ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECUPERAÇÃO DO CALOR GERADO NA PRODUÇÃO DE AR COMPRIMIDO EM SUBSTITUIÇÃO AO GLP

Alisson Lara de Carvalho⁽¹⁾ (alissonlcarvalho@yahoo.com.br), Júlia Assunção de Castro Oliveira⁽²⁾ (julia.assuncaooliveira@hotmail.com), Teresa Cristina Bessa Nogueira Assunção⁽³⁾ (bessa@ufsj.edu.br), Jorge Nei Brito⁽⁴⁾ (brito@ufsj.edu.br)

⁽¹⁾ Universidade Federal e Ouro Preto (UFOP) | Rede Temática em Engenharia de Materiais

⁽²⁾ Universidade Federal de Lavras (UFLA) | Departamento de Agricultura

⁽³⁾ Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) | Departamento de Engenharia Elétrica

⁽⁴⁾ Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) | Departamento de Engenharia Mecânica

RESUMO: Neste trabalho apresenta-se uma análise da viabilidade econômica da recuperação do calor gerado na produção de ar comprimido em substituição ao gás liquefeito de petróleo (GLP) de uma indústria química na região de campos das vertentes no estado de Minas Gerais. Os resultados demonstram que a implantação deste tipo sistema é economicamente viável, aumentando a eficiência energética global e reduzindo os impactos de emissão de CO₂. Esta análise também demonstra que a inclusão desta avaliação no projeto inicial pode influenciar positivamente na localização física de futuros projetos e instalações desta e de outras plantas que utilizam este tipo de sistema. Os centros consumidores de calor podem se beneficiar do calor gerado quando instalados próximos do sistema gerador de ar comprimido.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética, Geração, Ar Comprimido, GLP, Economia.

ECONOMIC ANALYSIS IN PRODUCTION AIR COMPRESSED TO RECOVERY HEAT IN REPLACE TO LPG

ABSTRACT: An analysis of the economic viability of the heat recovery generated in the production of compressed air in substitution of the liquefied petroleum gas (LPG) of a chemical industry in the Campos do Campos region of Minas Gerais State is showed. The results demonstrate that the implementation of this type of system is economically viable, increasing the overall energy efficiency and reducing the impacts of CO₂ emissions. This analysis also demonstrates that the inclusion of this evaluation in the initial project can positively influence the physical location of future projects and installations of this and other plants using this type of system. Heat consuming centers can benefit from the heat generated when installed near the air compressed system.

KEYWORDS: Energy Efficiency, Generation, Compressed Air, LPG, Economy.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o mercado mundial é evidenciado pela alta competitividade nos diversos setores da indústria. A partir deste cenário, é crescente a preocupação com as alterações climáticas, tornando necessária a busca por melhorias na eficiência energética de equipamentos e nos processos de geração e distribuição de energia.

O Brasil é um país que ainda possui sua matriz elétrica baseada na energia hídrica, embora recentemente venha aumentando os incentivos por novas fontes de geração de energia elétrica. Esta substituição ainda demonstra uma série de particularidades como: alto custo; limitações de desenvolvimento de projetos com financiamento externo, baixo número de pesquisas tecnológicas e barreiras regulatórias que dependem dos diversos setores da administração pública a exemplo o biogás (PNUD, 2010).

O ar atmosférico é um fluido abundante que quando comprimido torna-se uma fonte de energia importante em processos industriais (Atlas Copco, 2015). O custo total de trabalho com o ar comprimido (AC) inclui as instalações, reparos e manutenções de equipamentos. Para obter um melhor desempenho e eficiência ao utilizar o AC é necessário um bom planejamento, além de instalações, equipamentos e layout perfeitamente dimensionados e condicionados de forma apropriada para operação (Rollins, 2004).

Durante o processo de compressão do ar, cerca de 80% da energia utilizada neste processo é convertida em calor, que pode ser aproveitado para aumentar a eficiência da central de compressores evitando seu resfriamento por trocadores de calor (Saidur *et al.*, 2010). O calor gerado pode ser utilizado para aquecer a água dos chuveiros de vestiários, bem como um sistema auxiliar em processos industriais como por exemplo, na secagem de produtos (Estu, 1998), sendo portanto uma alternativa para substituição total ou parcial ao uso ao gás liquefeito de petróleo (GLP) que geralmente é utilizado nestes processos por ser uma fonte de baixo custo quando comparado a energia elétrica.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo verificar as possibilidades e viabilidade social, econômica e ambiental da recuperação do calor gerado na produção de ar comprimido em uma Planta Industrial de Carbetto de Silício (Sic) como alternativa ao uso do GLP.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, foi analisada a possibilidade da utilização do calor residual gerado durante a compressão de ar, para o aquecimento da água dos chuveiros, que no sistema atual era

armazenada em boiler conforme mostrado na Figura 1. Esta solução proposta tinha como objetivo substituir totalmente o uso do gás liquefeito de petróleo (GLP) que é utilizado no aquecimento da água dos chuveiros dos vestiários, reduzindo o consumo de GLP total. Os cálculos foram atualizados com os custos de GLP para o ano de 2019 e uma taxa de juros de 7%.

FIGURA 1: Boiler de Aquecimento de Água do Vestiário Central. Fonte: Carvalho, 2016.

Para isto, o calor gerado a partir dos compressores reservas seria aproveitado, onde um trocador de calor externo do próprio fabricante seria instalado no compressor modelo ZR-5 que atende um dos setores da empresa. Na figura 2, tem-se o esquema de instalação deste dispositivo, ressaltando que o mesmo não comprometeria o sistema caso dimensionado de forma adequada e a partir desta instalação, segundo avaliações do próprio fabricante caso o compressor fosse utilizado com a frequência adequada poderia substituir 100% do GLP, aquecendo a água até a temperatura requerida de 66°C.

FIGURA 2: Esquema da configuração da instalação para reaproveitamento do calor gerado nos compressores | Utilização em chuveiros. Fonte: ESTU (1998).

Uma segunda alternativa para recuperação de calor seria a instalação de trocadores de calor óleo/água no sistema de compressores titulares, onde neste caso a empresa possui 05 compressores disponíveis para tal instalação. Um esquema para esta instalação está apresentado na Figura 3.

Figura 3: Esquema da instalação de trocadores de calor óleo/água no sistema de compressores titulares para aproveitamento do calor gerado | Utilização em chuveiros. Fonte: ESTU (1998).

As duas alternativas possibilitariam a substituição de 100% no uso do GLP utilizado para o aquecimento da água dos chuveiros, que além de gerar uma economia, evitaria o uso de um combustível fóssil onde sua queima libera CO2 para a atmosfera.

3. RESULTADOS

Durante a busca de alternativas para o aproveitamento do calor gerado para aquecimento da água dos chuveiros dos vestiários, verificou-se que para os compressores reservas do *Fabricante I* existiam alternativas disponíveis no mercado pelo próprio fabricante. Já para máquinas do *Fabricante II* foi verificado que a melhor solução seria a instalação de um trocador de calor óleo/água em compressores (Figura 4), porém esta solução não estava disponível no mercado brasileiro.

FIGURA 4: Exemplo de compressor para instalação de trocador de Calor Óleo/Água. Fonte: Catálogo *Ingersoll Rand* (2008).

Existem diversos fabricantes de trocadores de calor e uma alternativa, diante da inexistência de trocador de calor no mercado brasileiro da *Fabricante II*, seria adquirir e adaptar um equipamento de outro fabricante, onde a adaptação não comprometeria a eficiência do sistema ao ser dimensionado adequadamente.

A adoção deste novo sistema para aquecimento da água dos chuveiros em substituição ao atual, promoveria uma redução de 25% dos gastos totais com o GLP já que este combustível também é utilizado no sistema de secagem de materiais e nas empilhadeiras desta empresa. Este sistema teria um custo de aproximadamente R\$200.000,00 sem a inclusão dos valores de tubulações e da obra civil. Considerando um gasto adicional de infraestrutura de R\$ 150.000,00 com tubulações e obra civil. Portanto o valor total para implantação do sistema de recuperação de calor seria de aproximadamente R\$ 350.000,00. Quando estas alterações e adaptações estão previstas no projeto inicial, os custos neste tipo de instalação para a recuperação de calor são reduzidos e pode influenciar na localização geográfica da instalação dos compressores, dando preferência às proximidades de potenciais consumidores de calor como por exemplo os escritórios, vestiários e secadores de produtos.

Foi realizado um levantamento do gasto financeiro com GLP, considerando que ao substituir este sistema por um sistema de troca de calor, o retorno financeiro viabilizaria o investimento. Na Tabela 1 são apresentados os gastos com GLP para aquecimento da água dos chuveiros no ano de 2015, onde foi considerado um valor de R\$ 6,50/Kg de GLP.

TABELA 1. Consumo de GLP no ano de 2015.

Equipamento	Consumo de GLP	Total Gasto (R\$)
Chuveiros	19.905,87 kg	R\$ 129.388,16

Fonte: Autor (2019).

A partir deste estudo, verificou-se que o valor de consumo relacionado ao sistema atual de vestiário (chuveiro) é de R\$ 129.388,16 e o valor estimado para a instalação do sistema de aproveitamento do calor gerado pelos compressores para o aquecimento da água dos chuveiros seria de no máximo R\$ 350.000,00, considerando a aquisição de equipamentos e realizações das instalações e obras civis no investimento inicial para recuperação de calor para o sistema de chuveiros.

Portanto, ao final dos cálculos os custos evitados com consumo de GLP relacionados a chuveiros, viabilizariam o investimento com uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 39,6% com um tempo de retorno de investimento de 2,9 anos conforme demonstrado na Tabela 2. Considerando uma taxa de juros de 7% a.a. Assim, ao aproveitar o calor dos compressores para sistema de chuveiros da empresa, seria gerada uma economia de aproximadamente R\$ 100.000,00/ano, em consequência desta substituição haveria um aumento da eficiência energética e uma redução da emissão de CO₂ proveniente da queima de combustíveis fósseis, que ao se realizar o cálculo da emissão de CO₂ proveniente da queima de 19,9 toneladas de GLP, este projeto evitaria uma emissão anual de 59 toneladas de CO₂ na atmosfera, durante um ano para alimentação de chuveiros (SOSMA, 2019).

TABELA 2. Análise de Viabilidade com Sistema de Recuperação de Calor para chuveiros.

Análise de Investimento Recuperação de Calor para Chuveiros		
Vida útil	15	Anos
Taxa de Juros	7%	
Fator de capitalização	0,110	
Investimento (Custo de Capital Total)	350.000,00	R\$
Custo anualizado do investimento	38428,1	R\$/ano
Custo O&M	35000	R\$/ano
Custo total GLP (Excluídos chuveiros)	433354,86	R\$/ano
Custo total anualizado	506783,00	R\$/ano

Sistema convencional

Custo anual GLP (Incluídos chuveiros)	562743,03	R\$/ano
Custo O&M	35000	R\$/ano
Outros	10000	R\$/ano
Custo total anualizado	607743,0	R\$/ano
Economia anual	100960,1	R\$/ano
Tempo de retorno	2,9	anos
Valor presente líquido	859378,9	
Taxa interna de retorno	39,6%	

Fonte: Autor (2019).

A temperatura requisitada pelo sistema de aquecimento de água para ser armazenada no boiler é de 66°C, esta temperatura para armazenamento no sistema de boiler não seria um empecilho técnico caso ocorresse a implantação do sistema de aproveitamento de calor dos compressores reserva e titulares disponível na empresa em estudo.

4. CONCLUSÕES

Através deste trabalho verificou-se que a alternativa de se recuperar o calor gerado na produção de ar comprimido para aquecimento da água dos chuveiros dos vestiários em substituição do uso de GLP é viável e pode ser adotada para substituir 100% do GLP nesta aplicação, isto representaria uma redução de 23% do custo total com aquisição de GLP na empresa. Esta alternativa além de ser viável economicamente por trazer uma redução nos custos, também gera um aumento da eficiência energética deste sistema.

Demonstrou-se que a partir deste estudo a substituição do sistema convencional que utiliza GLP, pelo de aproveitamento de calor gerado na produção de ar comprimido é viável do ponto de vista ambiental já que ao aproveitar este calor, ocorre uma redução significativa na emissão de CO₂ proveniente da queima deste combustível.

Além disso, esta análise demonstra que a inclusão deste sistema em opção aos convencionais (elétrico/GLP) já no projeto inicial de uma indústria que utiliza os sistemas de ar comprimido, pode influenciar positivamente na localização física de futuros projetos e instalações desta e de outras plantas, onde os centros consumidores de energia podem se beneficiar do calor gerado quando instalados próximos do sistema gerador de energia.

Uma alternativa deverá ser feita comprando a solução proposta com outras fontes para eliminação do uso de GLP, tal como o uso de aquecimento solar. Porém como vantagem da

recuperação de calor de compressores em relação ao sistema de aquecimento solar há o fato de o calor para aquecimento ser gerado em horários noturnos devida ampla utilização do sistema de compressores na empresa estudada, em regime de 24hs.

REFERÊNCIAS

ATLAS COPCO AIRPOWER NV, Compressed Air Manual 8 ed. Bélgica, 2015.

CAVALHO, A.L. Análise da Auditoria Energética na Geração de Ar Comprimido: Estudo de caso em uma indústria química na região do Campo das Vertentes. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia, em associação ampla entre o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais e Universidade Federal de São João del Rei para obtenção o título de mestre em Engenharia da Energia. Departamento de Ciências Térmicas e dos Fluidos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia. São João del Rei, 2016.

ESTU. Good Practice Guide N°238, London, UK, 1998.

INGERSOLL-RAND, 2008. Disponível em <http://www.ingersollrandproducts.com/air/catalogs/125-200hp_90-160kW%20CC%20Brochure_US.pdf> Acessado em 01/08/2019.

OLESKO, H. D. Uma proposta de eficiência energética para sistemas de ar comprimido industriais. Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Eficiência Energética, do Departamento de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento Acadêmico de Eletrotécnica. Curso de Especialização em Eficiência Energética na Indústria. Curitiba, 2013.

PNUD- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - Produto 6 – Resumo Executivo. São Paulo, 2010.

ROLLINS, J.P. Manual de Ar Comprimido e Gases/ Compressed Air GasInstitute. Ed. Prentice Hall. São Paulo, 2004.

SÁ, M.A.G. Análise da eficiência energética do sistema de ar comprimido em uma planta de processamento de gás liquefeito de petróleo. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos (Ead) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). Foz do Iguaçu, PR, 2017.

SAIDUR, R; RAHIM, N.A.; HASANUZZAMAN, M.A review on compressed-air energy use and energy savings. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 2010.

SOSMA. SOS Mata Atlântica. Calculadora de emissão de CO₂. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/projeto/florestas-futuro/como-participar/calculadora/>. Acesso em: 28/07/2019.