

REDUÇÃO DO CONSUMO DE GÁS NO PROCESSO DE SECAGEM EM UMA BENEFICIADORA DE BATATAS

OLIVEIRA¹, Anderson Dias de; **BRANDÃO**², Lucas Almeida; **PEREIRA**², Gabriel Aparecido Brandão.

1 – Professor na Universidade do Vale do Sapucaí.

2 – Graduandos em Engenharia de Produção na Universidade do Vale do Sapucaí.

andersondias.prof@gmail.com; lucasalmeida3333@outlook.com;
gabbabpereira@gmail.com

RESUMO

Esse trabalho tem por objetivo reduzir o consumo de gás em um sistema de secagem de batatas localizada em uma planta de beneficiamento. Através da ferramenta da qualidade “5 Porquês”, “*brainstorming*” e conversas com o proprietário, foi determinado a falta de isolamento do sistema como causa raiz. A intervenção mais adequada e utilizada foi o isolamento do sistema com Fibra de Vidro, material consagrado no meio industrial como referência em isolamento. O método de pesquisa adotado foi o Experimental, um enfoque quantitativo. Este método busca estabelecer relações causais entre variáveis, distinguindo a variável independente da variável dependente. Foram realizadas medições antes e depois da intervenção realizada, avaliação do consumo antes da intervenção e projeção do consumo pós-intervenção. Por fim, o projeto obteve uma redução de 22,44% de tempo de funcionamento do queimador e projeção de 5 meses e 9 dias de retorno de investimento.

Palavras-chave: Melhoria. Isolamento. Economia de GLP. Troca de calor.

1 INTRODUÇÃO

No contexto vigente, o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) é uma *commodity* cujo preço é cotado no mercado internacional. Grande parte do consumo de GLP no Brasil vem de importações, deixando o mercado vulnerável a mudanças e eventos geopolíticos de grandes países produtores. A Crise na Ucrânia que envolve a Federação Russa, segunda maior produtora de Gás Natural do mundo, segundo dados do centro IndexMundi, o preço dessa *commodity* subiu no mercado, afetando indústrias que necessitam dessa fonte de energia. De acordo com Denise Luna, do Estadão, o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) atingiu recordes históricos no Brasil em 2022, encerrando o ano com o maior preço real e o menor consumo por pessoa do século.

Dessa forma, entende-se que uma empresa que necessita dessa fonte de energia no processo produtivo, fica vulnerável as flutuações dos preços internacionais. Na ferramenta de Matriz SWOT, isso seria definido como Ameaça uma vez que são fatores

externos que podem colocar em risco atividades da empresa (Hofrichter, 2017) e a sua lucratividade. Reduzir sua dependência, aumentando a eficiência do maquinário resultará em mais previsibilidade e lucratividade.

O gás, seja natural ou GLP, é essencial em diversas atividades, como aquecimento, cozimento e processos industriais. Por exemplo, o beneficiamento de batatas demanda o uso desse insumo para aquecimento e secagem após a lavagem. Nesse processo, o ar quente circula por tubulações e uma esteira, onde parte do calor é perdido devido à falta de isolamento térmico.

Para tentativa de resolução desse problema, a intervenção utilizada foi o Isolamento com Manta de Fibra de Vidro e revestimento com alumínio, materiais baratos e que possuem larga aplicação no meio industrial. Tais mantas podem ser empregadas para o isolamento de tubulações, tanques etc. (Milcent, 2007)

Utilizando a abordagem da Pesquisa Experimental, um método quantitativo, o pesquisador busca estabelecer relações causais entre variáveis, conforme definido por Turrioni e Mello (2012). O estudo envolve medições de temperatura antes e depois da intervenção, visando analisar e apresentar as vantagens econômicas provenientes do isolamento térmico no processo de beneficiamento de batatas na Beneficiadora de Batatas, localizada em Estiva, MG.

Considerando a perda de calor durante o processo de secagem, é essencial intervir para reduzir custos. Este estudo visa analisar o aproveitamento da fibra de vidro como isolante térmico em um sistema de aquecimento a gás e circulação de ar acoplado em uma Beneficiadora de Batatas em Estiva, MG.

Figura 1a e Figura 1b – Sistema de Geração Circulação de Ar Quente



Fonte: autoria própria

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir serão abordados temas relevantes para esse trabalho como utilização da ferramenta do 5 Porquês na identificação da causa raiz do problema, relevância econômica da produção e beneficiamento de batatas, meios para redução de calor perdido para o ambiente no processo de secagem e eventual redução de consumo de GLP e de custos.

As fontes relevantes que embasam projeto são o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). O escopo técnico e a execução do projeto foram de acordo com o previsto nas Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 10412 – “Isolantes Térmicos de Fibras de Vidro” e NBR 11360 – “Isolantes Térmicos de Lã de Vidro (Flocos)”.

2.1 Batata

2.1.1 Relevância Econômica

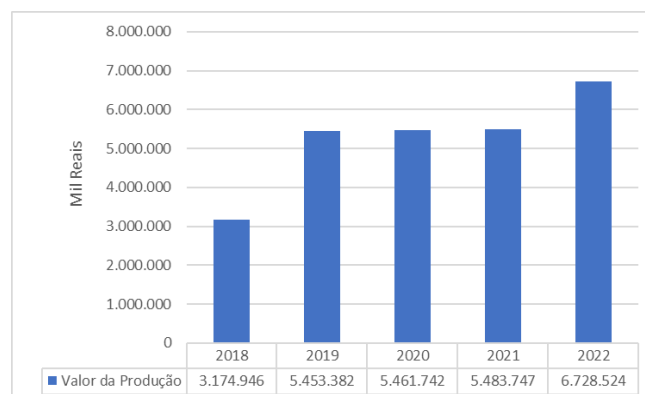
A batata é um dos principais alimentos consumidos mundialmente e uma das principais hortaliças produzidas no Brasil. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2021) foram investidos aproximadamente R\$ 5,4 bilhões de reais para uma colheita de cerca de 3,9 milhões de toneladas.

O estado de Minas Gerais se destaca nesse cenário como estado que lidera a produção nacional de batatas. Segundo o Relatório da Secretaria de Estado de Agricultura Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais publicado em maio de 2023, foram investidos cerca R\$ 1,7 bilhões de reais para uma produção de aproximadamente 1,3 milhões de toneladas no estado. Esses números representam em torno de um terço do investimento e produção nacional em 2021. Houve um salto de 2019 para 2022 de exportações, saindo de 0,38 toneladas para 6,93 toneladas de batatas produzidas em Minas Gerais.

Esse relatório também indica que a Região do Sul de Minas concentra boa parte da produção estadual. Em 2021 essa região reuniu 32,44% da área colhida e 28,15% da produção, ficando em segundo lugar em ambas as categorias. O município de Ipuiúna, que se localiza na Microrregião de Pouso Alegre, se destaca como quinto município em área plantada e produção.

Tais fatos e dados demonstram a importância econômica e social da produção desse tubérculo para o país, estado e região. Seu beneficiamento é etapa fundamental para a comercialização deste tubérculo, e ainda, observando o crescimento do investimento na produção no Gráfico 1, ratifica-se a necessidade de um beneficiamento cada vez mais eficiente.

Gráfico 1 – Série Histórica do Valor da Produção (mil reais) - Brasil



Fonte: Adaptado IBGE (2021)

2.1.2 Beneficiamento

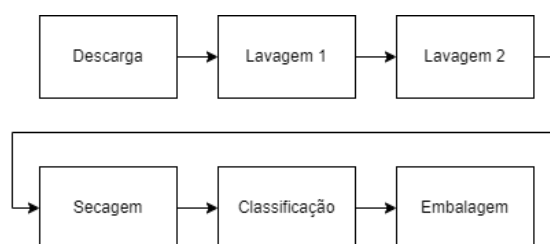
No ano de 2018, se estimou que o consumo de batatas frescas pela população brasileira foi de dois milhões de toneladas (Shymoyama, 2019). Quase que a sua totalidade de produtos passaram em algum nível de beneficiamento. Em um estudo da produtora de fertilizantes Yara Brasil (2020), mostra que o consumidor considera o aspecto final da casca da batata como fator relevante para a compra, escolhendo batatas cada vez mais limpas e livres de manchas, sendo o beneficiamento de batatas o fator crucial para satisfazer essa demanda.

Segundo Ferreira e Netto (2007), no Brasil existem dois modelos adotados para essa finalidade. O primeiro modelo, menos utilizado e mais simples, a batata é colhida e exposta ao sol durante algumas horas para secagem. Logo após essa fase ela é selecionada de forma manual e ensacada, ficando pronta para ser alocadas em caminhões e transportadas até pontos de distribuição como Ceasas ou pontos de venda como Supermercados.

No segundo modelo, as batatas são acondicionadas em *big bags* e transportadas em caminhões até instalações de beneficiamento. Nesses locais, o tubérculo passa pelos processos de lavagem, secagem, classificação e embalagem, podendo assim ser

armazenadas (Finger e Fontes, 1999) ou levadas até centros de distribuição e pontos vendas, sendo essa última, a prática mais comum (Ferreira e Neto, 2007). A secagem é fator crítico dentro desse sistema, pois uma vez uma batata úmida ou excessivamente quente pode ocasionar podridões, perda de qualidade e aumento da perecibilidade. Logo abaixo, esse processo está elaborado de forma simplificada através de um fluxograma de processo de produção na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma de um processo produtivo numa beneficiadora de Batatas



Fonte: autoria própria

2.2 GLP

O gás liquefeito de petróleo, conhecido como GLP, é uma combinação predominante de hidrocarbonetos compostos por três ou quatro átomos de carbono. Embora seja gasoso em condições normais, o GLP pode ser transformado em líquido através de pressurização, um procedimento que converte o gás do estado gasoso para o estado líquido. Quando está no estado líquido, o GLP ocupa apenas 0,4% de seu volume em comparação ao estado gasoso, o que facilita seu armazenamento em cilindros e seu transporte aos consumidores. A presença controlada de etano e pentanos em baixas proporções no GLP assegura a facilidade de sua vaporização, o que promove uma queima limpa, sem deixar resíduos nos equipamentos utilizados. Além disso, o GLP é transparente e, desde que contenha baixos níveis de enxofre, é desprovido de odor característico (Farah, 2012).

2.2.2 Comparação do GLP e outros insumos

Segundo Portella e Martins (2000), uma das principais vantagens com relação ao uso do GLP ao invés da combustão a lenha no processo de secagem de alimentos são:

Queima limpa: o gás não deixará resíduos o que pode contribuir com o aumento da vida útil dos equipamentos onde ele será usado. E ao contrário de outros gases onde não ocorre a queima completa, pode aparecer monóxido de carbono (CO) e particulados

que são lançados na atmosfera como fuligem ou negro fumo (Lima, 1995) que são muito tóxicos ao ambiente, o que conseqüentemente se faz necessário o uso de equipamentos complementares como filtros.

Aumento da qualidade: os secadores a lenha, que além de liberarem fumaça e particulados, podem também expor o alimento a temperaturas altas e por períodos variados o que pode trazer sérios danos como alteração de sabor, cor, composição e concentração de nutrientes (Vadivambal e Jayas, 2007). Já o GLP não compromete a qualidade do alimento.

Automação do equipamento: Ao contrário dos secadores que utilizam do GLP, os secadores a lenha demandam muita mão de obra, pois requerem o abastecimento contínuo de lenha para manter o suprimento de calor e é necessária a manutenção regular para garantir seu bom funcionamento, como a limpeza de cinzas ou a lubrificação dos componentes móveis.

Controle absoluto de temperatura: Os secadores a GLP frequentemente são equipados com sistemas de controle automatizados. Sensores de temperatura podem ser usados para monitorar a temperatura do ar ou dos produtos em processo de secagem. Com base nesses dados, o sistema automatizado pode ajustar automaticamente o fornecimento de GLP e a taxa de combustão para manter a temperatura definida dentro dos limites desejados.

Diminuição do tempo de secagem: Comparado com os outros combustíveis comerciais oriundos do petróleo, o poder calorífico do GLP por unidade de massa é inferior apenas ao do gás natural. Isso significa que ele libera mais energia térmica por unidade de volume ou peso, o que conseqüentemente acelera o processo de secagem. Outra característica é que sua composição é uniforme o que mantém constante a relação ar-combustível à combustão o qual garante uma alta eficiência (Farah, 2012).

2.2.3 Desvantagens

Único ponto negativo quanto ao uso do GLP em processo de secagem de alimentos comparado a combustão a lenha por exemplo, é em relação ao custo. Como o GLP é um combustível fóssil e está sujeito a flutuações de preço no mercado internacional, seu custo pode variar ao longo do tempo.

2.3 Fibra de Vidro

Na busca de uma melhor performance energética numa indústria, os componentes de isolamento térmico são de significativa importância. Entender suas aplicações e as necessidades de aplicações na planta, pode resultar em ganhos econômicos e ambientais. Silva e Vasconcelos (2018) consideram as mantas de fibras de vidro como um material de destaque para essa finalidade.

A Fibra de Vidro, também conhecida como lã de vidro, é um material amplamente utilizado por diversas áreas devido sua conhecida propriedade isolante. Esse composto surge durante a Segunda Guerra Mundial e fica popular quando utilizada com resina poliéster (Mendonça, 2005). Dantas (2011) elenca algumas características presentes na Fibra de Vidro, dentre elas se destacam três pertinentes a esse trabalho: resistência térmica, resistência à umidade e resistência ao calor e fogo.

Segundo Milcent (2009), existem propriedades ideais para a escolha de um isolante dentre elas a resistência a temperatura de trabalho, não toxicidade e bom preço. Tais características são observadas nesse material e necessárias para o desenvolvimento do projeto.

As transferências de calor se dão basicamente de três formas: condução, convecção e radiação (Moreira e Aguilar, 2022). Em tubulações industriais, a principal forma de perda de calor envolvida é a convecção, sendo que a condução se dá apenas na superfície em contato com isolante e radiação é desprezível, já que trabalharemos com temperaturas abaixo de 226,85 °C (Souza *et al*, 2014)

Um modo diferente de transferência ocorre quando o meio está escoando e é chamado transferência de calor por convecção. Nesse modo de transferência, o movimento da substância como um todo – o escoamento – desloca matéria, que apresenta certo nível energético, sobre ou próximo a uma superfície que apresenta uma temperatura diferente daquela do meio que escoar. Nesse caso, a transferência de calor por condução é dominada pela maneira como o escoamento leva as duas substâncias, fluido e superfície, a interagirem. (Borgnakke e Sonntag, 2018, p. 103)

Assim, o isolante térmico atua principalmente no controle da perda de calor por convecção. Ele possui grande quantidade de pequenas bolhas de gás aprisionadas em seu interior evitando sua movimentação e a transferência de energia. A condutividade

térmica do isolante tenderá a do gás aprisionado em seu interior, que é baixa (Milcent, 2009).

A fibra de vidro, devido à sua formação química, não retém umidade, prevenindo a formação de fungos e mofos. Sua natureza inorgânica a torna resistente a roedores, facilitando o controle de pragas. Além disso, sua estrutura química não inflamável, confirmada pelo Relatório de Ensaio N° 1 057 799-203 do Instituto de Pesquisa Tecnológicas (IPT), garante segurança contra incêndios.

2.3 Cinco Porquês

A técnica dos "5 Porquês" é uma abordagem de solução de problemas que busca identificar a causa raiz de um problema, indo além dos sintomas superficiais. A ideia é questionar repetidamente o motivo por trás de um problema, aprofundando-se em suas camadas para compreender completamente sua origem. Esse processo ganhou seu primeiro destaque na Toyota (Lobo, 2020).

O processo inicia-se com a identificação clara do problema em questão. A seguir, formula-se a pergunta inicial: "Por que o problema ocorreu?". A resposta obtida é então analisada, e a pergunta "Por quê?" é repetida em relação à resposta anterior. Este ciclo de indagações sucessivas continua até que se alcance a causa-raiz do problema, o ponto central e fundamental que dá origem aos sintomas observados.

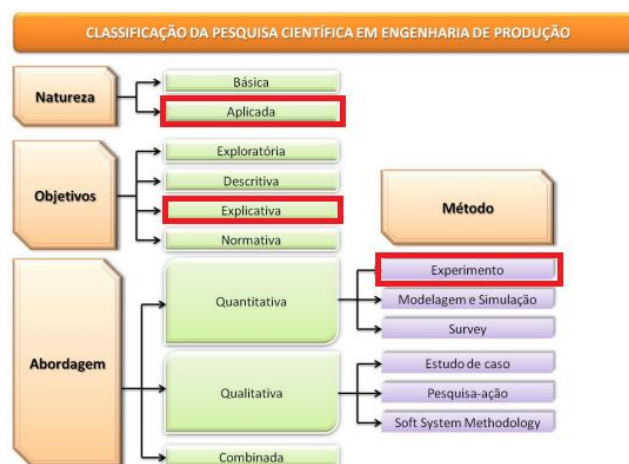
É importante ressaltar que, embora a metodologia seja conhecida como "5 Porquês", o número exato de perguntas pode variar, sendo o número cinco uma referência e não uma regra rígida (Britto, 2015). O objetivo é promover uma investigação aprofundada, adaptando-se à complexidade e peculiaridades de cada situação. Essa abordagem visa proporcionar uma compreensão abrangente dos problemas, permitindo a implementação de soluções eficazes e duradouras.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O método de pesquisa adotado foi a Pesquisa Experimental, uma abordagem quantitativa que tem como objetivo demonstrar relações de causa e efeito entre duas variáveis: a variável independente, também conhecida como fator ou causa, e a variável dependente, chamada de resposta ou efeito, conforme explicado por Turrioni e Mello em 2012. O Objetivo explicativo visa aprofundar o entendimento da realidade, centrando-se na explicação do "porquê" dos fenômenos. A natureza deste trabalho é

aplicada, uma vez que se concentra em alcançar objetivos comerciais por meio do desenvolvimento de novos processos ou produtos direcionados para atender às necessidades do mercado, conforme destacado por Appolinário (2006) (Figura 3).

Figura 3 – Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção



Fonte: Adaptado de Turrioni e Melo (2012)

Objeto de estudo é um sistema composto por um Queimador Industrial Monobloco Ecogás 250 Liga/Desliga que utiliza GLP como combustível, um controlador conectado a um sensor termopar, uma turbina que faz o ar quente circular pela tubulação e a própria tubulação.

Inicialmente foi realizado junto ao proprietário um levantamento de notas fiscais referentes ao consumo de gás dos anos de 2021 e 2022, para posterior análise econômica do projeto e projeção de consumo para o ano de 2023. Logo após foram feitas perguntas de possíveis causas dos altos valores de consumo de gás. Para essa finalidade foi utilizado a ferramenta dos Cinco Porquês para se identificar a causa raiz. Na Tabela 1 está a ordem das perguntas realizadas:

Tabela 1 – Esquematização dos 5 Porquês

	Perguntas	Respostas
1	Por que o consumo de gás é tão elevado?	Por que há desperdício de gás
2	Por que há desperdício de gás?	Por que a máquina passa muito tempo ligada
3	Por que a máquina passa muito tempo ligada?	Por que ela demora a atingir a temperatura para desligar
4	Por que ela demora a atingir a temperatura para desligar?	Por que se perde muito calor para o ambiente
5	Por que se perde muito calor para o ambiente?	Por que o sistema não é isolado

Fonte: autoria própria

A terceira etapa do trabalho foram realizadas as aferições de temperatura nos pontos de controle, cronometragem do tempo de funcionamento do queimador e medição das dimensões necessárias para ser feito o isolamento.

Dessa forma de se determinou que a áreas a serem isoladas eram:

- Tubulação com Ø de 16” com 4 metros lineares, 2 curvas e 1 Quadrado para Redondo.
- Tubulação com Ø de 32” com 1,5 metros lineares e 1 redução.

A quarta etapa foi a realização de brainstorming que é uma técnica de geração de ideias que estimula a criatividade e a colaboração, permitindo que um grupo proponha soluções diversas para um problema específico. Em seguida foi realizada uma revisão bibliográfica para se entender as possibilidades de melhoria e materiais utilizados. Também foi feita uma consulta ao mercado para se entender a viabilidade do projeto proposto.

A melhor proposta em termos de custo-benefício para a execução da obra foi de R\$ 4.800,00, com conclusão em apenas um dia. Essa rápida instalação possibilitou a realização da intervenção em um dia em que a máquina não estava operando, evitando paradas e prejuízos.

A quinta etapa foi realizada a intervenção por uma empresa especializada contratada, ou seja, realizada instalação dos materiais isolantes nas tubulações. Os materiais utilizados na intervenção foram:

- Manta de lã de vidro aluminizada com 0,38 mm de espessura
- Revestimento metálico em chapa Galvanizada (Galvalume) 0,5 mm de espessura

A sexta etapa foi a realização das novas aferições de temperatura nos pontos de controle e a cronometragem dos tempos de funcionamento da máquina.

Para as aferições de temperatura foi utilizado uma Câmera Termográfica FLIR® Cx-Series que tem como função medir temperaturas sem contato direto. Ela opera detectando a radiação infravermelha emitida por um objeto e convertendo-a em dados visíveis. Sua aplicação inclui inspeções prediais, monitoramento de equipamentos elétricos e mecânicos, detecção de vazamentos térmicos, entre outras, fornecendo imagens térmicas que destacam variações de temperatura para análise e diagnóstico rápidos.

Figura 4 – Imagem termográfica de parte do sistema



Fonte: autoria própria

Na Figura 4, as variações de temperatura na imagem termográfica são visualmente representadas por uma escala de cores, em que tons mais claros denotam temperaturas mais elevadas, enquanto tons mais escuros indicam temperaturas mais baixas. Destaca-se ainda o ponto central ou foco, que aponta diretamente para a temperatura na área em que está direcionado, proporcionando uma referência específica e precisa na análise térmica. Para a cronoanálise foi utilizado o cronometro comum de um aparelho celular.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As medições foram realizadas nos meses de julho e outubro de 2023 numa Planta de Beneficiamento de Batatas localizado na cidade de Estiva/MG. Foram realizadas as medições de temperatura em oito pontos de controle determinados previamente junto ao professor orientador. Também foi determinado fazer a cronoanálise do funcionamento do queimador

4.1 Situação anterior a intervenção

As aferições começaram após 10 minutos de funcionamento de máquina, tempo necessário para estabilizar a temperatura. Foi observado durante o funcionamento do queimador que seu funcionamento se dá no sistema Liga/Desliga, onde após a ignição inicial, o queimador desliga ao atingir a temperatura de 92°C e liga a quando retorna a 78°C. Nota-se que o mostrador do controlador indicava que apesar da máquina desligada, a temperatura do sistema subia a máxima de 95°C. No período seguinte, onde

sistema se resfriava, o queimador já havia ligado na temperatura de 78°C mas o mostrador indicou que o sistema chegava numa temperatura mínima de 71°C, devido a inércia térmica.

Essa temperatura mínima foi utilizada de referência para aferição das temperaturas, buscando redução da variabilidade dos dados coletados. Foi utilizada a Câmera Termográfica FLIR® Cx-Series para as aferições. Nas Tabelas 2 e 3, estão demonstradas as temperaturas registradas nos pontos de controle e os tempos que máquina estava ligada e desligada.

Tabela 2 – Temperatura nos pontos de controle antes da intervenção

Pontos de medição	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Temperatura Antes	70,70 °C	77,00 °C	62,30 °C	74,10 °C	73,00 °C	72,50 °C	68,50 °C	66,40 °C

Fonte: autoria própria

Tabela 3 – Cronoanálise do funcionamento do queimador antes da intervenção em segundos

Período	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5
Ligado	45,61	45,61	46,44	44,8	43,97
Desligado	18,96	18	19,54	19,24	19,55

Fonte: autoria própria

Com esses dados coletados foi possível determinar reta de aquecimento e de resfriamento em função do tempo. Foi determinado as médias dos tempos dos dois períodos, sendo 45,286 s para a temperatura atingir o valor de 92°C desligando a chama e 19,058 s para temperatura voltar a 78°C, reacendendo a chama. Dividiu-se o intervalo de temperatura de funcionamento, 14°C, pelas medias dos tempos coletados para se determinar o coeficiente. O coeficiente de reta encontrado para o aquecimento é de 0,3091 e para resfriamento é de 0,7345. Dessa forma as Equações 1 e 2 encontradas foram:

Aquecimento:

$$T = 0,3091s + 78$$

Onde:

T = temperatura

s = segundos

(Equação 1)

Resfriamento:

$$T = 0,7345s - 92$$

Onde:

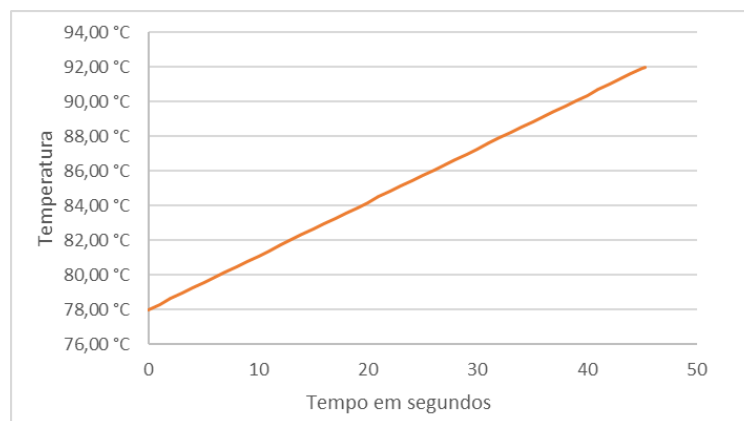
T = temperatura

s = segundos

(Equação 2)

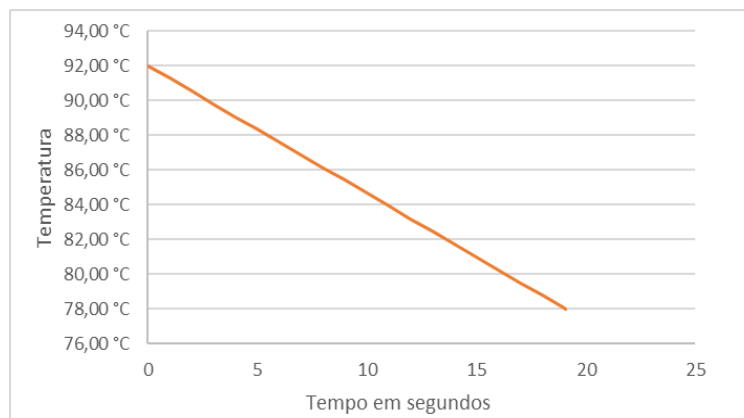
Os Gráficos 2 e 3 demonstram o comportamento da reta.

Gráfico 2 - Aquecimento: Temperatura em função do Tempo antes da intervenção



Fonte: autoria própria

Gráfico 3 - Resfriamento: Temperatura em função do Tempo antes da intervenção



Fonte: autoria própria

4.2 Análise do resultado

Novamente as aferições começaram após 10 minutos de funcionamento de máquina, tempo necessário para estabilizar a temperatura. As temperaturas de Liga e Desliga e a máxima permaneceram as mesmas, porém a temperatura mínima do sistema subiu para 75°C, notando-se já a redução de perda calor para o ambiente. As aferições de temperatura foram realizadas novamente no mínimo para redução de variabilidade

das medições. Na Tabela 4, está demonstrada as temperaturas registradas nos pontos de controle

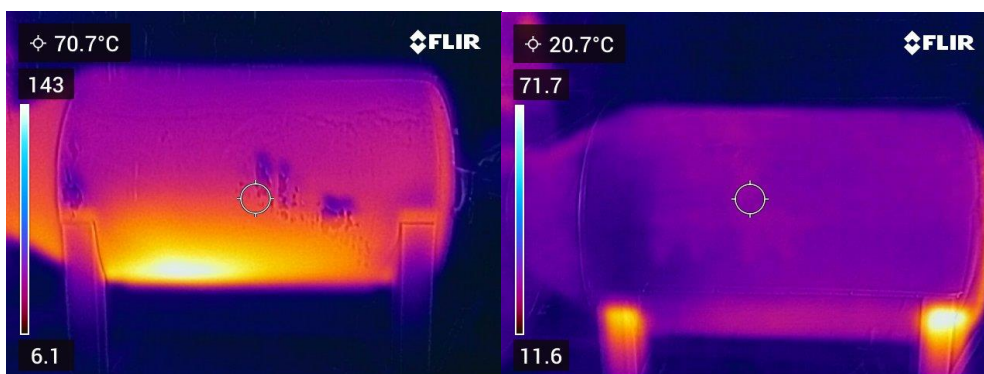
Tabela 4 – Temperatura nos pontos de controle antes e depois da intervenção

Pontos de medição	Temperatura Antes	Temperratura Depois
P1	70,70 °C	20,70 °C
P2	77,00 °C	18,90 °C
P3	62,30 °C	17,70 °C
P4	74,10 °C	19,50 °C
P5	73,00 °C	19,50 °C
P6	72,50 °C	22,40 °C
P7	68,50 °C	26,70 °C
P8	66,40 °C	25,90 °C

Fonte: autoria própria

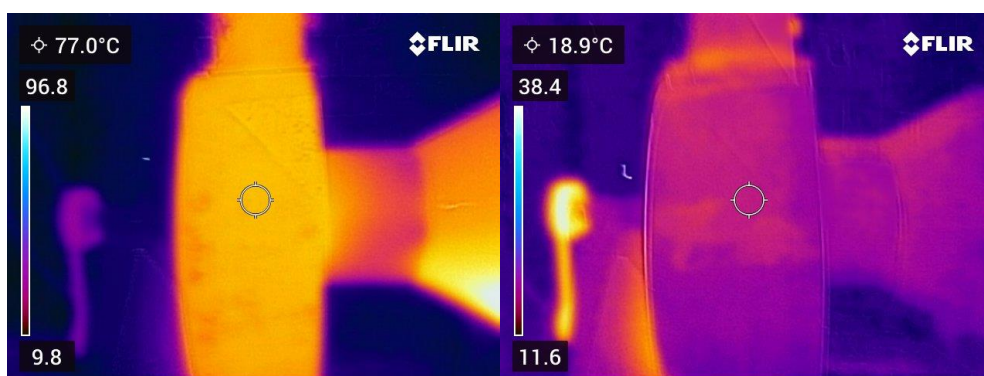
As Figuras de 5 a 12 são imagens termográficas dos pontos de controle.

Figura 5a e Figura 5b – Imagem termográfica antes de depois no Ponto 1



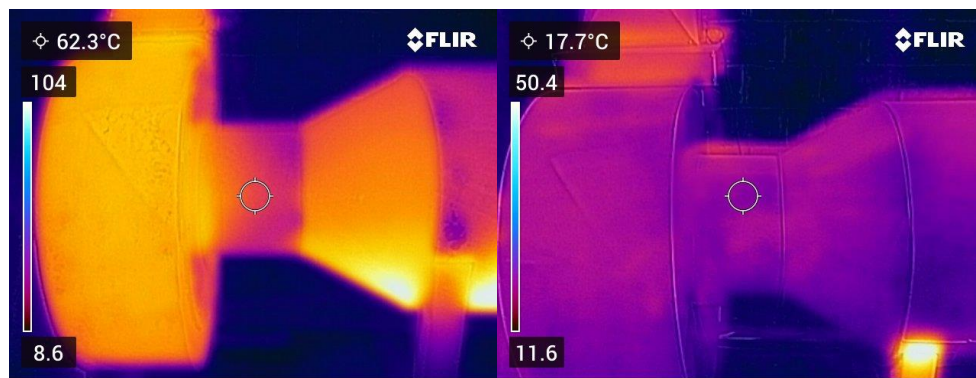
Fonte: autoria própria

Figura 6a e Figura 6b – Imagem termográfica antes de depois no Ponto 2



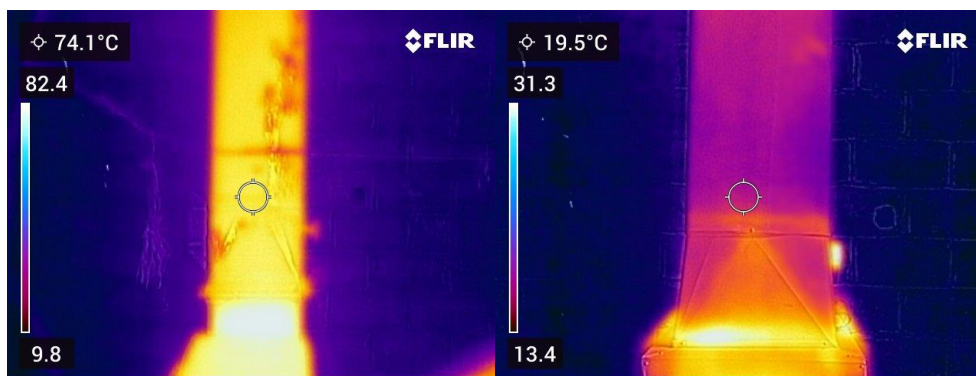
Fonte: autoria própria

Figura 7a e Figura 7b – Imagem termográfica antes de depois no Ponto 3



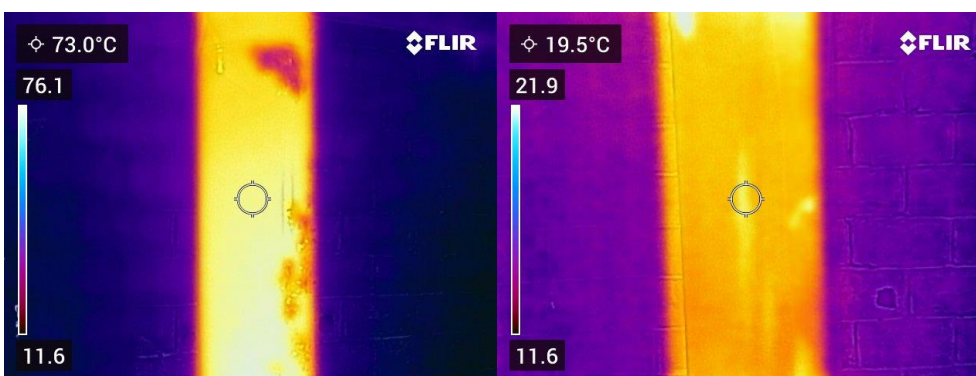
Fonte: autoria própria

Figura 8a e Figura 8b – Imagem termográfica antes de depois no Ponto 4



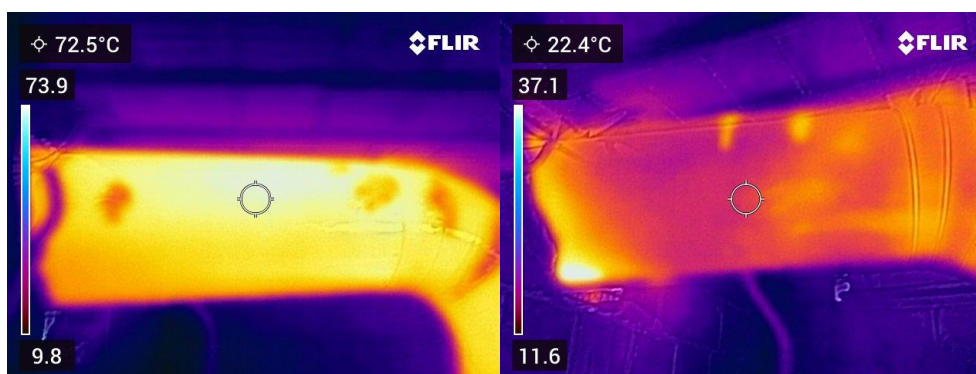
Fonte: autoria própria

Figura 9a e Figura 9b – Imagem termográfica antes de depois no Ponto 5



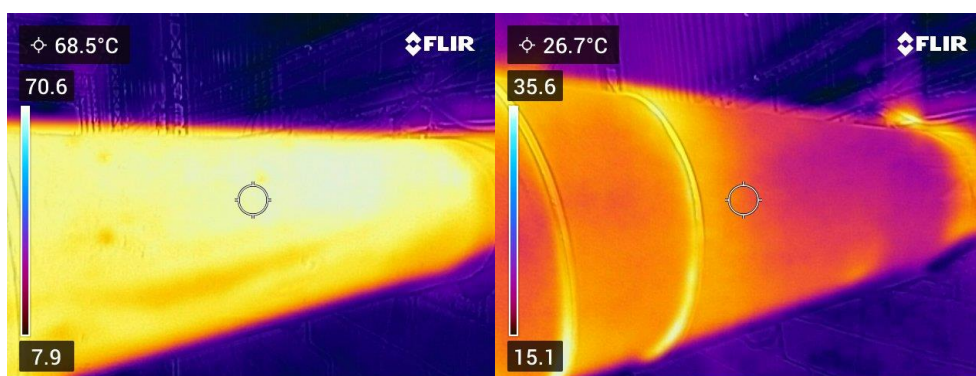
Fonte: autoria própria

Figura 10a e Figura 10b – Imagem termográfica antes de depois no Ponto 6



Fonte: autoria própria

Figura 11a e Figura 11b – Imagem termográfica antes de depois no Ponto 7



Fonte: autoria própria

Figura 12a e Figura 12b – Imagem termográfica antes de depois no Ponto 8



Fonte: autoria própria

Na Tabela 5, estão demonstrados os tempos registrados que máquina estava ligada e desligada antes e após a intervenção realizada

Tabela 5 – Cronoanálise do funcionamento do queimador antes e depois da intervenção, em segundos

Período	Tempo Antes	Tempo Depois
L1	45,61	29,97
L2	45,61	29,22
L3	46,44	29,33
L4	44,8	29,87
L5	43,97	29,37
D1	18,96	24,38
D2	18	24,72
D3	19,54	24,41
D4	19,24	24,65
D5	19,55	24,78

Fonte: autoria própria

Com novos dados coletados foi possível determinar as novas retas de aquecimento e de resfriamento do sistema em função do tempo. O mesmo método aplicado anteriormente foi adotado para a nova solução. As médias dos tempos dos dois períodos, são 29,552 s de funcionamento e 24,588 s desligado. O coeficiente de reta encontrado para o aquecimento é de 0,4737 e para resfriamento é de 0,5693. Dessa forma Equações encontradas foram:

Aquecimento:

$$T = 0,4737 + 78$$

(Equação 3)

Onde:

T = temperatura

s = segundos

Resfriamento:

$$T = 0,5693 - 92$$

(Equação 4)

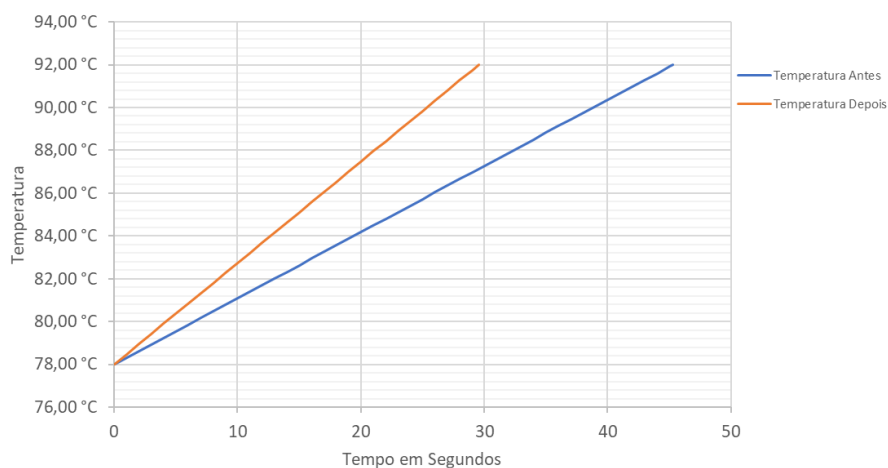
Onde:

T = temperatura

s = segundos

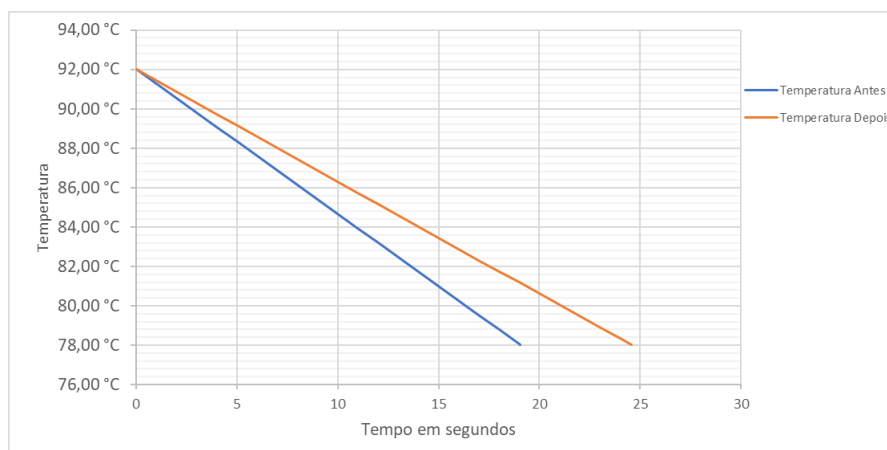
Os gráficos 4 e 5 demonstram o comportamento da temperatura do sistema antes de ser isolado e após.

Gráfico 4 - Aquecimento: comparação do comportamento antes e depois da intervenção



Fonte: autoria própria

Gráfico 5 - Resfriamento: comparação do comportamento antes e depois da intervenção



Fonte: autoria própria

Dessa forma, foi possível observar que após aplicação do isolamento do sistema, o queimador passou a operar menos tempo. Foi feita a soma dos períodos Ligado e Desligado para calcular a duração do ciclo. O ciclo antes do isolamento teve uma duração de 64,34 segundos, enquanto o ciclo depois do isolamento foi de 54,14 segundos, nas Figuras 13 e 14 exemplificam o descrito anteriormente. Em seguida, determinou-se quantos ciclos ocorrem em uma hora (Ciclo/hora), sendo que o ciclo anterior ao isolamento repete 55,95 vezes por hora e após isolamento repete 66,49 vezes por hora.

Figura 13 – Comportamento dos ciclos antes da intervenção



Fonte: autoria própria

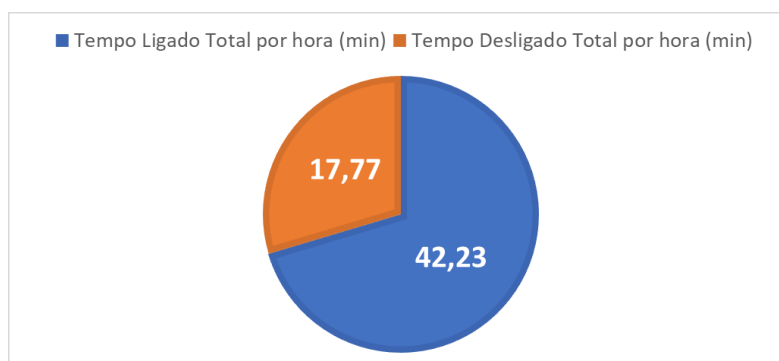
Figura 14 – Comportamento dos ciclos depois da intervenção



Fonte: autoria própria

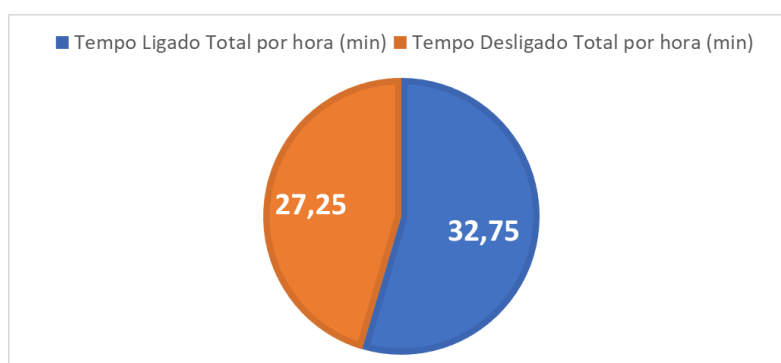
Utilizando esses valores, foi calculado o tempo total de funcionamento por hora em segundos: 2533,72 segundos antes do isolamento (42,23 minutos) e 1965,04 segundo depois (32,75 minutos). Por fim, a diferença entre os tempos totais de funcionamento antes e depois do isolamento foi de 568,68 segundos (9,48 minutos), representando uma economia de 22,44% em comparação ao período anterior ao isolamento. Abaixo, os Gráfico 6 e Gráfico 7 representam os tempos de cada período dentro de uma hora de funcionamento de máquina.

Gráfico 6 – Tempos dos períodos em 1 hora de funcionamento antes da intervenção



Fonte: autoria própria

Gráfico 7 – Tempos dos períodos em 1 hora de funcionamento depois da intervenção



Fonte: autoria própria

4.3 Análise Econômica do Projeto

Conforme dados obtidos em pesquisa documental de notas fiscais (Figura 14), o consumo total de GLP para os anos de 2021 e 2022 respectivamente foi de 3641 kg e 3830 kg, com um crescimento de 4,93% entre os anos (Tabela 6). De acordo com o crescimento nos últimos anos, projetou-se uma demanda anterior a intervenção de aproximadamente 4019 kg em 2023.

Figura 14 – Recorte de uma nota fiscal de compra de gás

DESTINATÁRIO/REMETENTE		CNPJ/CPF		DATA DE EMISSÃO									
NOME / RAZÃO SOCIAL BENEFICIADORA DE BATATAS		[REDACTED]		09/07/2021									
ENDEREÇO ESTRADA FERNAO DIAS		Nº KM 3		BAIRRO/DISTRITO GROTINHA									
MUNICÍPIO ESTIVA		CEP 37542-000		UF MG									
FONE/FAV		INSCRIÇÃO ESTADUAL		DATA DE ENTRADA/SAÍDA 09/07/2021									
				HORA DE SAÍDA 09:30:28									
FATURA / DUPLICATA													
NÚMERO	VENCIMENTO	VALOR	NÚMERO	VENCIMENTO	VALOR	NÚMERO	VENCIMENTO	VALOR					
001	19/07/2021	10.073,62											
CÁLCULO DO IMPOSTO													
BASE DE CÁLCULO DO ICMS		VALOR DO ICMS	BASE CÁLCULO ICMS SUBSTITUIÇÃO		VALOR DO ICMS SUBSTITUIÇÃO	VALOR TOTAL DOS PRODUTOS							
0,00		0,00	0,00		0,00	10.073,62							
VALOR DO FRETE		VALOR DO SEGURO	DESCONTO	OUTRAS DESPESAS ACESSÓRIAS		VALOR TOTAL DO IPI		VALOR TOTAL DA NOTA					
0,00		0,00	0,00	0,00		0,00		10.073,62					
TRANSPORTADOR / VOLUMES TRANSPORTADOS													
NOME / RAZÃO SOCIAL			FRETE POR CONTA	CÓDIGO ANTT	PLACA DO VEÍCULO	UF	CNPJ / CPF						
[REDACTED]			3 - Próprio/Re				[REDACTED]						
ENDEREÇO			MUNICÍPIO			UF	INSCRIÇÃO ESTADUAL						
[REDACTED]			POUSO ALEGRE			MG	[REDACTED]						
QUANTIDADE	ESPÉCIE	MARCA	NÚMERO		PESO BRUTO	PESO LIQUIDO							
1070	KG	UG			1.070,000	1.070,000							
DADOS DO PRODUTO / SERVIÇOS													
CÓD. PROD.	DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS / SERVIÇOS	NCM/SH	CST	CFOP	UNID	QUANTIDADE	V. UNITÁRIO	V. TOTAL	BC ICMS	V. ICMS	V. IPI	ALÍQUOTA ICMS	ALÍQUOTA IPI
0120014	GLP GLP GRANEL - PTP	27111910	060	5656	KG	1070,0000	9,4146	10.073,62	0,00	0,00		0,00	0,00

Fonte: Acervo da Empresa

Tabela 6 – Registro de compra de gás para os anos de 2021 e 2022

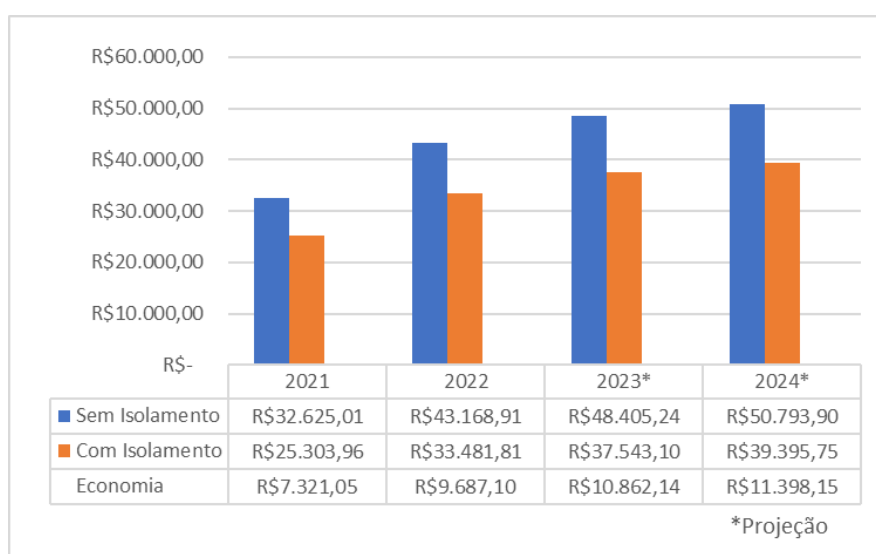
2021				2022			
Data	KG	Valor Unitário	Valor	Data	KG	Valor Unitário	Valor
10/01/2021	480	R\$ 8,07	R\$ 3.874,94	06/01/2022	750	R\$ 10,71	R\$ 8.029,13
21/01/2021	430	R\$ 8,07	R\$ 3.471,30	10/02/2022	630	R\$ 10,71	R\$ 6.744,47
08/04/2021	980	R\$ 8,78	R\$ 8.604,69	08/06/2022	930	R\$ 11,31	R\$ 10.514,12
28/05/2021	360	R\$ 8,82	R\$ 3.175,45	14/11/2022	650	R\$ 11,91	R\$ 7.739,16
09/07/2021	1070	R\$ 9,41	R\$ 10.073,62	29/12/2022	870	R\$ 11,66	R\$ 10.142,03
14/10/2021	321	R\$ 10,67	R\$ 3.425,01				
Total	3641		R\$ 32.625,01		3830		R\$ 43.168,91

Fonte: autoria própria

Considerado que no ano todo de 2023 o sistema já estivesse isolado, a economia seria de 901,86 quilos a menos de gás consumido, ou seja, o total consumido em 2023 seria 3117 quilos de gás, isso representando uma diferença de 14,39% a menos se comparado ao ano de 2021, onde foram consumidos 3641 quilos.

O preço unitário mais recente do GLP é R\$ 12,0441 por quilo. Esse preço multiplicado por 4019 kg projetados para o ano de 2023 resulta num valor de R\$ 48.405,24. Já considerando a pós-intervenção, o valor total no ano de 2023 seria de R\$ 37.543,10, resultando numa economia anual de R\$ 10.862,14. No Gráfico 8 estão demonstradas as comparações de gasto com e sem isolamento para o ano de 2021 e 2022 e as projeções para 2023 e 2024 considerando o mesmo aumento de demanda e do último preço unitário disponível.

Gráfico 8 – Comparação dos valores gastos anuais com GLP, no sistema sem e com isolamento



Fonte: autoria própria

O investimento para realização do projeto foi de R\$ 4.800,00. Para se estabelecer o tempo de retorno de investimento, dividiu-se a economia projetada por 12 meses com resultado de R\$ 905,18. Dividindo-se o valor investido pela economia projetada mensal, obtém-se o resultado de 5,3 meses, ou seja, o “*pay back*” é de 5 meses e 9 dias para a empresa obter o retorno investimento, conforme indicam as boas práticas de investimentos

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o desenvolvimento da pesquisa foi possível notar a importância de um bom planejamento de um sistema produtivo, seja ele manufatureiro ou agroindustrial, onde se deve levar em conta cada variável a fim de se evitar desperdícios. O Engenheiro de Produção capacitado tem papel central para essa finalidade.

A utilização de ferramentas da qualidade como Cinco Porquês, permitem ao Engenheiro encontrar a causa do problema de forma mais específica. Isso possibilita ações de correção e de melhoria mais assertivas e adequadas para o problema inicialmente proposto.

O projeto resultou em uma redução de 22,44% no consumo de GLP com valor estimado de R\$ 10.862,14 de economia para o ano de 2023, um período de retorno de investimento de apenas 5 meses e 9 dias, se mostrando eficaz e eficiente no que se propôs. Essa expressiva redução de custos permitirá a empresa aumentar seus lucros, ser mais competitiva sem perder qualidade e investir em novos projetos de melhoria.

Além dos ganhos econômicos gerados pela melhoria, também houve relevantes ganhos colaterais referentes a ergonomia e meio ambiente. A redução de perda de calor para o ambiente resultou num ambiente mais fresco, que proporcionou aos colaboradores um conforto térmico adequado. A menor queima de gás proporciona uma redução de emissão de gás carbônico pela empresa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11360: Isolantes Térmicos de Lã de Vidro – Flocos - Especificação**. Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10412: Isolantes Térmicos de Fibras de Vidro**. Rio de Janeiro. 2013.

ANP, 2023. **Preços de GLP ao consumidor consolidados**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/precos-ao-consumidor-consolidados-glp#:~:text=A%20ANP%20publica%20mensalmente%20a>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência – filosofia e prática da pesquisa**. São Paulo: Editora Pioneira Thomson Learning, 2006.

BRITTO, Eduardo. **Qualidade Total**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2015. E-book. ISBN 9788522123551. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522123551/>. Acesso em: 12 nov. 2023.

BORGNAKKE, Claus; SONNTAG, Richard E. **Fundamentos da termodinâmica**. São Paulo: Editora Blucher, 2018. *E-book*. ISBN 9788521207931. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521207931/>. Acesso em: 21 jun. 2023.

DANTAS, Camilla de Medeiros. **Influência da quantidade de absorção de água nas propriedades mecânicas de compósitos poliméricos de manta de fibra de vidro, híbrida e tecido juta**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

FARAH, Marco A. **O Petróleo e seus Derivados**. São Paulo: Grupo GEN, 2012. *E-book*. ISBN 978-85-216-2151-5. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2151-5/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

FERREIRA, Marcos David; HENRIQUE NETTO, Luiz. **Avaliação de processos nas linhas de beneficiamento e classificação de batatas**. Horticultura Brasileira, v. 25, p. 279-285, 2007.

FINGER, F.L.; FONTES, P.C.R. **Manejo do pós-colheita da batata**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.20, n.197, p.105-111, mar./abr. 1999.

HOFRICHTER, M. **Análise SWOT: quando usar e como fazer**. [s.l.] Simplíssimo, 2017.

IBGE, 2021. **Produção Agropecuária**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/batata/br>>. Acesso em: 21 de junho de 2023.

INDEX MUNDI, 2023. **World Liquefied Petroleum Gases Production by Country (Thousand Barrels per Day)**. Disponível em: <<https://www.indexmundi.com/energy/?product=lpg&graph=production&display=rank>>. Acesso em: 21 de junho de 2023.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Relatório de Ensaio N° 1 057 799-203**. 2014.

LIMA, L.M.Q.. 1995. **Lixo Tratamento e Biorremediação**. 3ª ed. Hemus. São Paulo.

LOBO, Renato N. **GESTÃO DA QUALIDADE**. São Paulo: Editora Saraiva, 2020. E-book. ISBN 9788536532615. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536532615/>. Acesso em: 12 nov. 2023.

LUNA, Denise; Consumo do gás de cozinha no Brasil em 2022 tem pior marca em 10 anos, mostra levantamento. **Estadão Conteúdo**, São Paulo, 7 de fev. de 2023 Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/consumo-do-gas-de-cozinha-no-brasil-em-2022-tem-pior-marca-em-10-anos-mostra-levantamento/>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

MENDONÇA, P. T. R. **Materiais compostos e estruturas-sanduíche**: projeto e análise. Barueri: Manolo, 2005.

MILCENT, P.F. **Noções de Isolamento Térmico para Tubulações**. UFPR/DEQ. Curitiba, 2007.

MOREIRA, José Roberto S.; AGUILAR, Elí Wilfredo Z. **Fundamentos de Transferência de Calor para Engenharia**. São Paulo: Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9788521638520. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521638520/>. Acesso em: 21 jun. 2023.

PORTELLA, J. A.; MARTINS, R. R. **Uso de GLP na secagem de milho em secador de leito fixo**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2000. 40 p. (Embrapa Trigo. Circular Técnica, 7).

TURRIONE, J. B., MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas. Itajubá, Minas Gerais, 2012.

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. **Perfil Batata**. 2023.

SHIMOYAMA, Natalino. **Mudanças no consumo**. Cultivar HF, Pelotas, n.118, p. 42, out./nov. 2019.

SILVA, D. G. M.; VASCONCELOS, W. L. **Isolante térmico fibroso**: motivos de sua utilização como revestimentos de trabalho em equipamentos industriais que operam em altas temperaturas-revisão da literatura-parte I. **Cerâmica**, v. 63, p. 281-294, 2017.

SOUZA, Marcelo Tramontin et al. **Eficiência Energética: a Economia Gerada pelo Isolamento Térmico em uma Tubulação de Reaproveitamento de Ar Quente**. Criciúma, Cerâmica Industrial, v. 19, n.4, p. 21-26, mai./jun. 2014.

VADIVAMBAL, R., & JAYAS, D. S. (2007). **Changes in quality of microwave-treated agricultural products - a review**. **Biosystems Engineering**, 98(1), 1-16.

VAMAPAL, 2014. **Manta Costurada**. Disponível em:
<<http://www.vamapal.com.br/manta-costurada>>. Acesso em: 21 junho 2023.

Yara Brasil, 2020. **Qualidade da Batata**. Disponível em:
<<https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/qualidade-da-batata/>>.
Acesso em: 21 jun. 2023.