

Avaliação do Projeto de Substituição de Gás Liquefeito de Petróleo para Gás Natural Liquefeito em uma Empresa Automobilística

Gino B. Colherinhas & Thâmara F. R. Araújo

Este artigo visa apresentar o projeto de substituição da matriz energética utilizada atualmente em uma fábrica para o gás liquefeito de petróleo (GLP). Com finalidade de mudanças do gás atual para o gás natural liquefeito (GNL), é possível obter qualidade no processo de pintura dos veículos, segurança do trabalho, energia limpa com redução de CO₂ e redução do custo de manutenção. Com este objetivo foram analisados, relatórios de condutas que operam o GNL, comportamentos estratégicos e suas consequências referentes às condutas que proporcionem lucros nos processos de pintura de carrocerias. Estes gases são aplicados em empresas automobilísticas, nos secadores, na cabine de pintura e no abastecimento de empilhadeiras. Para a utilização do GNL, é essencial a mudança nos cavaletes dos queimadores, de acordo com norma ABNT NBR 12313:2000, do sistema de combustão. Conclui-se, com a análise do payback que o gás natural apresenta redução de gasto de 10% do consumo atual e diminuição emissão pós-combustão de CO₂ de 14%.

Palavras-chave: *gás liquefeito de petróleo; gás natural liquefeito; energia limpa; eficiência energética.*

This article aims to present the project to replace the energy matrix currently used in a factory for liquefied petroleum gas (LPG). With the purpose of changing from current gas to liquefied natural gas (LNG), it is possible to obtain quality in the vehicle painting process, work safety, clean energy with reduction of CO₂ and reduction of maintenance cost. To this end, reports of conduct that operate LNG, strategic behaviors and their consequences of conduct that provide profits in the painting processes of bodies were analyzed. These gases are applied, in automobile companies, in dryers, in the paint booth and in the supply of forklifts. For the use of LNG, it is essential to change the burner trestles, according to ABNT NBR 12313: 2000, of the combustion system. It is concluded, with the analysis of the payback that the natural gas presents a 10% reduction of the current consumption and a 14% post-combustion emission reduction of CO₂.

Keywords: *liquefied petroleum gas; liquefied natural gas; clean energy; energy efficiency.*

Introdução

O Gás natural é um combustível fóssil mais limpo e eficiente, pois esta substância é composta por hidrocarbonetos que permanecem em estado gasoso em condições atmosféricas normais. É essencialmente composta pelos hidrocarbonetos metano (CH_4), com teores acima de 70%, seguida de etano (C_2H_6) e, em menores proporções, o propano (C_3H_8), usualmente com teores abaixo de 2%. É produzido tanto em associação com o petróleo (gás associado) com origina da forma independente (gás não-associado).

A liquefação do gás natural é produzida por meio de processo criogênico, o qual se deve refrigerar e manter a uma temperatura a cerca de -162°C , ou inferior, a uma pressão próxima da atmosférica. Este processo exige um complexo sistema de armazenamento e transporte específico para a operação nessas condições. Entretanto, sob a forma de GNL, 600 m^3 de gás natural, sob condições normais de pressão e temperatura (25°C e 100kPa), ocupam apenas 1 m^3 . O GNL deve ser conservado em tanques criogênicos sendo ainda necessário vaporizá-lo antes de sua utilização, uma vez que, atualmente, o estado liquefeito é utilizado somente para distribuição e armazenagem. Neste recurso de vaporização, há uma grande liberação de “frio”, que pode ser utilizado, por exemplo, em câmaras frigoríficas^{1,2}.

Em um processo industrial, seu principal objetivo é a redução de custo para crescimento da lucratividade e maior competitividade de um produto. Dentre os principais recursos de um processo produtivo, tem-se obtenção de energia, em todas as suas formas, sendo ela elétrica, térmica e mecânica. Desta forma, as empresas apresentam constante preocupação com a minimização de custos, havendo a necessidade de buscar novas fontes de energias, sem prejudicar a produtividade. A empresa automobilística conta com um Sistema de Gestão Integrado (IMS) para melhoria contínua, que envolve as normas: ISO 9001:2015 sobre qualidade, ISO 14001:2004 sobre meio ambiente e ISO 45001:2018 sobre segurança do trabalho.

O processo produtivo em uma montadora de veículos, apresenta três tipos de áreas produtivas: montagem bruta,

pintura e montagem final. O setor de logística fornece as peças direcionadas para a montagem bruta, dando a origem da carroceria. Na sequência, o produto segue para a pintura à base d'água, que é favorável ao meio ambiente. Por fim, segue para montagem final, que agrega acabamento ao carro. Durante cada processo de montagem do carro são feitas as medições e inspeções para assegurar o padrão³.

O gás apresenta grande importância na etapa de pintura, composta por duas etapas: o pré-tratamento, que prepara a carroceria para receber a tinta, e o DeckLack, que é a pintura propriamente dita. Estes procedimentos consistem em várias camadas que são aplicadas separadamente, mas que precisam trabalhar juntas para fornecer a proteção contra corrosão, durabilidade e qualidade na cor⁴.

O fluxo de um processo de pintura na indústria de automobilística. Após o processo de montagem bruta a carroceria é transportada para o buffer, que garante o fluxo na produção. Desta forma, caso suceda uma parada emergencial, isso não afetará produtividade dos outros setores. Em seguida, a carroceria é transportada do buffer para o setor da pintura, sendo realizada a troca dos trollers e a pré-limpeza da superfície das carrocerias, removendo as impurezas de todo o processo anterior e preparando a mesma para o banho da carroceria. Este banho conta com os seguintes passos: remoção da sujidade de óleo e graxas das carrocerias, remoção do líquido de desengraxante com a água potável, deposição de proteção anticorrosiva e aderência na carroceria através do tanque de fosfato, sendo finalizado pela aplicação de uma camada de tinta através do banho da carroceria com eletrodeposição (ED), gerando uma proteção contra corrosão. Em seguida, a carroceria passa pelo secador que é uma estufa a gás, que favorece a cura em temperaturas entre 160°C a 220°C , dependendo do processo. Posteriormente, realiza-se a vedação nas junções entre a chapas da carroceria com a aplicação de sealer, evitando infiltrações de água e poeira⁴⁻⁵.

Após a vedação e lixamento, inicia-se a etapa de Decklack, o qual remove as imperfeições decorrentes dos processos. O primeiro estágio é o primer, do qual pequenas imperfeições são preenchidas com uma base

e após pelo secador que realiza a cura do processo. O segundo estágio é denominado top coat, apresentando passos similares ao anterior, porém nesta etapa define-se a cor definitiva da carroceria e dá proteção à essa, aplicando o verniz que dá brilho e proteção à base. Finalizada a pintura da carroceria se desloca para estufa, para cura final. A seguir, a equipe de qualidade realiza o polimento e inspeção do produto. Caso a carroceria reprove, é feito o reparo no local. Por fim, aplica-se a cera na carroceria, e esta é movida para o buffer indo para a parte final da montagem, como pode ser observado na Figura 1 ⁶.

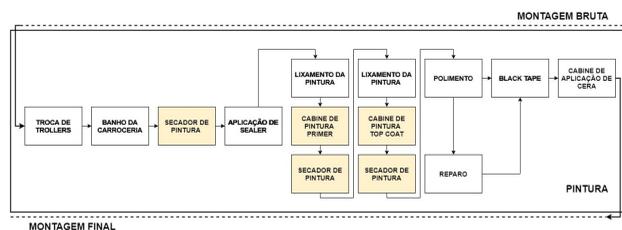


Figura 1: Fluxograma de processo de pintura. Fonte: referência [5].

Cada etapa do processo é muito importante, e obter uma carroceria com propriedades químicas, mecânicas, bom aspecto e acabamento perfeito é o que todo usuário de carro precisa. Portanto, neste trabalho, será abordada a importância do uso de combustível no processo de pulverização, sendo que a parte destacada no fluxograma é a aplicação de combustível.

SECADOR DE PINTURA

Os secadores de pintura são processos de cozimento que concluem o tratamento de superfície da carroceria, com objetivo de polimerizar as camadas aplicadas. Ao secar, este endurece garantindo propriedades de proteções químicas e mecânicas. Este processo deve ser homogêneo em temperatura por toda extensão da estufa, para que o calor seja aplicado igualmente à carroceria, este processo denomina-se estufa de convecção forçada⁶.



Figura 2: Saída da carroceria do secador. Fonte: Autor

Estes fornos de convecção são usados indiretamente no processo, os combustíveis usados nesse procedimento têm combinação de hidrocarbonetos (moléculas de carbono e hidrogênio) para realização da ignição, desta forma, a queima do combustível não incorpora na pintura e não suja o interior do forno. O tempo decorrido nos estágios que a carroceria é levada ao forno obtendo-se temperaturas por volta de 160°C a 220°C, dependendo do estágio da pintura. A carroceria é fixada no transportador terrestre (com suporte de troller) ou na transportadora de elevação (lançadeira), usados para carregar e descarregar a carroceria na posição apropriada. Inicialmente, do ponto 1 ao ponto 2 tem-se a entrada da carroceria ao secador, no qual há aumento na temperatura gradualmente. No momento de chegada da carroceria no ponto 2 ao ponto 4 a temperatura é uniforme sendo percorrida por uma corrente de ar na qual realiza-se a transferência de calor, dando-se a cura do material depositado. Enfim, do ponto 4 ao ponto 5, a temperatura diminui gradativamente até a conclusão da etapa no secador, como mostra a Gráfico 1 ⁶.

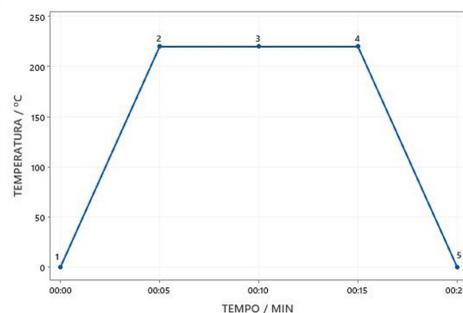


Gráfico 1: Estágio da carroceria no secador. Fonte: Autor

Para se realizar o cozimento são utilizadas fornalhas que atinjam temperaturas adequadas. As fornalhas são recipientes nos quais ocorre a ignição. Os queimadores são equipamentos cuja função é preparar a mistura de combustível e ar para realizar a combustão, numa fornalha ou câmara de combustão. O combustível e o ar entram separadamente e a quantidade desses são reguladas. Ao realizar a mistura ocorre a ignição da mistura. As chamas de gás, em sistema de combustão contínua, são alcançadas através de descargas contínuas dos regentes pelo bocal do queimador, pois dependendo da velocidade os escoamentos podem ser laminares ou turbulentos. O processo esquemático do queimador, no qual ocorre a mistura no bocal do queimador. Não há nenhuma possibilidade de retorno de chama, conforme a Figura 3⁷.

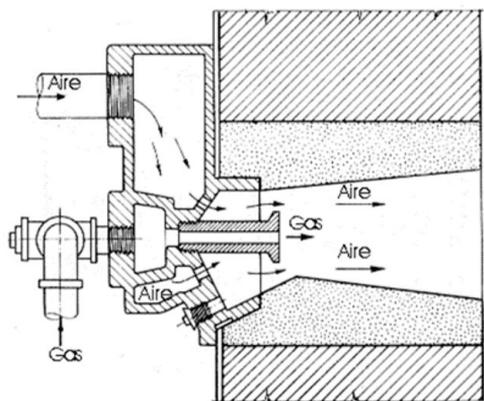


Figura 3: Ignição do queimador. **Fonte:** referência [8].

Após a combustão das fornalhas, secadores de pintura e cabine de pintura, ocorre a evaporação de gases dos produtos usados. Estes contêm principalmente éteres de glicol, ou outros mais pesados, como olefinas polietoxiladas derivadas de resinas epóxi, estes tipos gases chamam-se Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs). Estes gases podem causar problemas de adesão entre as camadas aplicadas, por isso os parâmetros de CO, CO₂, NO₂, SO₂ devem ser monitorados em todos os processos. Os gases VOCs direcionados ao Regenerative Thermal Oxidizer (RTO). O RTO são câmaras de redução de emissão de gases por meio de oxidação térmica (combustão), a qual

destrói as moléculas de gases e reduz a poluição ambiental. Atualmente, o RTO é operado principalmente sob baixa temperatura, com uma concentração média de VOC de 200 a 600 ppm com base no propano. A eficiência de destruição de VOC está entre 97,5 e 98,5%⁹.

CABINE DE PINTURA

O processo na cabine de pintura requer grande quantidade de energia térmica, sendo necessário garantir a temperatura e umidade dentro do estande, devendo estar em aproximadamente 25°C e 60%, respectivamente. Desta forma, é necessário realizar a queima do gás que contém as moléculas de propano, portanto esses gases apresentam características de consumo energia relevantes para processo. Robôs são utilizados na pintura a spray. Este processo consiste na fixação de uma pistola de tinta spray ao atuador do robô, durante a aplicação o excesso é absorvido pelo ar que flui verticalmente pela cabine e é direcionado para um lavador na parte inferior sendo coletado.

O sistema de fluxo descendente com extração lateral. Dependendo da estação, esse ar será filtrado do teto a uma velocidade de 0,2 a 0,5 m/s. O insuflador capta o ar, guiando-o por dutos. O exaustor faz o trabalho oposto, coletando todo o ar da cabine e jogando-o em direção ao duto do RTO, de acordo com a Figura 5¹⁰.

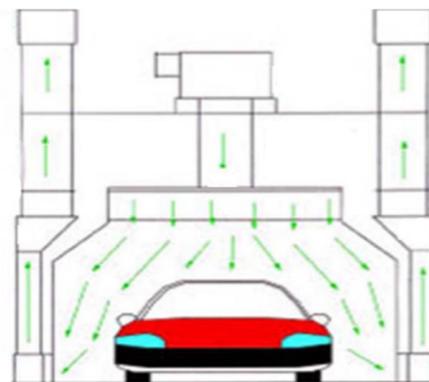


Figura 4: Cabine de pintura descendente extração lateral. **Fonte:** referência [10].

O sistema de fluxo descendente, realiza insuflação de ar direcionado aos filtros tipos bolsa com eficiência

95% e partículas de 25 micron. Logo após, um queimador a gás com temperatura aproximada de 180°C e, em seguida, ocorre um processo de resfriamento com água potável. Por fim, o fluxo passa em dois filtros antes da entrada na cabine. As salas devem ser limpas e devem estar com a mesma temperatura da cabine, o que protegerá de efeitos extremos com sujeiras e variação de temperaturas e umidade.

Metodologia

Nesta seção, os métodos usados para realizar a implementação do projeto serão apresentados. A estratégia de aplicação do estudo de caso é melhorar o processo de abastecimento de combustível e ajustar a distribuição do gás durante o processo de pintura. Após estudar a possibilidade de implantação, a empresa fez uma aquisição, possibilitando a substituição do GLP pelo GNL.

Para a avaliação deste projeto, pode-se definir o tipo de problema de acordo com o método do problema, caracterizá-lo de forma quantitativa e processá-lo em pesquisas, dados estatísticos e indicadores, seja ele desenvolvido na coleta de dados, ou em sua implementação real. O método escolhido é o mais adequado para o tipo de pesquisa proposta.

ABASTECIMENTO E LOGÍSTICA

Atualmente, o método de controle do consumo de combustível na indústria é o gás liquefeito de petróleo (GLP), sendo utilizado indicador magnético em cada um dos tanques de combustível: P60.000 para abastecimento do prédio de pintura e P8.000 abastecimento de empilhadeiras, como mostra a Figura 5. A carreta abastece inicialmente o tanque P60.000 e, logo após, o P8.000.

O indicador magnético tem por finalidade indicar o percentual do gás contido no tanque. O reservatório possui uma boia em que é realizada a medição de consumo através do indicador magnético. Com isso pode-se ocorrer variação na mensuração de 5% a 10%. O consumo médio mensal de GLP no processo de pintura e das empilhadeiras, conforme a Tabela 1.



Figura 5: Tanque de combustível. Fonte: Autor

Tabela 1: Consumo mensal de GLP na indústria. Fonte: Autor

Consumo Mensal de GLP na Indústria	
ABASTECIMENTO	CONSUMO MÉDIO
Processo de Pintura	123.000kg
Empilhadeiras	600kg

O FLUXOGRAMA DE SUPRIMENTO E COMPRA DE GLP

Inicialmente, o indicador magnético do tanque P60.000 é checado diariamente. Quando este atinge 30% de sua capacidade é determinada a substituição do GLP. Após notificação à equipe de logística, a solicitação é realizada diretamente ao fornecedor. Conforme a carreta entra na indústria, é realizado a pesagem em uma balança de 70 toneladas e, em seguida, os tanques são preenchidos. Ao término do abastecimento a carreta retorna novamente a balança e, caso haja excesso de combustível, a devolução é confirmada por meio de nota fiscal, de acordo com a Figura 6.



Figura 6: Fluxograma abastecimento atual. Fonte: Autor

A tecnologia moderna contribui para a informação e comunicação. Na área de logística, buscando uma nova etapa da Indústria 4.0 para atender aos requisitos de eficiência, redução de custos e gestão inteligente, é necessário investir em novos recursos tecnológicos e desenvolver processos e equipes qualificadas.

INSTALAÇÃO DO GNL

A instalação dos dutos para implantação do combustível GNL exige reestruturação de rede e é imprescindível para manutenção da confiabilidade ao sistema de distribuição de gás ao processo de pintura. Portanto, a oleína (óleo ou graxa) no GLP e o conteúdo de substâncias insaturadas no gás aumenta, o que pode quebrar a cadeia de carbono e conectar cadeias maiores para formar uma "oleína" solidificada, principalmente, para reduzir a evaporação na aplicação taxa. No gasoduto atual, o filtro é aplicado onde o óleo pode ser removido, mas o filtro não pode eliminar completamente a passagem durante o período de guia, então as partículas farão com que o injetor de gás do queimador bloqueie. Como o gás natural liquefeito é produzido por meio de um processo de baixa temperatura, nenhuma oleína é usada no processo de produção.

A conversão de queimadores em GNL é essencial. Como o forno foi projetado para ser capaz de usar energia térmica e obter eficiência térmica, é um dispositivo que permite que o combustível seja completamente queimado de forma eficiente e contínua. Atualmente, o controle do fluxo de gás não é necessário pois a válvula de combustível e o dispositivo de controle são mecânicos.¹⁰

A Figura 7 mostra o processo de combustão do forno, que compreende os seguintes itens:

- Tanque de combustível: com as tubulações, contendo válvulas de expansão, válvulas de segurança, filtros para remover as impurezas do gás, o combustível é direcionado para queimador, e ocorre no queimador ignição.
- Câmara de combustão: é projetada para o espaço onde o combustível deve ser oxidado para liberar energia térmica.

- Entrada de ar: a entrada de ar pelo bocal do queimador é ajustável, podendo produzir ar-combustível.
- Saídas dos gases: são as saídas do gás produzido pela combustão, para o forno a descarga do gás ocorre pela válvula de exaustão, sendo o gás de combustão conduzido imediatamente para a RTO.

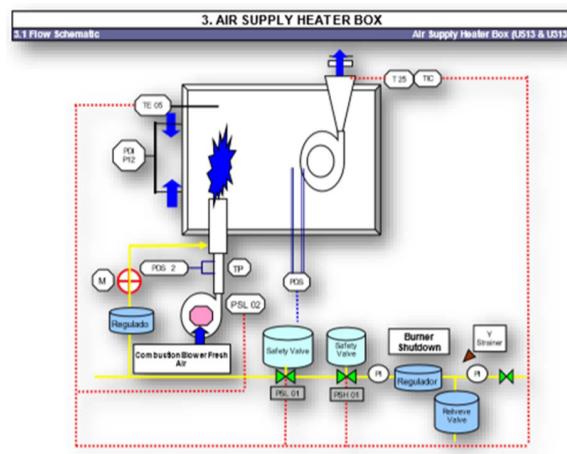


Figura 7: Diagrama da Forno. Fonte: Autor

A densidade e o calor são diferentes entre GNL e GLP, e a densidade é definida como a massa contida em uma unidade de volume. Portanto, para realizar a conversão do gás, é necessário trocar o bocal de gás dentro do queimador. A substituição dos bocais dos queimadores, os requisitos mínimos da norma de sistema de combustão ABNT NBR 12313 não foram alterados e as medidas de segurança são aplicáveis para iniciar, operar e parar equipamentos a gás. O orifício do bocal será maior, então o poder calorífico do GNL é reduzido em comparação com o GLP. O volume e a massa do GNL são pequenos, portanto, podem ser controlados, como demonstra a Tabela 2¹¹.

Tabela 2: Tabela de conversão de combustível. Fonte: referência [14].

Tabela de Conversão de Combustível			
COMBUSTÍVEL	PCI	DENSIDADE	FATOR DE CONVERSÃO
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	11.025 kcal/kg	2,50 kg/m ³	1,25 m ³ /kg
Gás Natural Liquefeito (GNL)	9.065 kcal/Nm ³	0,766 kg/m ³	1,00 m ³ /kg

Para se obter eficiência térmica efetiva e contínua no forno substituído por gás, é necessário analisar o consumo médio mensal de GLP na Tabela 1. Portanto, é necessário multiplicar o consumo pelo fator de conversão para obter o equivalente em m³, atender ao trabalho necessário para o processo de pintura.

$$\text{GNL} = \text{Consumo GLP} \times X^{1,25} \quad (\text{Eq. 01})$$

Comparado com outros combustíveis fósseis, o gás natural liquefeito apresenta vantagens ambientais significativas devido às menores emissões de gases poluentes que causam o efeito estufa. Os principais poluentes atmosféricos emitidos pela indústria de gás natural são dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NOX) e, em menor grau, monóxido de carbono e alguns hidrocarbonetos de baixo peso molecular, incluindo metano.

A indústria apresenta relatórios técnicos, mostrando resultados relacionados ao monitoramento de emissões atmosféricas de sistemas de pós-combustão usados em RTO. Portanto, em comparação com o GPL, a ISO 6974 reduz o CO₂ em 14% durante o processo de combustão gás natural liquefeito. Por meio de coleta de amostras e análises laboratorial, é determinada a concentração de material particulado (PM): os gases de combustão são os dióxidos de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂) e monóxido de carbono (CO). No processo de pintura, são descarregados metal e VOC, e todos esses componentes são encaminhados diretamente para a RTO, que possuem duas câmaras de recuperação de calor regenerado, proveniente da combustão interna do gás GLP.

As atividades de coleta, análise e medição em campo obedecer às Normas Técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), USEPA (U. S. Environmental Protection Agency) e CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Os limites de emissão permitidos na indústria é conforme resolução (Concelho Nacional do Meio Ambiente) CONAMA 316/2002, Art. 38, que dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de

resíduos e Resolução (Secretária do Meio Ambiente) SEMA 16 do Estado do Paraná. Seção III - Padrões de Emissão Atmosférica para Fontes Estacionárias por Poluentes, Subseção V Substâncias Gasosas Inorgânicas, Art. 68, itens V¹².

Embora cada negócio tenha seus próprios riscos, calcular o tempo necessário para obter o retorno do investimento é importante para a viabilidade da empresa. É necessário utilizar as mais diversificadas tecnologias existentes e utilizadas no mercado, bem como os mais amplos conhecimentos para investir no mercado para analisar e avaliar todas as possibilidades e características de implementação de projetos de investimento, e o objetivo é fornecer mecanismos e os possíveis riscos e incertezas são reproduzidos para eliminar ou reduzir os possíveis danos causados por esses riscos e incertezas, ou seja, nesta fase, a importância desta análise inicial de investimento é mais evidente. Riscos de projeto mais diretos, possíveis e importantes podem identificar sinais de problemas maiores que podem levar ao encerramento ou abandono de projetos de investimento¹³.

$$\text{Payback} = \frac{\text{Custo GNL} + \text{Investimento Projeto}}{\text{Soma Do Custo GLP (acumulativo)}} \quad (\text{Eq. 02})$$

A Equação 02 é interpretada como o cálculo de um período de payback simples: o custo de utilização do GNL no processo e os recursos investidos no projeto, dividido pela soma do custo do GNL, o período é cumulativo. O período é o tempo desde a execução inicial do investimento até a amortização do investimento, ou seja, o tempo em que o fluxo de caixa acumulado se torna um número positivo.

Resultados e Discussão

Para realizar nova logística e abastecimento do combustível, não há necessidade de inspeção visual in loco para proceder à requisição e reposição do gás. Por meio do sistema de telemetria, foi projetado o monitoramento online de parâmetros do nível do tanque de combustível e consumo real, no qual o EDI (Electronic Data Interchange)

emite alerta ao departamento de logística e ao fornecedor, para realizar reposição combustível na indústria evitando-se retrabalho. O fornecedor fará imediatamente o transporte, à medida que a carreta for avançando, a rastreabilidade do combustível. Ao entrar na indústria, o procedimento continuará a determinar o peso da carreta e abastecimento dos tanques. Por meio desse controle de abastecimento, a indústria pode controlar e gerenciar as operações para não afetar a produtividade, como na Figura 8.

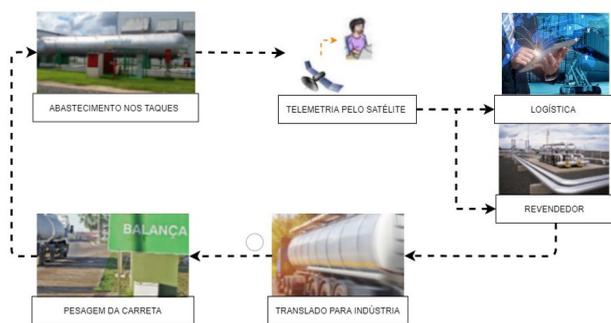


Figura 8: Fluxograma abastecimento atual. **Fonte:** Autor

A partir da análise do projeto sistema de telemetria, possui eficientes capacidades de gestão logística. Os dados do consumo mensal gás GLP são de janeiro de 2019 a agosto de 2020, sendo que dezembro 2019 férias coletivas e mês de abril 2020 a produção foi suspensa devido à pandemia global de coronavírus (COVID-19). O consumo do processo pintura depende da demanda da produção, então a equação (1) é usada para calcular o consumo de GNL necessário para atende o processo.

Observar que o gás GNL terá um maior consumo no processo, pois a razão para esse aumento é que o poder calórico entre os dois gases conforme mostrado na Tabela 2, deve atingir a mesma capacidade de trabalho fornecida pelo GLP nas cabines de pintura e secadores, conforme a Gráfico 2.

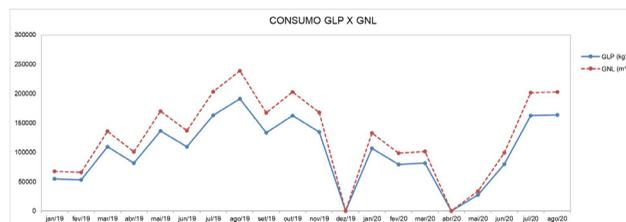


Gráfico 2: Consumo dos combustíveis. **Fonte:** Autor

A partir da análise do consumo dos combustíveis conclui-se que o valor comercial entre os dois gases é diferente. No Brasil, o custo unitário do gás liquefeito de petróleo é em média de 4,28 reais/kg, e o valor unitário do gás natural liquefeito é em média de 2,00 reais/m³. O gás natural tem um preço barato no mercado enquanto o GLP, por ser um combustível popular (como gás de cozinha) será constantemente ajustado.

O custo de consumo utilizado na produção. Vale destacar que mesmo que o consumo do processo de GNL seja alto, haverá retorno. Quanto maior o consumo comportamental do gás natural liquefeito, maiores serão os benefícios de sua utilização e quanto maior será o consumo do gás liquefeito de petróleo, prejudicial ao uso do gás, e o custo da indústria será elevado, como pode ser observado no Gráfico 3.

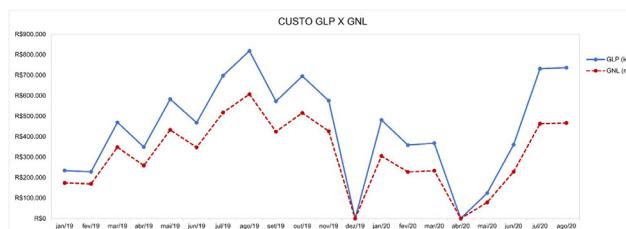


Gráfico 3: Custo consumo dos combustíveis. **Fonte:** Autor

A indústria fornece os resultados do monitoramento do sistema de pós-combustão das emissões atmosféricas a cada dois meses. O gás que sai do processo de pulverização é direcionado para a RTO, na qual a câmara amolece as partículas do gás. A indústria contrata equipe terceira para fornecer relatórios da análise. O que precisa ser esclarecido é que em função da escuta das leis e regulamentos municipais,

estaduais ou federais, os regulamentos estipulam os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para as atividades industriais. As resoluções do CONAMA e SEMA são utilizadas como padrões de comparação.

A amostragem foi realizada em triplicata por um eixo horizontal cruzando o orifício da fonte de coleta (chaminé). Cada coleta dura 60 minutos e são avaliados os seguintes parâmetros: temperatura, velocidade, vazão, umidade do gás e isocinética dos gases. Todos os parâmetros avaliados e fontes selecionadas atendem aos requisitos de procedimentos de amostragem e padrões técnicos aceitos por todas as agências do país. Neste projeto, o CO₂ será reduzido, o que mostra o relatório elaborado entre 2019 e 2020, pois o estudo constatou que existe uma diferença entre os dois gases. De acordo com a análise da ISO 6974 das emissões CO₂ entre os dois gases, o GNL será reduzido em 14%, conforme dados do Gráfico 4¹⁴.

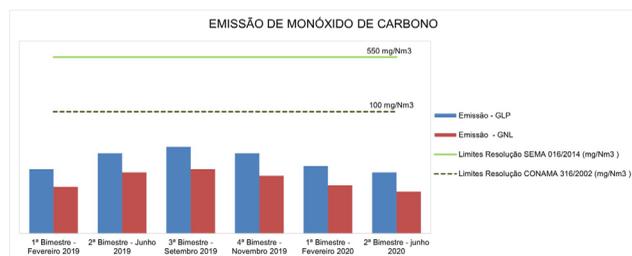


Gráfico 4: Emissão de monóxido de carbono. Fonte: Autor

Calcular o período de payback simples nada mais é do que saber a quantidade de períodos (podem ser dias, meses ou anos), para que o fluxo de receitas ultrapasse o capital de investimento. As tendências de mercado, especialmente aquelas no setor de combustíveis, é de rápida mudança econômica, portanto, considerando o investimento na implementação de projetos, os dados podem mudar. O investimento inicial é de R\$1.241.000,00 (um milhão e duzentos e quarenta e um mil reais). Calcular o retorno anual do investimento de acordo com a Equação 02, mostrando a relação entre o custo do GNL mais o investimento e o custo do GLP, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Tabela de conversão de combustível. Fonte: Autor.

Payback Simples Acumulativo			
CUSTO	2019	2020	TOTAL
GLP	R\$36.722.400,00	R\$104.517.600,00	R\$141.240.000,00
GNL e Investimento do Projeto	R\$42.234.744,00	R\$92.713.656,00	R\$134.948.400,00

O faturamento médio mensal do primeiro ano, portanto o capital de investimento será totalmente quitado em 11 meses. Em dois anos, o mesmo o projeto reduzirá R\$ 6.291.600,00 (seis milhões, duzentos e noventa e um mil e seiscentos reais). A avaliação do período de recuperação do investimento uma apresenta uma solução econômica atraente para o setor com resultados satisfatórios, como mostra no Gráfico 5.



Gráfico 5: Payback simples (acumulativo). Fonte: Autor

Fazendo uma análise geral, a avaliação do projeto de substituição do gás liquefeito de petróleo para o gás natural liquefeito busca meios e inovações ao apresentar novas tecnologias e energia limpa no processo.

Conclusões

Este trabalho apresenta a importância e relevância do projeto de substituição do GLP pelo GNL. São apresentados métodos e resultados que atendem de forma satisfatória aos objetivos propostos, obtendo resultados conclusivos sobre o desempenho e custo do gás GNL.

Estudos demonstram que os sistemas de telemetria podem ajudar a fornecer informações e comunicações, atender aos requisitos de eficiência, redução de custos e gestão inteligente, por isso é necessário investir em novos recursos tecnológicos, processos de desenvolvimento e equipes. Considerando essa análise dos resultados, esse método reduz o retrabalho, controla e gerência as operações para evitar impacto na produtividade.

Em relação à reestruturação da tubulação, com a troca do combustível, reduz-se o custo de manutenção dos equipamentos, com controle de entrada ar-combustível e redução de oleínas, minimizando manutenções corretivas, adotando nos queimadores a manutenção preditiva com acompanhamento periódico dos equipamentos. A emissão de monóxido de carbono apresenta comportamento diferente entre os dois gases. O gás GNL apresenta concentrações inferiores de material particulado dentre outros componentes, destacando-se como energia limpa em processo.

O objetivo proposto é o de analisar a viabilidade econômica de implantação de um projeto de substituição de gás liquefeito de petróleo para o gás natural liquefeito em uma empresa automobilística, apresentando os índices encontrados e evidenciando o retorno esperado para este projeto, bem como o método mais adequado de análise. Observou-se no payback simples em dois anos que o projeto reduzirá R\$ 6.291.600,00 (seis milhões, duzentos e noventa mil e seiscentos reais).

Após a conclusão desta pesquisa, provou-se que o investimento se tornou viável no estudo de caso da empresa aplicadora. Também vale ressaltar a importância do estudo de viabilidade do projeto e fornecer aos investidores (condições) necessárias de decisões relacionadas a investimentos e projetos.

Referências

1. P. A. Gomes, Avaliação das Oportunidades do Gás Natural Liquefeito em Pequena Escala no Brasil sob as Perspectivas do Produtor, Transportador e do Consumidor Final: UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, **2018**. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/dissertacoes/> 2018/132-avaliacao-das-oportunidades-do-gas-natural-liquefeito-em-pequena-escala-no-brasil-sob-as-perspectivas-do-produtor-transportador-e-do-consumidor-final. Acesso em: 22 Dec. **2020**.
2. D. M. Shen, Estudo da Viabilidade Técnica de um Ciclo de Liquefação de Gás Natural de Pequena Escala: São Paulo, SP, **2006**. Disponível em: http://www.mecanica-poliusp.org.br/wp-content/uploads/2012/08/TCC_005_2006.pdf. Acesso em: 22 Dec. **2020**.
3. L. Faria, A Prática da Melhoria Contínua em Processos Sustentáveis: Estudo de Caso Sobre a Redução do Consumo de Água em uma Indústria Automobilística, Trabalho de Conclusão de Curso, Juíz de Fora, MG, **2010**. Disponível em: <https://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/trabalho-de-conclusao/banco-de-tccs/tccs-2010-3/>. Acesso em: 22 Dec. **2020**.
4. C. M. Ciconelli, Estudo de Caso: Aplicação da ferramenta Kaizen no processo de recirculação de tintas no setor de pintura de uma indústria automotiva, Monografia, UFJF, Juíz de Fora, MG, **2007**. Disponível em: https://www.ufjf.br/ep/files/2009/06/tcc_jan2007_carlosciconelli.pdf. Acesso em: 22 Dec. **2020**.
5. Bysko, Sara; Krystek, Jolanta; Bysko, Szymon. Automotive Paint Shop 4.0. Computers & Industrial Engineering, v. 139, p. 105546, **2020**. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835218305965>. Acesso em: 22 Dec. **2020**.
6. F. G. Garcia, Proceso De Pintura En La Industria De Automoción. Valladolid, Espanha, 2014. Disponível em: <http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/11607/TFM-I-180.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 Dec. **2020**.
7. M. A. Dantas, Análise Do Desempenho De Um Queimador Infravermelho Funcionando Com Gás Liquefeito De Petróleo E Glicerina, Natal, RN, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufm.br/bitstream/123456789/12918/1/An%C3%AAliseDesempenhoQueimador_Dantas_2010.pdf. Acesso em: 22 Dec. **2020**.
8. E. Brizuela e J. C. Loza, 67.30 Combustión (2da parte), Facultad de Ingeniería, UBA, Buenos Aires, Argentina, 2003. Disponível em: <https://xdoc.mx/documents/6730-combustion-5e8a406bb1955>. Acesso em: 22 Dec. **2020**.
9. B. B. Soares, A Utilização Do Modelo De Simulação Computacional Para Análise E Modificação De Um Sistema De Produção De Pinturas Automotivas, Caxias do Sul, RS, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/handle/11338/798>. Acesso em: 22 Dec. **2020**.
10. M. S. Maximo, Estudo De Soluções Energéticas Para Cabine De Pintura Automóvel, Faro, Portugal, 2012. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/61518981.pdf>. Acesso em: 22 Dec. **2020**.
11. P. S. Neto, Implementação Da Queima De Biogás Em Caldeiras, Varginha, MG, 2011. PHELIPPE, Salomão; Disponível em: http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/229/1/TCC_PHELIPPE_OFICIAL_R_FINALr1_%281%29%5B1%5D.pdf. Acesso em: 22 Dec. **2020**.

12. M. Z. Arruda, Mateus Z. Análise De Combustíveis de Caldeiras, Passo Fundo, RS, 2009. Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2009-2/MATEUS%20ZART%20DE%20ARRUDA.pdf>. Acesso em: 22 Dec. 2020.
13. Petrobras, Petrobras.com.br, [Online]. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/>. Acesso em: 11 Nov. 2020.
14. A. M. Van Der Veen, P. R. Ziel e J. Li, Validation of ISO 6974 for the measurement of the composition of hydrogen-enriched natural gas, International Journal of Hydrogen Energy, vol. 40, nº 46, pp. 15877-15884, 2015. Disponível em: http://www.citac.cc/CITACvote_Paper6.pdf. Acesso em: 22 Dec. 2020.

Gino B. Colherinhas & Thâmara F. R. Araújo*

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. Avenida
Universitária, km 3,5, Centro Universitário, Anápolis, Goiás,
Brasil.

*E-mail: thamarafrancielle@gmail.com