

12º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

APLICAÇÃO DO GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO (GLP) COMO RECURSO ENERGÉTICO NA PRODUÇÃO DE PEIXES

AUTORES:

Marcos Antônio dos Santos^{*1}, Natália de Almeida Menezes¹, Jéferson Meneguim Ortega²
* autor correspondente

INSTITUIÇÃO:

¹Copa Energia,

² Laboratório de Modelagem e Simulação de Sistemas Elétricos, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)

APLICAÇÃO DO GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO (GLP) COMO RECURSO ENERGÉTICO NA PRODUÇÃO DE PEIXES

Resumo

O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) é um energético de alta capilaridade na distribuição devido a estrutura logística e facilidade de seu transporte, o que indica vantagem competitiva em relação a outros combustíveis. Especialmente no agronegócio, vislumbra-se relevantes oportunidades para uso do GLP como energético, uma vez que essa atividade econômica se estende por grande parte do território nacional, muitas vezes em localidades sem infraestrutura para energia elétrica. Mesmo quando existem redes de energia elétrica, em muitos casos estas são ineficientes na adaptação às situações de crescimento de demanda, sendo que a solução utilizada nesses casos, recorrentemente aponta para a utilização de geradores diesel. Especificamente, dentro do agronegócio, vislumbra-se oportunidade de investigação do uso do GLP no setor de produção de peixes, pois os investimentos na área de produção da piscicultura têm crescido nos últimos anos e há significativo potencial econômico a explorar. A análise do GLP como opção de fonte energética para esses sistemas permitirá que os processos de tomada de decisão nas alternativas de investimentos existentes sejam feitos de modo mais aderente à realidade tecnológica já observada em diversos países do mundo, onde a molécula do gás participa de forma abrangente da matriz energética. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre sistemas, sendo (i) Sistema com aeradores/sopradores conectados à Rede de Distribuição de Energia Elétrica; (ii) Sistema com aeradores/sopradores alimentados por grupo motor gerador a GLP. Como resultados observou-se que, nos dois sistemas avaliados, a garantia de uma fonte energética segura é fundamental, pois comumente a falta de energia elétrica devido a algum problema na rede elétrica da concessionária pode demorar para ser restabelecido, podendo levar a uma grande mortalidade de peixes. Consequentemente, o uso do GLP como fonte complementar agrega valor ao setor de piscicultura, pois permite uma maior segurança energética e uma minimização dos riscos associados à maximização da produção de peixes.

Palavras-chave: GLP, Piscicultura, Segurança Energética, Sustentabilidade Energética

Abstract

Liquefied Petroleum Gas (LPG) is an energy source with high distribution capillarity due to its logistical structure and ease of transportation, which provides a competitive advantage over other fuels. Particularly in agribusiness, significant opportunities for the use of LPG as an energy source are envisioned, as this economic activity spans a large part of the national territory, often in locations without infrastructure for electrical energy. Even when electrical grids are present, they are often inefficient in adapting to growing demand, with the solution in such cases frequently involving the use of diesel generators. Specifically within agribusiness, there is an opportunity to investigate the use of LPG in the fish production sector, as investments in aquaculture production have increased in recent years and there is significant economic potential to be explored. The analysis of LPG as an energy source for these systems will allow decision-making processes regarding existing investment alternatives to be more aligned with the technological reality already observed in several countries around the world, where gas plays a significant role in the energy matrix. In this context, the present study aims to conduct a comparative analysis between two systems: (i) A system with aerators/blowers connected to the Electrical Energy Distribution Grid; and (ii) A system with aerators/blowers powered by an LPG

generator set. The results showed that in both evaluated systems, ensuring a reliable energy source is crucial, as power outages due to issues with the utility's electrical grid can take a long time to restore, potentially leading to significant fish mortality. Consequently, the use of LPG as a complementary energy source adds value to the aquaculture sector, as it provides greater energy security and minimizes the risks associated with maximizing fish production.

Keywords: LPG, Aquaculture, Energy Security, Sustainable Energy

Introdução

A matriz energética do Brasil apresenta características distintas em relação à mundial, com quase 45% do consumo de energia nacional proveniente de fontes renováveis (EPE, 2023). O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), composto em essência por propano e butano em diferentes proporções (ANP, 2020), pode contribuir fortemente em deixar a matriz energética brasileira ainda mais sustentável. Apesar de ser um combustível de origem fóssil, sua baixa cadeia de carbono proporciona uma combustão mais limpa, eficiente, com menores emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e material particulado (PM) (SINDIGÁS, 2021).

O GLP destaca-se, também, como uma fonte de energia com alta capilaridade na distribuição, devido à sua eficiente estrutura logística e facilidade de transporte, o que lhe confere uma vantagem competitiva em relação a outros energéticos, como a lenha, que representa cerca de 9% da matriz energética nacional (EPE, 2023). No contexto do agronegócio, surgem oportunidades relevantes para o uso do GLP, uma vez que esta atividade econômica abrange grande parte do território brasileiro, frequentemente em regiões desprovidas de infraestrutura elétrica. Mesmo nas áreas onde há disponibilidade de energia elétrica, a ineficiência das redes em atender ao crescimento da demanda leva, frequentemente, à utilização de geradores a diesel como solução alternativa.

Ressalta-se que, atualmente, o consumo de GLP no Brasil está praticamente limitado aos setores Residencial e Industrial, com pouca representatividade nos setores Agrícola, de Transportes, entre outros. O uso do Gás Liquefeito de Petróleo no Brasil é restrito pela Lei nº 8.176, de 8 de fevereiro de 1991, que proíbe a utilização desse combustível em atividades diferentes das autorizadas; assim, para a realização desta pesquisa, foi necessário a obtenção de autorização específica da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Essa restrição foi inicialmente estabelecida para garantir o abastecimento doméstico em tempos de escassez e para evitar a competição entre setores pelo recurso. No entanto, com a evolução da infraestrutura de distribuição e o aumento da oferta de GLP, essa limitação tornou-se obsoleta. A ampliação do uso do GLP para setores como o agronegócio e a geração de energia em áreas remotas poderia contribuir para uma matriz energética mais diversificada e sustentável, sem comprometer o abastecimento dos setores já atendidos.

Nesse cenário de necessidades e oportunidades, inserem-se os produtores rurais de diferentes escalas, desde grandes empreendimentos até a agricultura familiar, abrangendo uma ampla gama de culturas agropecuárias, o que configura um vasto campo para a implementação de tecnologias energéticas baseadas no GLP. Para enfrentar esse desafio e oferecer uma opção energética viável ao agronegócio, a Copa Energia, em parceria com a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, propôs o desenvolvimento deste projeto com o objetivo de promover a sustentabilidade e segurança energética na agricultura familiar por meio do uso do GLP.

Metodologia

Foram considerados dois sistemas aquícolas de grande importância para o cenário nacional e internacional, sendo estes:

Tecnologia de Bioflocos (BFT):

Esta tecnologia foi utilizada na Estação Experimental de Piscicultura da Cidade Universitária (UFMS) para a criação da espécie tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). As características desta tecnologia são:

- Não é necessária a renovação de água, permitindo sua implementação em qualquer propriedade,
- Demanda aeração 24 horas do dia durante todo o período produtivo.

A avaliação da sustentabilidade energética foi realizada através das variáveis relacionadas ao desempenho elétrico e ambiental dos sistemas:

- Sistema com soprador conectado à Rede de Distribuição de Energia Elétrica;
- Sistema com soprador alimentado por Grupo Moto Gerador (GMG) movido a GLP de potência de 7 e 8 kVA.

Cada soprador fornecendo ar atmosférico (oxigênio) a um conjunto de quatro tanques elevados, cada um. O funcionamento destes sopradores é de 24 horas, 7 dias por semana durante o tempo de análise do projeto.



Figura 1: Detalhes da Unidade Experimental da Tecnologia BFT. (A) Tanques elevados de 4 m³ de volume útil conectadas ao soprador (Compressor Radial) alimentados com GLP (seta vermelha) e a rede elétrica (seta cinza); (B) Cilindros de GLP, geradores movidos a GLP (interligados); (C) Detalhes das mangueiras porosas (onde o oxigênio é direcionado aos tanques).

Sistema Tradicional em viveiros em Água Clara

Esta tecnologia foi utilizada no Setor de Piscicultura da fazenda Escola / UFMS para criação da espécie pacu (*Piaractus mesopotamicus*). As características desta tecnologia são:

- aumento da produtividade mediante a utilização de aeradores
- aumento da rentabilidade do negócio.

A avaliação da sustentabilidade energética foi realizada através das variáveis relacionadas ao desempenho elétrico e ambiental dos sistemas:

- Sistema com aerador conectado à Rede de Distribuição de Energia Elétrica;
- Sistema com aerador alimentado por GMG movido a GLP de potência de 3 kVA.

Neste experimento foram utilizados aeradores que permitiam a incorporação de 1,7 kg de oxigênio/hora em cada tanque de 1000 m². O funcionamento destes aeradores se dava através de sensores, os quais eram acionados quando o nível de oxigênio atingisse a concentração abaixo de 3 mg/l. Ou seja, os aeradores foram acionados quando a concentração de oxigênio fosse menor que 3 mg/l em qualquer um dos tanques. Os aeradores ao serem acionados permaneciam ligados por 4 horas após cada acionamento, independentemente qual seja o nível de oxigênio nos tanques. O desligamento do GMG é justificado pela política operativa adotada, a qual estabeleceu que a cada 4h de funcionamento, ele permanece desligado por 1 h, independentemente do nível de oxigênio dos tanques.



Figura 2: Cilindros de GLP (esquerda); aerador do tipo chafariz (direita);

Resultados

Tecnologia de Bioflocos (BFT):

Sob a ótica da viabilidade econômica do uso do GLP, definiu-se neste trabalho o Custo Relacional da Energia (CRE) como a relação entre o custo da energia elétrica produzida através dos GMGs de 7 e 8 kVA e o custo da energia elétrica consumida da rede da concessionária local. O CRE encontrado foi de 4, ou seja, a utilização de Gás Liquefeito de Petróleo frente a energia elétrica demonstra ser 4 vezes mais onerosa. Isto impõe uma limitação devido ao impacto econômico gerado, principalmente considerando o ampliado tempo de uso deste energético na geração de energia, que deve ser avaliada pelo produtor tendo em vista o aumento dos custos de produção.

Sob a ótica ambiental, as emissões dos seguintes poluentes: O₂%, NO (ppm), CO (ppm), CO₂%, NO_x (ppm) e C_xH_y (ppm) foram monitoradas através do uso do analisador de gases ECIL 600X para os

GMGs de 7 e 8 kVA em condições de funcionamento a vazio e sob carga. Segundo (SIMSEK; USLU, 2020), quando comparando as emissões de CO₂ em função da carga do motor, o GLP apresenta emissões de CO₂ menores em comparação com a gasolina. A razão para essa diminuição são as baixas taxas de carbono do GLP. Além disso, as emissões de CO₂ aumentarão à medida que a taxa de reação de combustão completa aumentar com o aumento da temperatura dentro do cilindro. Consequentemente, como a carga do motor também é um fator que aumenta a temperatura dentro do cilindro, os níveis de CO₂ aumentam com o uso de GLP, juntamente com o aumento da carga do motor. Comparando os resultados supracitados neste parágrafo, observa-se o bom desempenho da emissão de CO₂ durante a operação de ambos os GMGs de potência de 7 e 8 kVA alimentados por GLP nesta pesquisa.

Tabela 1: Monitoramento de emissões nos GMGs de 7kVA e 8kVA a vazio e com carga.

Poluentes	7 kVA		8 kVA	
	Sem Carga	Com Carga	Sem Carga	Com Carga
O ₂ %	16,7 %	14,1 %	10,5 %	17,7 %
NO (ppm)	222	147	176,69	117
CO %	3,85 %	3,72 %	8,85 %	4,96 %
CO ₂ %	4,82 %	10,82 %	4,46 %	2,80 %
NO _x (ppm)	234	155	187,80	123

É importante ressaltar que, ainda que atualmente não exista no Brasil uma regulamentação para emissões de gases poluentes a partir da combustão de GLP, o energético se destaca por liberar uma menor quantidade dos poluentes descritos na Tabela 1, quando comparados aos outros combustíveis fósseis, afetando de maneira reduzida o meio ambiente.

Sistema Tradicional em viveiros em Água Clara

O comportamento da dinâmica do oxigênio dissolvido nos tanques, associada a potência ativa produzida ao longo do período considerado, é ilustrado a seguir:

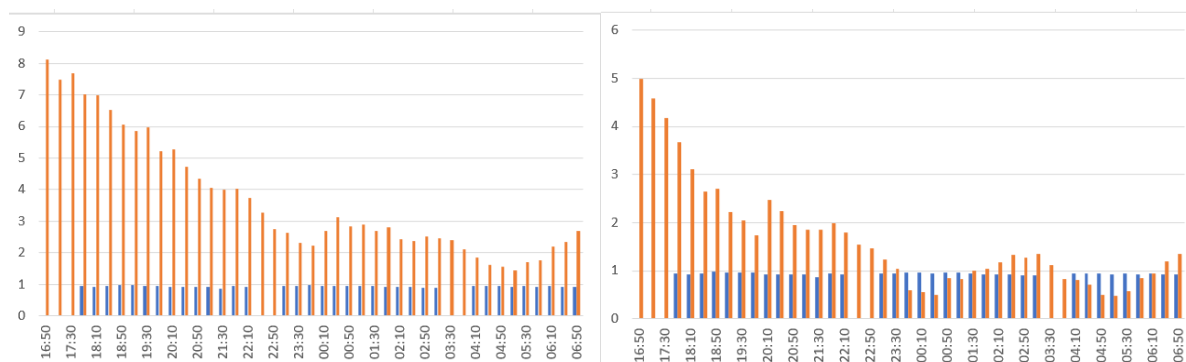


Figura 3: Comportamento do O₂ dissolvido no Sistema de Águas Claras associada à potência ativa produzida.

A dinâmica do comportamento do nível de oxigênio dissolvido ocorre pela concentração de fitoplâncton nos tanques, sendo que quanto maior a concentração maior esta flutuação. Observa-se que apesar de ter ocorrido a queda no nível de oxigênio em períodos mesmo com os aeradores ligados, seu não acionamento faria com que essa queda fosse muito mais acentuada. Neste sentido, importante destacar que a queda no nível de oxigênio nos tanques associada ao não acionamento dos aeradores quando da falta do fornecimento de energia elétrica comprometeria a qualidade de vida dos peixes, podendo levar até mesmo a mortalidade.

Sob a ótica de viabilidade econômica, a análise comparativa de utilização do GLP frente a energia elétrica demonstrou ser mais onerosa, apresentando um CRE de cerca de 4 vezes como observado na Tecnologia BFT.

Sob a ótica ambiental, foram monitoradas as emissões dos seguintes poluentes: O₂%, NO (ppm), CO (ppm), CO₂%, NO_x (ppm) e C_xH_y (ppm) através do uso do analisador de gases ECIL 600X para o GMG de 3 kW em condições de funcionamento a vazio e em diferentes horários de funcionamento. Observou-se que o GMG a GLP é um sistema gerador de energia promissor com relação a emissão de poluentes, pois emite baixa taxas de NO_x durante sua operação.

Tabela 2: Monitoramento de emissões nos GMGs de 3kVA a vazio e em diferentes horários de funcionamento.

Poluentes	A frio	Após 1 ½ h	Após 2 h	Após 2 ½ h
O ₂ %	14,8 %	13,4 %	6,4 %	8,3 %
NO (ppm)	244	320	180	115
CO %	2,91 %	3,51 %	3,39 %	3,01 %
CO ₂ %	10,94 %	8,40 %	8,77 %	9,01 %
NO _x (ppm)	255	337	189	121

Observa-se que a combustão do GLP gera menores concentrações de NO_x quando comparada com a geração de energia via GMG movido diesel (MOHSEN et al., 2023).

Conclusões

Tecnologia de Bioflocos (BFT):

Os resultados deste projeto fornecem dados valiosos tanto para piscicultores quanto para pesquisadores, já que o uso da tecnologia BFT na produção de peixes é relativamente novo na piscicultura brasileira. É importante destacar que qualquer propriedade pode adotar a produção de peixes com BFT, pois o sistema não exige trocas constantes de água. Isso torna a aquicultura mais acessível, já que não depende de grandes fontes de água, uma vez que a manutenção da qualidade da água é assegurada pelas bactérias do sistema. Além disso, a ausência de trocas constantes de água reduz o risco de impactos ambientais. A tecnologia BFT também melhora a produtividade e oferece maior biossegurança em comparação aos sistemas tradicionais.

O uso de GLP como fonte de energia elétrica para esses sistemas pode ser uma inovação importante na produção de peixes no Brasil. Além de maximizar a produção, o BFT permite um melhor aproveitamento da água, com necessidade mínima de reposição, e facilita a produção de biomassa de

peixes com menor taxa de alimentação, já que os bioflocos servem como alimento disponível continuamente.

Embora o uso de GLP possa ser mais caro que a energia elétrica, impactando diretamente os custos de produção, ele é justificado como uma fonte complementar. Em termos de segurança energética, o GLP é crucial, pois garante o suprimento contínuo de oxigênio no sistema BFT, essencial para a manutenção da qualidade de vida dos peixes. Falhas no funcionamento dos sopradores podem levar à perda rápida do sistema, dependendo da densidade de peixes. Assim, o uso do GLP como fonte complementar agrega valor à piscicultura, oferecendo maior segurança energética e minimizando os riscos associados à maximização da produção de peixes.

Sistema Tradicional em viveiros em Água Clara

A utilização de aeradores é crucial devido à concentração de fitoplâncton nos tanques, que afeta a dinâmica do oxigênio dissolvido. Altas concentrações de fitoplâncton podem causar grandes variações nos níveis de oxigênio, comprometendo a qualidade de vida dos peixes. Por isso, o uso de aeradores se torna essencial para manter a estabilidade dos níveis de oxigênio e garantir um ambiente adequado para os peixes.

Geral

Especialmente no agronegócio, vislumbra-se relevantes oportunidades para o uso do Gás Liquefeito de Petróleo no setor de produção de peixes, pois os investimentos na área de produção da piscicultura têm crescido nos últimos anos e há significativo potencial econômico a explorar, seja de grande escala para exportação como também, para o mercado interno, num processo que resulta em complemento da renda familiar de pequenos produtores.

A análise comparativa de utilização do GLP frente a energia elétrica demonstrou ser mais onerosa. Entretanto, os dois experimentos avaliados, reforçam a importância de uma fonte energética segura, pois comumente a falta de energia elétrica devido a algum problema na rede elétrica da concessionária pode demorar para ser restabelecido, podendo levar a uma grande mortalidade de peixes. Consequentemente, o uso do GLP como fonte complementar agrega valor ao setor de piscicultura, pois permite uma maior segurança energética e uma minimização dos riscos associados à maximização da produção de peixes.

Assim, a revisão da lei que restringe o uso do GLP se faz necessária para que o combustível possa ser utilizado de forma mais ampla e eficiente em benefício do desenvolvimento econômico e da sustentabilidade ambiental.

Referências Bibliográficas

ANP. **Resolução 825**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-825-de-28-de-agosto-de-2020-274891354>>. Acesso em: 7 ago. 2022

EPE. **ABCD Energia: Matriz Energética e Elétrica**. Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2023. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 31 jul. 2024

MOHSEN, M. J. et al. Experimental and numerical study of using of LPG on characteristics of dual fuel diesel engine under variable compression ratio. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 16, n. 8, p. 104899, ago. 2023.

SIMSEK, S.; USLU, S. Investigation of the impacts of gasoline, biogas and LPG fuels on engine performance and exhaust emissions in different throttle positions on SI engine. **Fuel**, v. 279, p. 118528, nov. 2020.

SINDIGÁS. **Sobre o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)**. Disponível em: <https://www.sindigas.org.br/?page_id=12>. Acesso em: 13 jul. 2024.