

DMAIC METHODOLOGY APPLIED TO THE GYPSUM MANUFACTURING PROCESS

METODOLOGIA DMAIC APLICADA AO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE GESSO

RAQUEL DAMASCENO COELHO

<https://orcid.org/0009-0005-2756-824X> / rcoelhodamasceno@gmail.com
Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Petrolina – Pernambuco

ANA CRISTINA GONÇALVES CASTRO SILVA

<https://orcid.org/0000-0001-8682-7794> / castroanasilva@gmail.com
Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Petrolina – Pernambuco

PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

<https://orcid.org/0000-0001-9802-506X> / pedrovieirass@hotmail.com
Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Petrolina - Pernambuco

Recebido em: 02/07/2024

Aprovado em: 17/10/2024

Publicado em: 09/12/2024



RESUMO

A ferramenta DMAIC é uma novidade nas empresas do polo produtivo. Por isso, o objetivo do trabalho foi identificar quais benefícios podem ser obtidos a partir da aplicação da metodologia DMAIC na operação de uma fábrica de gesso. Utilizou-se como base o uso desse método atrelado à aplicação das principais ferramentas da qualidade, além da coleta e análise de dados históricos da empresa. A atuação sobre os pontos críticos reconhecidos no processo mostrou ser uma medida adequada para a elevação da classificação do gesso comercializado, contribuindo com a lucratividade da companhia. De acordo com análises feitas, a fabricação focada nos gessos de maior qualidade tornaria possível um aumento de até R\$ 39.654,50 na receita da empresa no período de apenas cinco meses, sendo este um resultado favorável à empresa. Foram desenvolvidos planos de ação com o intuito de mitigar as causas raízes identificadas, reduzindo assim os problemas de qualidade relacionados ao produto fabricado e elevando sua classificação.

Palavras-chave: Gesso; DMAIC; Qualidade.

ABSTRACT

The DMAIC tool is a novelty in companies in the production hub. Therefore, the objective of the work was to identify what benefits can be obtained from the application of the DMAIC methodology in the operation of a plaster factory. The use of this method linked to the application of the main quality tools was used as a basis, in addition to the collection and analysis of the company's historical data. Acting on the critical points recognized in the process proved to be an appropriate measure for increasing the classification of the plaster sold, contributing to the company's profitability. According to analyzes carried out, manufacturing focused on higher quality plasters would make it possible to increase the company's revenue by up to R\$39,654.50 in a

period of just five months, which is a favorable result for the company. Action plans were developed with the aim of mitigating the identified root causes, thus reducing quality problems related to the manufactured product and increasing its classification.

Keywords: Gypsum; DMAIC; Quality.

1 INTRODUÇÃO

Num mercado cada vez mais competitivo e perante os problemas econômicos atuais, é necessário que as empresas apostem na melhoria dos seus processos produtivos (Souza Júnior et al., 2022). Produzir cada vez mais, com menos recursos e de forma mais rápida e eficiente, são os desafios de todas as empresas que pretendem permanecer no mercado (Andrade et al., 2022; Oliveira et al., 2022; Soares et al., 2022).

Nesse sentido, a exploração de minérios como a gipsita para produção de gesso se destaca. A gipsita é um minério industrial utilizado em larga escala mundialmente, sendo ela a principal matéria prima do gesso. Segundo dados do Ministério de Minas e Energia – MME (BRASIL, 2009), o Brasil detém reservas significativas de gipsita, posicionando-se como um dos maiores produtores mundiais e sendo capaz de suprir basicamente todo o seu consumo interno (Santos Filho et al., 2020).

Os depósitos brasileiros mais importantes do minério se encontram na sequência sedimentar cretácea denominada Chapada do Araripe, localizada entre os Estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, onde o alto nível de pureza do minério o faz ganhar destaque em relação aos demais localidades (IPA, 2014; Fernandes et al., 2021). Tal característica tornou o produto fabricado na região popular, fazendo com que a produção de gesso se tornasse a principal atividade local (Santos; Albuquerque, 2021).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia – MME (BRASIL, 2009), “as estatísticas oficiais registram uma produção em torno de dois milhões de toneladas anuais, e as projeções de consumo até o ano 2030 indicam pelo menos a duplicação das quantidades produzidas”. Isto leva as fábricas atuantes a se preocuparem quanto à sua qualidade e produtividade, de forma a satisfazer sua crescente demanda. Visto isso, e considerando a alta concorrência existente entre as indústrias do setor, as empresas vêm buscando novas ferramentas capazes de contribuir positivamente em seus resultados, agregando valor à sua atividade e garantindo sua sobrevivência

no mercado (Purificação et al., 2017; Santos et al., 2019; Santos et al., 2020; Machado; Santos, 2020).

Dentre os métodos atualmente adotados pelas organizações, destaca-se a filosofia Lean Seis Sigma, que apresenta um conjunto de ações inovadoras e eficazes, adequado para solução de problemas relacionados à melhoria de processos e produtos. Segundo Snee (2010) e Werkema (2012), o Lean e o Seis Sigma podem ser visualizados como filosofias úteis para o funcionamento dos sistemas de melhoria, inovação e gerenciamento da rotina que integram o sistema de gestão do negócio.

A vantagem de seu uso integrado reside na abordagem científica e quantitativa de qualidade fornecida pelo Seis Sigma junto às técnicas de produção enxuta ligadas ao Lean Manufacturing. Enquanto o primeiro focaliza seus esforços na redução da variação a partir da proposta padrão (o que pode levar a não focar nas exigências do cliente), o segundo propõe a adoção de uma visão de fluxo mais ampla (Bendell, 2006). Desta forma, a aplicação desta metodologia no âmbito empresarial visa o aumento da qualidade de seus produtos e processos de forma a trazer melhorias aos índices de produtividade das organizações, ao passo em que busca a plena satisfação de seus clientes (Fernandes et al., 2021).

Sua aplicação requer o uso de métodos bem estruturados, como é o caso do DMAIC, ferramenta utilizada com o intuito de sequenciar o projeto de forma ordenada propondo a adequada utilização de ferramentas de apoio. Sua nomenclatura se trata de um acrônimo utilizado para referenciar suas cinco etapas: Define (definir), Measure (medir), Analyze (analisar), Improve (melhorar) e Control (controlar) (Duarte, 2011).

Assim, tendo em vista as melhorias que a aplicação do DMAIC é capaz de gerar, e considerando-se as vantagens que este método pode incorporar às atividades da indústria de gesso, a questão a ser investigada é a seguinte: quais benefícios poderão ser obtidos a partir da aplicação da metodologia DMAIC na operação de uma fábrica de gesso em Araripina – PE? Logo, o objetivo da pesquisa foi identificar quais benefícios poderão ser obtidos a partir da aplicação da metodologia DMAIC na operação de uma fábrica de gesso em Araripina – PE, baseando sua aplicação nas fases Definir, Medir, Analisar e Melhorar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Filosofia Lean

O conceito Lean foi inicialmente introduzido por Womack et al. (1990), referenciando-o às filosofias e práticas de trabalho empregadas em indústrias automotivas japonesas, mais especificamente ao Sistema Toyota, devido a mesma empregar técnicas mais eficientes em relação às demais organizações. Tal filosofia é focalizada na melhoria contínua dos processos, bem como nos métodos e meios necessários para que essas melhorias sejam alcançadas. Segundo Werkema (2012), é uma iniciativa que busca eliminar desperdícios, isto é, excluir o que não tem valor para o consumidor e imprimir velocidade à empresa.

Com isto, pode-se dizer que o objetivo central desta filosofia é a busca pela redução do tempo entre o pedido do cliente e a entrega do produto por meio da máxima redução dos desperdícios identificados, unindo as etapas que realmente agregam valor às atividades desenvolvidas. Neste contexto, o valor do produto é aquilo que atende plenamente às necessidades, expectativas e desejos do cliente, que por sua vez somente está disposto a pagar por aquilo que considera e entende por valor (RODRIGUES, 2016).

Para que estes objetivos sejam alcançados, o Lean Manufacturing segue cinco princípios-chave, descritos da seguinte forma, de acordo com a obra de Cruz (2013):

- Identificar o valor: Definir, na perspectiva do cliente, o que é valor. Esta definição é feita de acordo com as necessidades dos consumidores, que devem ser satisfeitas a partir do que é proposto pelas empresas.
- Identificar a cadeia de valor: Identificar as diferentes atividades necessárias para a fabricação do produto, categorizando-as da seguinte maneira:
 - Atividades que acrescentam valor;
 - Atividades que não acrescentam valor, porém necessárias para a manutenção dos processos e qualidade;
 - Atividades que não apresentam qualquer valor associado, sendo estas, portanto, definidas como desperdícios. Realizada esta categorização das atividades, deve-se eliminar de forma rápida as que forem identificadas como desperdício.
- Estabelecer o fluxo contínuo: Definir o fluxo de produção contínuo, sem paragens e inventários. Esta etapa possibilita a redução dos tempos ligados à concepção dos produtos, aumentando a produtividade da empresa;

- Produção puxada: O produto apenas é produzido quando houver uma demanda, ou seja, o cliente é quem dita o ritmo da produção;
- Obter a perfeição: Todos os esforços da empresa devem estar focados na busca da perfeição, eliminando ao máximo os desperdícios e criando valor às atividades através da melhoria contínua (Kaizen).

O cumprimento destes princípios faz com que o Lean forneça uma diferente realidade às organizações, agregando-as características que lhes diferem em relação às empresas tradicionais presentes no mercado. É notório o quanto o pensamento Lean tem obtido sucesso entre as empresas, visto que esta filosofia está focalizada na melhoria contínua, aumento da produtividade e maior qualidade. Dado o grande número de benefícios, essa metodologia tem se tornado a cada dia mais popular, sendo atualmente aplicada nos mais variados processos produtivos, deixando de ser “exclusiva” da indústria automotiva e aeroespacial (CRUZ, 2013).

2.2 Seis Sigma

De acordo com a obra de Corrêa e Corrêa (2016), o programa Seis Sigma foi introduzido em meados de 1987, quando tornaram-se conhecidos mundialmente os resultados obtidos pelo programa de melhoria de qualidade da Motorola e, posteriormente, com a divulgação dos ganhos conseguidos pela General Electric (GE), AlliedSignal e outras empresas de classe mundial. Em essência, o Seis Sigma é um método de melhoramento contínuo que visa a máxima redução da variabilidade, mostrando-se inovador quanto ao seu foco estratégico e ao seu critério na definição das metas de melhoramento (CORRÊA; CORRÊA, 2016).

Ademais, este método prioriza o aumento da rentabilidade das organizações, já que o mesmo concentra grande esforço na redução dos custos da qualidade e no aperfeiçoamento da eficiência e eficácia de todas as operações que visam atender as necessidades dos clientes (BAÑUELAS; ANTONY, 2004). Para que a estratégia Seis Sigma de fato funcione e demonstre os resultados objetivados, é necessário que a mesma seja compreendida de forma mais ampla, como sugerem os tópicos definidos por Werkema (2012):

- A escala: É utilizada para medir o nível de qualidade ligado a determinado processo, transformando a quantidade de defeitos por milhão em um número de Escala Sigma. Quanto maior o valor alcançado nessa escala, maior o nível de qualidade.

- A meta: O principal objetivo do Seis Sigma é chegar o mais próximo possível do zero defeito, mais especificamente 3,4 defeitos para cada milhão de operações realizadas.
- O benchmark: Empregado com o intuito de comparar o nível de qualidade dos produtos, operações ou processos.
- A estatística: Trata-se de uma estatística calculada para o mapeamento do desempenho das características críticas para a qualidade em relação às especificações.
- A filosofia: Defende a melhoria contínua dos processos e a redução da variabilidade na busca pelo zero defeito.
- A estratégia: Baseia-se no relacionamento existente entre projeto, fabricação, qualidade final e entrega do produto, além de considerar a satisfação do cliente.
- A visão: O método tem como alvo tornar sua empresa a melhor de seu ramo.

O fato de o Seis Sigma beneficiar as empresas através do notório aumento da qualidade e da expressiva redução de falhas e defeitos faz com que as organizações tenham como consequência positiva o ganho financeiro, visto que as mesmas reduzirão de forma significativa custos relacionados, por exemplo, ao retrabalho. Outro aspecto de grande relevância na implementação do Seis Sigma diz respeito aos métodos ou processos de melhoria que devem ser utilizados no desenvolvimento do programa, de forma a dar suporte à sua aplicação (ANDRIETTA; MIGUEL, 2007). Dentre os modelos utilizados, destaca-se o procedimento denominado DMAIC, uma metodologia de solução de problemas largamente utilizada pelas companhias que empregam o programa Seis Sigma com o objetivo de realizar melhorias em produtos, serviços e processos de forma a projetá-los e/ou reprojeta-los (AGUIAR, 2006).

2.3 Lean Seis Sigma

Fatores como a exigência imposta pelos consumidores e o crescimento da concorrência entre as empresas têm mostrado que produzir qualidade não deve ser visto como esforço, mas sim como uma necessidade para quem deseja permanecer ativo no mercado (PALADINI, 2007). O avanço do comércio tem gerado concorrências cada vez mais acirradas entre os setores atuantes, levando empresas a buscarem métodos e estratégias de melhoria que as destacassem em meio às demais. Dentre as metodologias mais eficientes, destaca-se o Lean Seis Sigma, iniciativa de gestão

da qualidade de âmbito organizacional focalizado em atingir resultados concretos e tangíveis, melhorar a qualidade dos processos, torná-los mais eficientes e criar valor acrescentado (DIAS, 2011).

Trata-se, portanto, de uma metodologia inovadora, utilizada por empresas que buscam técnicas capazes de as manterem competitivas dentro do mercado atual. A metodologia Lean Seis Sigma surgiu a partir da união de duas poderosas ferramentas: o Lean Manufacturing e o Seis Sigma. Seu principal intuito é a melhoria do desempenho das organizações a partir da busca de soluções de problemas ligados à melhoria de processos e produtos, fornecendo técnicas e ferramentas que auxiliam nesse processo (WERKEMA, 2012).

Snee (2010) enumerou oito características-chave que contribuem para o desempenho ao se aplicar sinergicamente Lean Manufacturing e Seis Sigma:

- Criação de resultados financeiros;
- Ativação do envolvimento da alta liderança;
- Uso de abordagem disciplinada (DMAIC);
- Conclusão rápida de projetos;
- Definição clara de sucesso;
- Criação de uma melhor estrutura nas organizações (Master Black Belt, Black Belt e Green Belt);
- (7) Foco nos consumidores e nos processos;
- (8) Sólida abordagem estatística.

Apesar dos notórios benefícios obtidos a partir da aplicação do Lean Seis Sigma, há um limite de integração entre os métodos que o formam; isto se deve ao fato de a estratégia utilizada para a melhoria depender do problema a ser resolvido, e, portanto, deve haver alinhamento entre as duas abordagens para que haja a obtenção de resultados eficazes (BAÑUELAS; ANTONY, 2004).

2.4 DMAIC

Visando a eficiência de sua aplicação, o programa Lean Seis Sigma utiliza ferramentas estatísticas clássicas integradas a um rigoroso modelo de melhoria e solução de problemas, denominado DMAIC. Sua nomenclatura se trata de um acrônimo utilizado para referenciar suas

cinco etapas: Define (definir), Measure (medir), Analyze (analisar), Improve (melhorar) e Control (controlar) (DUARTE, 2011).

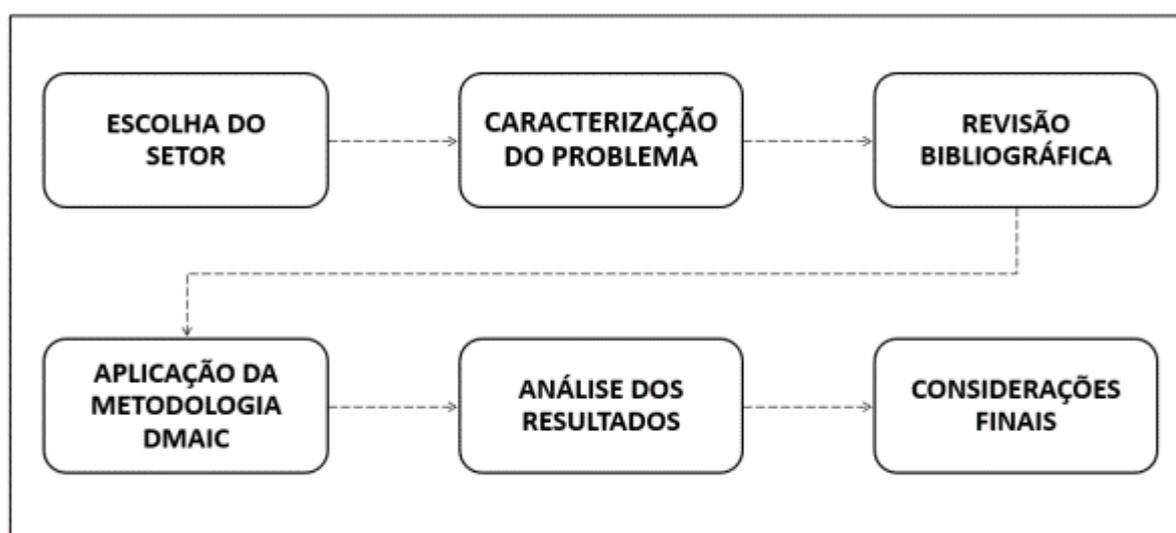
De acordo com SANTOS (2013), o DMAIC é um procedimento de melhoria que tem se popularizado devido ao fato de envolver etapas bem estruturadas, que visam a busca de resultados rápidos e eficientes para as organizações que o empregam; é importante salientar que o mesmo foi concebido e aperfeiçoado para aplicações em processos já existentes em ambientes de manufatura, produtos e serviços (PACHECO, 2013).

Desta forma, o programa visa o aperfeiçoamento de processos através da correta seleção dos processos que mostram possibilidade de melhoria, além de focar no treinamento de pessoal para obtenção de resultados. Para que a aplicação do DMAIC seja possível e o mesmo retorne os resultados almejados pelas organizações, é necessário que ferramentas sejam utilizadas de forma integrada às suas fases, o que caracteriza este método como sendo sistemático, disciplinado, baseado em dados e no uso de ferramentas para o alcance de seus objetivos (WERKEMA, 2012).

3 METODOLOGIA

Para realização da pesquisa, definiu-se uma sequência ordenada de atividades de forma a facilitar a organização das etapas do estudo, como visto na Figura 1:

Figura 1 – Fluxograma da pesquisa



Fonte: Dos autores (2024)

O estudo focaliza a aplicação do método DMAIC na condução de um projeto de melhorias, utilizando como base a análise de problemas do processo produtivo e, por conseguinte, a elaboração de planos de ação. Na fase de aplicação do DMAIC há uma série de etapas bem estruturadas, que atreladas ao uso de ferramentas específicas visam o sucesso de sua aplicação (Santos, 2013; Duarte, 2011). Desta forma, foram realizadas as atividades e procedimentos detalhados no Quadro 1, levando em consideração a sequência de atividades proposta por Werkema (2012).

Quadro 1. Procedimentos relativos às fases do DMAIC

ETAPA	ATIVIDADES	PROCEDIMENTOS
D (Definir)	<ul style="list-style-type: none"> - Formar equipe para aplicação do método; - Descrever problema; - Determinar meta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Observações <i>in loco</i>; - Entrevistas; - <i>Brainstorming</i>; - Matriz de Priorização; - <i>Project Charter</i>; - Voz do Cliente; - SIPOC.
M (Medir)	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar o foco do problema; - Definir plano para coleta e avaliação de dados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coleta de dados a partir do software de gestão da empresa; - Diagrama de Pareto; - Gráficos comparativos
A (Analisar)	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliar fatores influenciadores; - Identificar causas raízes. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Brainstorming</i>; - Diagrama de <i>Ishikawa</i>; - FMEA; - Matriz de Priorização; - <i>Root Cause Analysis (RCA)</i>
I (Melhorar)	<ul style="list-style-type: none"> - Originar ideias de possíveis soluções para eliminação das causas identificadas; - Decidir soluções que se mostrarem mais adequadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Brainstorming</i> - 5W1H - Matriz de Esforço x Impacto

Fonte: Dos autores (2024)

A primeira etapa, “Definir”, foi iniciada através da formação da equipe de trabalho responsável pela aplicação do método, sendo formada por pessoas atuantes na empresa e que estejam a par das operações que foram analisadas. Feito isso, foram definidos o problema a ser solucionado e as metas que deveriam ser cumpridas, delimitando também os processos chaves a serem observados. Durante esta etapa foram feitas observações *in loco*, entrevistas e aplicação das ferramentas *Brainstorming*, Matriz de Priorização, *Project Charter*, Voz do Cliente e SIPOC, permitindo maior compreensão acerca do processo produtivo.

Posteriormente, foram efetuadas as coletas e análise dos dados relacionados ao problema definido, determinando seu foco de forma objetiva; estas atividades caracterizaram a etapa de Mensuração do DMAIC. Tais dados foram obtidos a partir do software de gestão da empresa e avaliados através do Diagrama de Pareto e gráficos comparativos, de forma a priorizar os pontos de maior relevância e analisar seu comportamento. Concluída esta etapa, iniciou-se a fase de Análise do método. Seu principal objetivo foi a avaliação dos fatores que influenciam na ocorrência do problema analisado, além de buscar descobrir sua causa raiz. Como apoio à realização desta atividade, foram realizados brainstormings, além do emprego das ferramentas FMEA, Diagrama de Ishikawa, Matriz de Priorização e *Root Cause Analysis* (Análise da Causa Raíz); assim, a visualização das possíveis respostas foi facilitada, tornando a análise clara e eficiente.

Reconhecidas as causas do problema, deu-se início à etapa de Melhoria, onde foram propostas ideias de solução (brainstorming) para a situação enfrentada. As sugestões foram então avaliadas pela equipe de trabalho, sendo levados em consideração fatores como custo, efetividade e alinhamento da solução com a estratégia da empresa e da pesquisa. A partir da tomada de decisão, desenvolveu-se um plano de ação, onde as atividades foram detalhadas a partir da utilização da ferramenta 5W1H; o fato de os planos de ação não terem sido implementados durante o estudo impossibilitaram a quantificação do valor das ações de melhoria, havendo sido removida, assim, a etapa *How Much* (“Quanto”).

Posteriormente, elaborou-se uma Matriz de Esforço e Impacto com as ações apontadas como solução, organizando-as de forma a facilitar o reconhecimento e priorização daquelas que retornam resultados de maior impacto e de maneira mais fácil. Vale salientar que foi feito uso do *software* Excel® para exame e tratamento de dados, proporcionando maior precisão e rapidez na elaboração das análises. Ademais, os passos seguidos na realização de cada etapa inerente ao método DMAIC estão detalhados no Anexo A, que exibe fluxogramas com as usuais medidas adotadas nas fases desenvolvidas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A etapa “Definir” deu início à implementação da metodologia, sendo seu passo inicial a definição da equipe, objetivos e metas. Tais informações foram utilizadas como postos-chave para elaboração do *Project Charter*, ferramenta que proporciona melhor visualização do projeto. Além

disso, elaborou-se o mapa do estado atual do processo através do Diagrama SIPOC, apresentando a inter-relação entre as atividades envolvidas na empresa e permitindo definir as Características Críticas para Qualidade (CTQ, do inglês *Critical To Quality*) através da Voz do Cliente.

- **Formação da Equipe e escolha do setor**

O primeiro passo da etapa “Definir” foi a formação da equipe de trabalho atuante no projeto, englobando funcionários da empresa que atuam diretamente na produção do gesso, bem como aqueles que auxiliam nas tomadas de decisão, coleta de dados e informações relativas ao processo produtivo e funcionamento da empresa de maneira geral.

Ao todo, a equipe contou com 6 colaboradores, tendo cada um a responsabilidade de auxiliar na implementação das fases do DMAIC definidas para o projeto. Os membros participantes possuem cargos que vão desde auxiliares até a diretoria, permitindo que avaliações e sugestões fossem feitas a partir dos mais diferentes ângulos. Levando em consideração todas as informações levantadas acerca da empresa em estudo, bem como as respostas e opiniões expressas através da realização de entrevistas e brainstormings com os envolvidos, o projeto teve foco no setor de produção da empresa, com o objetivo de aumentar a qualidade de seus produtos e reduzir a recorrência de falhas e desperdícios.

Para isso, foi desenvolvida uma Matriz de Priorização (Tabela 1) como apoio à tomada de decisão, envolvendo todos os setores atuantes na empresa. Foram levados em consideração a importância de cada departamento, e o quanto suas mudanças impactariam nos resultados da empresa. Como resultado, notou-se que o setor de produção se destaca em meio aos outros, mostrando-se o mais viável para a realização do estudo. Na sequência, encontram-se os setores Administrativo, Manutenção e Financeiro, respectivamente.

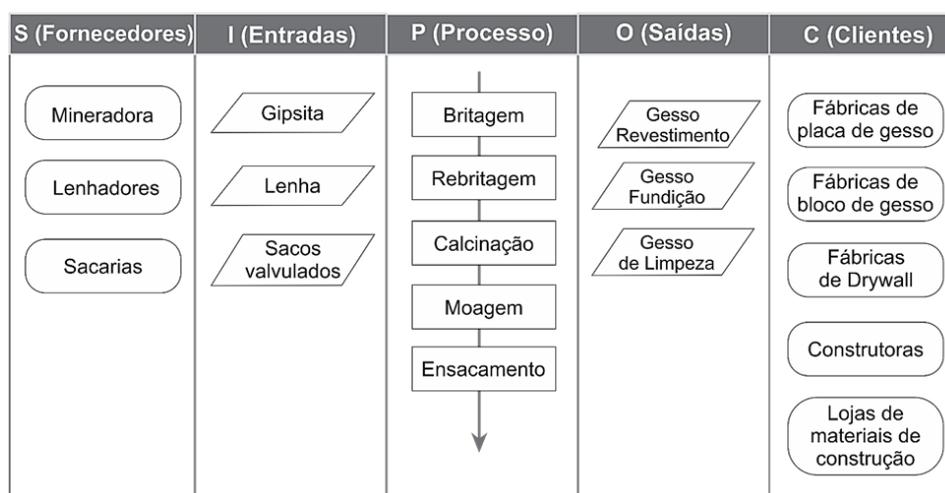
Tabela 1. Matriz de priorização

CRITÉRIOS E PESOS						
	Impacto da Atividade	Oportunidades de Melhoria	Necessidade de Mudança	Frequência de falhas	Engajamento dos Funcionários	
SETORES	5	4	5	4	4	TOTAL
Produção	5	5	4	4	5	<u>101</u>
Financeiro	4	3	3	2	5	75
Administrativo	5	4	5	3	5	98
Manutenção	4	4	4	4	5	92

Fonte: Dos autores (2024)

De forma a descrever o processo produtivo envolvido no projeto, bem como facilitar a visualização de suas etapas, foi desenvolvido um Diagrama SIPOC com as operações envolvidas. A Figura 2 detalha cada fase presente na fabricação do gesso da empresa, exibindo a ordem da realização dos procedimentos de forma macro.

Figura 2 – Diagrama SIPOC



Fonte: Dos autores (2024)

Através do diagrama, nota-se que o funcionamento da fábrica depende de poucas entradas (*inputs*), o que torna a produção relativamente simples. Apesar disso, há uma série de etapas no processo que devem ser realizadas para que o produto seja obtido, sendo elas interdependentes. Este fato reforça a necessidade do acompanhamento do processo produtivo como um todo, sendo

de irrefutável importância a garantia da qualidade em cada um dos procedimentos. Já em relação às saídas (*outputs*), há como resultado os três produtos comercializados pela empresa: gesso revestimento, gesso fundição e gesso de limpeza; todos eles passam pelas mesmas etapas de fabricação, sendo classificados de acordo com sua qualidade ao fim do processo.

Dessa forma, o custo de fabricação de cada variedade é igual, sendo os preços de comercialização diferenciados de acordo com as condições que o material apresenta após ser fabricado. Sabendo-se que a qualidade do produto interfere diretamente na margem de lucro obtida pela empresa, é de grande importância que haja a garantia da qualidade do início ao fim da produção, de forma que o percentual da melhor classificação de gesso se sobressaia. Para isso, é relevante que melhorias dentro do processo produtivo sejam implementadas, colaborando com resultados cada vez melhores para a companhia.

Ao final do ciclo produtivo, o gesso é encaminhado aos clientes da fábrica, sendo eles distribuídos entre lojas de materiais de construção, construtoras e fábricas de placas de gesso, blocos e *Drywall*.

- **Project Charter**

Esta ferramenta foi aplicada com a finalidade de documentar e formalizar a realização do estudo dentro da empresa, apresentando com clareza pontos como a meta esperada e as restrições do projeto. Ela é ilustrada no Quadro 2.

Quadro 2. Sumário Executivo

SUMÁRIO EXECUTIVO CONTRATO DO PROJETO		
Título: Melhoria no processo produtivo do gesso		Líder: Raquel Damasceno
Cliente: Diretores da Empresa	Área: Setor de Produção	Patrocinador: Diretor Geral
Objetivo do projeto		
Desenvolver a metodologia DMAIC dentro do setor produtivo da empresa, visando a melhoria dos processos e, conseqüentemente, o aumento da qualidade dos produtos.		
Histórico do problema		
A partir do levantamento de dados históricos da empresa, obtidos a partir de seu <i>software</i> de gestão, verificou-se que foram comercializados 253,9 toneladas de gesso de limpeza no intervalo de cinco meses, impactando diretamente na lucratividade da organização.		

Definição da Meta		KPIs do Projeto
Reduzir para 1% o percentual de venda do gessos de limpeza, priorizando a venda de gesso revestimento e fundição. No período anterior ao estudo, considerando um intervalo de cinco meses, este índice era de 2,07%.		<ul style="list-style-type: none"> Volume gerado do gesso de limpeza
Limites do Projeto (Inclui/Exclui)		
Inclui: Trabalhar com os problemas de qualidade e desperdícios gerados a partir da etapa de calcinação	Exclui: Solucionar causas externas ao setor produtivo; Analisar geração de desperdício nas etapas anteriores à calcinação (britagem e rebitagem).	
Restrições do Projeto		
<ul style="list-style-type: none"> - Curto tempo para realização do projeto; - Dificuldade no acompanhamento dos processos da empresa, devido à distância; - Demanda dos membros da equipe para realização de outras atividades. 		
Requisitos do Cliente		
Aumentar a qualidade do gesso fabricado e reduzir a geração do gesso de limpeza e fundição.		
Contribuições para o negócio		
Redução dos desperdícios, satisfação dos clientes e aumento da lucratividade da empresa.		

Fonte: Dos autores (2024)

O desenvolvimento do *Project Charter* contou com informações advindas da própria equipe da empresa, tendo sido realizado um brainstorming para recolhimento de ideias e opiniões acerca do projeto. Além disso, vale ressaltar que foram investigados dados fornecidos pelo gerente de produção e pela auxiliar de laboratório, contribuindo nas tomadas de decisões. O levantamento dos dados históricos de venda e produção da empresa serviu como base para determinação dos pontos apresentados no *Project Charter*. Além disso, foi imprescindível a compreensão da atividade exercida pela companhia, de forma a focalizar nas etapas que mais influenciam na obtenção da meta definida pela equipe.

Foi decidido desconsiderar os desperdícios gerados nas etapas anteriores à calcinação (britagem e rebitagem), visto que eles apresentam alto grau de impureza e, devido a isso, tornam-se impróprios para venda e deixam de fazer parte do escopo definido na análise proposta. A justificativa para isso é o fato de que o foco da análise são os problemas de qualidade e a geração

de desperdícios que resultam nos gessos fundição e limpeza comercializados pela empresa, estando os resquícios da britagem fora deste grupo.

- **Necessidades dos Clientes**

Como forma de descrever as necessidades e expectativas dos clientes/consumidores da empresa, foram adotadas medidas provenientes da Voz do Cliente (*Voice of Customer* - VOC), que permite a conversão destes dados em Características Críticas para Qualidade (CTQ). Os clientes foram classificados como sendo os seguintes: Diretores da empresa, lojas de material de construção, construtoras e as fábricas de placa, bloco e *Drywall*; as percepções e necessidades dos mesmos são descritas no decorrer do tópico.

- Diretores da empresa

Para os diretores, as expectativas quanto à operação da fábrica estão ligadas à produção de gesso com qualidade, e que ao mesmo tempo seja econômica e rentável. Para isso, espera-se que os desperdícios sejam evitados ao máximo durante todo o processo, estando os esforços produtivos focados na fabricação do gesso de mais alta classificação e lucratividade. Além disso, a produtividade é um ponto de grande importância para a gestão da empresa, que aprecia a possibilidade de produzir mais em menos tempo.

Por valorizar fortemente a qualidade dos produtos fabricados, é imprescindível que seja feito o acompanhamento das informações ligadas ao setor produtivo (exemplos: volume de produção, condições do chão de fábrica, nível de estoque e porcentagem das classificações), de modo que facilite o controle de cada fase realizada. Este passo também auxilia na programação das vendas da empresa, tornando-as mais organizadas e ágeis. Ademais, é relevante para estes clientes que a segurança dentro do processo seja garantida, mantendo-se a integridade dos funcionários envolvidos nas operações da fábrica.

- Lojas de material de construção:

Este cliente preza pela qualidade do produto oferecido, visto que sua maior preocupação é a busca pela satisfação de seus compradores. Desta forma, é importante para eles que o material cumpra seus requisitos básicos de qualidade, como baixo nível de arenosidade, longo tempo de pega do produto, textura homogênea e coloração clara. Outro fator considerado se trata da aparência das embalagens onde o gesso é ensacado, visto que os compradores dessas lojas também avaliam o produto pelo seu aspecto visual.

Além disso, a pontual disponibilidade do material pela fábrica é de suma importância para este tipo de cliente, visto que seu estoque deve estar sempre apto a cumprir a demanda de seus

compradores. Ou seja, é necessário que o produto esteja disponível com a qualidade requerida, em quantidade suficiente e na hora certa. Por fim, outro critério decisivo para as lojas é o preço do produto, visto que as lojas visam a revenda do material e, portanto, dão preferência àqueles que possuem baixo custo. O não cumprimento destes requisitos é capaz de causar a desvalorização da marca da empresa, além da perda de credibilidade. Isto faz com que a empresa corra o risco de ter perdas financeiras, decorrentes da redução de sua clientela.

- Construtoras:

Similar aos clientes anteriores, as construtoras esperam que o produto cumpra com seus requisitos de qualidade, visto que este aspecto impacta diretamente no resultado de seus serviços. Apesar disso, a aparência da embalagem do produto não é critério prioritário para este tipo de cliente, visto que seus contratantes não têm contato com o gesso enquanto matéria-prima e, portanto, não utilizam a aparência de suas embalagens como critério de escolha.

Outro aspecto relevante para este tipo de cliente é o preço de compra do material, já que na maioria das vezes o produto é comprado em larga escala. A disponibilidade do produto, da mesma forma como ocorre no caso anterior, também é um ponto relevante na hora da compra, sendo um dos fatores decisivos nesta transação.

- Fábricas de placas, blocos de gesso e *Drywall*:

Diferente dos outros clientes, o material adquirido pelas fábricas não requer, necessariamente, a mais alta qualidade. Isso ocorre porque a fabricação de seus produtos não precisa de uma matéria prima tão pura quanto a do gesso revestimento, visto que seus fins são outros. Ao invés disso, este tipo de cliente prioriza a economia de custo, adquirindo materiais de baixo valor monetário.

Devido ao fato de as fábricas utilizarem o material diretamente em sua produção, a aparência das embalagens não conta como critério importante, não influenciando em sua avaliação. Ao fim da análise acerca das expectativas apresentadas pelos clientes, notou-se que há requisitos em comum entre suas opiniões, auxiliando na definição dos CTQs da empresa. Assim sendo, as características críticas de qualidade do gesso fabricado são qualidade do produto e custo, aspectos esses que, de acordo com os clientes, se sobressaem como mais importantes.

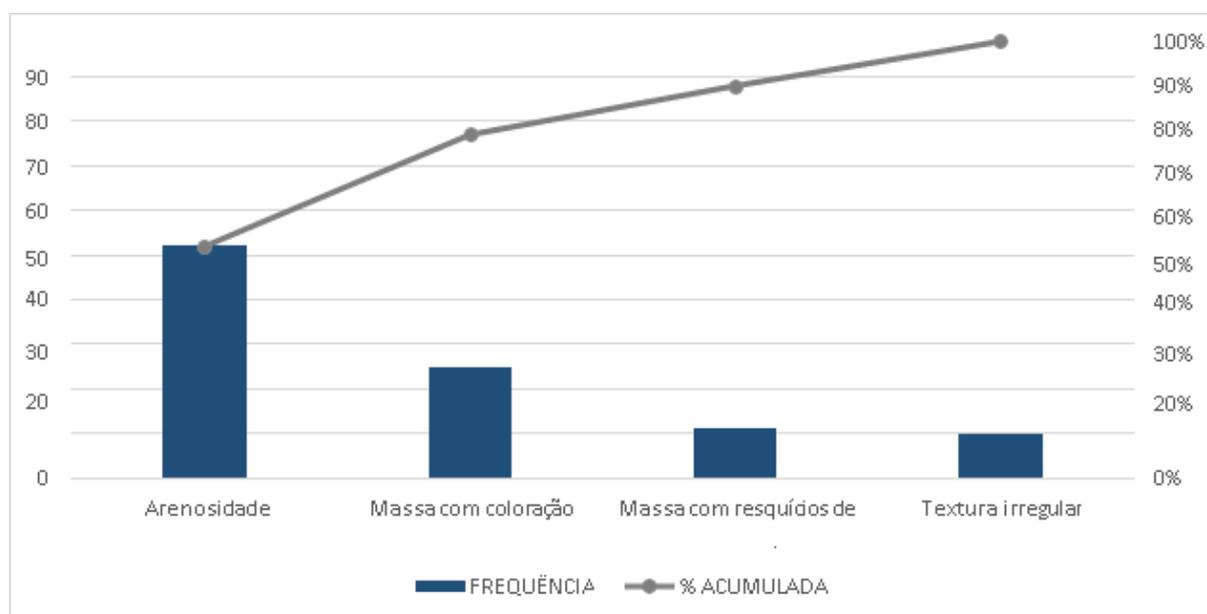
- **Etapa Medir – MEASURE**

A etapa “Medir” foi iniciada a partir da coleta de dados realizada no software de gestão da empresa, onde foi possível obter dados históricos referentes ao volume de produção e vendas, bem como o recolhimento de informações acerca de anormalidades identificadas durante o processo.

Através da coleta, foi possível perceber a amplitude do problema relacionado à venda da classificação mais baixa do gesso e investigar seu foco por meio da identificação das falhas de qualidade mais recorrentes; esta ação auxiliou nas tomadas de decisão dessa fase da pesquisa.

A análise foi feita com base nos dados dos meses entre março e julho, onde foram identificados os seguintes problemas no gesso produzido: Arenosidade, coloração inapropriada, resquícios de outros minérios e textura irregular da massa. Estes problemas são provenientes de situações como más condições do maquinário e realização inadequada dos procedimentos (por exemplo, variação inapropriada de tempo e temperatura na calcinação); essas e outras possíveis causas serão definidas e avaliadas na etapa posterior, Analisar. A sintetização das informações acerca dos problemas de qualidade é vista através do Diagrama de Pareto (Figura 3), utilizado com o intuito de facilitar a compreensão dos dados e identificar os pontos que devem ser priorizados.

Figura 3 - Diagrama de Pareto



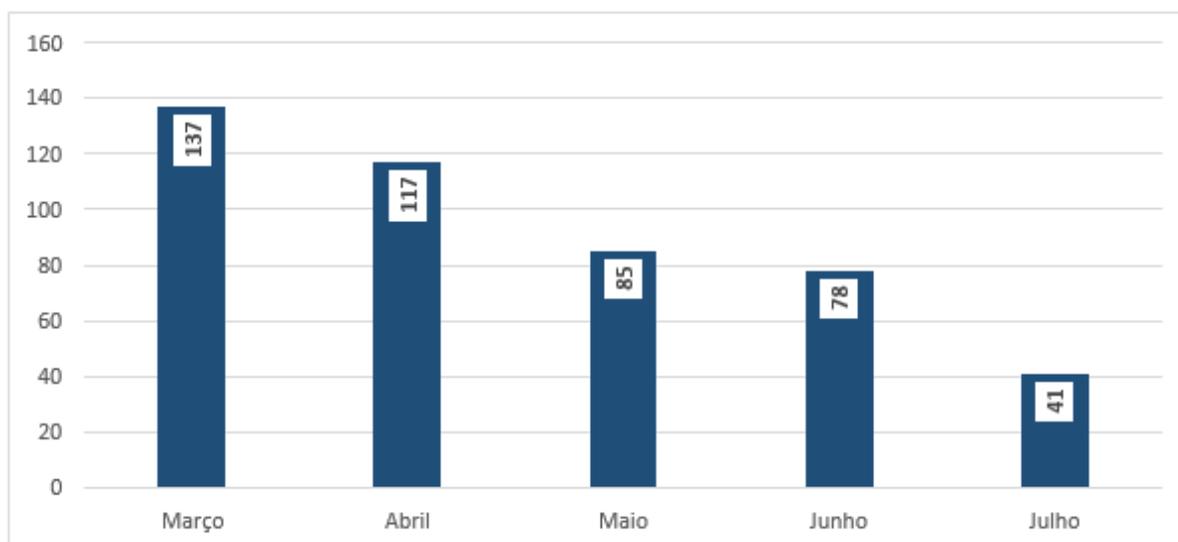
Fonte: Dos autores (2024)

Analisando o diagrama da Figura 2, é notório o quanto o defeito “arenosidade” se sobressai em relação aos outros, tendo apresentado uma frequência correspondente a 53% em relação às 98 vezes em que falhas foram identificadas. Vale ressaltar que dentre as falhas analisadas, esta é uma

das que mais influenciam na classificação final do gesso, tendo em vista que o nível de arenosidade do produto é um dos fatores que mais influenciam no seu acabamento, sendo este um ponto bastante cobrado pelos consumidores.

Além dos defeitos de qualidade identificados, outro problema que provoca o rebaixamento de classe do gesso são os sacos que se rompem com o produto, fazendo com que o mesmo entre em contato com o ambiente e adquira resíduos impróprios. A Figura 4 mostra a quantidade mensal de sacarias rompidas na fábrica, havendo picos deste índice nos primeiros meses do período analisado. Nota-se que com o decorrer do tempo este índice foi sendo reduzido; isto se deve ao fato de a empresa fornecedora ter alterado o material dos sacos após perceber que o antigo, utilizado nos meses de março e abril, não suportava a temperatura proveniente do gesso recém produzido. Tal medida possibilitou uma redução de 70% na ocorrência de rompimentos da sacaria, sendo este um resultado significativo para a empresa.

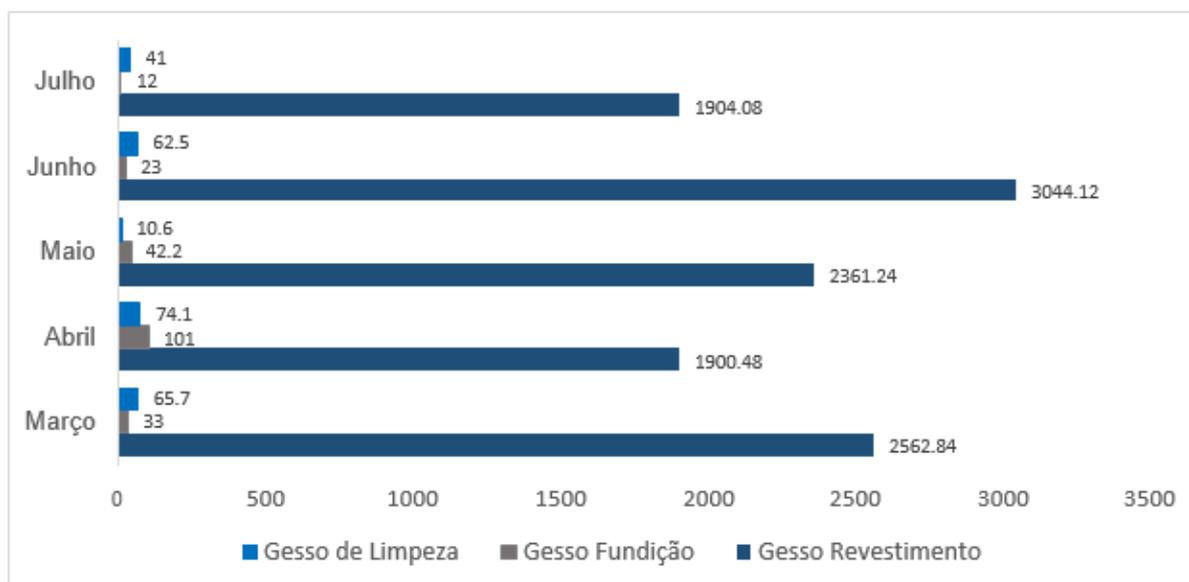
Figura 4 - Índice de avarias



Fonte: Dos autores (2024)

Por fim, após identificação e mensuração dos problemas de qualidade identificados, foi realizado um levantamento acerca do volume de vendas das diferentes classes de gesso produzidas, possibilitando assim um comparativo entre os gessos revestimento, fundição e limpeza vendidos no período. Os resultados podem ser conferidos na Figura 5.

Figura 5 - Problemas de qualidade



Fonte: Dos autores (2024)

Apesar de o percentual dos volumes de venda dos gessos fundição e limpeza se mostrarem pequenos (1,73% e 2,07%, respectivamente) em relação às vendas do produto de classificação mais alta, o impacto financeiro da produção e venda, em especial do gesso de limpeza, é significativo. Isso porque apesar de o custo produtivo ser o mesmo entre os diferentes tipos do produto, devido eles passarem pelas mesmas etapas de produção, o preço de venda do gesso de limpeza, por exemplo, corresponde a apenas 30% do valor do gesso para revestimento. Portanto, a produção dessa classificação mais baixa, considerada desperdício, impede que a empresa chegue à sua máxima lucratividade, impactando de forma negativa em seus resultados.

Considerando o volume vendido nos cinco meses analisados e os preços de venda, conclui-se que a empresa obteve uma receita de R\$ 2.650.862,70 no período. Caso os desperdícios e problemas de qualidade fossem eliminados do processo e o gesso de limpeza fosse vendido como revestimento, este valor subiria para R\$ 2.690.217,20, ou seja, a empresa lucraria R\$ 39.654,50 a mais no período de apenas cinco meses. Portanto, além do aumento da qualidade do produto e, consequentemente, da satisfação dos clientes, a redução dos problemas encontrados trariam benefícios financeiros à organização.

- **Etapa Analisar – ANALYZE**

Nesta etapa do estudo, o principal objetivo buscado foi a análise dos problemas de qualidade identificados e mensurados na etapa “Medir”, possibilitando que, posteriormente, suas causas fossem identificadas. Isso foi feito com a situação de desperdício constatada no processo produtivo, visto que este é um dos principais meios geradores do gesso de limpeza produzido pela empresa.

Desta maneira, a primeira medida tomada foi o cálculo do Número de Prioridade e Risco - NPR desses problemas, de forma a ser definida uma sequência em ordem de prioridade deles. Para isto, aplicou-se a Análise do Modo e Efeito de Falhas – FMEA, que além de priorizar as falhas em análise, teve também como resultado a identificação dos controles atuais realizados pela empresa e as ações recomendadas para cada situação.

Vale ressaltar que para avaliação dos resultados obtidos pelo FMEA, foi utilizada a interpretação do NPR apresentada pelo Quadro 2.

Quadro 2 - FMEA

NPR	RISCO
0 até 100	Menor: Ações serão tomadas apenas a longo prazo, com a ótica de melhoria contínua.
100 até 250	Moderado: Ação deve ser tomada a médio prazo.
250 até 520	Alto: Ação deve ser tomada a curto prazo, sendo necessárias validação seletiva e avaliação detalhada da falha.
520 até 1000	Crítico: Ação deve ser tomada imediatamente, podendo ser cogitada a adoção de mudanças abrangentes.

Fonte: Dos autores (2024)

A Tabela 3 exibe o ranking dos problemas e seus NPRs correspondentes, notando-se que o problema de arenosidade resultou num NPR igual a 648 e sendo este, portanto, o problema mais impactante dentre os avaliados. Esta situação é causada principalmente devido a condições irregulares da peneira utilizada entre a etapa de moagem e o ensacamento, fazendo com que fragmentos irregulares passem pelo processo e façam parte da composição do material, comprometendo diretamente em sua textura.

Tabela 3 - Ranking NPR

POSIÇÃO	PROBLEMA	NPR
1 ^a	Arenosidade	648
2 ^a	Desperdício do produto	576
3 ^a	Coloração inapropriada	288
4 ^a	Textura irregular da massa	216
5 ^a	Resquícios de outros minérios	196

Fonte: Dos autores (2024)

Outra situação que obteve um NPR considerável foi o desperdício do produto gerado pela fábrica, como já havia sido esperado; este é o principal problema que leva à produção do gesso de limpeza gerado pela companhia. Portanto, é um fator importante para a empresa e que deve ser investigado a fundo, tendo em vista que esta é a situação que, financeiramente, causa o maior impacto nos resultados da organização.

De forma a dar apoio à elaboração do FMEA, foram aplicados Diagramas de Ishikawa em cada um dos problemas avaliados, como apresentado no Apêndice B; esta medida tornou possível a identificação de todas as possíveis causas inerentes aos problemas em análise, facilitando o reconhecimento de suas raízes. Em seguida, de forma a facilitar a interpretação dos resultados, foi contabilizada a quantidade das causas possíveis de cada problema, como é visto na Tabela 4.

Tabela 4 - Número de causas

PROBLEMA	NÚMERO DE CAUSAS
Arenosidade	6
Desperdícios do produto	10
Coloração inapropriada	6
Textura irregular da massa	8
Resquícios de outros minérios	6

Fonte: Dos autores (2024)

Além disso, foi elaborada uma Matriz de Priorização (Apêndice C), onde foram levados em consideração os problemas encontrados e todas as causas possíveis identificadas; o peso adotado nessa matriz foi o nível de relação entre os dois conjuntos (problemas e causas), sendo o resultado obtido a partir da soma destes valores. Esta medida foi desenvolvida e mensurada de acordo com o consenso de toda a equipe engajada no estudo, e possibilitou a identificação das causas que

possuem maior relação com os demais problemas, mostrando-se, portanto, maiores geradoras de impacto.

Assim, foi dada maior atenção às causas que apresentaram maior valor em seu resultado, priorizando a busca de suas resoluções. Para isso, os principais problemas foram posicionados no eixo vertical, enquanto as causas foram listadas no eixo horizontal, possibilitando o confronto de todos os itens dos dois grupos. A relação entre eles exibiu valores que variam de 0 a 9, como detalhado na Tabela 5.

Tabela 5 - Correlação

CORRELAÇÃO	Inexistente	Baixa	Média	Alta
ESCALA	0	1 a 3	4 a 6	7 a 9

Fonte: Dos autores (2024)

Como resultado, a Matriz de Priorização retornou o ranking das causas raízes que apresentaram maior impacto em relação aos problemas identificados, norteando a equipe quanto à criação de soluções e auxiliando na sua sequência de priorização. A Tabela 6 exibe as dez causas que apresentaram os maiores índices de gravidade, tendo eles pontuações superiores a 20 pontos.

Tabela 6 - Posição das causas

POSIÇÃO	CAUSA	PONTUAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
1ª	Falta de Procedimentos Operacionais Padrão	31	Causa organizacional
2ª	Sincronismo de atividade (pressa ou demora)	31	Causa humana
3ª	Acompanhamento inadequado do processo	30	Causa humana
4ª	Falta de Treinamento	30	Causa organizacional
5ª	Método falho na limpeza das máquinas	26	Causa organizacional
6ª	Impurezas na matéria-prima	25	Causa física
7ª	Má escolha do fornecedor da gipsita	24	Causa organizacional
8ª	Gipsita fora das condições ideais	23	Causa física
9ª	Manutenção inadequada das máquinas	23	Causa operacional
10ª	Inspeção inadequada da matéria prima	23	Causa humana

Fonte: Dos autores (2024)

Através do resultado obtido pela matriz de priorização, é possível observar que as causas dos problemas da empresa estão distribuídas entre as três classificações de causas raízes,

definidas no *Root Cause Analysis*. Assim sendo, o plano de ação desenvolvido contém soluções que abrangem os três níveis de causas (físicas, humanas e organizacionais), buscando a redução de cada uma delas. Concluída a identificação das causas raízes dos problemas prioritários e suas respectivas avaliações, a etapa de Análise chegou ao fim. Os resultados obtidos a partir das ferramentas aplicadas nesta fase serviram como apoio às tomadas de decisão da etapa posterior (Melhorar), onde foi desenvolvido e apresentado um plano de ação para correção dos pontos levantados.

- **Etapa Melhorar – *IMPROVE***

Esta etapa, cujo objetivo é propor e avaliar soluções para os problemas prioritários identificados, finaliza o ciclo de atividades proposto pelo estudo. Primeiramente, identificaram-se as oportunidades através da análise das informações provenientes da etapa anterior (Analisar). A partir dos resultados obtidos nesta fase, foram feitas as propostas que visam o tratamento das causas identificadas, resultando em ganhos ligados aos critérios estabelecidos pelos clientes da etapa “Definir”. Para tanto, foram realizadas discussões com a equipe de trabalho, onde todos puderam opinar acerca das melhores práticas a serem adotadas para resolução dos problemas enfrentados.

Desta forma, foi desenvolvido um plano de ação que visa atacar as causas raízes dos principais problemas enfrentados pela empresa, propondo métodos para que o aumento de qualidade almejado pela companhia seja alcançado. Para explanação deste plano de ação, foi desenvolvido um 5W1H (Quadro 4), onde foram descritos os detalhes das ações propostas.

Quadro 4 - 5W1H das ações prioritárias

PLANO DE AÇÃO - 5W1H					
O QUE FAZER?	QUEM?	QUANDO?	PORQUE?	COMO?	ONDE?
(Ação a ser tomada)	(Responsável)	(Prazo)	(Justificativa da ação)	(Detalhamento da ação)	(Local)
Avaliação dos fornecedores	Diretores	Imediato	Bons fornecedores oferecem gipsita de melhor qualidade e nas condições ideais para produção do gesso	Reunião dos diretores para listagem e avaliação dos principais fornecedores da região	Escritório
Manutenção preventiva das máquinas	Setor de Manutenção	Imediato	Melhor conservação do maquinário e redução dos desperdícios de tempo e material	Capacitação e treinamento dos responsáveis para elaboração de plano de manutenção	Setor produtivo
Capacitação e treinamento dos funcionários	Todos os funcionários	A cada entrada de novo funcionário ou surgimento de novo procedimento	Qualificação dos funcionários para que desenvolvam as atividades de forma adequada e num tempo hábil	Criação de programa de qualificação interno, com o auxílio de consultores e/ou membros experientes da empresa	Setor produtivo
Alterar método de inspeção da matéria-prima	Setor de Produção	Imediato	Melhor avaliação e seleção da matéria-prima, de forma a resultar num produto de maior qualidade.	<i>Brainstorming</i> e testes, junto aos responsáveis pela atividade, para escolha de método de inspeção mais eficaz	Setor produtivo
Alterar método para limpeza das máquinas	Setor de Produção	Imediato	Reduzir desperdício proveniente do gesso pronto acumulado nas máquinas, e evitar acúmulo de sujeiras que prejudicam no funcionamento das mesmas	Treinamento dos funcionários e utilização de equipamentos que facilitem o acesso ao interior das máquinas	Setor produtivo
Elaboração de Procedimentos Operacionais Padrão	Gerente de Produção	Imediato para processos existentes e quando surgirem novos procedimentos	Documentação organizacional e auxílio no planejamento do trabalho a ser executado, além de nortear os funcionários acerca das atividades	Mapeamento e descrição detalhada das atividades	Setor produtivo

Fonte: Dos autores (2024)

Além das sugestões feitas acerca dos problemas de maior prioridade identificados pelo estudo, algumas características observadas acenderam a necessidade do levantamento de ações complementares para seu funcionamento. Dentre as sugestões feitas estão a aplicação da filosofia 5S na atividade da empresa, bem como a marcação de seu layout e criação de relatórios; estas atividades, apesar de atuarem de forma indireta à produção, agregam valor às demais atividades da empresa, colaborando no aumento da efetividade de suas ações. Além destas, estão inclusas ações que visam o aumento da satisfação dos funcionários e melhoria do clima organizacional, elementos importantes para a harmonia dentro da companhia.

Essas propostas complementares são expostas pelo 5W1H apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 - 5W1H das ações complementares

PLANO DE AÇÃO - 5W1H					
O QUE FAZER?	QUEM?	QUANDO?	PORQUE?	COMO?	ONDE?
(Ação a ser tomada)	(Responsável)	(Prazo)	(Justificativa da ação)	(Detalhamento da ação)	(Local)
Melhorar clima organizacional da empresa	Gerência	Mensalmente ou em datas especiais	Melhorar contato entre funcionários da empresa e tornar o clima mais harmônico, aumentando a satisfação dos mesmos	Criação de local de convivência e realização de eventos para os funcionários (palestras, confraternizações)	Toda a empresa
Programa motivacional aos funcionários	Gerência	Mensalmente	Aumentar motivação e satisfação dos funcionários	Reconhecimento através de bonificações ou premiações	Toda a empresa
Avaliação dos funcionários ingressantes na empresa	Gerência/Administração	Sempre que houver ingresso de novos funcionários	Formar quadro de funcionários preparados para os cargos de acordo com suas habilidades	Através do recebimento de currículos e realização de entrevistas	Escritório
Aplicação da filosofia 5S	Gerência e líderes	Diariamente	Melhorar ambiente de trabalho, tornando-o mais agradável e facilitando o desenvolvimento das atividades	Através de treinamentos acerca da metodologia e, se necessário, consultoria	Toda a empresa
Marcação de layout	Gerente de produção	Imediato	Organização e segurança no ambiente	Marcação utilizando fitas ou tinta, delimitando as áreas de segurança e das atividades	Fábrica
Criação de relatórios	Gerência e líderes	Semanalmente	Melhor acompanhamento das atividades da fábrica e auxílio no planejamento da organização	Recolhendo e sintetizando dados de produção, qualidade e vendas	Escritório

Fonte: Dos autores (2024)

Espera-se que através da implantação das sugestões apresentadas, a empresa possa alcançar o objetivo proposto pelo trabalho, além de cumprir satisfatoriamente os critérios definidos pelos seus clientes. É importante notar que as melhorias vão desde medidas operacionais até ações de cunho intelectual, reforçando o fato de que o processo de melhoria da qualidade deve ser adotado por todos os setores da empresa e níveis, de forma que o produto seja um espelho da qualidade percebida desde o início dos processos.

Após a avaliação das propostas de melhorias sugeridas, foram ponderadas as prioridades que seriam dadas à realização de cada atividade de melhoria recomendada. Para isso, utilizou-se uma matriz de Esforço e Impacto, a fim de ilustrar quais são as soluções mais práticas a serem postas em ação, e que ao mesmo tempo retornem resultados de impacto para a empresa. Essa matriz foi elaborada com o intuito de colaborar no planejamento da companhia, tornando o fluxo de atividades organizado.

A Tabela 7 apresenta as atividades de melhoria, tanto as prioritárias quanto as complementares, e seu correspondente número de identificação.

Tabela 7 - Representação numérica das propostas de melhoria

ATIVIDADE	REPRESENTAÇÃO
Avaliação dos fornecedores	1
Manutenção preventiva das máquinas	2
Treinamento dos funcionários	3
Alterar método de inspeção da matéria-prima	4
Alterar método para limpeza das máquinas	5
Elaboração de Procedimentos Operacionais Padrão	6
Melhorar clima organizacional da empresa	7
Programa motivacional aos funcionários	8
Avaliação dos funcionários ingressantes na empresa	9
Aplicação da filosofia 5S	10
Marcação de <i>layout</i>	11
Criação de relatórios	12

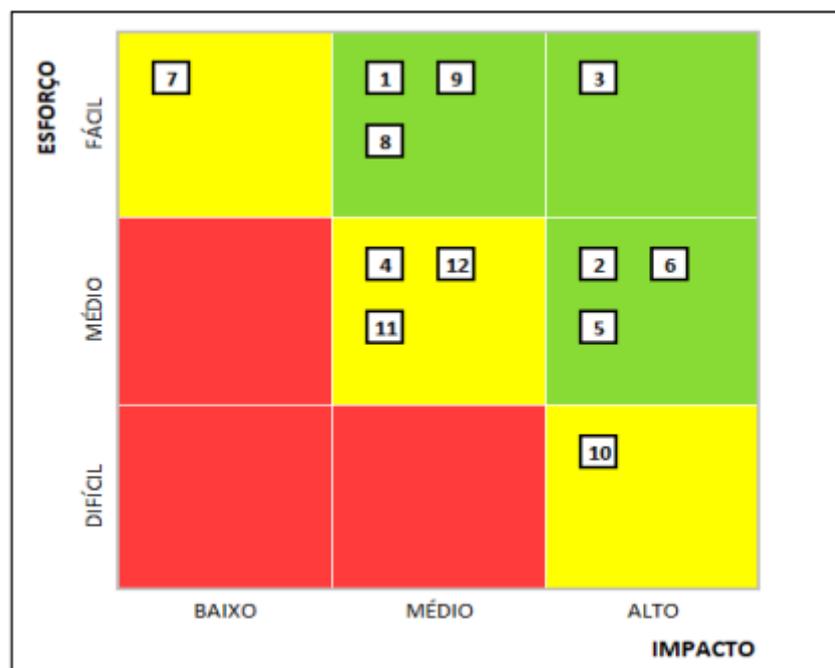
Fonte: Dos autores (2024)

Por fim, a Figura 6 exibe o resultado obtido através do desenvolvimento da matriz de Esforço e Impacto. As ações que se mostraram de maior impacto e mais fácil aplicação foram o treinamento dos funcionários, avaliação dos fornecedores, programa motivacional aos funcionários e avaliação dos ingressantes na empresa. Ou seja, essas soluções, se bem aplicadas, podem ser capazes de trazer significativas melhorias nas atividades e resultados da companhia, além de não demandarem grandes esforços em sua implementação.

As demais ações definidas foram classificadas como sendo de médio impacto e médio esforço, ou seja, suas implementações não causam um impacto expressivo a curto prazo mas, apesar de demandarem maior esforço em sua aplicação, não deixam de ser benéficas para o

funcionamento da fábrica. Neste grupo estão as seguintes ações: Melhorar clima organizacional da empresa, alterar método de inspeção da matéria prima, marcação de *layout*, criação de relatórios e aplicação da filosofia 5S. Esta última, apesar de ser uma das ações que resultam nos maiores impactos dentro de empresas, está presente nesta classe devido ao grande esforço demandado, já que requer a mudança da cultura e filosofia organizacional.

Figura 6 - Matriz de Esforço x Impacto



Fonte: Dos autores (2024)

É importante notar que nenhuma das ações de melhoria propostas pelo estudo foram classificadas como de baixo impacto, mostrando que as medidas definidas são compensatórias e que podem, de maneira geral, beneficiar o funcionamento do setor produtivo, impactando positivamente nos resultados da companhia.

5 CONCLUSÕES

Ao fim do estudo, notou-se que a aplicação do método DMAIC foi satisfatória às atividades da empresa fabricante de gesso, haja vista que foram identificadas diferentes propostas de melhoria

que abrangem os mais variados setores. O método guiou as ações tomadas para obtenção do objetivo da pesquisa, estruturando de forma alinhada o seu desenvolvimento.

Observou-se o quanto o conhecimento acerca do processo produtivo é importante para o planejamento das medidas definidas, tendo sido este alcançado através da elaboração do fluxograma e mapeamento SIPOC do processo, ferramentas que permitiram identificar com clareza os reais clientes da empresa, suas etapas de processamento, objetivos e recursos. Além disso, foi inegável a importância do reconhecimento das necessidades e exigências dos clientes, tendo sido identificadas através das descrições obtidas a partir da Voz do Cliente.

A clara definição dos requisitos descritos permitiu o andamento adequado do trabalho, que utilizou como apoio às suas ações e tomadas de decisão o tratamento de dados coletados na empresa; as informações coletadas foram exploradas principalmente na etapa Medir. Nesta fase, foram mensurados os principais problemas de qualidade e desperdícios enfrentados pela fábrica, avaliados através da aplicação do Diagrama de Pareto e gráficos comparativos.

Dentre os problemas de qualidade avaliados, o inadequado nível de areiosidade do gesso e o desperdício do produto foram identificados como sendo os de maior impacto, apresentando altos níveis de número de prioridade e risco (648 e 576, respectivamente), calculados a partir da Análise do Modo e Efeito de Falhas – FMEA. Posteriormente, de forma a tornar a análise completa, foram diagnosticadas e priorizadas as causas raízes destes e dos outros problemas de qualidade avaliados, tomando como base a aplicação do Diagrama de Ishikawa e da Matriz de Priorização. A obtenção desses dados permitiu que fossem desenvolvidos planos de ação em cima dos problemas e causas priorizados, levando em consideração as oportunidades identificadas durante a análise.

Além disso, durante as visitas in loco realizadas na fábrica, foram notados problemas relacionados principalmente à harmonia e organização da empresa, dando oportunidade para a sugestão de melhorias complementares. Por mais que o impacto dessas medidas não sejam tão grandes quanto aos planos de ação desenvolvidos para as falhas de qualidade prioritárias da empresa, seu cumprimento pode trazer benefícios ao clima organizacional da empresa, e auxiliar também no desenvolvimento eficaz das outras ações. Entre as que mais se destacam, estão o desenvolvimento de programas motivacionais aos funcionários, criação de relatórios semanais e a aplicação da filosofia 5S ao cotidiano da companhia. Em virtude dos fatos mencionados, conclui-se que os objetivos do trabalho foram alcançados com êxito, e que a metodologia DMAIC mostrou-se eficiente no reconhecimento dos benefícios que podem ser obtidos pela fábrica de gesso estudada.

Como sugestões para trabalhos futuros, indica-se o desenvolvimento do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), possibilitando a identificação e análise dos gargalos do processo produtivo sob uma outra ótica; com isso, é possível que a produtividade da fábrica seja ainda maior, beneficiando sua lucratividade. Sugere-se também a análise da aplicação dos métodos de Troca Rápida de Ferramentas e da Manutenção Produtiva Total, de forma a complementar as ações de manutenção preventiva e preditiva sugeridas para a fábrica

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Silvio. Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma. Nova Lima: Indg Tecnologia e Serviços, 2006. 231 p.
- ANDRIETTA, João Marcos; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Aplicação do programa Seis Sigma no Brail: Resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. *Gestão da Produção, São Carlos*, v. 14, n. 2, p.203-219. 2007.
- ANDRADE, J. C.; DIAS, A. B.; SANTOS, P. V. S.; ARAÚJO, M. A. Análise da eficiência do gasto público em educação básica em municípios paraibanos. *Revista Eletrônica de Ciências Contábeis*, v. 11, p. 30-50, 2022.
- BAÑUELAS, Ricardo; ANTONY, Jiju. Six sigma or design for six sigma? *The TQM Magazine, Bradford*, v. 16, p.250-263, 2004.
- BENDELL, Tony. A review and comparison of Six Sigma and the Lean organization. *The TQM Magazine, Bradford*, v. 18, p.255-262, 2006.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM. Relatório técnico 34: Perfil da Gipsita. Setembro, 2009.
- CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A.. Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços: Uma abordagem estratégica. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- CRUZ, Nuno Miguel Pereira da. Implementação de ferramentas do Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos. 2013. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Gestão Industrial, Universidade do Minho, Braga, 2013.

DUARTE, Douglas dos Reis. Aplicação da metodologia Seis Sigma - Modelo DMAIC - na operação de uma empresa do setor ferroviário. 2011. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011.

FERNANDES, C. H. A.; SILVA, A. C. G. C.; FERRAZ, A. V.; SANTOS, P. V. S. Aplicação da metodologia DMAIC para redução dos desperdícios em uma indústria de gesso do interior de Pernambuco, Brasil. NAVUS Revista de Gestão e Tecnologia, v. 11, p. 01-19, 2021.

MACHADO, W. R. B.; SANTOS, P. V. S. Mensuração da capacidade do processo de beneficiamento de uva de mesa em um packing house: estudo de caso em uma empresa no Vale do São Francisco. NAVUS Revista de Gestão e Tecnologia, v. 10, p. 01-15, 2020.

OLIVEIRA, T. C. T.; SILVA, A. C. G. C.; SANTOS, P. V. S. Aplicação do Controle Estatístico de Processo: Estudo Aplicado Em Fabricante de Chapas de Gesso Drywall. REVISTA DE ENGENHARIA E PESQUISA APLICADA, v. 8, p. 59-66, 2022.

PURIFICAÇÃO, M. R. R. G. da; FERNANDES, C. H. A.; SANTOS, P. V. S.; SANTOS, A. A. R.; NETO, L. D. S. Utilização do método da média móvel exponencial para previsão de demanda: um estudo de caso. In: VII Simpósio de Engenharia de Produção do Vale do São Francisco (SEPVASF), 2017, Juazeiro-BA. Anais do 7º Simpósio de Engenharia de Produção do Vale do São Francisco. Juazeiro-BA: DAEP, 2017. v. 1. p. 20-32.

RODRIGUES, Marcus Vinícius. Entendendo, Aprendendo e Desenvolvendo Sistemas de Produção Lean Manufacturing. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

SANTOS FILHO, V. H.; SANTOS, P. V. S.; OLIVEIRA, K. A. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DA VARIABILIDADE DE MEDIDA NO PROCESSO PRODUTIVO DE GESSO. In: ENEGEP 2020 Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2020, online, 2020.

SANTOS, José Carlos da Silva. Integração da Técnica Seis Sigma (DMAIC) com Métricas Ambientais para a Busca de Melhorias na Ecoeficiência de um Processo Industrial. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2013.

SANTOS, P. V. S.; ALBUQUERQUE, N. L. B. Verificação e controle da variabilidade de medidas no processo produtivo de gesso. In: V Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção - SAEPRO (EEL-USP), 2021, Lorena - SP. Anais do V SAEPRO, 2021.

SANTOS, P. V. S.; FERRAZ, A. V.; SILVA, A. C. G. C. Utilização da ferramenta mapeamento de fluxo de valor (MFV) para identificação de desperdícios no processo produtivo de uma empresa fabricante de gesso. REVISTA PRODUÇÃO ONLINE, v. 19, p. 1197-1230, 2019.

SANTOS, P. V. S.; VIANA, I. M. S.; DAMASCENO, N. T. S.; SILVA, E. C. Estudo comparativo da eficiência em operações de vinícolas brasileiras e portuguesas. Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa (RGPLP), v. 20, p. 21-40, 2021.

SNEE, Ronald D. Lean Six Sigma: Getting better all the time. International Journal Of Lean Six Sigma. Newark, p. 9-29. 2010.

SOARES, L. M. C.; SILVA, A. C. G. C.; SILVA, J. C.; SANTOS, P. V. S. Previsão de demanda de peças sobressalentes utilizando rede neural artificial. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão, v. 17, p. 1, 2022.

SOUZA JUNIOR, W. W. R.; SANTOS, P. V. S.; SILVA, A. C. G. C.; AMARAL, T. M. Abordagem matemática aplicada à problemática de escolha de fornecedor de Allium cepa. NAVUS Revista de Gestão e Tecnologia, v. 12, p. 01-19, 2022.

WERKEMA, Cristina. Criando a Cultura Lean Seis Sigma. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 261 p.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas, 4 ed. Rio de Janeiro, Editora Campus Ltda, 1996.