



Universidade de Fortaleza

CASE

PRÊMIO GLP INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

Título

SISTEMA DE ENCANAMENTO DE ÁGUA FRIA E QUENTE DE CONDOMÍNIOS POR CHILLER ALIMENTADOS POR GLP

Categoria

APLICAÇÕES DE GLP

SINOPSE

O fornecimento de água fria e quente em condomínios representa um dos maiores desafios de infraestrutura predial, principalmente quando se busca aliar eficiência energética, confiabilidade e sustentabilidade. Sistemas tradicionais de aquecimento, baseados em resistências elétricas ou aquecedores a gás convencionais, frequentemente apresentam altos custos operacionais e baixa eficiência no uso de energia. Nesse contexto, os **sistemas de chiller alimentados por Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)** surgem como uma alternativa viável e inovadora para atender simultaneamente às demandas de climatização e aquecimento de água em empreendimentos residenciais de médio e grande porte. Este estudo tem como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica da implementação de sistemas de encanamento de água fria e quente em condomínios a partir do uso de chillers movidos a GLP, comparando-os com sistemas convencionais. Foram considerados aspectos como **consumo energético, custos de manutenção, eficiência térmica e impacto ambiental**, dentro de um horizonte de 36 meses. A pesquisa busca demonstrar que a utilização de chillers a GLP pode não apenas **reduzir despesas operacionais**, mas também garantir maior confiabilidade no fornecimento de água aquecida, alinhando-se a práticas mais sustentáveis na construção civil.

Palavras-chave: Aquecimento de água, Eficiência energética, Gás Liquefeito de Petróleo, Chiller, Sustentabilidade.



SUMÁRIO

1. BREVE HISTÓRICO DA UNIVERSIDADE E DO NÚCLEO DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS.....	2
1.1 Participantes do Case.....	3
2. INTRODUÇÃO.....	4
3. CONCEITOS BÁSICOS.....	5
4. VIABILIDADE USO DO SISTEMA CHILLER PARA CONDOMÍNIOS.....	7
4.1 Possibilidade do uso do GLP.....	7
4.2 Viabilidade técnica de equipamentos híbridos ou alimentados a Gás Liquefeito de Petróleo.....	7
5. METODOLOGIA.....	10
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	11
Referências.....	12

Unifor

1. BREVE HISTÓRICO DA UNIVERSIDADE E DO NÚCLEO DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS

A Universidade de Fortaleza (Unifor) nasceu do sonho do industrial Edson Queiroz (1925-1982), um visionário que reconheceu a necessidade de um novo complexo educacional para impulsionar o desenvolvimento do Ceará e do Nordeste.

Fundada oficialmente em março de 1973, a Unifor se propôs a ser um espaço para a construção de futuros, promovendo o conhecimento e a excelência ao longo de suas cinco décadas de história. Com um campus que se expandiu para 490 mil metros quadrados, a universidade formou mais de 100 mil profissionais, espalhando sua influência pelo Brasil e pelo mundo.

Ao longo dos anos, a Unifor passou por uma revolução educacional, transformando o ensino superior de uma mera transmissão de conhecimento em uma troca dinâmica de vivências. A universidade adaptou-se às exigências do mercado, investindo em pesquisa e buscando uma simbiose entre teoria e prática. Em resposta às demandas do Ceará dos anos 1970, Edson Queiroz decidiu incluir o curso de Engenharia Mecânica entre as primeiras graduações da instituição, reconhecendo a alta empregabilidade da área na época.

Desde sua fundação, o curso de Engenharia Mecânica evoluiu, incorporando novas tecnologias e atualizando sua matriz curricular para atender às necessidades da indústria 4.0. Com laboratórios bem equipados e um corpo docente qualificado, a Unifor forma engenheiros versáteis, aptos a desenvolver, projetar e supervisionar a produção de máquinas, sistemas de aquecimento e refrigeração.

O Núcleo de Pesquisa em Energia e Materiais (NUPEM) da Unifor desempenha um papel fundamental no apoio a empresas por meio da melhoria de sistemas térmicos. Com uma área dedicada a testes e desenvolvimento, o NUPEM analisa máquinas de refrigeração, geração, conversão e combustão. Além disso, o núcleo investe em pesquisas focadas em setores energéticos, como derivados de petróleo, biocombustíveis, energia solar e hidrogênio verde.

Assim, a Universidade de Fortaleza se consolida como referência no desenvolvimento educacional e na pesquisa aplicada, contribuindo significativamente para a formação de profissionais capacitados e para o avanço tecnológico na área de energia e materiais.

1.1 Participantes do Case

João Batista Furlan Duarte, Doutor em Física pela Universidade Federal do Ceará (1998), Coordenador do Núcleo de Energia e Materiais (NUPEM), focando em inovações e eficiência energética utilizando Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).

E-mail: furlan@unifor.br - Telefone: (85) 99925-093

Felipe Pinheiro Falcão Dias, Professor Pesquisador. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Ceará (2017), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, atuando na área de pesquisa de Energia e Materiais (NUPEM), focando em inovações e eficiência energética utilizando Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).

E-mail: felipe.dias@unifor.br - Telefone: (85) 99921-0919

Matheus Fraga Alves, Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade de Fortaleza (2022), Estagiário no Núcleo de Pesquisa em Energia e Materiais (NUPEM), atuando na área de inovações e eficiência energética utilizando Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).

Email: matheusfraga@edu.unifor.br - Telefone (85) 98559-4218

Jackson Arthur Melo Gomes, Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade de Fortaleza (2025), Bolsista no Núcleo de Pesquisa em Energia e Materiais (NUPEM), atuando na área de inovações e eficiência energética utilizando Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).

Email: jacksonamg@edu.unifor.br - Telefone (85) 98527-7674

2. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por sistemas prediais de água fria e quente eficientes e sustentáveis tem se intensificado nos últimos anos, especialmente em condomínios residenciais de médio e grande porte. A necessidade de reduzir custos operacionais e o consumo de energia, aliada à preocupação com o impacto ambiental, tem motivado a busca por tecnologias inovadoras no setor da construção civil (Empresa de Pesquisa Energética, 2024). Nesse contexto, a **eficiência energética** — definida como a capacidade de fornecer o mesmo serviço utilizando menos energia — é um fator determinante para a **sustentabilidade e viabilidade econômica** dos empreendimentos (Ministério de Minas e Energia, 2024).

No Brasil, o setor residencial responde por aproximadamente **27 % do consumo de energia elétrica**, sendo que grande parte desse consumo se destina a sistemas de climatização e aquecimento de água (CCEE, 2023). Os sistemas convencionais, baseados em aquecedores elétricos ou a gás, apresentam limitações significativas, como perdas térmicas na tubulação, baixa eficiência operacional e elevados custos de manutenção. Como alternativa, os **chillers alimentados por Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)** surgem como uma solução promissora para integrar o fornecimento de água fria e quente em condomínios, permitindo **maior controle térmico, confiabilidade e redução do consumo energético**.

Este estudo tem como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica da implementação de sistemas de encanamento de água fria e quente utilizando chillers a GLP em empreendimentos residenciais. Serão avaliados aspectos como consumo energético, custos operacionais, manutenção e impacto ambiental, comparando-se a solução proposta com sistemas convencionais. A pesquisa pretende demonstrar que a adoção de chillers a GLP pode não apenas reduzir despesas e otimizar o uso de energia, mas também promover maior sustentabilidade e conforto para os moradores.

3. CONCEITOS BÁSICOS

O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) é composto, majoritariamente, por propano e butano, sendo amplamente utilizado no Brasil como fonte de energia para cocção, aquecimento e processos industriais. Armazenado em estado líquido sob pressão, ele retorna à forma gasosa ao ser liberado, garantindo elevada densidade energética em pequenos volumes e fácil transporte. Essa característica torna o GLP uma alternativa estratégica para locais onde a rede de gás natural não está disponível, como ocorre em muitos condomínios residenciais de médio e grande porte (ANP, 2023).

Nos edifícios residenciais, o fornecimento de água fria e quente constitui parte essencial do conforto e da qualidade de vida dos moradores. Tradicionalmente, sistemas elétricos ou a gás (direto) são empregados para o aquecimento, mas apresentam desafios significativos, como custos elevados de energia, limitações de infraestrutura elétrica em prédios mais antigos e perdas de eficiência no processo de aquecimento (EPE, 2023).

Os chillers de absorção alimentados por GLP surgem como uma solução técnica diferenciada. Diferentemente dos aquecedores convencionais, esses sistemas utilizam um ciclo termodinâmico baseado na absorção de calor, capaz de gerar tanto refrigeração quanto aquecimento a partir de uma única fonte de energia. Isso possibilita a integração em sistemas centralizados de água gelada e aquecida para todo o condomínio, reduzindo o consumo elétrico e aumentando a eficiência global (ABRINSTAL, 2022).

Do ponto de vista energético, a eficiência é definida como a capacidade de gerar os mesmos serviços — no caso, água fria e quente — com menor gasto de energia, enquanto a eficácia está relacionada à capacidade do sistema em atender à demanda dos usuários de forma confiável. O chiller alimentado por GLP, por utilizar um combustível de alta disponibilidade no mercado brasileiro e menos dependente da rede elétrica, alia eficiência e eficácia em cenários de condomínios residenciais (MME, 2022).

Além disso, a engenharia econômica exerce papel fundamental na avaliação da viabilidade do sistema. Condomínios que optam por chillers alimentados a GLP podem evitar obras de modernização elétrica de alto custo em prédios antigos, ao mesmo tempo em que reduzem despesas operacionais ao longo do tempo. Estudos indicam que sistemas híbridos ou dedicados a GLP apresentam retorno de investimento atrativo, principalmente em regiões com tarifas de energia elétrica mais elevadas e em edifícios que demandam simultaneamente refrigeração e aquecimento (EPE, 2023).

Portanto, a adoção de chillers de absorção alimentados por GLP para sistemas de encanamento de água fria e quente representa uma alternativa sustentável, eficiente e economicamente viável para condomínios, especialmente os que buscam modernizar sua infraestrutura sem enfrentar os altos custos de retrofit elétrico.

Figura 1 – Chiller "GAHP A Plus".



Fonte: <https://www.robur.com/en-us/products/gahp-ar>

4. VIABILIDADE USO DO SISTEMA CHILLER PARA CONDOMÍNIOS

A viabilidade do uso de chillers alimentados por Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) em condomínios foi analisada considerando aspectos técnicos, econômicos e operacionais. Esse tipo de sistema apresenta potencial para substituir os métodos convencionais de aquecimento de água e climatização, reduzindo a dependência elétrica e proporcionando maior eficiência no uso da energia disponível.

4.1 Possibilidade do uso do GLP

O GLP apresenta vantagens técnicas e logísticas que o tornam adequado para aplicação em sistemas centralizados de climatização e aquecimento de água. Por possuir alta densidade energética e ampla disponibilidade no mercado nacional (ANP, 2023), o combustível pode ser facilmente integrado à infraestrutura predial existente.

Portanto, a adoção de **sistemas de Chiller alimentados por GLP**, em substituição ao consumo elétrico convencional, mostra-se uma alternativa mais vantajosa para apartamentos que demandam água quente e fria. Essa solução é especialmente favorável em edificações antigas, que não dispõem de infraestrutura elétrica adequada, proporcionando redução significativa nos custos de reestruturação elétrica e de manutenção.

4.2 Viabilidade técnica de equipamentos híbridos ou alimentados a Gás Liquefeito de Petróleo

Os sistemas da **Robur** representam uma solução avançada para **aquecimento e resfriamento de edificações**, novas ou existentes, especialmente indicados para locais com **restrição de capacidade elétrica** ou em que **não se deseja ampliar a demanda de energia elétrica instalada**.

Baseados no uso combinado de **gás natural** e **energia renovável aerotérmica**, esses equipamentos alcançam **eficiência térmica superior a 154%**, superando amplamente os níveis obtidos por sistemas convencionais. Essa eficiência resulta em **redução de até 30% no consumo energético destinado ao aquecimento**, quando comparada às **melhores caldeiras de condensação** disponíveis no mercado.

Além de promover uma **expressiva economia operacional**, a tecnologia Robur contribui para a **valorização do imóvel**, elevando seu **desempenho energético** e reduzindo a **dependência da rede elétrica em até 86%**. Trata-se, portanto, de uma alternativa sustentável e economicamente vantajosa, alinhada às diretrizes de **eficiência energética e redução de emissões** que norteiam as edificações modernas.

Variáveis	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
Custo do kWh atual	R\$ 0,20	R\$ 1,00	R\$ 0,20	R\$ 1,00	R\$ 0,20
Reajuste Anual (kWh)	10%	10%	25%	25%	10%
Chiller convencional	R\$ 80.000,00	R\$ 80.000,00	R\$ 80.000,00	R\$ 80.000,00	R\$ 120.000,00
Manutenção: Chiller convencional	R\$ 500,00	R\$ 500,00	R\$ 500,00	R\$ 500,00	R\$ 500,00
Aquecedor convencional	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00	R\$ 2000,00
Manutenção: Aquecedor convencional	R\$ 150,00	R\$ 150,00	R\$ 150,00	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Chiller de Absorção	R\$ 160.000,00	R\$ 160.000,00	R\$ 160.000,00	R\$ 160.000,00	R\$ 160.000,00
Manutenção: Chiller de Absorção	R\$ 500,00	R\$ 3.000,00	R\$ 500,00	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
IGPM: Índice Geral de Preço de Mercado Anual	5%	5%	30%	30%	30%
Resultados:					
IGP-M (Mensal médio)	0,41%	0,41%	0,41%	2,21%	2,21%



TIR (a.m.)	1,02%	1,02%	5,71%	2,79%	7,55%
TIR (a.a.)	12,92%	12,92%	94,61%	39,15%	139,43%
ECONOMIA ACUMULADA	R\$ 63.973,35	R\$ 63.973,53	R\$ 556.746,58	R\$ 444.948,03	R\$ 2.318.008,70
ECONOMIA MENSAL MÉDIA	R\$ 1.066,22	R\$ 1.066,22	R\$ 9.279,11	R\$ 7.415,80	R\$ 38.633,48
PAYBACK	73,2 meses	73,2 meses	8,4 meses	10,5 meses	2,0 meses

fonte: elaborado pelos autores (2025)

Unifor

5. METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste estudo fundamenta-se em uma análise comparativa técnica e econômica entre sistemas de aquecimento de água convencionais e o sistema de chiller de absorção alimentado por GLP destinado ao uso em condomínios residenciais e comerciais.

O objetivo é determinar a viabilidade de substituição dos sistemas elétricos e a gás tradicionais por um sistema centralizado de chiller, capaz de fornecer simultaneamente água fria e quente por meio de um ciclo de absorção térmica.

A abordagem metodológica considerou três dimensões principais:

1. Custos de investimento (**CAPEX**) — aquisição e instalação dos equipamentos;
2. Custos operacionais (**OPEX**) — consumo energético (eletricidade e GLP) e manutenção;
3. Indicadores de retorno econômico — Taxa Interna de Retorno (TIR), economia acumulada, tempo de payback e reajuste inflacionário via IGP-M.

Os dados utilizados foram obtidos a partir de fontes como a ANP (2023), EPE (2024) e SINDIGÁS (2023), além de valores de referência de mercado para chillers e sistemas de aquecimento de médio porte. A análise considerou um período de 36 meses, com reajustes anuais simulados na energia elétrica e no preço do GLP, conforme o comportamento inflacionário do setor energético.

IGP-M (Mensal médio)	0,41%	0,41%	0,41%	2,21%	2,21%
TIR (a.m.)	1,02%	1,02%	5,71%	2,79%	7,55%
TIR (a.a.)	12,92%	12,92%	94,61%	39,15%	139,43%
ECONOMIA ACUMULADA	R\$ 63.973,35	R\$ 63.973,53	R\$ 556.746,58	R\$ 444.948,03	R\$ 2.318.008,70
ECONOMIA MENSAL MÉDIA	R\$ 1.066,22	R\$ 1.066,22	R\$ 9.279,11	R\$ 7.415,80	R\$ 38.633,48
PAYBACK	73,2 meses	73,2 meses	8,4 meses	10,5 meses	2,0 meses

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo deste estudo demonstra que a implementação de **sistemas de encanamento de água fria e quente baseados em chillers de absorção alimentados por GLP** constitui uma **alternativa tecnicamente viável, energeticamente eficiente e economicamente competitiva** frente aos sistemas convencionais de aquecimento e climatização utilizados em condomínios residenciais.

Os resultados obtidos evidenciam **ganhos expressivos em eficiência térmica e redução de custos operacionais**, especialmente em edificações com infraestrutura elétrica limitada. A tecnologia analisada apresenta **eficiências superiores a 150%**, aproveitando energia renovável aerotérmica e reduzindo a dependência da rede elétrica em até **86%**. Além disso, o **tempo de retorno do investimento (payback)** variou de apenas **2 a 10 meses** nos cenários mais favoráveis, reforçando o **potencial de atratividade econômica** do sistema.

Do ponto de vista ambiental, o uso do GLP em substituição parcial à energia elétrica contribui para a **diminuição das emissões associadas à geração termoelétrica**, promovendo maior alinhamento com as **políticas nacionais de transição energética** e com os **objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS)**. Em termos de engenharia, destaca-se ainda a **versatilidade operacional dos chillers híbridos**, que permitem integração com sistemas já existentes e adaptação a diferentes perfis de demanda térmica.

A análise de **CAPEX e OPEX** mostrou que, embora o investimento inicial seja superior ao de sistemas convencionais, a **economia acumulada e a redução de custos energéticos** ao longo do tempo compensam amplamente essa diferença. A robustez do sistema, aliada à confiabilidade do fornecimento de GLP no mercado brasileiro, reforça a **viabilidade de sua aplicação em larga escala**, especialmente em empreendimentos de médio e grande porte.

Conclui-se, portanto, que o uso de **chillers de absorção a GLP** representa uma **solução inovadora e sustentável** para o fornecimento de água fria e quente em condomínios, contribuindo não apenas para a **eficiência energética e a redução de custos**, mas também para a **valorização imobiliária e a modernização da infraestrutura predial**. Recomenda-se a continuidade de estudos experimentais e de

monitoramento em campo para quantificar os ganhos de desempenho em diferentes contextos regionais e climáticos, consolidando a tecnologia como uma referência no setor de edificações sustentáveis no Brasil.

Referências

- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Uso de energia limpa cresce nas residências do Brasil*. Brasília, 11 ago. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/uso-de-energia-limpa-cresce-nas-residencias-do-brasil>. Acesso em: 25 set. 2025.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balanço Energético Nacional 2024: Relatório Síntese – Ano Base 2023*. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_S%C3%ADntese_2024_PT.pdf. Acesso em: 25 set. 2025.
- CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. *Consumo de energia no Brasil cresce 4,9% em fevereiro e supera os 77 mil MW médios pela primeira vez, calcula CCEE*. São Paulo, 21 mar. 2025. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/-/consumo-de-energia-no-brasil-cresce-4-9-em-fevereiro-e-supera-os-77-mil-mw-medios-pela-primeira-vez-calcula-ccee> Acesso em: 30 set. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). *GLP*. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/distribuicao-e-revenda/revendedor/glp> — página sobre regulação da revenda de GLP. [Serviços e Informações do Brasil](#) Acesso em: 30 set 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). *Painel Dinâmico do Mercado Brasileiro de GLP*. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-dinamicos-do-abastecimento/painel-dinamico-do-mercado-brasileiro-de-glp> — dados atualizados de comercialização de GLP por embalagem e agente. Acesso em: 30 set 2025.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Anuário Estatístico de Energia Elétrica*. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica> — série histórica e estatísticas de consumo elétrico por classe. EPE. Acesso em: 30 set. 2025.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Fact Sheet Consumo Residencial de Energia por Classes de Renda*. Disponível em:



<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/act-sheet-consumo-residencial-de-energia-por-classes-de-renda> —

mostra dados de consumo domiciliar por faixa de renda. EPE
Acesso em: 30 set. 2025.

- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / Balanço Energético Nacional. *Balanço Energético Nacional 2024: ano base 2023*. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2025/05/Balanco-energetico-da-EPE-2024.pdf> — relatório com dados sobre oferta e consumo de energia no Brasil. Acesso em: 30 set. 2025.
- AGÊNCIA GOVERNO EBC. “Transporte e indústria representaram 64,8% do consumo de energia do país em 2023”. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202406/transporte-e-industria-representaram-64-8-do-consumo-de-energia-do-pais-em-2023> — artigo que traz participação setorial no consumo energético nacional. Acesso em: 30 set. 2025.

Unifor