

APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE CONSUMO E CUSTOS COM GÁS GLP EM UMA OFICINA INDUSTRIAL

APPLICATION OF DMAIC METHODOLOGY TO REDUCE GLP GAS CONSUMPTION AND COSTS IN AN INDUSTRIAL WORKSHOP

Marcos Gabriel Vieira de Vilhena¹

RESUMO: Em um cenário de competição pelo domínio de mercado entre corporações, otimizar processos e recursos tem se tornado uma tarefa cada vez mais necessária. Para isso ferramentas como o Seis Sigma e a metodologia DMAIC desempenham papéis cruciais para a busca da eficiência operacional, aprimorando a qualidade dos processos, produtos e serviços. Sendo assim, este artigo mostra, através de um estudo de caso em uma oficina de manutenção industrial, com alto consumo energético e custos com gás GLP, no processo de refusão de metal agregado em peças de cadinhos, como a aplicação da metodologia DMAIC contribuiu para a melhoria da produtividade e redução de custos. Os resultados mostraram que houve redução expressiva no consumo e nos custos com GLP, de, aproximadamente, 47,14%, melhorando a eficiência econômica e operacional da oficina onde foi realizado o estudo.

Palavras-chave: Seis Sigma, DMAIC, Custo, GLP.

ABSTRACT: In a scenario of competition for market dominance between corporations, optimizing processes and resources has become an increasingly necessary task. To this end, tools such as Six Sigma and the DMAIC methodology play crucial roles in the search for operational efficiency, improving the quality of processes, products and services. As such, this article shows, through a case study in an industrial maintenance workshop with high energy consumption and LPG gas costs, in the process of remelting aggregate metal in crucible parts, how the application of the DMAIC methodology contributed to improving productivity and reducing costs. The results showed that there was a significant reduction in LPG consumption and costs of approximately 47.14%, improving the economic and operational efficiency of the workshop where the study was carried out.

Keywords: Six Sigma, DMAIC, Cost, LPG.

¹ Universidade Federal do Pará (UFPA) / email: marcos.vilhena@itec.ufpa.br

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1º edição

1. INTRODUÇÃO

No cenário atual, a competição entre corporações se tornou uma realidade cada vez mais presente. Devido a esta competição desenfreada, Pinto, Carvalho e Ho (2006) dizem que a qualidade de produtos e serviços se tornou fundamental para a sobrevivência da empresa. Como exposto por Holanda, Souza e Francisco (2013) e Farago (2015) a procura por métodos de produção padronizados, aprimoramento contínuo, otimização e decisões mais assertivas têm se tornado elementos essenciais para alcançar resultados expressivos e assegurar a permanência em mercados altamente disputados.

Assim, Campos (2004) diz que a utilização da metodologia Seis Sigma tem se tornado fundamental, uma vez que ao utilizar métodos estatísticos, tem o poder de restringir variabilidades de processo. Carvalho e Paladini (2005) enfatizam que o Seis Sigma se diferencia pelo emprego de ferramentas estatísticas altamente eficazes na resolução de problemas. O DMAIC é parte integrante desse processo e visa resolver tais problemas por meio de uma série de etapas sequenciais, que segundo Brady e Allen (2006) são: definir, medir, analisar, melhorar.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo utilizar a metodologia DMAIC para solucionar o problema de consumo excessivo de gás GLP na atividade de refusão em peças entupidas com metal, em uma oficina de manutenção industrial, bem como reduzir os custos associados ao processo.

Justifica-se a escolha do tema pelo custo gerado pela atividade e a baixa eficiência do processo, o que causa impactos no fluxo de atividades do local e nos custos variáveis, nos quais o consumo energético se encaixa. Além disso, o sucesso do estudo, pode ser replicado para outros processos semelhantes na própria empresa ou em outras corporações.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção serão abordados conceitos utilizados para a estruturação do estudo mostrado ao longo deste trabalho.

2.1 Lean Manufacturing

O conceito de Produção Enxuta foi introduzido no Japão, no período pós Segunda Guerra Mundial, cuja aplicação de maior destaque se deu na Toyota Motor Company, em um período de baixa disponibilidade de recursos, dada a crise econômica daquele período. Em face disto, a criação de um novo modelo gerencial se tornou necessário. O modelo desenvolvido pela empresa, denominado Sistema Toyota de Produção, foi estruturado por Taiichi Ohno, vice-presidente da Toyota.

Ohno (1997) diz que a ideia básica é de se produzir apenas o necessário no momento certo e na quantidade certa, com a eliminação de processos desnecessários, desperdícios e redução de custos. Shinohara (1988) corrobora esse pensamento quando afirma que é necessário eliminar todo desperdício possível, ao se focarem esforços em diversos setores de uma companhia como, por exemplo, administração, pesquisa e desenvolvimento, produção, distribuição e todos os outros departamentos.

Diante disso, Ohno (1997) cita que existem 7 principais formas de desperdícios: movimentação, transporte, superprodução, defeito ou retrabalho, super processamento, estoque e espera. Liker e Meier (2006) complementam que existe um oitavo desperdício, que

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

representa a não utilização da criatividade dos recursos humanos disponíveis, ou seja, das capacidades intelectuais da mão de obra.

2.2 Metodologia Seis Sigma

De acordo com Trishul et al. (2023), o Seis Sigma é descrito como uma filosofia e um método rigoroso desenvolvido pela Motorola que foi criado para minimizar a variação dos processos e melhorar atributos como qualidade e desempenho de uma organização. Corroborando essa definição, para Guerra (2008), a metodologia Seis Sigma é descrita como uma abordagem adotada pelas empresas no mercado com o intuito de aumentar sua competitividade, aprimorar a produtividade e elevar os padrões de qualidade.

Tal como levantado por Brady e Allen (2006), para que a abordagem do Seis Sigma seja eficaz e produza resultados, é crucial definir objetivos para o trabalho a ser realizado. Esses objetivos são delineados com base na aplicação da ferramenta DMAIC do Seis Sigma – *Define, Measure, Analyze, Improve e Control*.

2.3 DMAIC

Dentre as várias ferramentas de gestão da qualidade que podem ser vistas como métodos de aprimoramento da qualidade, destacam-se duas principais no contexto do Seis Sigma: DMAIC e DMADV como mostrado por Kumar e Sosnoski (2009) e Jones et al. (2010). O método DMAIC é baseado na melhoria de processos seguindo o ciclo de Deming e suporta a melhoria de processos em diferentes dimensões de um empreendimento, cujo resultado positivo pode ser observado em diversos tipos de negócio como na produção alimentar (Hakimi; Zahraee; Rohan; 2016), fabricação de plásticos (Kartika; Norita; Triana, 2020) e pequenas e médias empresas (Panayiotou; Stergiou; Panagiotou, 2022). A Figura 1 mostra um esquema ilustrativo das etapas da metodologia DMAIC.

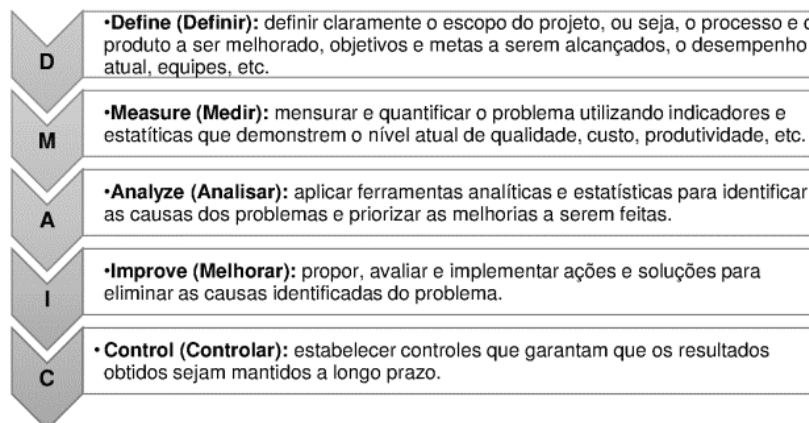


Figura 1. Etapas da metodologia DMAIC
Fonte: Werkema (2013)

3. METODOLOGIA

Neste trabalho, é aplicada abordagem de estudo de caso, que, de acordo com Bruyne, Herman e Schoutheete (1991), envolve uma investigação detalhada e intensiva centrada em uma única entidade organizacional. Quanto à metodologia, este estudo é caracterizado pela combinação de abordagens quantitativas e qualitativas. A análise quantitativa emprega dados e

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

estatísticas para descrever e medir o processo, enquanto a análise qualitativa busca uma compreensão aprofundada do processo, visando identificar oportunidades de aprimoramento.

Quanto ao propósito da pesquisa, Gil (2008) destaca três categorias: pesquisas descritivas, exploratórias e explicativas. Assim, este estudo é categorizado como exploratório, pois, conforme Gil (2008) também menciona, visa a proporcionar uma compreensão mais profunda do problema, com o intuito de torná-lo evidente ou desenvolver hipóteses. A pesquisa pode igualmente ser categorizada como descritiva, já que retrata um fenômeno específico, estabelecendo conexões entre diferentes variáveis.

4. ESTUDO DE CASO

Nesta seção serão mostrados detalhes relativos ao ambiente onde o trabalho foi realizado, bem como detalhes do processo estudado.

4.1 Local da pesquisa

O estudo foi desenvolvido em uma oficina industrial, na cidade de Barcarena, Pará. Na oficina são desenvolvidas atividades relativas à manutenção das peças componentes de ativos conhecidos como cadinhos. Os cadinhos são equipamentos que realizam a retirada de alumínio líquido de cubas eletrolíticas na empresa. Para a retirada do alumínio da cuba, cada cadinho possui uma estrutura chamada de sifão. Este sifão por sua vez é montado a partir da junção de 5 peças, sendo 4 externas e 1 interna, que são acopladas umas às outras através de braçadeiras específicas. A Figura 2 mostra a disposição das peças. A peça Nº 5 não pode ser vista pois fica na parte interna do equipamento.



Figura 2. Exemplar de cadinho

Fonte: Autor

Ao voltar da operação de retirada de alumínio líquido das cubas eletrolíticas é comum que as peças Nº2, Nº3 e Nº4 voltem com sujeira em sua parte interna. Para isso toda a estrutura do sifão é desmontada e as peças passam por uma limpeza, onde uma máquina com broca, passa pela região interna do tubo, empurrando a sujeira para fora. Como mostrado na Figura 3, as peças, por vezes, voltam da operação de retirada de alumínio líquido com mais sujeira do que o

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

habitual, possuindo metal agregado em grande quantidade, o que as entope. Esse fato faz com que não seja possível de serem limpas na máquina, devido à grande dureza do metal, o que a máquina de limpeza não consegue retirar.



Figura 3. Peças entupidas com metal

Fonte: Autor

As peças entupidas são, então, segregadas e colocadas em um dispositivo onde é ligado um maçarico, que utiliza combustão de gás GLP em alta temperatura, para que ocorra a refusão do metal que entope as peças e que estas possam ser limpas na máquina de limpeza. Essa atividade é conhecida no local como “refusão de peças”. A Figura 4 mostra as peças entupidas com metal, o dispositivo de refusão e o metal refundido retirado das peças após a refusão.



Figura 4. Peças para refusão, dispositivo de refusão e metal refundido retirado das peças

Fonte: Autor

5. APLICAÇÃO DO DMAIC

Nesta seção serão detalhadas todas as etapas de aplicação do DMAIC usadas para o caso estudado ao longo da pesquisa.

5.1. Etapa de definição

Nesta etapa inicial, foram definidas as oportunidades da atividade que poderiam levar a redução de custos, especialmente custos com energia – gás GLP. Foi então definido como problema a ser estudado a variabilidade da quantidade de peças por refusão pois avaliou-se que haveria um impacto positivo do estudo na redução de custos variáveis com gás GLP. No primeiro momento foi construído o diagrama SIPOC para entender os fornecedores, entradas, processos saídas e clientes da atividade observada. A Figura 5 mostra o SIPOC desenvolvido.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

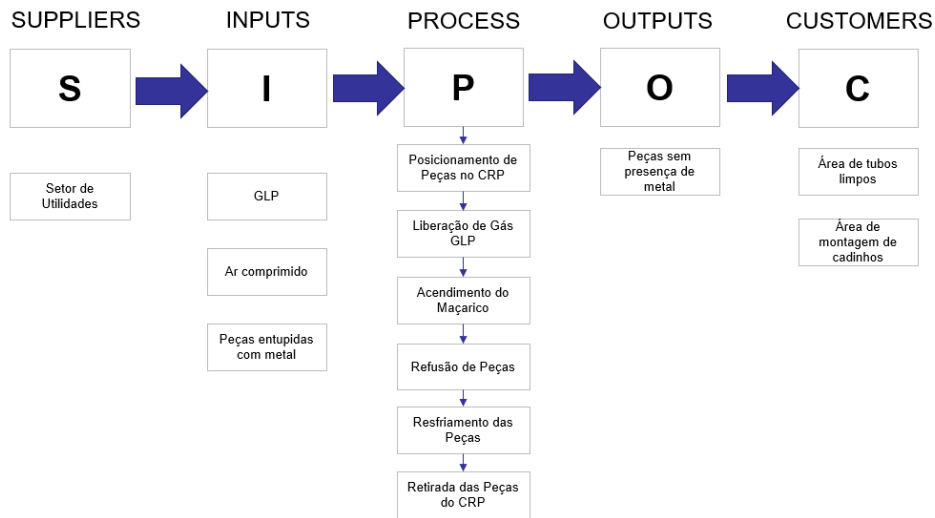


Figura 5. SIPOC elaborado
Fonte: Autor

5.2. Etapa de medição

Na etapa de medição verificou-se o estado atual do processo e as fontes de variabilidade. Para se ter uma visão geral da movimentação das peças ao longo do fluxo de atividades do local, foi desenvolvido um fluxograma das atividades que possuem interface com a refusão de peças, como mostra a Figura 6.

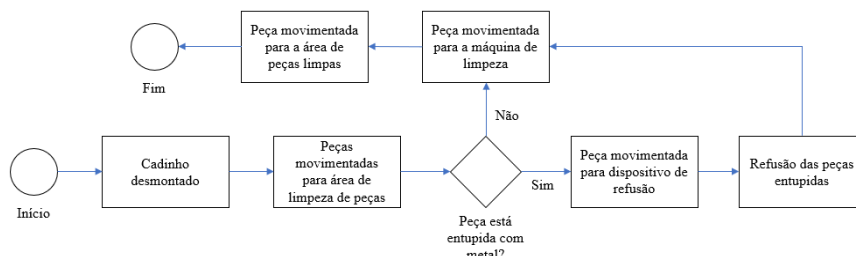


Figura 6. Fluxograma de processos que possuem interface com a refusão de peças
Fonte: Autor

Verificou-se, então, que durante a separação de peças para a refusão, antes da movimentação de peças para o dispositivo de refusão, não havia um padrão de quantidade de peças para refundir. Para corroborar essa hipótese, foi quantificado o número de peças usadas em 12 processos de refusão. Após as medições, constatou-se que, em média, eram utilizadas 11,25 peças por refusão. Além disso, informações do histórico de refusões mostraram que por mês, em média, ocorriam 7 processos de refusões de peças. Os dados são mostrados no Gráfico 1.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

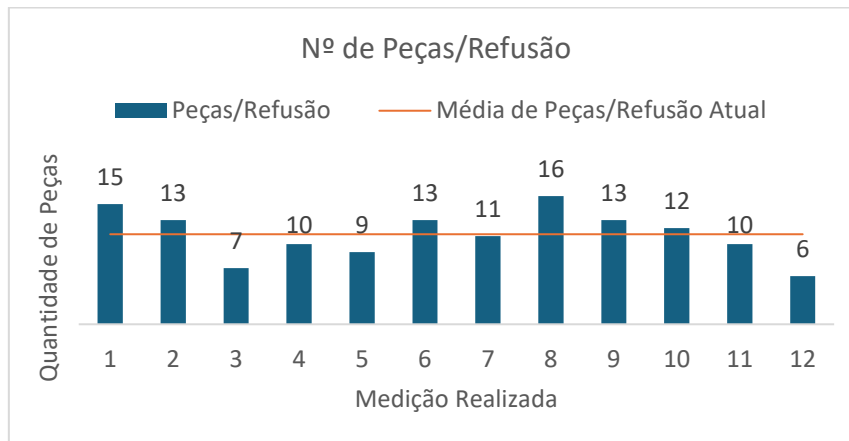


Gráfico 1. Quantidade de peças por refusão, nas 12 medições realizadas
Fonte: Autor

Em relação ao consumo e custos com gás GLP, obteve-se através de um contador de consumo de gás a quantidade consumida por refusão. Além disso, calculou-se o custo médio com GLP por refusão. O custo é dado por quilograma de GLP consumido, cujo valor por quilo era de 6,48 R\$. Para as 12 medições, o consumo médio de GLP por refusão foi de 304,08 quilos, enquanto o custo médio de GLP por refusão foi R\$ 1970,43. O Gráfico 2 mostra os dados de consumo e custo de gás GLP, das 12 medições realizadas.

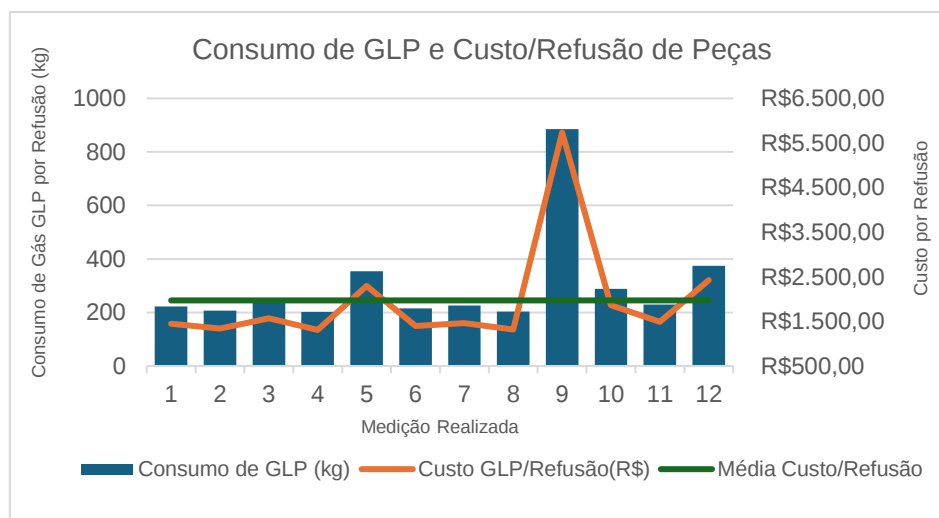


Gráfico 2. Consumo e custo de GLP por refusão de peças
Fonte: Autor

5.3. Etapa de análise

Na etapa de análise, foi realizada a identificação das causas raízes que afetavam o processo de forma significativa, gerando a variabilidade na quantidade de peças por refusão. Foi desenvolvido um diagrama de causa e efeito, elencando causas raízes que poderiam estar afetando negativamente o processo, mostrado pela Figura 7.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

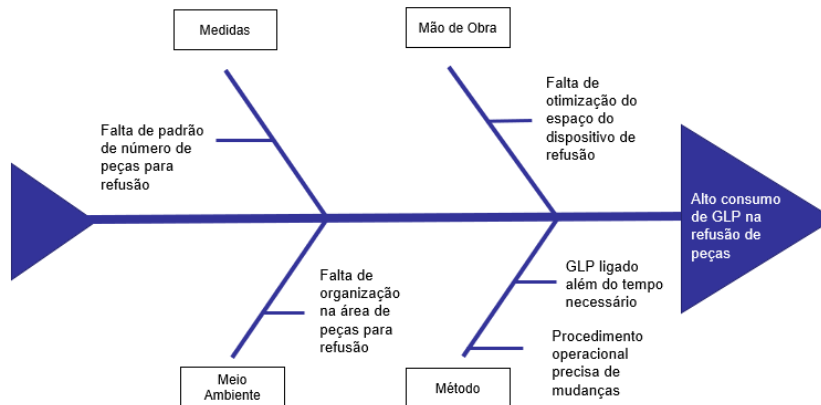


Figura 7. Diagrama de causa e efeito do processo analisado
Fonte: Autor

Além do diagrama de causa e efeito, em conjunto com a operação, foi construído um diagrama de 5 porquês específico para se encontrar a causa raiz do consumo elevado de gás GLP durante a atividade de refusão de peças, onde observou-se que a atualização do procedimento operacional era um dos motivos para a variabilidade, o que também foi levantado no diagrama de causa e efeito. A Figura 8 mostra os desdobramentos do formulário de 5 porquês aplicado.

Formulário de 5 Porquês	
1º Porque: Porquê há consumo excessivo de GLP?	Porque são realizadas muitas refusões de peças
2º Porque: Porquê são realizadas muitas refusões?	Porquê não há um limite mínimo de peças, apenas o máximo de 15 peças
3º Porque: Porquê não há limite mínimo?	Porque no procedimento está definido o limite máximo de 15 peças e não há limite mínimo
4º Porque: Porquê ainda está definido dessa forma?	Porquê o procedimento não está adequado
5º Porque: Porquê o procedimento não está adequado?	Porquê ainda é necessário atualizar o procedimento para a realidade da operação

Figura 8. Formulário de 5 porquês desenvolvido
Fonte: Autor

Após o delineamento das principais causas que contribuem para a variabilidade no número de peças para a refusão, tanto através do diagrama de causa e efeito quanto pelo formulário de 5 porquês, definiu-se que a falta de quantidade mínima de peças para refusão seria o fator decisivo para o alto consumo e, consequentemente, de custos com gás GLP. Estabeleceu-se que, para cada refusão, deveriam ser utilizadas pelo menos 18 peças, com o objetivo de se otimizar o espaço do dispositivo de refusão e reduzir a quantidade de refusões ao longo dos meses. Além disso, a mudança deveria ser padronizada em procedimento operacional.

5.4. Etapa de melhoria

Na Após definição da estratégia da mudança na quantidade mínima de peças a serem refundidas, foram realizados dois testes com 18 peças para refusão, com o objetivo de ser verificar o comportamento do consumo de gás para total refusão do metal acumulado internamente nas peças. Após os testes verificou-se que o consumo médio por refusão foi da

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

ordem de 257,21 quilos por refusão, sem mudanças no processo além da quantidade de peças a mais sendo refundidas ao mesmo tempo. Assim, foi realizada uma projeção de custos dada a nova dinâmica e comparando-se com o cenário anterior, como mostrado na Figura 9.

Cenário Anterior				
Custo GLP (Kg)	Média Atual de Refusões Mês	Média Atual de Peças/Refusão	Consumo Médio de GLP/Refusão (Kg)	Custo Mensal Médio Atual
R\$ 6,48	7	11,25	304,06	RS 13.792,16
Cenário Futuro				
Custo GLP (Kg)	Média Esperada de Refusões Mês	Média Esperada de Peças/Refusão	Consumo Médio de GLP/Refusão (Kg)	Custo Mensal Médio Esperado
R\$ 6,48	4,375	18	257,21	RS 7.291,90

Figura 9. Comparativo entre o cenário anterior e após a mudança no processo

Fonte: Autor

Como observado na Figura 9, houve redução na média do consumo de GLP após a mudança na quantidade de peças por refusão bem como da quantidade média de refusões por mês. Isso gerou um impacto nos custos com GLP para o processo, havendo uma redução de 47,14% no que era gasto por mês apenas com gás para a refusão de peças.

5.5. Etapa de controle

Na etapa de controle o foco foi a padronização da nova dinâmica do processo com a quantidade mínima de 18 peças por refusão. Essa padronização passou pela atualização do procedimento da tarefa, estabelecendo o novo requisito para a realização. Além disso, foi planejado treinamento para os operadores, para que a mudança fosse sistêmica e mantivesse o padrão no longo prazo.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como observado ao longo da aplicação do DMAIC, o ato de mudar a quantidade de peças refundidas impactou diretamente sobre os custos energéticos com gás GLP, devido a diminuição da quantidade de refusões, o que tornou o processo mais eficiente. Além disso, o fato de se conseguir refundir mais peças ao mesmo tempo torna os fluxos de atividades que dependem das peças mais céleres, uma vez que a possibilidade de falta de peças para montagem de cadinhos se torna menor.

Outras oportunidades que podem ser estudadas em trabalhos futuros dizem respeito ao uso otimizado do gás GLP, de forma que haja um tempo padrão definido para cada refusão, o que ainda é um desafio dado que existe uma variação na quantidade de metal nas peças em cada refusão

7. CONCLUSÃO

Em um cenário corporativo cada vez mais competitivo é fundamental que as empresas tenham como foco a otimização dos seus processos e recursos, eliminando desperdícios e gargalos. Para atingir esses objetivos é importante o uso de ferramentas que permitam uma análise detalhada dos processos e que revelem oportunidades de otimização que possam ser exploradas e extrapoladas para outras áreas da operação, sobretudo industrial.

Neste trabalho, a implementação da metodologia DMAIC na otimização do consumo energético de gás GLP, através da padronização do número de peças para refusão, mostrou-se altamente eficaz. Ao longo do estudo, foram identificados pontos de melhoria significativos que resultaram em uma redução significativa no consumo energético e no custo com gás GLP, da

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

ordem de 47,14 % em relação aos custos iniciais, o que contribui para uma operação mais sustentável e economicamente viável.

Os resultados obtidos evidenciam o potencial da abordagem DMAIC como uma ferramenta valiosa para a gestão eficiente de recursos – matéria prima e custos - em ambientes industriais, proporcionando não apenas benefícios ambientais, mas também impactos positivos no desempenho operacional e financeiro.

REFERÊNCIAS

Brady, J. E., Allen, T. T. (2006). Six Sigma Literature: A Review and Agenda for Future Research. Quality and Reliability Engineering International.

Bruyne, P., Herman, J., Schoutheete, M. (1991). Dinâmica da pesquisa em ciências sociais. Rio de Janeiro: Francisco Alves Editora.

Campos, V. F. (2004). TQC – Controle de Qualidade Total (no estilo japonês). Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda.

Carvalho, M. M., Paladini, E. P. (2005). Gestão da qualidade: Teoria e casos. Rio de Janeiro: Elsevier.

Farago, R. (2015). Proposta de melhoria para o processo DMAIC com integração do AHP: uma aplicação na operação de distribuição física de bebidas. Tese (Doutorado em Administração de Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

Gil, A. C. (2008). Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 5ª Ed.

Guerra, M. (2008). Processos seis sigma: uma visão geral.

Hakimi, S., Zahraee, S.M., Rohani, J. M. (2018). Application of six sigma DMAIC methodology in plain yogurt production process. Int. J. Lean Six. Sigma 9.

Holanda, L. M. C., Souza, I. D., Francisco, A. C. (2013). Proposta de aplicação do método DMAIC para melhoria da qualidade dos produtos numa indústria de calçados em Alagoa Nova-PB. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru.

Jones, E. C., Parast, M. M., Adams, S. G. (2010). A framework for effective Six Sigma implementation. Total Quality Management.

Kartika, H., Norita, D., Triana, N.E. (2020). Six sigma benefit for indonesian pharmaceutical industries performance: a quantitative methods approach. Journal 11.

Kumar, S., Sosnoski, M. (2009). Using DMAIC Six Sigma to systematically improve shopfloor production quality and costs. International Journal of Productivity and Performance Management.

Liker, J. K., Meier, D. (2006). The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps. New York: McGraw-Hill.

Ohno, T. (1997). O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre: Bookman.

Panayiotou, N.A., Stergiou, K.E., Panagiotou, N. (2022). Using lean six sigma in small and medium-sized enterprises for low-cost/high-effect improvement initiatives: a case study. Int. J. Qual. Reliab. Manag.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

Pinto, S. H. B., Carvalho, M. M., Ho, L. L. (2006). Implementação de programas de qualidade: um survey em empresas de grande porte no Brasil. Gestão & Produção.

Shinohara, I. (1988). New Production System: JIT Crossing Industry Boundaries. Productivity Press.

Trishul, K., Bhagwan, T., Sagar, S., Sandeep, P., Arun, T. A. (2023). Construction and Praxis of Six Sigma DMAIC for Bearing Manufacturing Process. Materials Today.

Werkema, M. C. C. (2013). Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas. Rio de Janeiro: Elsevier.