

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GISELE BENEDICTO DOS SANTOS

BIOGÁS: OPORTUNIDADES E DESAFIOS LEGAIS NA EUROPA E NO BRASIL

CURITIBA

2024

GISELE BENEDICTO DOS SANTOS

BIOGÁS: OPORTUNIDADES E DESAFIOS LEGAIS NA EUROPA E NO BRASIL

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação MBA em Gestão Estratégica em Energias Naturais Renováveis, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista.

Orientador: José Osório Do Nascimento Neto

CURITIBA

2024

RESUMO

Este trabalho investiga as oportunidades e desafios legais associados ao desenvolvimento do biogás na Europa e no Brasil. A Europa, pioneira em políticas e regulamentações para energias renováveis, oferece um modelo valioso para análise comparativa com o cenário brasileiro. O estudo destaca as barreiras enfrentadas pelo Brasil, como a falta de um marco regulatório robusto e incentivos econômicos claros, além de propor recomendações baseadas nas melhores práticas europeias. Conclui-se que, ao adotar e adaptar estratégias bem-sucedidas da Europa, o Brasil pode acelerar o desenvolvimento do setor de biogás, promovendo a transição para uma matriz energética mais sustentável e diversificada.

Palavras-chave: Biogás; Europa; Brasil; Políticas Públicas; Energias Renováveis.

ABSTRACT

This paper investigates the legal opportunities and challenges associated with the development of biogas in Europe and Brazil. Europe, a pioneer in renewable energy policies and regulations, offers a valuable model for comparative analysis with the Brazilian context. The study highlights the barriers faced by Brazil, such as the lack of a robust regulatory framework and clear economic incentives, and proposes recommendations based on European best practices. It is concluded that by adopting and adapting successful European strategies, Brazil can accelerate the development of the biogas sector, promoting the transition to a more sustainable and diversified energy matrix.

Keywords: Biogas; Europe; Brazil; Public Policy; Renewable Energy.

1. INTRODUÇÃO

O biogás tem emergido como uma fonte promissora de energia renovável, desempenhando um papel crucial na transição para uma matriz energética mais sustentável e na mitigação das mudanças climáticas. Produzido através da decomposição anaeróbica de matéria orgânica, o biogás oferece uma solução dupla: geração de energia limpa e gestão eficiente de resíduos. No cenário global de busca por alternativas aos combustíveis fósseis, o biogás se destaca por sua versatilidade, podendo ser utilizado para geração de eletricidade, calor, e como combustível veicular na forma de biometano.

A Europa tem sido pioneira no desenvolvimento e implementação de políticas e regulamentações robustas para fomentar o setor de biogás. Países como Alemanha, Reino Unido, Itália e França têm demonstrado avanços significativos, impulsionados por estruturas legislativas bem desenvolvidas e incentivos econômicos. Por outro lado, o Brasil, apesar de seu vasto potencial devido à sua extensa produção agrícola e pecuária, ainda enfrenta desafios consideráveis na expansão de sua indústria de biogás.

Este estudo visa realizar uma análise comparativa abrangente das políticas e regulamentações de biogás entre a Europa e o Brasil. Ao examinar as semelhanças, diferenças, desafios e oportunidades presentes em ambos os contextos, busca-se identificar as melhores práticas e lições que podem ser aplicadas para aprimorar o cenário brasileiro. A relevância desta comparação reside na possibilidade de adaptar estratégias bem-sucedidas do modelo europeu à realidade brasileira, considerando as especificidades locais e o potencial único do país.

O objetivo geral deste estudo é propor recomendações para o aprimoramento das políticas e regulamentações brasileiras relacionadas ao biogás, baseando-se nas experiências e sucessos observados na Europa.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Políticas e regulamentações sobre biogás na Europa

2.1.1 visão geral

Na Europa, o setor de biogás tem experimentado um crescimento significativo, com países como Alemanha e Reino Unido liderando a produção de biogás (Winquist et

al., 2021). Este crescimento é respaldado por uma legislação bem desenvolvida que reflete o elevado nível de produção de biogás nesses mercados (Bórawski, 2024). As principais diretivas que impactam a produção de biogás na União Europeia incluem a Diretiva de Energia Renovável, a Diretiva sobre Reciclagem e Recuperação de Resíduos e a Diretiva sobre Aterros Sanitários (Bórawski, 2024).

O desenvolvimento de condições favoráveis, como as tarifas feed-in na Alemanha, as obrigações de certificação para a renovabilidade energética no Reino Unido e as políticas fiscais na Suécia, impulsionou significativamente a produção de biogás na Europa (Kemausuor et al., 2018).

A União Europeia tem se concentrado em trajetórias de descarbonização para atingir emissões zero, com o biogás e o biometano desempenhando papéis cruciais como gases renováveis (Carmona-Martínez, 2023). Diversos países da UE implementaram políticas eficazes para promover o uso de biometano no transporte público e privado, particularmente na região centro-norte da UE (Kucher et al., 2022). A Comissão Europeia está promovendo o desenvolvimento de um sistema energético integrado através da modernização do biogás e sua distribuição por meio de redes de gás natural (Lybæk & Kjær, 2021).

A agenda política da União Europeia considera a bioenergia uma fonte-chave, com a bioenergia desempenhando um papel significativo na consecução das metas de produção de energia renovável (Benato & Macor, 2019). A biomassa, incluindo o biogás, contribui substancialmente para a produção de energia renovável da UE, sendo a Alemanha um importante contribuinte (Faaij, 2006; Winqvist et al., 2021). A ênfase da UE em fontes de energia renovável alinha-se com o objetivo mais amplo de transição para uma matriz energética mais sustentável (Brelík et al., 2023).

2.1.2 Estudos de caso por país

Entre os países europeus com políticas e regulamentações avançadas de biogás destacam-se a Alemanha, o Reino Unido, a Itália e a França. Esses países emergiram como líderes na produção de biogás dentro da União Europeia (Pavičić et al., 2022). A Alemanha, por exemplo, tem sido pioneira na produção de biogás, com um número significativo de instalações contribuindo para a matriz energética renovável do país (Winqvist et al., 2021).

O Reino Unido também avançou na produção de biogás, respaldado por uma legislação bem desenvolvida que reflete o alto nível de produção de biogás no mercado (Korbag et al., 2021). A Itália e a França também demonstraram progresso substancial em projetos de biogás, ocupando o segundo e terceiro lugares, respectivamente, no número de projetos de biogás na Europa (Yang et al., 2022).

Esses países implementaram várias políticas de energia renovável que impulsionaram o crescimento da produção de biogás. O "Pacto Ecológico Europeu" e as políticas de energia renovável incentivaram um aumento na produção de biogás em toda a União Europeia (Lallement et al., 2023). Além disso, políticas como tarifas preferenciais para eletricidade gerada a partir de combustíveis renováveis desempenharam um papel crucial no desenvolvimento da capacidade de produção de biogás nesses países (Hjort-Gregersen et al., 2011).

2.1.3 Impacto das políticas na inovação e desenvolvimento

Para analisar como as regulamentações impulsionaram a inovação e o desenvolvimento de projetos de biogás em países como Alemanha, Reino Unido, Itália e França, é fundamental considerar o impacto dessas regulamentações na criação de um ambiente propício para avanços tecnológicos e práticas sustentáveis. O Conselho Europeu de Inovação (CEI) tem apresentado protagonismo fundamental no apoio à inovação e na criação de mercados para tecnologias futuras, atraindo investimentos privados e ampliando projetos inovadores (Slepek & Pozhilova, 2021). Isso indica que estruturas regulatórias, como as estabelecidas pelo CEI, desempenham um papel crucial no incentivo à inovação no setor de biogás.

Além disso, o Modelo de Gestão de Riscos de Projetos de Regulação Estatal dos Clusters de Inovação destaca a importância de gerenciar os riscos associados a projetos regulados pelo Estado para garantir sua implementação bem-sucedida (Hnatenko et al., 2020). Ao abordar potenciais riscos e incertezas por meio de estruturas regulatórias eficazes, os países podem proporcionar um ambiente estável para a inovação na indústria de biogás.

O conceito de clusters de inovação, conforme discutido na literatura, enfatiza a síntese de políticas científicas, industriais, econômicas e sociais para criar um ambiente propício à inovação (Hnatenko et al., 2020). Ao fomentar a colaboração e interação entre

diversos atores dentro dos clusters de inovação, os países podem impulsionar avanços na tecnologia de biogás e no desenvolvimento de projetos.

Mudanças regulatórias podem atuar como indutores de inovação (Maresova, 2022). Ao adaptar as regulamentações para promover avanços tecnológicos e sustentabilidade, os países podem estimular a inovação em setores como a produção de biogás.

O Modelo de Inovação Baseado na Quádrupla Hélice de Sites de Referência para Envelhecimento Ativo e Saudável na Europa demonstra como esforços colaborativos envolvendo diferentes partes interessadas podem levar a inovações disruptivas escaláveis em vários setores, incluindo energia renovável (Malva et al., 2018). Ao envolver atores da academia, indústria, governo e sociedade civil, os países podem fomentar a inovação em projetos de biogás e impulsionar o desenvolvimento sustentável na região.

2.2. Políticas e regulamentações sobre biogás no Brasil

2.2.1 visão geral

No Brasil, as políticas e regulamentações relacionadas ao biogás têm sido objeto de estudo e análise por diversos pesquisadores. Ximenes (2024) destaca a necessidade de políticas específicas em níveis federal, estadual e municipal para promover a produção e uso sustentável do biogás, visando superar as barreiras políticas existentes. Silva et al. (2023) abordam a direcionalidade do biogás no país, sugerindo ajustes com base na análise da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) como forma de impulsionar a inovação nesse setor.

Além disso, Vieira & Polli (2020) discutem as condições atuais de produção de biogás no Brasil e suas perspectivas a partir de resíduos agroindustriais, ressaltando seu potencial como fonte alternativa de energia. Por outro lado, Silva et al. (2023) e Gabriel (2012) apontam a falta de políticas e aspectos regulatórios como barreiras para o desenvolvimento do biogás no Brasil, destacando a importância de ações nesse sentido.

Essas perspectivas convergem com a análise de Borsatto & Bazani (2021) sobre a relevância das regulamentações ambientais para minimizar impactos ao meio ambiente, o que pode ser crucial na promoção do biogás como uma alternativa energética.

2.2.2 análise de lacunas

Ao comparar as políticas brasileiras de biogás com o cenário europeu, é possível identificar algumas lacunas e desafios significativos. No Brasil, as principais lacunas incluem a falta de políticas específicas em níveis federal, estadual e municipal para promover a produção e uso sustentável do biogás, bem como a ausência de um marco regulatório sólido e infraestrutura adequada (Martínez, n.d.; Hjort-Gregersen et al., 2011; Thrän et al., 2020). Além disso, a falta de conhecimento e interesse em tecnologias de digestão anaeróbica, baixa educação e treinamento social no campo, e a diversidade de fatores econômicos têm sido apontados como desafios para o desenvolvimento do biogás no Brasil (Martínez, n.d.).

Por outro lado, na Europa, as políticas têm desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento do setor de biogás, com tarifas preferenciais para eletricidade gerada a partir de fontes renováveis e um enfoque na sustentabilidade ao longo de toda a cadeia de valor da bioenergia (Hjort-Gregersen et al., 2011; Thrän et al., 2020; Brémond et al., 2021). A Europa também tem enfrentado desafios, como a redução gradual dos incentivos econômicos para a produção de energia a partir de biogás flexível, o que levanta questões sobre a viabilidade econômica desses projetos (Gadirli, 2024).

Em termos de comparação, as lacunas nas políticas brasileiras de biogás estão relacionadas à falta de estruturas regulatórias e de incentivos claros, enquanto o cenário europeu destaca a importância da governança para garantir a sustentabilidade e maximizar os benefícios do biogás. Ambos os contextos enfrentam desafios em termos de coordenação entre partes interessadas, conscientização sobre o uso eficiente de resíduos e a necessidade de políticas de incentivo para impulsionar o crescimento do setor (Gadirli, 2024; Thrän et al., 2020).

2.2.3 potencial para melhoria

As políticas brasileiras relacionadas ao biogás podem ser aprimoradas através da análise e adaptação de estratégias implementadas no cenário europeu. A União Europeia tem adotado políticas que priorizam a sustentabilidade ao longo da cadeia de valor da bioenergia, incluindo a implementação de tarifas preferenciais para eletricidade gerada a partir de fontes renováveis (Hjort-Gregersen et al., 2011; Thrän et al., 2020).

Esta abordagem pode servir como modelo para o Brasil, sugerindo a implementação de incentivos econômicos bem definidos e uma estrutura de governança eficaz para fomentar o desenvolvimento do setor de biogás. Ademais, a Europa tem concentrado esforços em estratégias de “biometanização” nacional e suporte político para a produção de biometano, com ênfase na utilização de resíduos como matéria-prima (Schmid et al., 2019).

A adoção de uma estratégia similar no Brasil poderia incentivar a utilização de resíduos orgânicos como fonte de biogás, contribuindo simultaneamente para a redução do volume de resíduos e a geração de energia limpa. Outro aspecto crucial a ser considerado é a necessidade de aprimoramento da infraestrutura e do marco regulatório no Brasil, levando em conta as experiências europeias.

O continente europeu tem investido em tecnologias avançadas de produção de biogás e em políticas de apoio, incluindo incentivos governamentais e a promoção do uso de biometano como combustível veicular (Schmid et al., 2019). Essas práticas podem servir de inspiração para o Brasil fortalecer sua infraestrutura e regulamentação, promovendo a inovação e a adoção de tecnologias mais eficientes no setor de biogás.

2.3. Comparação entre as regulamentações europeias e brasileiras

2.3.1 semelhanças e diferenças

Ao comparar as regulamentações de biogás na Europa e no Brasil, é possível identificar tanto semelhanças quanto diferenças significativas. Na Europa, países como Alemanha, Áustria, Holanda, Dinamarca e Itália se destacam pela quantidade de plantas de biogás em operação (Sanz-Bobi et al., 2012).

Esses países têm adotado políticas que visam a sustentabilidade e a eficiência na produção de biogás, com ênfase em certificações e padrões como ferramentas eficazes para a governança da sustentabilidade (Horschig et al., 2020). Da mesma forma, a União Europeia estabeleceu metas ambiciosas para a contribuição de energias renováveis, impulsionando o setor de biogás (Kemausor et al., 2018).

No Brasil, a regulação do biogás é feita por meio de normativas específicas, como as Resoluções Normativas 482 e 687 (Antônio et al., 2018). No entanto, o país enfrenta desafios em termos de infraestrutura, coordenação entre os diversos atores envolvidos e falta de políticas claras de incentivo (Antônio et al., 2018). Enquanto na Europa a

motivação para o desenvolvimento do biogás vem da legislação da União Europeia e de diretrizes para o gerenciamento de resíduos orgânicos (Kemausuor et al., 2018), no Brasil, a regulação ainda carece de uma abordagem mais abrangente e integrada.

Uma diferença notável entre as regulamentações europeias e brasileiras é a ênfase na certificação e padronização na Europa, enquanto no Brasil, as normativas existentes focam mais na geração de energia a partir do biogás em setores específicos, como a suinocultura (Antônio et al., 2018). Ambos os contextos enfrentam desafios, como a instabilidade das políticas e a falta de alinhamento institucional (Dahlgren et al., 2019), mas a Europa tem avançado mais na implementação de políticas abrangentes e integradas para promover o desenvolvimento do setor de biogás.

2.3.2 desafios e oportunidades

Ao avaliar os desafios comuns e as oportunidades específicas para o desenvolvimento de biogás na Europa e no Brasil, é possível identificar pontos de convergência e divergência significativos. Em ambos os contextos, os desafios incluem altos custos iniciais de capital, políticas ambientais fracas, falta de infraestrutura adequada e desinteresse político para implementar políticas de energia renovável desafiadoras (Kemausuor et al., 2018; Gadirli, 2024; Hasan et al., 2020). Esses desafios são comuns tanto na Europa quanto no Brasil e representam obstáculos significativos para o avanço do setor de biogás.

Por outro lado, as oportunidades específicas para o desenvolvimento de biogás na Europa e no Brasil variam. Na Europa, a ênfase na certificação e padronização, juntamente com metas ambiciosas de energias renováveis, oferece oportunidades para impulsionar a sustentabilidade e a eficiência na produção de biogás (Schmid et al., 2019). Além disso, a utilização de biometano como combustível veicular e o foco em resíduos como matéria-prima representam oportunidades específicas para o desenvolvimento do setor de biogás na Europa (Abreu, 2023).

No Brasil, as oportunidades específicas para o desenvolvimento de biogás incluem o potencial de redução de emissões de gases de efeito estufa, a substituição de combustíveis fósseis por biogás em diversas aplicações, como no transporte de cargas. Além disso, a utilização de biogás obtido de aterros sanitários e da agricultura tem despertado um interesse crescente no país, representando uma oportunidade para diversificar a matriz energética e promover a sustentabilidade.

Em termos de desafios comuns, a falta de infraestrutura, coordenação entre os atores envolvidos e políticas claras de incentivo são obstáculos que tanto a Europa quanto o Brasil enfrentam no desenvolvimento do biogás (Kemausuor et al., 2018; Gadirli, 2024; Hasan et al., 2020). No entanto, as oportunidades específicas variam de acordo com as características e necessidades de cada contexto, destacando a importância de abordagens personalizadas e adaptadas às realidades locais para impulsionar o desenvolvimento sustentável do biogás.

3. DISCUSSÃO

Com base na análise comparativa entre as regulamentações europeias e brasileiras, propõem-se as seguintes recomendações para aprimorar as políticas e regulamentações de biogás no Brasil:

Em primeiro lugar, é crucial estabelecer um marco regulatório abrangente e coeso em nível federal. Este marco deve definir claramente os padrões de produção, distribuição e uso do biogás, além de estabelecer metas nacionais para sua participação na matriz energética brasileira. Uma legislação bem estruturada pode proporcionar a segurança jurídica necessária para atrair investimentos e impulsionar o crescimento do setor. Ademais, este marco regulatório deve ser flexível o suficiente para se adaptar às especificidades regionais do Brasil, considerando as diferentes fontes de biomassa disponíveis em cada região.

Em segundo lugar, recomenda-se a implementação de um robusto sistema de incentivos econômicos. Inspirando-se no modelo alemão de tarifas feed-in, o Brasil poderia criar um mecanismo de preços garantidos para a eletricidade gerada a partir do biogás. Este sistema não apenas estimularia investimentos no setor, mas também tornaria os projetos de biogás mais competitivos em relação a outras fontes de energia. Paralelamente, incentivos fiscais para a produção e uso de biometano no setor de transportes poderiam acelerar a transição para uma matriz de combustíveis mais limpa.

A terceira recomendação centra-se no fomento à pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD & I) no setor de biogás. O governo brasileiro deve alocar recursos significativos para programas de PD & I focados em tecnologias de biogás adaptadas às condições locais. Isso inclui o desenvolvimento de sistemas de digestão anaeróbica mais

eficientes, tecnologias de *upgrading* de biogás para biometano, e soluções para a integração do biogás na rede de gás natural existente. Parcerias entre universidades, centros de pesquisa e empresas devem ser incentivadas para acelerar a inovação e a transferência de tecnologia.

A quarta recomendação visa o desenvolvimento de infraestrutura e capacitação profissional. É essencial investir na expansão e modernização da infraestrutura de distribuição de gás natural para facilitar a injeção de biometano na rede. Simultaneamente, programas de capacitação devem ser estabelecidos para formar profissionais especializados no setor de biogás, abordando aspectos técnicos, regulatórios e de gestão. Isso não apenas criará empregos qualificados, mas também garantirá que o setor tenha a mão de obra necessária para seu crescimento sustentado.

Por fim, recomenda-se a implementação de uma estratégia abrangente de economia circular centrada no biogás. Esta abordagem deve promover a utilização de resíduos agrícolas, urbanos e industriais para a produção de biogás, alinhando-se às práticas de gestão sustentável de resíduos. Políticas que incentivem a integração do biogás em diferentes setores, como agricultura, indústria e saneamento, devem ser desenvolvidas. Isso não apenas maximizará o potencial de produção de biogás, mas também contribuirá para a solução de problemas ambientais relacionados à disposição inadequada de resíduos orgânicos.

A implementação coordenada dessas recomendações, adaptadas às especificidades do contexto brasileiro, pode contribuir significativamente para o desenvolvimento sustentável do setor de biogás no país. Ao fazê-lo, o Brasil poderá avançar na diversificação de sua matriz energética, reduzir emissões de gases de efeito estufa e promover o crescimento econômico sustentável, posicionando-se como um líder global em energia renovável.

4. CONCLUSÃO

Este estudo comparativo entre as políticas e regulamentações de biogás na Europa e no Brasil revela um cenário complexo e dinâmico, repleto de desafios e oportunidades. A análise detalhada das abordagens europeias, particularmente em países líderes como

Alemanha, Reino Unido, Itália e França, oferece *insights* valiosos para o desenvolvimento do setor de biogás no Brasil.

A síntese dos dados demonstra que, enquanto a Europa tem avançado significativamente na implementação de políticas abrangentes e integradas para promover o desenvolvimento do setor de biogás, o Brasil ainda enfrenta desafios estruturantes consideráveis. A falta de um marco regulatório sólido, a ausência de incentivos econômicos bem definidos e a infraestrutura limitada são obstáculos significativos para o crescimento do setor no contexto brasileiro. No entanto, o potencial do Brasil para a produção de biogás é imenso, dada sua vasta produção agrícola, pecuária e a abundância de resíduos orgânicos.

As recomendações propostas neste estudo, inspiradas nas melhores práticas europeias e adaptadas à realidade brasileira, têm o potencial de catalisar o desenvolvimento do setor de biogás no país. A implementação de um marco regulatório abrangente, combinada com incentivos econômicos adequados, investimentos em pesquisa e desenvolvimento, e uma abordagem de economia circular, apresenta potencial para transformar o cenário energético brasileiro.

As implicações dessas recomendações para o futuro das políticas de biogás no Brasil são profundas e de longo alcance. A adoção de uma estratégia coerente e integrada para o desenvolvimento do biogás não apenas diversificará a matriz energética do país, mas também contribuirá significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Além disso, o desenvolvimento do setor de biogás tem o potencial de gerar empregos qualificados, impulsionar a inovação tecnológica e promover o desenvolvimento sustentável na agroindústria.

A transição energética do Brasil, alinhada com os objetivos globais de combate às mudanças climáticas, pode ser acelerada através do aproveitamento do potencial do biogás. Ao adaptar e implementar as lições aprendidas com o modelo europeu, o Brasil tem a oportunidade de se posicionar como um líder global em energia renovável, especialmente no setor de biogás.

É importante ressaltar, no entanto, que o sucesso dessa transição dependerá de um esforço coordenado entre governo, setor privado, academia e sociedade civil. A implementação efetiva das políticas e regulamentações propostas exigirá um

compromisso de longo prazo, investimentos substanciais e uma mudança de paradigma na forma como o país aborda a produção e o consumo de energia.

Em conclusão, este estudo comparativo não apenas destaca as lacunas existentes nas políticas brasileiras de biogás, mas também aponta caminhos concretos para superá-las. As recomendações apresentadas oferecem um roteiro para o Brasil capitalizar seu vasto potencial de produção de biogás, contribuindo para um futuro energético mais sustentável, seguro e economicamente viável. À medida que o mundo avança em direção a uma economia de baixo carbono, o desenvolvimento robusto do setor de biogás no Brasil pode desempenhar um papel crucial na transição energética do país e em sua posição no cenário global de energia renovável.

REFERÊNCIAS

WINQUIST, E. et al. Expert views on the future development of biogas business branch in Germany, the Netherlands, and Finland until 2030. *Sustainability*, v. 13, n. 3, p. 1148, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13031148>.

BÓRAWSKI, P. et al. Perspectives of electricity production from biogas in the European Union. *Energies*, v. 17, n. 5, p. 1169, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17051169>.

KEMAUSUOR, F.; ADARAMOLA, M. S.; MORKEN, J. A review of commercial biogas systems and lessons for Africa. *Energies*, v. 11, n. 11, p. 2984, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/en11112984>.

CARMONA-MARTÍNEZ, A. A.; BARTOLOMÉ, C.; JARAUTA-CÓRDOBA, C. A. The role of biogas and biomethane as renewable gases in the decarbonization pathway to zero emissions. *Energies*, v. 16, n. 17, p. 6164, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16176164>.

KUCHER, O. et al. Energy potential of biogas production in Ukraine. *Energies*, v. 15, n. 5, p. 1710, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15051710>.

LYBÆK, R.; KJÆR, T. Biogas technology as an “engine” for facilitating circular bio-economy in Denmark—the case of Lolland & Falster municipalities within Region Zealand. *Frontiers in Energy Research*, v. 9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.695685>.

BENATO, A.; MACOR, A. Italian biogas plants: trend, subsidies, cost, biogas composition and engine emissions. *Energies*, v. 12, n. 6, p. 979, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/en12060979>.

FAAIJ, A. Bio-energy in Europe: changing technology choices. *Energy Policy*, v. 34, n. 3, p. 322-342, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.03.026>.

BRELIK, A. et al. The essence of the potential of the agricultural biogas market in Poland – a case study of a biogas plant project. *Ekonomia I Środowisko - Economics and Environment*, v. 83, n. 4, p. 196-214, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34659/eis.2022.83.4.492>.

XIMENES, R. D.; YAMAJI, F. M. Identificação das principais barreiras à difusão do sistema tecnológico de inovação do biogás. *Observatório De La Economía Latinoamericana*, v. 22, n. 3, e3912, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n3-184>.

SILVA, E. d.; CUNHA, S. K. d.; SANTOS, D. D. d. Direcionalidade do biogás no Brasil para a política de inovação transformadora (PIT): caso da RenovaBio. *Revista Foco*, v. 16, n. 1, e785, 2023. DOI: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n1-075>.

VIEIRA, H. G.; POLLI, H. Q. O biogás como fonte alternativa de energia. *Revista Interface Tecnológica*, v. 17, n. 1, p. 388-400, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31510/infa.v17i1.766>.

GABRIEL, C. G. et al. Regulamentação da comercialização de alimentos no ambiente escolar: análise dos dispositivos legais brasileiros que buscam a alimentação saudável. *Revista Do Instituto Adolfo Lutz*, v. 71, n. 1, p. 11-20, 2012. DOI: <https://doi.org/10.53393/rial.2012.71.32385>.

BORSATTO, J. M. L. S.; BAZANI, C. L. Regulamentações ambientais e competitividade: um estudo comparativo entre Brasil e França. *Revista De Ciências Da Administração*, v. 23, n. 60, p. 41-52, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-8077.2021.e61944>.

MARTÍNEZ, R. D. S. Dry anaerobic digestion treatment potential for the organic fraction of municipal solid waste in Brazil and Mexico. DOI: <https://doi.org/10.11606/t.105.2021.tde-06012022-110243>.

HJORT-GREGERSEN, K.; BLANDFORD, D.; GOOCH, C. Biogas from farm-based biomass sources: developments in Europe and the US. *EuroChoices*, v. 10, n. 3, p. 18-23, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1746-692x.2011.00211.x>.

THRÄN, D. et al. Governance of sustainability in the German biogas sector—adaptive management of the renewable energy act between agriculture and the energy sector. *Energy, Sustainability and Society*, v. 10, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13705-019-0227-y>.

BRÉMOND, U. et al. A vision of European biogas sector development towards 2030: trends and challenges. *Journal of Cleaner Production*, v. 287, p. 125065, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125065>.

GADIRLI, G. et al. Fundamentals, operation and global prospects for the development of biogas plants—a review. *Energies*, v. 17, n. 3, p. 568, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17030568>.

SCHMID, C. R. et al. Biogas upgrading: a review of national biomethane strategies and support policies in selected countries. *Energies*, v. 12, n. 19, p. 3803, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/en12193803>.

PAVIČIĆ, J. et al. Biogas and biomethane production and usage: technology development, advantages and challenges in Europe. *Energies*, v. 15, n. 8, p. 2940, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15082940>.

KORBAG, I. et al. Recent advances of biogas production and future perspective. In: *Biogas - Recent Advances and Integrated Approaches*. IntechOpen, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.93231>.

YANG, B. et al. Effects of environmental factors on low temperature anaerobic digestion of pig manure. *Environmental Research Communications*, v. 4, n. 12, p. 125006, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1088/2515-7620/aca647>.

LALLEMENT, A. et al. A detailed database of the chemical properties and methane potential of biomasses covering a large range of common agricultural biogas plant feedstocks. *Waste*, v. 1, n. 1, p. 195-227, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/waste1010014>.

SLEPAK, V. Y.; POZHILOVA, N. A. Legal foundations of funding fundamental science projects within the horizon europe programme. *Kutafin Law Review*, v. 8, n. 3, p. 423-442, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17803/2313-5395.2021.3.17.423-442>.

HNATENKO, I. et al. Risk management model of state regulation projects of the innovation clusters. In: *DO DESENVOLVIMENTO MUNDIAL COMO RESULTADO DE REALIZAÇÕES EM CIÊNCIA E INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA*. v. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36074/09.10.2020.v1.06>.

MARESOVA, P. Impact of regulatory changes on innovations in the medical device industry comment on "clinical decision support and new regulatory frameworks for medical devices: are we ready for it? - a viewpoint paper". *International Journal of Health Policy and Management*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.34172/ijhpm.2022.7262>.

MALVA, J. O. et al. The quadruple helix-based innovation model of reference sites for active and healthy ageing in europe: the ageing@coimbra case study. *Frontiers in Medicine*, v. 5, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2018.00132>.

SANZ-BOBI, M. Á.; CUADRA, F. d.; BATLLE, C. A review of key points of an industrial biogas plant: a european perspective. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGY RESEARCH AND APPLICATIONS (ICRERA), 2012. Anais [...]. IEEE, 2012. <https://doi.org/10.1109/icrera.2012.6477413>.

HORSCHIG, T.; SCHAUBACH, K.; SUTOR, C.; THRÄN, D. Stakeholder perceptions about sustainability governance in the german biogas sector. *Energy, Sustainability and Society*, v. 10, n. 1, 2020. <https://doi.org/10.1186/s13705-020-00270-5>.

ANTÔNIO, A. d. S.; FILHO, D. O.; SILVA, S. C. d. Electricity generation from biogas on swine farm considering the regulation of distributed energy generation in brazil: a case study for minas gerais. *Engenharia Agrícola*, v. 38, n. 4, p. 518-525, 2018. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v38n4p518-525/2018>.

DAHLGREN, S.; KANDA, W.; ANDERBERG, S. Drivers for and barriers to biogas use in manufacturing, road transport and shipping: a demand-side perspective. *Biofuels*, v. 13, n. 2, p. 177-188, 2019. <https://doi.org/10.1080/17597269.2019.1657661>.

HASAN, A.; KABIR, A.; HOQ, T.; JOHANSSON, M.; THOLLANDER, P. Drivers and barriers to the implementation of biogas technologies in bangladesh. *Biofuels*, v. 13, n. 5, p. 643-655, 2020. <https://doi.org/10.1080/17597269.2020.1841362>.

DE ABREU, V. H. S.; PEREIRA, V. G. F.; PROENÇA, L. F. C.; TONIOLO, F. S.; SANTOS, A. S. A systematic study on techno-economic evaluation of hydrogen production. *Energies*, v. 16, n. 18, p. 6542, 2023. <https://doi.org/10.3390/en16186542>.