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Brasília, DF. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1085/1/DISSERTACAO_2008_DoraIsabelMHernandez.pdf>. Acesso em: 19 março 2020.
- KIM, S. D. B. E. **Ethanol fuels: E10 or E85 e life cycle perspectives**. International Journal of Life Cycle Assessment, v.11, n.2, p.21-117, 2006.
- LANDIM, A. L. P. F; AZEVEDO, L. P. **O aproveitamento energético do biogás em aterros sanitários: Unindo o inútil ao sustentável**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 27, p. 59-100, mar. 2008. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2704.pdf>. Acesso em 07 março 2020.
- LUCAS JR. J. **Estudo comparativo de biodigestores modelo Indiano e Chinês**. 114f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 1987.
- MATHIAS, Melissa Cristina Pinto Pires; MATHIAS, João Felipe Cury Marinho. **Biogas in Brazil: a Governmental Agenda**. Editorial Board Members, p. 1, 2015.
- MILANEZ et al. **Biogás de resíduos agroindustriais: Panorama e Perspectivas**. BNDES Setorial 47, p. 221-276, 2018.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável**. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD. 2011.
- RANZI, T. J. D.; ANDRADE, M. A. N. **Estudo de viabilidade de transformação de esterqueiras e bioesterqueiras para dejetos de suínos em biodigestores rurais visando o aproveitamento do biofertilizante e do biogás**. In: Encontro de energia no meio rural e geração distribuída, 5., 2004, Campinas. Anais... Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2004.
- SALOMON, Karina Ribeiro; LORA, Electo Eduardo Silva. **Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil**. Biomassa & Energia, v. 2, n. 1, p. 57-67, 2005.
- SCHAFFER, J. V., ALVES, H. J., MARIN NETO, A. J., LOPES, D. G., KUGELMEIER, C. L. & SANTOS, G. R. **Potencial de produção de hidrogênio a partir da reforma catalítica do biogás na região oeste do Paraná**. Revista Tecnológica, v.23, n.1, p.119-129, 2014.
- SEGHEZZO, L.; Zeeman, G.; Lier, J. B.; Hamelers, H. V. M.; Lettinga, G. A. **Review : The anaerobic treatment of sewage in UASB and EGSB reactors**. Bioresource technology. v. 65, p.175-190, 1998.

SILVA, E. P; CAVALIERO, C. K. N. **Perspectivas para as fontes renováveis de energia no Brasil.** 2004. Disponível em <<http://www.universiabrasil.net>> Acesso em: 15 março 2020.

SILVEIRA, O. **Biodigestor. Solução energética para o campo.** São Paulo, Secretaria de Ciência: Família Cristã, jul. 1981.

SOUZA, S.N.M.; PEREIRA, W.C.; NOGUEIRA, C.E.C.; PAVAN, A.A.; SORDI, A. **Custo da eletricidade gerada em conjunto motor-gerador utilizando biogás da suinocultura.** Acta Scientiarum Technology, Maringá, v.26, p.127-133, 2004.

TOLMASQUIM, Maurício Tiomno. **Fontes renováveis de energia no Brasil.** Rio de Janeiro: Interciência, Cinergia, 2003.