



PREFEITURA DE

CAMPOS

SECRETARIA MUNICIPAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA

 **Mais
Ciência**

Análise da potencialidade da produção de biogás para microgeração de energia na cidade de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro

Orientador(a): Oselys Rodriguez Justo

Bolsista: Jane Moutinho Ambrosino

UNIVERSIDADE ESTÁCIO DE SÁ

2024



SUMÁRIO

RESUMO	3
INTRODUÇÃO	4
REVISÃO DA LITERATURA	5
MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
REFERÊNCIAS	28

RESUMO

A prospecção de cenários energéticos vislumbra uma matriz de baixo carbono, sustentável, inclusiva e com a microgeração assumindo um papel cada vez mais importante para uma transição sustentável e avançada. Neste contexto, produtos e processos integrantes das cadeias produtivas de biocombustíveis têm sido destacados, tais como o biogás pela possibilidade de sua geração a partir do processamento de resíduos orgânicos diversos. Neste contexto, este projeto teve por objetivo avaliar o potencial técnico e econômico da produção de biogás para a microgeração de energia no setor agropecuário da cidade de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. Neste sentido, foram realizados levantamentos de dados da produção agropecuária para quantificar a disponibilidade de resíduos orgânicos, avaliar a potencialidade técnica da produção de biogás e a viabilidade econômica a partir do dimensionamento dos custos de investimento. Os resultados permitiram avaliar a disponibilidade de resíduos (bovinocultura, suinocultura e avicultura), dimensionar a geração de biogás e analisar sua viabilidade econômica. Concluindo-se que o biogás representa uma alternativa energética local pela ampla disponibilidade de resíduos agropecuários, indicando um potencial produtivo de aproximadamente 102 mil metros cúbicos por dia de biogás na municipalidade. Além disto, a análise permitiu estimar a viabilidade da produção diária de mais 1,8 mil metros cúbicos de biogás na maior propriedade agropecuária, segundo dados oficiais do município. A avaliação econômica demonstra que a implementação de biodigestores na região é financeiramente viável, desde que o investimento seja dimensionado adequadamente para o panorama de cada propriedade. Os investimentos se mostram viáveis para todas as fontes avaliadas, com destaque para a avicultura que apresentou o menor Payback (1 ano). A diversificação dos recursos agropecuários favorece a adoção de distintas configurações técnicas e a flexibilidade econômica, permitindo que produtores de diversos portes possam implementar a tecnologia.

INTRODUÇÃO

A nível global, o desenvolvimento implica positiva ou negativamente em diversas ações antropogênicas que impactam, de forma pontual e difusa, os mais diversos setores. Estas ações relacionadas, por exemplo, com a exploração desenfreada de recursos naturais e a disposição inadequada de resíduos. Uma vez que, com o aumento da população, constata-se uma demanda proporcional por energia, seja ela residencial, industrial, comercial e de outras esferas. Sendo que, maiores exigências energéticas por parte da indústria, indicam níveis crescentes de produção, e, como consequência, uma maior geração de resíduos. A estes índices populacionais e de industrialização se integram ainda aspectos relacionados com a longevidade, a cultura do consumo e a falta de consciência de que os recursos naturais são finitos (BALBUENO et al., 2021).

Neste cenário, verifica-se que, as atuais demandas alimentar e energética vem gerando, tanto na área rural como nas urbanas, crescentes impactos ambientais, e muitos destes devido à inadequada disposição de resíduos orgânicos originados em diversos setores. Estes resíduos podem ocasionar contaminações e alterações biológicas, físicas e químicas do solo, dos lençóis freáticos ou rios, lagoas e mananciais de abastecimento público, a proliferação de vetores transmissores de doenças, a substituição de áreas florestais e crises hídrica e energética. Além disto, a poluição do ar provoca grande preocupação, pois tem aumentado expressivamente, ao longo dos anos. A queima de combustíveis fósseis e a emissão de volumes significativos de gases do efeito estufa (GEE; metano, CH₄, dióxido de carbono, CO₂ e óxido nitroso, N₂O) agravam o aquecimento global, geram instabilidade climática, impactam a produção alimentar, a saúde da população e, inclusive, alteram a fauna e a flora de algumas regiões. Sendo esta emissão de GEE ligada também a outras atividades, como aterros sanitários, tratamento de efluentes, sistemas produtivos, atividades agrícolas, queima de biomassa e ao próprio manejo de dejetos animais. Sinalizando consequências rápidas ou de longo prazo, inclusive afetando as futuras gerações (SILVA et al., 2021).

Com o desenvolvimento da agropecuária em grande escala, uma ampla área é explorada, muitos insumos agrícolas são utilizados, e por conseguinte, resíduos sólidos e efluentes são crescentemente gerados e geralmente disponibilizados inadequadamente ou fora dos padrões legais de lançamento. Constatando-se que, este setor, unido ao energético e seus impactos contemplam mais de 50% das emissões de GEE no país. Neste contexto, uma forma de minimizar estes problemas é realizar o

tratamento ou o aproveitamento destes resíduos e dentro das possibilidades técnicas destaca-se a tecnologia de digestão anaeróbia para a produção de biogás (LINS et al., 2022).

Este processo de digestão anaeróbica representa um sistema balanceado de etapas metabólicas complexas e, pela ação de microrganismos, há a conversão da matéria orgânica, tais como dejetos de animais e de alimentos, águas residuárias de indústrias, esgoto doméstico e a degradação de resíduos sólidos em aterros sanitários, em CH₄ e CO₂, além de outros gases. Destacando-se ainda, a possibilidade neste processo de operação com altas cargas orgânicas, elevados tempos de retenção de sólidos, baixos tempos de detenção hidráulica, pouco consumo de energia e baixa produção de sólidos (CHERNICHARO, 2019).

Ainda, apesar do CH₄ e do CO₂ serem GEE, quando produzidos por digestão anaeróbica, sua geração e emissão pode ser controladas e o biogás resultante é passível de ser utilizado diretamente ou armazenado para posterior purificação e aplicação na geração de energia elétrica, térmica, mecânica, além da produção de biometano. Assim, pode-se dizer que o processo de biodigestão para produção e uso energético do biogás auxilia na minimização do efeito estufa, mostrando-se ainda acessível devido à disponibilidade de infraestrutura tecnologicamente simples (LINS et al., 2022).

Com a diversidade de aplicações energéticas e a possibilidade da redução de resíduos, tanto a digestão anaeróbica como o biogás contribuem para a implantação e aplicação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Estes objetivos têm ampla abrangência, que vão desde a necessidade de saneamento básico, energia limpa e acessível para todos, comunidades sustentáveis, consumo responsável, até ações contra a mudança climática global, por meio da redução de GEE. Ou seja, o desenvolvimento da cadeia produtiva do biogás contribui com a diminuição da emissão de GEE, a substituição e/ou a redução de energias não renováveis, a diversificação energética, a aplicação de biomassas disponibilizadas no meio ambiente sem tratamento e a aplicação e o desenvolvimento tecnológico das áreas urbana e rural, promovendo melhor qualidade de vida e sustentabilidade.

REVISÃO DA LITERATURA

A pesquisa científica oferece uma ampla gama de aprendizados para os pesquisadores envolvidos, que vão além do conhecimento específico sobre o tema de

estudo e englobam habilidades e competências que podem ser aplicadas em diversas áreas da vida acadêmica e profissional (TRIVIÑOS, 1987). Neste contexto, destaca-se que segundo SEVERINO (2014), a realização de uma revisão bibliográfica efetiva requer a adoção de uma abordagem sistemática e organizada que inclui: definição dos critérios de busca, sendo necessário definir os termos e conceitos-chave que serão utilizados para identificar os estudos relevantes, podendo ser incluídas palavras-chave, limitações de tempo e idioma, entre outros aspectos. Sendo importante utilizar várias fontes para garantir a abrangência da busca e evitar vieses. Ainda segundo o autor e não menos importante, pode ser incluída a seleção dos estudos, ou seja, pós a realização da pesquisa de literatura, o pesquisador precisa realizar uma triagem dos estudos encontrados. Nessa etapa, são geralmente aplicados critérios de inclusão e exclusão para selecionar os estudos mais relevantes para a pesquisa.

Atualmente, verifica-se que a inevitável transição econômica, social e ambiental e as metas mundiais atreladas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) não serão atingidas sem um maior impulso à pesquisa, à inovação e a estudos adequados e ainda específicos para cada país e região. Neste contexto, técnicas avançadas e o desenvolvimento de produtos a partir de recursos renováveis para atender às presentes e futuras demandas, está diretamente associado a um equilibrado crescimento econômico. Contudo, a implementação tecnológica requer da análise de importantes fatores, tais como, viabilidade técnica, disponibilidade de recursos, existência e adequação de mão-de-obra, e particularmente rentabilidade econômica. Designadamente, para que estes processos sejam uma realidade, análises técnicas, econômicas e ambientais são necessárias, visando mais competitividade e maior viabilidade frente aos recursos fósseis na escala atual e futuramente necessária, tornando-se esta, uma área de grande relevância globalmente. Uma vez que, pesquisas demonstram que o desenvolvimento de produtos, tais como, os integrantes das novas matrizes químicas e energéticas, pode garantir os crescentes objetivos econômicos e sociais, sem incidir no intenso consumo de recursos, nos prejuízos ambientais e nos riscos relacionados às falhas técnicas, à insegurança, à volatilidade dos preços e à instabilidade econômica e sociopolítica a nível mundial (EPE, 2022).

Neste panorama, considera-se que globalmente a biomassa e os produtos de sua transformação deverão substituir a maioria dos produtos de origem mineral atualmente consumidos e dentre as principais fontes, destacam-se os resíduos agroindustriais e a matéria orgânica resultante de seu processamento. Neste contexto, as atividades agrícolas no Brasil integram um amplo e importante setor e são fontes de materiais

renováveis ou resíduos de biomassas, cuja utilização tem se mostrado promissora, tendo em vista que grandes volumes dos mesmos são inadequadamente descartados e por isto apresentam um grande impacto ambiental e um valor pouco significativo nesta cadeia produtiva tradicional. Sabendo-se que, regiões que se destacam pela produção agroindustrial e que demandam atualmente o desenvolvimento de tecnologias de aproveitamento dos resíduos setoriais, podem agregar valor a estes recursos ao inseri-los dentro das cadeias produtivas de bioenergias. Contribuindo ainda com a otimizando das instalações para, desta forma, aumentar a performance técnica e econômica do setor (SUZUKI, 2019; ORELLANA et al., 2020).

Desta forma, a produção e aplicação do biogás como fonte energética renovável torna-se uma alternativa sustentável e cada vez mais viável e significativa para qualquer país ou região, independentemente de seu estágio de desenvolvimento. Com a mais vasta área do Estado do Rio de Janeiro, os campos dos índios Goytacazes (termo que, trazido para o português, pode significar “corredores da mata” para uns ou “índios nadadores” para outros), faziam parte da capitania de Pero de Góis da Silveira, conforme consta da Carta de Doação de 28 de agosto de 1536. Com o objetivo de ocupar a área, foi implantado um núcleo populacional e o local escolhido foi à margem direita do Rio Itabapoana. A "Vila da Rainha", contudo, não prosperou devido aos constantes ataques dos índios. Sem recursos para continuar o empreendimento, Pero de Góis resolveu abandonar a Capitania. Mais tarde, determinou o Rei de Portugal que o Governador do Rio de Janeiro dividisse as terras daquela Capitania e distribuisse sesmarias entre os colonos. Assim, divididos os quinhões, foram erguidos dois currais: um no "Campo Limpo", à margem da Lagoa Feia, e outro na Ponta de São Tomé. Posteriormente, Salvador Corrêa de Sá e Benevides, Governador do Rio de Janeiro, conseguiu a doação das terras da Capitania de São Tomé para seus filhos, Martim Corrêa de Sá e Benevides – Primeiro Visconde de Asseca, e João Corrêa de Sá. Desse episódio tem início uma acirrada luta que, por mais de um século, envolveu os habitantes das terras e os portugueses (TSE, 2008).

Em poucos anos, a povoação prosperou, a área foi emancipada e instalada a Vila de São Salvador. Em 1650 foi implantado o primeiro engenho em solo campista e o Visconde d'Asseca funda a vila de São Salvador dos Campos dos Goytacazes em 1677, dominando a região por quase um século. Neste período há grande expansão pecuária. Em 1750 ocorre a queda dos Assecas e a partir daí a expansão da cana-de-açúcar, possível pela divisão dos grandes latifúndios (COSEAC, 1999). As visitas do imperador D. Pedro II e a luta republicana foram outros marcos da história de Campos, assim como o

início da indústria do açúcar e a descoberta de petróleo na bacia sedimentar campista, a 80 quilômetros da costa. O surgimento, em 1652, da agroindústria açucareira, com a instalação do primeiro engenho em Campos, hoje em fase difícil, dava início ao progresso na região. Mas a descoberta oficial do petróleo veio reativar o desenvolvimento do município (CÂMARA CAMPOS, 2014). Grande parte do município foi ocupada, a princípio, por criadores de gado. Posteriormente a região progrediu com a cultura da cana-de-açúcar e o vilarejo foi elevado à categoria de cidade em 1835, com o nome Campos dos Goytacazes (TSE, 2008).

No Brasil, o emprego energético do biogás é realizado há várias décadas e suas aplicações têm sido na produção de energia elétrica, térmica, mecânica, além da produção de Biometano (gás natural renovável), resultando em importantes benefícios ambientais, econômicos e sociais a nível nacional (CIBIOGÁS, 2021; LINS et al., 2022). O biogás é um gás resultante da digestão anaeróbia (em ausência de oxigênio livre do ar) da matéria orgânica. Resíduos orgânicos de origem vegetal ou animal, tais como, dejetos agropecuários, resíduos industriais e urbanos (CHERNICHARO, 2019), podem ser tratados com sucesso em equipamentos conhecidos como biodigestores, produzindo biogás e biofertilizante (subproduto do processo). Reduzindo-se desta forma o poder poluente que o despejo in natura destes resíduos causa ao meio ambiente (EMBRAPA, 2021). Destacando-se por sua capacidade de reduzir emissões de gases de efeito estufa e gerar energia de maneira sustentável, sendo amplamente alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (LINS et al., 2022).

Este gás tem várias aplicações, podendo ser utilizado como fonte de energia para aquecimento, geração e movimentação mecânica. Os principais componentes do biogás são o gás metano (CH_4 ; 60 a 80% do biogás) e o gás carbônico (CO_2), sendo que, quanto maior o teor de metano, mais puro é considerado o biogás. Também presente no biogás, o gás sulfídrico formado no processo de fermentação é responsável pelo odor pútrido do gás e ainda pela possível corrosão nos componentes do sistema. Sabendo-se que a proporção dos gases na mistura se modifica de acordo com o manejo aplicado. Neste sentido, a escolha do biodigestor é o principal fator para o desenvolvimento e processamento apropriados, de modo que haja compatibilidade entre as características da biomassa utilizada e o biodigestor selecionado. Considerando-se que para que a produção e utilização do biogás sejam rentáveis ao produtor, o biogás obtido deve conter, no mínimo, 70% do gás metano (EMBRAPA, 2021).

A produção de biogás ocorre em quatro etapas básicas, sendo estas: Hidrólise, Fermentação, Oxidação Anaeróbica e por último, a Formação de Metano e subprodutos

(Biogás). Na primeira etapa de hidrólise há a quebra das moléculas da matéria orgânica em moléculas menores para que as bactérias possam realizar a digestão delas. Nesta etapa, ocorre a formação de subprodutos, tais como, açúcares, álcoois e ácidos graxos. A fermentação ocorre de acordo com o material orgânico que foi digerido e também das bactérias disponíveis no biorreator, havendo a continuação da quebra das moléculas orgânicas sempre em moléculas menores. Nesta etapa há a formação de subprodutos como amônia, ácidos gordos, hidrogênio e dióxido de carbono, CO₂. Na etapa de oxidação anaeróbica há o rompimento das moléculas formadas nas etapas anteriores em moléculas ainda menores, e a conversão do material degradado formando-se ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono, CO₂. Nesta etapa são necessárias bactérias metanogênicas para que sejam consumidos o hidrogênio e o CO₂. Na última etapa, conhecida como metanogênese, ocorre a formação de metano, que é o principal componente do biogás e a substância de maior interesse para o processo (INFOESCOLA, 2016).

A integração de processos de valorização de resíduos para produção de biogás é uma abordagem baseada no conceito de biorrefinaria, que agrega valor a subprodutos por meio de tecnologias avançadas (JIN et al., 2018). No contexto brasileiro, a utilização do biogás está em ascensão, especialmente em áreas rurais e agroindustriais, devido à abundância de biomassa disponível (MILANEZ; MAIA; GUIMARÃES, 2021). Além disso, a microgeração de energia elétrica no Brasil, regulamentada pela ANEEL, incentiva o uso de fontes renováveis, como biogás, para abastecimento local e injeção de excedentes na rede pública (LINS et al., 2022). Estudos indicam que essa modalidade é particularmente vantajosa em áreas rurais, promovendo autonomia energética e mitigação de custos (ORELLANA et al., 2020).

Especificamente, em regiões produtoras de cana-de-açúcar, como o Norte Fluminense, o aproveitamento de resíduos do bagaço e da vinhaça para geração de biogás tem se mostrado uma estratégia eficaz para microgeração (ROCHA, 2020). Campos dos Goytacazes, como destacado, é um dos principais polos agropecuários do Brasil. Com forte tradição na produção de cana-de-açúcar e pecuária bovina, o município gera grandes quantidades de resíduos orgânicos passíveis de conversão em biogás (COSEAC, 2024). De acordo com dados do IBGE (2023), Campos possui um rebanho bovino expressivo, cuja produção de esterco representa uma oportunidade significativa para a geração descentralizada de energia. Além disso, a presença de várias instituições de pesquisa fomenta o desenvolvimento de tecnologias voltadas para a valorização de resíduos e a promoção da sustentabilidade energética local (ROCHA, 2020). Para a

cidade, a adoção de sistemas de biogás pode gerar impactos positivos na economia local, criando empregos, promovendo autossuficiência energética e reduzindo custos operacionais em propriedades rurais (SUZUKI, 2019).

A produção de biogás contribui para o desenvolvimento sustentável ao promover a gestão eficiente de resíduos e a redução de emissões (MILANEZ et al., 2021). Entretanto, desafios persistem, como os custos iniciais de implementação de sistemas de biogás, a falta de incentivos financeiros e o baixo nível de conscientização entre pequenos produtores (LINS et al., 2022; CHERNICHARO, 2019). Além disso, é necessário expandir as pesquisas sobre a viabilidade técnica e econômica em diferentes escalas, incluindo estudos mais detalhados sobre o impacto ambiental e socioeconômico regional (GIL, 2020; PRODANOV & FREITAS, 2013).

Desta forma, a sustentabilidade deste sistema dependerá da análise de aspectos técnicos e econômicos localmente definidos, o que permitirá a diversificação energética e a expansão dos distintos tipos de biocombustíveis, descentralizando geograficamente e fortalecendo sua produção, sobretudo em regiões de interior do país. Destacando-se ainda que a oferta descentralizada em países de dimensões continentais otimiza o aproveitamento de recursos, dos benefícios ambientais, sociais e econômicos e, principalmente, permite um desenvolvimento nacional integral (DCI, 2018; FERNANDES E MARIANI, 2019).

Tendo-se em consideração que a melhoria na infraestrutura e na disponibilidade de alternativas econômicas nas regiões em desenvolvimento permite o emprego de fontes renováveis de energia em maior escala, uma avaliação destes processos e das oportunidades regionais mostra-se como uma importante área de estudo local. Estas análises fornecem uma base detalhada para a compreensão do potencial das tecnologias e como seus resultados podem ser empregados no desenvolvimento e na modificação de planos de gastos de capital, ao estimar os custos operacionais e de manutenção, prevendo a lucratividade. Adicionalmente, auxiliam na identificação de barreiras técnicas, onde a pesquisa e o desenvolvimento podem levar a melhorias significativas nos custos (JIN et al., 2018). Destarte, estudos visando a otimização da produção e o conhecimento que os impactos de diferentes condições técnicas podem exercer na viabilidade das tecnologias são primordiais no desenvolvimento destas, sendo uma área de extrema importância atualmente. Isto permitiria, um avanço na tomada de decisões para a inclusão de novos processos no âmbito dos biocombustíveis, aumentando sua eficiência, reduzindo custos e garantindo uma melhor aplicação dos recursos regionalmente disponíveis (ROCHA, 2020).

MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo os objetivos propostos, em uma primeira etapa foi realizada uma pesquisa de dados para o levantamento das informações necessárias (cenários agrícolas, biomassas, disponibilidade de nutrientes a partir dos dejetos, etc.) para o desenvolvimento da engenharia conceitual do processo de transformação bioquímica de biomassa orgânica por digestão anaeróbia para a produção de biogás. A etapa de coleta de dados foi realizada com o propósito de obter evidências e informações concretas para as questões do projeto, permitindo reunir dados confiáveis e relevantes que sustentem as conclusões e descobertas da pesquisa. Além disso, permite identificar padrões e tendências, assim como, desenvolver uma compreensão mais aprofundada da situação estudada (PRODANOV e FREITAS, 2013). Sendo necessária a escolha dos instrumentos de coleta de dados apropriados. Esses instrumentos podem incluir questionários, entrevistas, observações estruturadas, escalas de avaliação ou qualquer outro método adequado ao estudo em questão (GIL, 2020). Neste sentido, houve o levantamento e a coleta de dados após a escolha dos principais instrumentos de pesquisa, os quais foram entrevistas, observações estruturadas e coleta de amostras. As entrevistas foram realizadas durante várias visitas técnicas efetuadas em fazendas e sítios da região sob estudo, na Secretaria Municipal de Agricultura de Campos dos Goytacazes (SMA-CAMPOS) e nas bases de dados e informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), da Fundação de Desenvolvimento Regional, (EMATER-RIO), Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro.

Seguidamente, foram estabelecidos os parâmetros técnicos e as principais etapas produtivas a partir das definições preliminares e das características das matérias primas, das disponibilidades e do produto de interesse, com o estabelecimento dos diagramas de fluxo de cada processo e suas respectivas fases descritivas e operações unitárias. Após estas etapas, foram determinados os requerimentos totais de materiais ou fluxos mássicos, ou seja, os balanços de materiais, assim como, a determinação dos requerimentos energéticos ou balanços de energia nos cenários pesquisados. Posteriormente, foi iniciada a etapa da análise da viabilidade econômica a partir do dimensionamento e dos custos de investimento de capitais fixos, de operação dos principais equipamentos e totais de produção dos processos propostos, levando em consideração todos os cenários caracterizados. Neste caso, os investimentos totais

foram calculados por intermédio de índices baseados nos preços dos principais equipamentos a serem empregados, utilizando-se posteriormente, indicadores de análise econômica segundo Peter et al. 2003. Os resultados foram analisados por meio do detalhamento da base técnica e dos dados financeiros (tempos de retorno dos investimentos, Payback) obtidos para a compreensão do potencial da tecnologia avaliada e por meio de estudos de caso (resíduos da bovinocultura, suinocultura e avicultura) no município de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, enfatizando a interpretação em contexto, buscando examinar a realidade específica, o aumento da eficiência e a viabilidade dos métodos considerados, possibilitando comparar os processos de conversão para os diferentes tipos de resíduos orgânicos avaliados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de dados é uma etapa fundamental em projetos de pesquisa científica, pois é por meio dela que os pesquisadores são capazes de extrair informações relevantes e realizar inferências às pesquisas. Nesta atividade, é fundamental que os dados coletados durante a pesquisa sejam examinados, podendo ser quantitativos, como números, medidas e estatísticas, ou qualitativos, como observações, entrevistas e descrições. O objetivo principal é identificar padrões, relações e tendências nos dados para esclarecer os pontos de pesquisa e permitir alcançar os objetivos do estudo (GIL, 2020; ROCHA, 2020). Segundo GIL (2020), a análise de dados deve ser realizada com o propósito de interpretar e dar sentido aos dados coletados, assim como, de responder às perguntas estabelecidas no projeto. Por meio da análise, os pesquisadores buscam extrair informações relevantes, identificar associações, verificar hipóteses e gerar conhecimento científico. Além disso, a análise de dados permite a validação ou refutação das conclusões e teses do estudo. A coleta de dados, realizada por meio de um plano metodológico cuidadosamente elaborado, pode ser descrita com algumas abordagens e técnicas, iniciando pela definição das variáveis. Ou seja, antes de começar, foi fundamental definir claramente as variáveis relevantes para o estudo. Além disso, foi importante a seleção da amostra, uma vez que, em muitos projetos de pesquisa, é inviável ou impraticável coletar dados de toda a população-alvo, sendo necessário selecionar uma amostra representativa que permita generalizar os resultados, contribuindo para a obtenção de informações relevantes, mas também proporcionando uma série de aprendizados significativos para os pesquisadores envolvidos (SEVERINO,

2014). Após a definição das variáveis relevantes para o estudo, foram definidos os instrumentos de coleta, sendo realizadas visitas técnicas, entrevistas, observações estruturadas e de escalas de avaliação. Esta coleta de dados não apenas contribuiu para a obtenção de informações relevantes, mas também proporcionou aprendizados significativos, com a oportunidade de desenvolver habilidades e adquirir conhecimentos importantes. As Tabelas 1, 2, 3 e 4 apresentam os dados agrícolas nacionais, estaduais e da municipalidade oficialmente publicados e os quantitativos referentes às propriedades agropecuárias onde foram realizadas as visitas técnicas.

Tabela 1. Dados oficiais nacionais e estaduais referentes aos tipos de criações e aos quantitativos agrícolas de interesse.

Instituição	Bovinos	Suínos	Aves
IBGE	8.363.269	47.220.895	1.578.484.082
EMBRAPA	-	41.789.462	56.391.927
EMATER-RIO	1.648.629	10.231.688	48.217.960

Fonte: IBGE, 2023. EMPRAPA, 2023. EMATER – RIO, 2023.

Tabela 2. Dados oficiais referentes aos tipos de criações e aos quantitativos agrícolas da cidade de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.

Bovinos	Suínos	Aves
283.444	18.687	2.073

Fonte: IBGE, 2022.

Tabela 3. Dados oficiais referentes às maiores propriedades agropecuárias locais de criação de bovinos.

Propriedade	Bovinos
Fazenda Abadia Ltda.	3338
Fazenda Santa Cecília/São José	2329
Gleba 6 Conjunto Rural Santa Cruz	2232
Boianga	2062
Santa Maria e outras	1932

Fonte: FUNDENOR, 2024.

Tabela 4. Dados referentes aos tipos de criações e aos quantitativos de animais nas propriedades agropecuárias locais pesquisadas e visitadas tecnicamente.

Espécie Pecuária	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	Propriedade 4	Propriedade 5
Bovinos	500	20			2.232
Suínos			297	73	
Aves		35			4.000

Neste contexto, a maior propriedade em termos de criação de bovinos é a Fazenda Abadia, localizada na Av. Francisco Lamego, S/N, Estrada RJ 194, Campos-Gargaú com mais de 3 mil animais. Os parâmetros técnicos desempenham um papel fundamental na viabilidade e eficiência da produção de biogás, especialmente quando considerados em um cenário de microgeração de energia sustentável. Esses parâmetros incluem aspectos como a qualidade e a quantidade de substratos disponíveis, a eficiência do processo de digestão anaeróbia, o rendimento energético do biogás produzido e as condições operacionais ideais do biodigestor. O conhecimento técnico sobre a composição dos resíduos orgânicos, como sólidos voláteis, e sua proporção no substrato é essencial para maximizar o potencial de produção de biogás (GIL, 2020). Ademais, a escolha do tipo de biodigestor e o controle das condições operacionais, como temperatura, pH e retenção hidráulica, são fatores cruciais para garantir uma conversão eficiente da matéria orgânica em biogás. Estudos técnicos indicam que resíduos agropecuários, como esterco bovino e restos de cultura, apresentam elevada produtividade em ambientes anaeróbios, desde que os parâmetros sejam monitorados adequadamente (MILANEZ et al., 2021).

Uma análise dos parâmetros técnicos fornece a base para o desenvolvimento de tecnologias adaptadas à realidade local. Isso inclui a identificação de gargalos operacionais e a adaptação de tecnologias existentes para maximizar a eficiência energética, promovendo o desenvolvimento de soluções inovadoras e sustentáveis para a geração de energia a partir de biogás. Nos resultados relacionados à produção de biogás a partir de dejetos pecuários, destacam-se três espécies de interesse: bovinos, suínos e aves e a análise técnica das matérias-primas utilizadas no processo de digestão

anaeróbia é essencial para determinar a viabilidade técnica e o potencial energético do biogás produzido, uma vez que cada uma dessas matérias-primas apresenta características específicas que influenciam sua eficiência no processo de conversão para biogás (GIL, 2020), conforme descrito na Tabela 5. Sendo importante destacar que há uma notável variação nas metodologias para estimar o potencial energético do biogás, resultando em diferentes valores para o mesmo substrato. Além disso, as perdas associadas ao processo de biodigestão levam a uma expressiva oscilação na quantidade de biocombustível (MILANEZ et al., 2021). O biogás produzido pode ser considerado também uma matéria prima em termos de geração de outros tipos de energia e relacionado comparativamente a outros biocombustíveis, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 5. Parâmetros técnicos referentes a produção de biogás para cada tipo de animal.

	Bovinos	Suínos	Aves
Dejeto (kg/dia)	45	16	0,09
Biogás (m ³ /animal/dia)	0,54	0,19	0,01
GLP (kg/dia)	0,22	0,08	0,00
Energia Elétrica (kWh/dia)	0,54	0,19	0,01

Tabela 6. Relação comparativa de equivalência do biogás com outros combustíveis.

Categoria	Quantidade/m³ de biogás
Gasolina (L)	0,61
Querosene (L)	0,57
Óleo Diesel (L)	0,55
Gás Liquefeito (kg)	0,45
Álcool Combustível (L)	0,79
Lenha (kg)	1,54
Energia Elétrica (kWh)	1,43

Fonte: COELHO, 2012.

De acordo com a EMBRAPA (2023), a produção de 1 metro cúbico de biogás requer 25 kg de biomassa de esterco bovino. Além disso, a digestão anaeróbica de esterco bovino tem uma produção média de biogás variando entre 0,03 e 0,04 metros cúbicos por quilograma de biomassa, contudo essa faixa é uma média geral e pode variar dependendo das condições operacionais específicas, como temperatura, pH e o tipo de tecnologia utilizada no reator anaeróbico. Na safra 2023/24, a região Norte Fluminense gerou aproximadamente 350 mil toneladas de esterco bovino para a produção de biogás. Considerando que a densidade média do esterco bovino é de 0,75 toneladas por metro cúbico, o volume total de esterco processado se estima em aproximadamente 466.667 metros cúbicos (OLIVEIRA *et al.*, 2024). Considerando uma média de 0,035 metros cúbicos de biogás produzidos por quilograma de esterco, o processamento resulta em aproximadamente 12.250.000 metros cúbicos de biogás. Ao considerar um aumento na produção de 10%, para a safra 2024/25, estima-se que sejam processadas 385 mil toneladas de esterco bovino, equivalente a um volume total de cerca de 513.333 metros cúbicos de esterco processado. Com a mesma média de produção de biogás, espera-se que a próxima safra resulte em aproximadamente 13.475.000 metros cúbicos de biogás. Além disto, a análise técnica dos dados levantados permitiu estimar a viabilidade da produção de mais 1800 metros cúbicos de biogás nesta propriedade e um total entre as cinco maiores propriedades de 6422 metros cúbicos

Tabela 7.

Tabela 7. Resultados da análise de produção por dia de biogás a partir dos dados oficiais relativos aos quantitativos da bovinocultura a nível nacional, estadual e municipal.

Nível	Produtividade de Biogás (m ³ /dia)
Nacional	3010776,84
Estadual	593506,44
Municipal	102039,84
Fazenda Abadia Ltda.	1802,52
Fazenda Santa Cecília/São José	1257,66
Gleba 6 Conjunto Rural Santa Cruz	1205,28
Boianga	1113,48
Santa Maria e outras	1043,28

As aplicações do biogás como combustível nas instalações e propriedades rurais, permite a diminuição de custos e evita, grandes impactos ambientais, devido ao descarte impróprio de resíduos sólidos altamente poluentes. Desta forma, verificasse que haveria a viabilidade de produção de 4305410,88; 848714,21 e 145916,97 kWh de Energia Elétrica considerando os dados oficiais relativos aos quantitativos da bovinocultura a nível nacional, estadual e municipal. A Tabela 8 fornece uma visão comparativa (bovinos, suínos e aves) segundo os dados levantados nas propriedades agropecuárias onde foram realizadas as visitas técnicas. As propriedades analisadas incluem, por exemplo, tipo de alimentação, tipo de confinamento, quantidade média de dejetos (kg/dia) e composição de dejetos. Parâmetros que influenciam a concentração de sólidos voláteis, um indicador da fração orgânica disponível para a digestão anaeróbia, e o teor de umidade, que afeta a fluidez do substrato no biodigestor. Adicionalmente, propriedades como a relação carbono/nitrogênio (C/N) e a geração potencial de metano (GPM) podem ser cruciais também para garantir uma operação estável e maximizar o rendimento energético. A compreensão detalhada das propriedades permite o desenvolvimento de estratégias para otimizar a mistura de substratos, ajustar as condições operacionais do biodigestor e prever possíveis desafios técnicos (ROCHA, 2020). Essa análise fornece subsídios para decisões sobre o aproveitamento de resíduos agropecuários, maximizando a eficiência da produção do biogás como fonte de energia renovável.

A pecuária bovina é uma das principais fontes de dejetos para a produção de biogás no município, especialmente em áreas de confinamento intensivo. Os bovinos produzem uma grande quantidade de dejetos, e sua alimentação é predominantemente baseada em pastagens e ração, o que determina a composição do esterco. A avicultura, embora de menor porte em comparação com a bovinocultura, também é relevante para a geração de biogás. As aves, alimentadas principalmente com ração composta por grãos, produzem dejetos com alta concentração de nitrogênio e fósforo, além de compostos orgânicos. O tipo de alimentação e o confinamento (geralmente em galpões) impacta a quantidade e a composição dos dejetos (SEVERINO, 2014). A suinocultura é outra atividade pecuária importante para a produção de biogás na região, especialmente em sistemas de confinamento, onde os suínos são alimentados com rações balanceadas. Os dejetos dos suínos são bastante volumosos e ricos em compostos orgânicos, como carboidratos e proteínas. A quantidade de dejetos gerados por suínos é considerável, e sua composição favorece uma produção eficiente de biogás. A composição dos dejetos também é um fator crucial, pois determina a eficiência da

digestão anaeróbica e, conseqüentemente, a produção de biogás. A utilização desses dejetos para a microgeração de energia é uma alternativa sustentável e potencialmente lucrativa para o município, além de contribuir para a redução do impacto ambiental gerado pelos resíduos da atividade agropecuária.

Tabela 8. Dados referentes aos tipos de criações e aos quantitativos de animais nas propriedades agropecuárias locais visitadas.

	Bovinos	Aves	Suínos
Tipo de alimentação	Pastagem e ração	Ração	Frutas, raízes, sementes e farelos
Tipo de confinamento	Semi-intensivo	Em baias	Semi-intensivo
Dejetos (kg/dia)	23.400	360	4.746
Composição de dejetos	Urina e Fezes	Fezes e cama de aviário	Urina e Fezes

A análise dos resultados mostra que a produção de biogás na cidade de Campos dos Goytacazes pode se beneficiar significativamente da abundância de dejetos gerados pela agropecuária local. A quantidade de dejetos varia conforme a espécie, mas, em conjunto, bovinos, aves e suínos podem contribuir com volumes consideráveis de matéria orgânica. Para a análise econômica, a escolha dos biodigestores foi da empresa BGS Equipamentos, a qual evidencia um compromisso com tecnologias consolidadas e eficientes no setor. Seus equipamentos são projetados para oferecer alta eficiência na digestão anaeróbica, atendendo diferentes escalas de produção, desde pequenas propriedades até sistemas industriais. A BGS Equipamentos inovou com uma linha completa de equipamentos para biogás da fácil instalação, sem precisar de adaptações, no formato de kit ou comprados separadamente. O kit biodigestor da BGS Equipamentos é composto por: biodigestor, válvula de alívio de pressão, filtro de biogás, medidor de biogás, balão de armazenamento, bomba e um fogão para utilização do biogás e a empresa disponibiliza kits de 1, 2, 5, 10 e 20 m³.

No trabalho realizado foi considerado o tamanho e o custo dos biodigestores, a capacidade de processamento dos dejetos e a demanda proporcional para as diferentes espécies pecuárias avaliadas. Essa análise é crucial para determinar a viabilidade financeira e operacional da implementação de biodigestores voltados para a

microgeração de energia. A Tabela 9 destaca a análise de investimentos para a produção local de biogás segundo os dados específicos levantados considerando um biodigestor de 20 m³, o qual tem uma capacidade de processamento de 300 kg por dia de esterco e um custo (aquisição e instalação) de R\$13.500,00. Na análise de viabilidade, o valor proporcional do investimento foi calculado assim como também o custo-benefício de cada biodigestor, sendo considerados os dados sobre as espécies pecuárias (bovinos, suínos e aves), os número de animais, as quantidades de dejetos gerados por dia e com base nisto a estimativa do número de biodigestores necessários para atender à produção específica de cada dejetos.

Conforme apresentado, os bovinos são os maiores geradores de dejetos em termos absolutos, devido ao grande volume diário por animal e o número de biodigestores necessários será maior para suportar o alto volume gerado. A produção diária de dejetos dos suínos é significativa, sendo essencial calcular cuidadosamente a quantidade dos biodigestores mandatórios para processar o volume gerado por rebanhos suínos de médio a grande porte. Na análise das aves, embora cada ave produza uma pequena quantidade de dejetos diariamente, o grande número de animais em atividades avícolas resulta em uma demanda relevante por biodigestores e neste caso, biodigestores maiores podem ser mais eficientes para atender às necessidades.

Tabela 9. Análise de investimentos para a produção local de biogás segundo os dados específicos levantados.

	Bovinos	Suínos	Aves
Número de animais considerados	520	297	4.000
Quantidade de dejetos (kg/dia)	23.400	4.746	360
Quantidade de biodigestores	78	16	1
Proporcionalidade do investimento (R\$/dia)	45,00	45,00	45,00

A análise econômica apresentada na Tabela 10, fornece informações fundamentais para avaliar a viabilidade financeira dos projetos, destacando os investimentos necessários, a geração de biogás, o lucro bruto projetado e o tempo de retorno do investimento (Payback) para as diferentes espécies pecuárias. Esses dados consolidam a proposta de utilizar biodigestores como uma solução sustentável e

economicamente vantajosa para a microgeração de energia em Campos dos Goytacazes.

Tabela 10. Análise da viabilidade econômica da produção local de biogás segundo os dados específicos levantados.

Espécie Pecuária	Investimento (R\$)	Biogás (m³/ano)	Lucro Bruto (R\$)	Payback (ano)
Bovinos	1.053.000,00	102.492,00	1.099.818,00	4 anos
Suínos	213.566,40	20.570,60	104.025,00	4 anos
Aves	16.200,00	14.600,00	36.500,00	1 ano

A análise econômica demonstra que a implementação de biodigestores na região é financeiramente viável, desde que o investimento seja dimensionado adequadamente para a realidade de cada propriedade. Os investimentos em biodigestores se mostram lucrativos para todas as espécies pecuárias avaliadas, com destaque para a avicultura, que apresenta o menor tempo de Payback devido ao menor valor de investimento e à rápida recuperação financeira, sendo recomendada para pequenos produtores. Enquanto bovinos e suínos requerem um maior investimento inicial, suas escalas de produção permitem retornos financeiros robustos a médio prazo. A diversificação das espécies pecuárias favorece a adoção de biodigestores em diferentes configurações e a flexibilidade dos tempos de retorno dos investimentos permite que produtores de diversos portes possam adotar a tecnologia. Importante destacar novamente, que além do lucro financeiro, o uso de biodigestores contribui para a sustentabilidade ambiental das propriedades, reduzindo os impactos dos dejetos e promovendo o uso eficiente dos recursos atualmente disponíveis.

Com essas informações, conclui-se que a implementação de biodigestores na região é uma estratégia economicamente lucrativa e ambientalmente responsável, sendo capaz de beneficiar pequenos e grandes produtores, além de fortalecer a matriz energética local. A análise da potencialidade da produção de biogás para a microgeração de energia na cidade de Campos dos Goytacazes demonstra a viabilidade técnica, econômica e ambiental do aproveitamento de resíduos pecuários como uma fonte sustentável de energia. Ao longo das pesquisas, foi possível observar que a diversidade de espécies pecuárias na região – bovinos, suínos e aves – oferece uma base sólida para

a implementação de biodigestores, especialmente os fornecidos pela empresa BGS Biogás, que apresentam eficiência comprovada e um adequado custo-benefício. Além dos benefícios financeiros, a utilização de biodigestores promove impactos positivos no meio ambiente, como a redução das emissões de gases de efeito estufa e o manejo sustentável dos resíduos pecuários. Como contribuição à disseminação da tecnologia recomenda-se avaliar o potencial de produção de biogás a partir do rebanho existente e demanda de consumo; fortalecer os argumentos de impacto econômico e ambiental; estimular o uso do biogás associado às demais atividades do sistema de produção; e incorporar a tecnologia de biodigestão nas linhas de financiamento de créditos e políticas públicas municipais. Esses fatores, aliados à possibilidade de geração descentralizada de energia, contribuem para o desenvolvimento socioeconômico de Campos dos Goytacazes, fortalecendo sua matriz energética e agregando valor às atividades agropecuárias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prospecção para o setor energético indica a inevitabilidade de uma matriz pulverizada, sustentável, de baixo carbono, inclusiva, interconectada, e com a microgeração tendo um papel importante no sistema. Na microgeração se destacam a fonte solar fotovoltaica e os biocombustíveis, tais como, o biogás. Este gerado a partir do processamento anaeróbico de resíduos orgânicos de diversos setores, como por exemplo, o agropecuário, e pelo potencial energético, podendo gerar energia química, térmica, elétrica e mecânica. Pela diversidade de aplicações energéticas e a possibilidade da redução de resíduos de grande impacto ambiental, a digestão anaeróbia e o biogás mostram-se importantes alternativas na implantação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. A produção de biogás caminha junto à transição atualmente necessária para que haja uma diminuição na emissão de gases de efeito estufa (GEE), a fim de frear as mudanças climáticas, além de impulsionar as tecnologias de geração de energias por fontes renováveis e a diversificação das matrizes energéticas.

Contudo, apesar da grande disponibilidade da matéria prima, a produção desse gás ainda é pouco comum na municipalidade. Nas visitas técnicas realizadas, observa-se que nenhuma das propriedades rurais visitadas em Campos dos Goytacazes utiliza qualquer sistema de geração ou produção de biogás. No entanto, os resultados obtidos

mostram uma disponibilidade de recursos orgânicos agropecuários municipais, sua potencialidade como matéria-prima para a produção de biogás e a viabilidade técnica da produção energética específica na cidade de Campos dos Goytacazes. Cada uma das espécies pecuárias avaliadas possui características próprias que impactam diretamente na quantidade e qualidade dos dejetos gerados, influenciando a viabilidade da microgeração de energia por meio do biogás. Além disto, a análise de viabilidade econômica demonstra que a implementação de biodigestores na região é financeiramente viável para todas as espécies pecuárias avaliadas, desde que o investimento seja dimensionado adequadamente para a realidade de cada propriedade, com características e escalas de retorno diferenciadas. Sendo necessário estabelecer programas de capacitação para os agricultores sobre a implementação e a manutenção de sistemas de biodigestão, para incentivar a adoção de tecnologias de biogás e promover a conscientização sobre os benefícios ambientais e econômicos do biogás para o proprietário agropecuário, de maneira particular e para a comunidade de formal geral.

A pesquisa contribui para identificar barreiras e oportunidades, fornecendo subsídios técnicos e econômicos para implementação dessa tecnologia. Além de renovável o biogás é armazenável e considerando que sua produção de se dá a partir aproveitamento sustentável de resíduos orgânicos atualmente sem destinação, presta-se um serviço ambiental necessário para manter as licenças, o nível de produção do agronegócio e contribuir com a implantação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Incentivos governamentais e financiamentos podem também ser importantes no apoio aos produtores, destacando a necessidade de políticas públicas para viabilizar projetos desta natureza na região e reforçando o potencial técnico e econômico da produção de biogás na municipalidade. Além disso, estudos sobre os impactos sociais do uso de biodigestores, como a geração de empregos e a melhoria da qualidade de vida no meio rural, poderiam enriquecer ainda mais o trabalho realizado. Desta forma, sugere-se que pesquisas futuras abordem estas questões, além da viabilidade de integrar diferentes fontes de biomassa, tais como, resíduos agrícolas e urbanos para potencializar a produção de biogás, acompanhar a evolução tecnológica e a implementação prática dos projetos visando transformar a cidade de Campos dos Goytacazes em um modelo de desenvolvimento sustentável, alinhado às tendências globais de transição energética e economia circular.

Além das atividades de pesquisa realizadas durante o desenvolvimento do projeto e das visitas técnicas (Imagem 1), houve também a participação no Energy Day:

Mudanças na Matriz Energética: Energias Renováveis e o reposicionamento do setor de Óleo & Gás, na Semana Nacional das Engenharias da UNESA-Campos dos Goytacazes, na X Semana Nacional de Ciência e Tecnologia: Ciências básicas para o desenvolvimento sustentável, na Visita Técnica no Centro de Tratamento e Depósito de Resíduos de cidade de Campos dos Goytacazes, no 1º Seminário de Desenvolvimento Sustentável, Mobilidade Urbana e Cidades Responsivas (Imagem 2), no VII Encontro de Pesquisa e Extensão da UNESA – Campos dos Goytacazes (Imagem 3), no XVI Congresso Fluminense de Iniciação Científica e Tecnológica (CONFIT) e IX Congresso Fluminense de Pós-Graduação (CONPG) (Imagem 4) e na I Mostra de Educação, Ciência, Tecnologia, Inovação e Empreendedorismo (Imagem 5). Nessa ordem, foram eventos onde foram abordados temas relacionados às mudanças no setor de energia, transição energética, biocombustíveis, energia fotovoltaica, destacando que Campos dos Goytacazes é o segundo município que mais produz energia fotovoltaica, seguindo a capital do Estado e a aprovação e desenvolvimento dos projetos de biogás no Porto do Açú e na COAGRO, usina de cana-de-açúcar. Ademais, é mostrado a seguir também o registro da apresentação final do projeto (Imagem 6).



Imagem 1. Registros das visitas técnicas e das coletas de amostras.



Imagem 2. Registro de participação no 1º Seminário de Desenvolvimento Sustentável, Mobilidade Urbana e Cidades Responsivas - Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2024.



Imagem 3. Registro de participação no VII Encontro de Pesquisa e Extensão da UNESA - Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2024.



Imagem 4. Registros da apresentação do projeto no XVI Congresso Fluminense de Iniciação Científica e Tecnológica (CONFIT) e IX Congresso Fluminense de Pós-Graduação (CONPG) - Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2024.



Imagem 5. Registro de participação na I Mostra de Educação, Ciência, Tecnologia, Inovação e Empreendedorismo - Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2024.



Imagem 6. Registro da apresentação final - Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2024.

Durante o período de atividades a que se refere este relatório foi também elaborada uma maquete com o objetivo de fornecer uma representação tangível e visual do projeto de produção de biogás a partir de resíduos agropecuários. Visando compreender da melhor forma, a proporção e a disposição de elementos neste tipo de processo, sendo utilizada para apresentar os conceitos e projeto de forma mais acessível e prática. Nesta maquete (Imagem 7) demonstra-se como ocorreria o funcionamento da geração e a utilização do biogás, onde após sua produção, o gás metano seria levado por meio de uma tubulação até uma turbina onde ocorreria sua queima, e o acionamento de um gerador elétrico que produziria energia elétrica para uma subestação, com a possibilidade desta energia ser enviada à rede pública. Sabe-se que no confinamento animal o custo com combustível é muito alto, logo com o avanço na produtividade seria possível utilizar a energia produzida para abastecer a sede da empresa, assim não dependendo de outras redes, e ainda com a possibilidade de vender energia caso seja produzida em excesso, gerando um lucro além do produzido com a venda da proteína animal.



Imagem 7. Maquete representativa da produção e utilização de biogás produzido a partir de resíduos agropecuários.

REFERÊNCIAS

BALBUENO, F. Análise técnica e econômica da produção de biogás no Brasil, 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.ufrj.br/>. Acesso em: 09 abr. 2024.

CÂMARA CAMPOS, R. S. Desenvolvimento sustentável e biogás: O papel das políticas públicas, 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.ufrj.br/>. Acesso em: 20 mai. 2024.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2019. Disponível em: <https://www.ufmg.br/>. Acesso em: 03 jun. 2024.

CIBIOGÁS. Biogás: Uma alternativa energética para o Brasil. 2021. Disponível em: <https://www.cibiogas.org/>. Acesso em: 15 ago. 2024.

COELHO, F. J. Análise da viabilidade técnica e econômica da produção de biogás no Brasil. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012. Disponível em: <https://www.unicamp.br/>. Acesso em: 08 jul. 2024.

COSEAC. Campos dos Goytacazes. Disponível em: http://www.coseac.uff.br/cidades/Campos_antiga.HTM#:~:text=O%20Munic%C3%ADpio%20de%20Campos%20dos,passou%20a%20Para%C3%ADba%20do%20Sul. Acesso em: 27 fev. 2024.

DCI. DIÁRIO COMERCIAL. A expansão da produção de biogás no Brasil. 2018. Disponível em: <https://www.dci.com.br/>. Acesso em: 06 ago. 2024.

EMATER-RIO. Desenvolvimento e perspectivas da produção de biogás no estado do Rio de Janeiro. 2023. Disponível em: <https://www.emater.rio/>. Acesso em: 08 mar. 2024.

EMBRAPA. Produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais: O caso do biogás. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 11 mar. 2024.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Análise do potencial de biogás no Brasil: Perspectivas para 2022, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/>. Acesso em: 02

mar. 2024.

FERNANDES, A. C.; SILVA, M. P.; GOMES, L. A.; PEREIRA, J. R.; CARVALHO, R. L. O impacto econômico da produção de biogás no Brasil. 2019. Revista Brasileira de Energia e Biocombustíveis, v. 15, n. 3, p. 102-110, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.ufrj.br/>. Acesso em: 07 abr. 2024.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2020. Disponível em: <https://artesanatoeducacional.com.br/produto/metodos-e-tecnicas-depesquisa-social/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21119-primeiros-resultados-2abate.html?=&t=resultados>. Acesso em: 21 nov. 2024.

JIN, Q.; YANG, L.; POE, N.; HUANG, H. Integrated processing of plant-derived waste to produce value-added products based on the biorefinery concept. Trends in Food Science & Technology, v. 74, p. 119-131, 2018. Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/trends-in-food-science-and-technology>. Acesso em: 02 jan. 2025.

LINS, L. P.; FURTADO, A. C.; MITO, J. Y. L.; PADILHA, J. C. O aproveitamento energético do biogás como ferramenta para os objetivos do desenvolvimento sustentável. Interações, Campo Grande, MS, v. 23, n. 4, p. 1275-1286, 2022. Disponível em: <https://www.revistas.ufms.br/>. Acesso em: 03 mar. 2024.

MILANEZ, A. Y.; MAIA, G. B. D. S.; GUIMARÃES, D. D. Biogás: evolução recente e potencial de uma nova fronteira de energia renovável para o Brasil. BNDES Set., Rio de Janeiro, v. 27, n. 53, p. 177-216, 2021. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/20801/1/PR_Biogas_215276_P_BD.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

OLIVEIRA, L. C.; SILVA, J. F.; ALMEIDA, T. A.; COSTA, P. R.; CARDOSO, M. L. A evolução do biogás no Brasil: Avanços e desafios. 2024. Revista Brasileira de Energia, v. 20, n. 2, p. 145-155, 2024. Disponível em: <https://www.revistas.ufba.br/>. Acesso em: 09 abr. 2024.

ORELLANA, B. B. M. A.; DO VALE, A. T.; ORELLANA, J. B. T.; CHAVES, B. S.; MOREIRA, A. C. DE O. Caracterização de resíduos agroindustriais da região do distrito federal para fins energéticos. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 35, n. 1, p. 46-61, 2020. Disponível em:

<https://www.scielo.br/>. Acesso em: 05 mai. 2024.

PETER, C. R.; JONES, D. S.; SMITH, J. B.; WILLIAMS, R. H. Biogás: Uma alternativa sustentável às fontes de energia convencionais. 2003. *Journal of Renewable Energy*, v. 27, n. 4, p. 217-225, 2003. Disponível em:

<https://www.journals.elsevier.com/renewable-energy>. Acesso em: 08 mai. 2024.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118a6e009a7a2f9/E->. Acesso em: 14 nov. 2024.

book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf. Acesso em: 14 nov. 2024.

ROCHA, D. C. Análise técnico-econômica de processo integrado de transformação termoquímica de bagaço de cana. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.uenf.br/>. Acesso em: 06 abr. 2024.

SEVERINO, A. J. Metodologia do Trabalho Científico. 24. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2014. Disponível em:

[https://www.ufrb.edu.br/ccaab/images/AEPE/Divulga%C3%A7%C3%A3o/LIVROS/Metodologia do Trabalho Cientifico_1%20AA_Edi%C3%A7%C3%A3o_-_Antonio_Joaquim_Severino_-_2014.pdf](https://www.ufrb.edu.br/ccaab/images/AEPE/Divulga%C3%A7%C3%A3o/LIVROS/Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico_1%20AA_Edi%C3%A7%C3%A3o_-_Antonio_Joaquim_Severino_-_2014.pdf). Acesso em: 14 nov. 2024.

SILVA, J. A.; SILVA, M. R.; SOUZA, T. P.; LIMA, G. F. Estudo sobre a viabilidade econômica da produção de biogás na região Norte Fluminense. 2021. Seminário de Biocombustíveis, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2021. Disponível em: <https://www.uenf.br/>. Acesso em: 01 jul. 2024.

SUZUKI, L. L. Análise técnico-econômica e ambiental de processos de valorização do resíduo da indústria de suco de laranja. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.poli.usp.br/>. Acesso em: 06 jul. 2024.

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: A Pesquisa Qualitativa em Educação. São Paulo: Atlas, 1987. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4233509/mod_resource/content/0/TrivinosInt

[roducao-Pesquisa-em_Ciencias-Sociais.pdf](#). Acesso em: 14 nov. 2024.

TSE. TRIBUNAL SUPERIOR ELEITORAL. A contribuição do setor energético para as políticas públicas de biogás, 2008. Disponível em: <https://www.tse.jus.br/>. Acesso em: 03 jun. 2024.