



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
COLEGIADO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

RAQUEL DAMASCENO COELHO

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA OPERAÇÃO DE UMA FÁBRICA DE
GESSO EM ARARIPINA - PE**

**JUAZEIRO
2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
COLEGIADO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

RAQUEL DAMASCENO COELHO

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA OPERAÇÃO DE UMA FÁBRICA DE
GESSO EM ARARIPINA – PE**

Trabalho apresentado à UNIVASF –
Colegiado de Engenharia de Produção,
campus Juazeiro – BA, como requisito
necessário para obtenção do título de
Engenheira de Produção. Orientadora: Prof^a.
Dra. Ana Cristina Gonçalves Castro Silva.

**JUAZEIRO
2018**

Coelho, Raquel Damasceno
C672a Aplicação da metodologia DMAIC na operação de uma fábrica de gesso em Araripina – PE / Raquel Damasceno Coelho. -- Juazeiro, 2018.
 XIV, 92 f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, Juazeiro - BA, 2018.
Orientadora: Profa. Dra. Ana Cristina Gonçalves Castro Silva.

Referências.

1. Gesso. 2. Gesso - qualidade. 3. Melhoria de Serviço. I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 693.6

FOLHA DE APROVAÇÃO

RAQUEL DAMASCENO COELHO

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA OPERAÇÃO DE UMA FÁBRICA DE GESSO EM ARARIPINA – PE

Trabalho Final de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de
Produção, pela Universidade Federal do
Vale do São Francisco.

Banca Examinadora



Prof.^a Dra. Ana Cristina Gonçalves Castro Silva (UNIVASF)
Orientadora



Prof. Dr. Ângelo Leite (UNIVASF)
Avaliador interno



Dra. Pâmela Bento Cipriano (UNIVASF)
Avaliadora Externa

Aprovado pelo Colegiado de Engenharia de Produção em 20 / 09 / 18

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todos os dias provar Sua presença ao meu lado e me mostrar o caminho a seguir, mesmo quando acreditei não encontrar mais soluções. Pelas oportunidades concedidas e por me fazer crer que nossos sonhos são, sim, possíveis.

Aos meus pais, Juarez e Severina, por toda confiança, amor e dedicação transmitidos, e por serem donos do poder de trazer paz quando os dias se mostraram difíceis. Aos meus irmãos, Rafael e Gabriel, por toda cumplicidade, carinho e apoio que sempre estiveram presentes em nossa irmandade. À toda minha família, sou grata por acreditarem em mim e por permitirem que eu voe tendo a certeza de que sempre terei um lar para voltar.

Aos meus amigos de infância, Vitor, Tayane e Letícia, por desde sempre escutarem meus desabafos e acompanharem meus sonhos, me apoiando a correr atrás de cada um deles.

Às grandes amizades que a universidade me proporcionou, com quem pude dividir dias de felicidade, diversão e, por vezes, de agonia. Sou grata a cada um desses amigos, em especial às Derivadas de uma Constante (Bruna, Deise, Naomi, Tainara e Tayllen), por terem se tornado a minha segunda família e estado ao meu lado nos mais diversos momentos, compartilhando das inúmeras experiências vividas nesses 5 anos.

À turma 2013.2 de Engenharia de Produção, que desde o início tornou o cumprimento deste caminho mais fácil e gratificante, me proporcionando muitas histórias para contar.

À equipe Baajatinga Baja SAE, que durante anos me mostrou que os conhecimentos adquiridos podem se tornar ainda mais incríveis quando postos em prática.

Agradeço aos meus professores, pelos ensinamentos acadêmicos e também de vida, nos fazendo crer que podemos ir mais além.

À minha orientadora, Prof^a Ana Castro, por toda paciência, confiança e conhecimentos transmitidos durante este percurso, meu muito obrigada.

Aos que, de alguma forma, participaram do meu trajeto acadêmico, que sejamos fortes e nunca deixemos de correr atrás dos nossos sonhos. À todos, minha gratidão.

“O primeiro passo para chegar em algum lugar
é decidir que você não vai ficar onde está”.

J. P. Morgan

COELHO, Raquel Damasceno. **Aplicação da metodologia DMAIC na operação de uma fábrica de gesso em Araripina – PE.** Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Juazeiro – BA. Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2018.

RESUMO

Em virtude da alta competitividade enfrentada pelas empresas, as melhorias na qualidade de produtos/serviços e o aperfeiçoamento no desempenho de processos têm sido buscados como alternativas para vencer a concorrência. Isso exige das empresas a adoção de diferentes práticas de gestão, e dentre as que mais se destacam está o uso do DMAIC, ciclo de melhoria orientado a dados utilizado para melhoria, otimização e estabilização de processos e projetos de negócios. Tendo em vista que as fábricas produtoras de gesso atuam fortemente na economia de alguns estados brasileiros como Pernambuco, o objetivo deste estudo é identificar quais benefícios podem ser obtidos a partir da aplicação da metodologia DMAIC na operação de uma fábrica de gesso. Para tanto, 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. Com isso, foi possível identificar as principais falhas e problemas de qualidade presentes na organização, sendo estes posteriormente analisados para reconhecimento de suas causas raízes. Posteriormente, 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. Ao final, 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.

Palavras-chave: Gesso, DMAIC, Melhoria, Qualidade.

COELHO, Raquel Damasceno. **Application of DMAIC Methodology on a plaster factory's operation in Araripina – PE**. Final Paper (Production Engineering Graduation). Juazeiro – BA. Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2018.

ABSTRACT

Due to the high competitiveness faced by companies, they have been adopted improvements in their products/services quality and processes performance as alternatives to overcome the competition. This fact requires companies to adopt different management practices, and one of the most outstanding method is the DMAIC methodology, a data-oriented improvement cycle used to improve, optimize and stabilize processes and business projects. Considering that plaster factories have a large influence on Brazilian economy, mainly in Northeastern states like Pernambuco, the project's goal is to identify the benefits of DMAIC methodology application in a plaster factory. In order to reach this goal, some important quality tools were used, as well as the collect and analysis of the company's historical data. Therefore, the identification of the firm's main failures and quality problems had been done, which was analyzed for root causes recognition. Posteriorly, action plans were developed in order to mitigate the root causes identified, reducing quality problems related to the product manufacturing and raising its classification. Ultimately, working on the critical points recognized in the process was a quite adequate way to increase the gypsum class, contributing to the company lucrativeness. Thus the focus on the production of the best gypsum classes would make possible an increase in the company's income up to R \$ 39,654.50 in the period of only five months, which is a favorable result.

Key-words: Plaster, DMAIC, Improvement, Quality.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTQ – *Critical to Quality* (Crítico para a Qualidade)

DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar)

DPNM – Departamento Nacional de Produção Mineral

FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis* (Análise do Modo e Efeito de Falhas)

GE – *General Electric*

IPA – Instituto Agrônômico de Pernambuco

JIT – *Just in Time*

KPI – *Key Performances Indicators* (Indicadores Chave de Performance)

LIF – Limite Inferior de Controle

LSC – Limite Superior de Controle

MFC – Manufatura de Fluxo Contínuo

MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor

MME – Ministério de Minas e Energia

MPT – Manutenção Produtiva Total

NPR – Número de Prioridade e Risco

PE – Pernambuco

PPM – Partes por milhão

RCA – *Root Cause Analysis* (Análise da Causa Raiz)

SINDUSGESSO – Sindicato das Indústrias do Gesso

SIPOC – *Suppliers – Inputs – Process – Outputs – Customers*

TQM – *Total Quality Management* (Gestão da Qualidade Total)

UNIVASF – Universidade Federal do Vale do São Francisco

VOC – *Voice of Customer* (Voz do Cliente)

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação dos Sete Desperdícios de Ohno.....	20
Quadro 2 – Comparativo entre a manufatura tradicional e o <i>Lean Manufacturing</i>	22
Quadro 3 – Ferramentas usualmente utilizadas nas fases do DMAIC.....	31
Quadro 4 – Símbolos básicos utilizados em diagramas de processo.....	32
Quadro 5 – Esquema básico para elaboração do 5W1H.....	35
Quadro 6 – Procedimentos relativos às fases do DMAIC.....	44
Quadro 7 – Equipe de trabalho.....	54
Quadro 8 – <i>Project Charter</i>	57
Quadro 9 – Interpretação do Nível de Prioridade e Risco.....	65
Quadro 10 – 5W1H das ações prioritárias.....	69
Quadro 11 – 5W1H das ações complementares.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tradução do nível de qualidade para a linguagem financeira.....	25
Tabela 2 – Matriz de Priorização dos Setores.....	55
Tabela 3 – Preços de venda dos gessos.....	64
Tabela 4 – <i>Ranking</i> dos problemas de acordo com o NPR.....	66
Tabela 5 – Número de causas por problema.....	66
Tabela 6 – Grau de correlação entre problemas e causas.....	67
Tabela 7 – <i>Ranking</i> das principais causas raízes.....	67
Tabela 8 – Representação numérica das propostas de melhoria.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Visão geral dos objetivos referentes às etapas do DMAIC.....	30
Figura 2: Gráfico de Pareto - Frequência de problemas em serviço de distribuição	33
Figura 3: Modelo de Diagrama de Causa e Efeito em uma indústria	34
Figura 4: Matriz de Priorização genérica.....	36
Figura 5: Matriz de Esforço e Impacto.....	40
Figura 6: Classificação do tipo de pesquisa	41
Figura 7: Etapas da Pesquisa	43
Figura 8: Organograma da empresa	46
Figura 9: Base indicadora do nível de espraiamento	48
Figura 10: Teste para Tempo de Pega.....	49
Figura 11: Equipamento mensurador de umidade	49
Figura 12: Britador.....	51
Figura 13: Fornos	51
Figura 14: Moinhos.....	52
Figura 15: Ensacadora	53
Figura 16: Fluxograma do processo.....	53
Figura 17: Diagrama SIPOC do processo produtivo	56
Figura 18: Diagrama de Pareto	62
Figura 19: Quantidade de sacos rompidos.....	63
Figura 20: Volume de vendas (toneladas).....	63
Figura 21: Matriz de Esforço x Impacto.....	72

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Problemática	15
1.2 Objetivos	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 Justificativa	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1 Lean Manufacturing	20
2.2 Seis Sigma	23
2.3 <i>Lean</i> Seis Sigma	26
2.3.1 Metodologia DMAIC	27
2.4 Ferramentas da Qualidade ligadas à metodologia DMAIC	30
2.4.1 Diagramas de Processo.....	32
2.4.2 Gráfico de Pareto.....	32
2.4.3 Diagrama de <i>Ishikawa</i>	34
2.4.4 5W2H.....	35
2.4.5 Matriz de Priorização	35
2.4.6 Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA)	36
2.4.7 SIPOC.....	37
2.4.8 Root Cause Analysis.....	38
2.4.9 Matriz de Esforço e Impacto	39
3. METODOLOGIA	41
3.1 Tipo e Natureza da Pesquisa	41
3.2 Procedimentos e Fases da Pesquisa	43
3.3 Caracterização da empresa em estudo	45
3.3.1 Critérios de Qualidade	47
3.3.2 Caracterização do Processo Produtivo.....	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 Aplicação da Metodologia DMAIC.....	54
4.1.1 Etapa Definir – DEFINE	54

4.1.2 Etapa Medir – MEASURE	61
4.1.3 Etapa Analisar – ANALYZE	64
4.1.4 Etapa Melhorar – IMPROVE	68
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
REFERÊNCIAS.....	76
APÊNDICE.....	81
APÊNDICE A – Análise dos Modos e Efeitos de Falhas (FMEA)	82
APÊNDICE B – Diagramas de <i>Ishikawa</i>	83
APÊNDICE C – Matriz de Priorização – Possíveis causas de problemas	86
APÊNDICE D – Resultados Financeiros.....	87
ANEXOS	88
ANEXO A – Fluxogramas das etapas do DMAIC	89

1. INTRODUÇÃO

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.

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 das demais localidades (IPA, 2014). Tal característica tornou o produto fabricado na região popular, fazendo com que a produção de gesso se tornasse a principal atividade local.

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. 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 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. 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.

Neste contexto, o presente trabalho visa identificar quais benefícios uma empresa fabricante de gesso pode obter através da aplicação do método DMAIC, avaliando seus ganhos e propondo possíveis melhorias ao processo analisado.

1.1 Problemática

Num mercado cada vez mais competitivo e perante os problemas econômicos atuais, é necessário que as empresas apostem na melhoria dos seus processos produtivos. 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 (CRUZ, 2013).

Neste contexto, uma das metodologias que vêm se destacando cada vez mais entre as organizações é o *Lean Seis Sigma*, método resultante da união entre o conceito e ferramentas do *Lean Manufacturing* com a metodologia Seis Sigma. De acordo com Werkema (2012), a integração entre tais metodologias é natural: as empresas podem e devem usufruir dos pontos fortes de ambas estratégias.

Enquanto a essência do *Lean Manufacturing* está no alcance da produção enxuta por meio da eliminação dos desperdícios, o Seis Sigma visa o aumento da performance empresarial através da melhoria contínua e maximização da qualidade. Juntas, essas ferramentas são capazes de proporcionar significativos resultados para as organizações, alcançando melhoria na qualidade dos produtos e de seus processos. Além disso, é recomendável que a aplicação de tais metodologias sejam guiadas por ferramentas estruturadas, como é o caso do DMAIC; este é um método iterativo de melhoria contínua que visa direcionar a tomada de ações de forma a aperfeiçoar processos, sendo utilizado na implantação de projetos *Lean Seis Sigma*, bem como em quaisquer situações onde deseja-se obter melhorias.

Desta forma, o conjunto de ações que gerem o DMAIC é capaz de influenciar diretamente e de forma positiva no desempenho de unidades produtivas, como é o caso da indústria gesseira. Sabe-se que a produção do gesso requer a realização de uma sequência de etapas definidas, utilizando um considerável número de recursos produtivos (BRASIL, 2009). O cumprimento inadequado dessas etapas de produção é capaz de gerar problemas como, por exemplo, o desperdício de material, realização de

movimentos desnecessários, baixa produtividade e até mesmo defeitos que poderão influenciar na qualidade final do produto.

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?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

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.

1.2.2 Objetivos específicos

Visando o alcance do principal objetivo deste trabalho, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- Selecionar setor da empresa adequado à realização do estudo;
- Mapear o processo selecionado, de forma a facilitar sua visualização e análise;
- Aplicar as fases Definir, Medir, Analisar e Melhorar, provenientes do método DMAIC;
- Empregar, durante a aplicação do DMAIC, as ferramentas da qualidade mais adequadas à cada etapa;
- Propor melhorias, expondo-as através da ferramenta 5W1H.

1.3 Justificativa

O Brasil possui uma das mais abundantes reservas de gipsita a nível mundial, sendo, de acordo com dados do Departamento Nacional de Produção Mineral – DPNM (2015), o maior produtor da América Latina e o 13º do mundo. Segundo relatório do Ministério de Minas e Energia - MME (2009), as estatísticas indicam uma produção de dois milhões de toneladas anuais, e até o ano de 2030 a produção pode duplicar. Além

disso, vale ressaltar que, dentre os estados brasileiros, Pernambuco é o que possui maior número de minas e o maior Polo Gesseiro do Brasil, liderando a comercialização do produto no país (BRASIL, 2009).

De acordo com o Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA (2014), o Polo Gesseiro do Araripe, região localizada no extremo oeste pernambucano, é destaque na produção do minério, principalmente devido às suas condições de aproveitamento econômico favoráveis. O mesmo é formado pelos municípios de Araripina, Trindade, Ipubi, Bodocó e Ouricuri, e está situado no centro do semiárido brasileiro, a cerca de 680 quilômetros da capital do Estado. Além disso, a um raio de setecentos quilômetros encontram-se outras oito capitais de Estados, justificando a boa localização da região.

Os municípios que compõem o polo gesso contam com a atividade de produção e comercialização do gesso como a base de sua economia, gerando empregos diretos e indiretos e, conseqüentemente, contribuindo para o desenvolvimento local (SINDUSGESSO, 2014).

É importante lembrar que o Araripe se destaca devido à alta pureza do seu minério, aspecto que torna a comercialização do gesso local ainda mais atraente (IPA, 2014). Assim, requisitos como qualidade da matéria prima, eficiência das operações e satisfação dos clientes são, claramente, pontos de irrefutável importância para as empresas fabricantes, fazendo com que as mesmas busquem maneiras de melhorá-los constantemente.

Com o decorrer dos anos, pesquisadores têm dado maior atenção ao estudo de técnicas aplicáveis no setor da indústria gesseira, buscando formas de desenvolvê-lo e melhorá-lo cada vez mais. Um exemplo são as pesquisas elaboradas na área da Gestão da Qualidade, empregando métodos para análise e melhoria de processos ligados ao setor. Algumas delas são:

- Mapeamento do Fluxo de Valor: Um Estudo de Caso em uma Indústria de Gesso (ELIAS; OLIVEIRA; TUBINO, 2011): Pesquisa realizada numa fábrica de gesso situada no município de Nova Olinda – PE, com o objetivo de reduzir custos e desperdícios envolvidos no processo produtivo. Para isto, foi aplicada a ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), que possibilitou a visualização de focos de desperdício, bem como oportunidades de melhoria, reduzindo seus estoques e diminuindo seu *lead time*.

Além disso, foi elaborado um plano de ação como início da jornada *Lean* da empresa, otimizando ainda mais sua atividade. Entre as propostas feitas pelo estudo, estão a mecanização do setor de autoclaves utilizado na carga e descarga do minério, desenvolvimento de um sistema *kanban*, desenvolvimento de um sistema de produção puxado e aplicação de um plano de treinamento sobre manufatura enxuta para os funcionários. Apesar de o plano de ação não ter sido aplicado durante o período de estudo, os resultados esperados foram a eliminação do estoque de gipsita calcinada, redução em 50% do tempo de estoque do produto acabado e redução do *lead time* em 66%.

- Aplicação da metodologia DMAIC para redução dos desperdícios em uma indústria de gesso localizada em Trindade – PE (FERNANDES, 2018): Pesquisa realizada com o intuito de sugerir ações de melhoria numa empresa produtora de gesso, visando a melhor qualidade do produto e reduzindo os desperdícios envolvidos em sua produção. Para isso, utilizou-se a metodologia DMAIC aliada a ferramentas da qualidade, e usando como base dados históricos fornecidos pela empresa e entrevistas com os profissionais envolvidos na fabricação do produto. Sua principal meta foi a redução em 50% do volume de gesso de limpeza, e para isso foram desenvolvidas medidas como elaboração de Folhas de Verificação, melhoria no sistema de armazenamento, criação de planejamento para manutenção, treinamentos para os funcionários e disponibilização de manuais e especificações técnicas. Devido ao fato de as medidas não terem sido aplicadas no período de estudo, não foi possível quantificar os resultados obtidos.
- Utilização da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) para identificação de desperdícios no processo produtivo de uma empresa fabricante de gesso (SANTOS, 2018): Estudo de caso realizado numa empresa fabricante de gesso localizada na cidade de Trindade – PE, onde utilizou-se a ferramenta enxuta Mapeamento de Fluxo de Valor com o intuito de analisar o processo produtivo da fabricante, identificando as possíveis causas que geram os desperdícios nela presentes. Seu principal objetivo foi o aumento da eficiência da fabricação do gesso e, por consequência, uma significativa redução dos seus custos. Para isso, foram identificadas as atividades que agregam valor ao processo e detectados os gargalos

envolvidos; a partir disso, foram gerados planos de ação para que os problemas encontrados fossem mitigados.

Desta forma, evidencia-se a importância de estudos focados na implementação de ferramentas capazes de proporcionar benefícios aos processos envolvidos na fabricação do gesso, a fim de identificar e avaliar possíveis pontos de melhoria. Além disso, pesquisas em áreas de interesse da indústria gesseira são capazes de contribuir beneficentemente no desenvolvimento de tal atividade, como recomendado em relatório desenvolvido pela Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (BRASIL, 2009).

Sendo assim, e considerando os objetivos definidos para a pesquisa, o presente trabalho percorre áreas inerentes à Engenharia de Produção, como Gestão da Qualidade, Gestão Estratégica e Gestão de Processos da produção. Esta abordagem visa analisar e promover melhorias no processo produtivo em análise, estando focalizada em atingir resultados concretos e alcançando a qualidade desejável dos processos e produtos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Lean Manufacturing

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. Para que tais desperdícios sejam identificados, é necessário que haja amplo conhecimento quanto aos processos envolvidos na atividade, definindo quais deles acrescentam ou não valor aos produtos/serviços entregue aos clientes. Ohno (1988) definiu que existem sete tipos básicos de desperdício, sendo eles expostos no Quadro 1.

Quadro 1: Relação dos Sete Desperdícios de Ohno

DESPERDÍCIO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO NA MANUFATURA
SOBREPRODUÇÃO	Ocorre quando a quantidade de produtos produzida é maior do que a programada. Neste caso, há aumento dos custos relacionados a posse e estocagem do material, desperdiçando-se recursos e aumentando os transportes dentro da organização.	Produção maior do que a demanda exibida pelo cliente.
MOVIMENTAÇÃO	Refere-se aos movimentos feitos de forma desnecessária pelos operadores.	Movimentos realizados pelos operários, como alcançar, dobrar-se ou fazer força.
TRANSPORTE	Está relacionado aos movimentos realizados para transporte de matéria-prima e/ou produtos, quer estes estejam acabados ou não (em processamento).	Movimentos excessivo de materiais, peças e produtos para armazenamento, ou na retirada dos mesmos.
ESPERAS	Diz respeito ao período em que os recursos estão efetivamente parados, isto é, fora de processamento.	Material e partes de operações procedentes, ferramentas, operadores, fila para operações adicionais.
SOBREPROCESSAMENTO	São as operações adicionais, que não acrescentam valor ao produto final.	Superdimensionamento do processo, máquinas, equipamentos; precisão desnecessária do produto ou processo.

(Continua...)

Fonte: Adaptado de Bauch (2004)

Continuação do Quadro 1:

Quadro 1: Relação dos Sete Desperdícios de Ohno

DESPERDÍCIO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO NA MANUFATURA
INVENTÁRIOS	Refere-se aos inventários de matéria-prima, produtos acabados ou em processamento.	Estoque excessivo em relação ao que é demandado pelo cliente, filas, estoques entre operações.
DEFEITOS	Estão relacionados aos produtos que não estão de acordo com os requisitos definidos pelo cliente.	Componentes , materiais ou produtos que não estejam de acordo com as especificações definidas; defeitos internos da produção ou defeitos advindos de fornecedores.

Fonte: Adaptado de Bauch (2004)

O *Lean Institute* Brasil (S/D) afirma que é necessário entender profundamente o que está por trás do desperdício visível e quais implicações devem ser consideradas para eliminá-lo, mas atacando sua origem. Em outras palavras: precisamos encontrar as causas primárias do desperdício, para definirmos medidas efetivas que previnam sua recorrência. Se não eliminarmos a causa, o efeito não cessará.

De acordo com Liker (2004, p. 7),

O *Lean Manufacturing* requer uma maneira de pensar que se concentre em desenvolver um fluxo ininterrupto de produtos na produção, adotando um sistema puxado que atenda a demanda do cliente e que reabasteça os recursos exigidos nas próximas operações de forma rápida, sendo também uma cultura onde todos demonstrem esforço contínuo no processo de melhoria.

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. Tais diferenças são notadas através da análise do Quadro 2.

Quadro 2: Comparativo entre manufatura tradicional e o *Lean Manufacturing*

	CARACTERÍSTICA	MANUFATURA TRADICIONAL	LEAN MANUFACTURING
Planejamento e controle das operações	OBJETIVO GERENCIAL	Busca da eficiência através da máxima utilização dos recursos e do aumento da produção	Busca da eficiência e eficácia, focando na criação de valor e na redução de desperdícios
	GESTÃO DE ESTOQUES	Manutenção de estoques com recursos suficientes para proteger a produção	Redução de estoques de forma a evidenciar os problemas da produção
	ACIONAMENTO DA PRODUÇÃO	Produção empurrada (<i>push</i>), realizada através de ordens de produção e previsão de demanda	Produção puxada (<i>pull</i>) pela demanda e entrega <i>Just in Time</i> (JIT)

(Continua...)

Fonte: Adaptado de Mann (2005).

Continuação do Quadro 2:

Quadro 2: Comparativo entre manufatura tradicional e o *Lean Manufacturing*

	CARACTERÍSTICA	MANUFATURA TRADICIONAL	LEAN MANUFACTURING
Configuração física do sistema produtivo	TAMANHO DO LOTE	Lotes grandes, dimensionados pelo modelo de lote econômico	Lotes pequenos e <i>one piece flow</i> (fluxo de uma peça por vez)
	FLUXO DE MATERIAIS	<i>Lead time</i> longo, causado pela falta de conexão entre as etapas dos processos	Manufatura de Fluxo Contínuo (MFC), possibilitando a redução do <i>Lead time</i>
	ARRANJO FÍSICO	Utilização de arranjos do tipo linear (por produto) ou funcional (por processo)	Agrupamento de produtos por famílias, possibilitando a implantação de células de manufatura
	TIPOS DE EQUIPAMENTOS	Equipamentos com baixa flexibilidade, devido aos longos tempos de setup	Equipamentos com alta flexibilidade, incorporando sistemas de Troca Rápida
Processo de melhoria	PROCEDIMENTOS DE TRABALHO	Variação e ineficiência devido à falta de atualização dos procedimentos e falta de aderência aos padrões	Aderência aos procedimentos melhorados e formalizados como Trabalho Padrão
	CONTROLE DA QUALIDADE	Inspeção no embarque, sendo o controle sob responsabilidade do departamento de controle de qualidade	Inspeção na fonte, cultivando a cultura da Qualidade Total (TQM) e a aplicação de <i>Poka Yoke</i> em sistemas à prova de erros
	GESTÃO DA MANUTENÇÃO	Predominantemente corretiva, sendo responsabilidade dos técnicos de manutenção	Promoção da Manutenção Produtiva Total (MPT)
	VISÃO DO PROCESSO DE MELHORIA	Foco na eficiência de recursos limita a abrangência dos resultados	Visão sistêmica das necessidades de melhoria, utilizando o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)

Fonte: Adaptado de Mann (2005).

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 Eletric (GE)*, *AlliedSignal* e outras empresas de classe mundial.

Segundo Werkema (2012), é possível definir o Seis Sigma como sendo uma “estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar drasticamente a lucratividade das empresas”, destacando-se pela ampla utilização de conhecimentos estatísticos como base de seus princípios. Tornando esta definição ainda mais completa, Carvalho e Paladini (2006) afirmam:

O sucesso do programa Seis Sigma não pode ser explicado apenas pela utilização exaustiva de ferramentas estatísticas, mas também pela harmoniosa integração do gerenciamento por processo e por diretrizes, mantendo o foco nos clientes, nos processos críticos e nos resultados da empresa.

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. Esta situação pode ser analisada através da Tabela 1, que, além dos valores adotados pela abordagem Seis Sigma, exhibe também o percentual correspondente ao custo da não qualidade de acordo com o faturamento das empresas.

Tabela 1: Tradução do nível da qualidade para a linguagem financeira

NÍVEL DE QUALIDADE	DEFEITOS POR MILHÃO (PPM)	CUSTO DA NÃO QUALIDADE (percentual do faturamento da empresa)
Dois Sigma	308537	Não se aplica
Três Sigma	66807	25 a 40%
Quatro Sigma	6210	15 a 25%
Cinco Sigma	233	5 a 15%
Seis Sigma	3,4	< 1%

Fonte: Werkema (2012)

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 reprojetá-los (AGUIAR, 2006). Ademais, existem inúmeras ferramentas da qualidade empregadas como forma de dar sustento ao Seis

Sigma, sendo irrefutável a importância das mesmas no desenvolvimento e performance do programa (LIMA; GARBUIO; COSTA, 2009).

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). De acordo com Snee (2010, p. 10),

O *Lean Seis Sigma* é uma estratégia de negócios e metodologia que aumenta o desempenho do processo, resultando em maior satisfação dos clientes e melhores resultados. Além disso, está sendo reconhecido que o *Lean Seis Sigma* é uma ferramenta efetiva de desenvolvimento de liderança.

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.

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

- (1) Criação de resultados financeiros;
- (2) Ativação do envolvimento da alta liderança;
- (3) Uso de abordagem disciplinada (DMAIC);
- (4) Conclusão rápida de projetos;
- (5) Definição clara de sucesso;
- (6) 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). Para Bendell (2006), o equilíbrio reside na criação de valor sob o ponto de vista do cliente, de forma a focar no mercado e ao mesmo tempo reduzir a variação para níveis aceitáveis, diminuindo custos.

2.3.1 Metodologia 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).

Ainda seguindo a obra Werkema (2012), a autora detalha e sugere a sequência de atividades que melhor se adaptam a cada etapa do método DMAIC, como visto a seguir:

- **Definir**

- ✓ Descrever o problema do projeto e determinar sua meta;
- ✓ Avaliar fatores influenciadores, tais como: histórico do problema, retorno econômico, impacto sobre clientes/consumidores e estratégias da empresa;
- ✓ Avaliar prioridade do projeto para o negócio;
- ✓ Definir participantes da equipe desenvolvedora do projeto, bem como suas responsabilidades, restrições e cronograma preliminar;
- ✓ Identificar as necessidades dos clientes do projeto;
- ✓ Determinar o principal processo envolvido no projeto.

- **Medir**

- ✓ Decidir entre utilizar dados já existentes na organização, ou realizar nova coleta;
- ✓ Determinar a forma de estratificação a ser utilizada no problema;
- ✓ Planejar a coleta de dados;
- ✓ Preparar e testar os sistemas de medição/inspeção;
- ✓ Coletar dados;
- ✓ Definir quais problemas serão priorizados, através da identificação do impacto de cada um;
- ✓ Estabelecer a meta de cada problema priorizado.

- **Analisar**

- ✓ Avaliar o processo causador do problema prioritário;
- ✓ Analisar dados do problema e seu processo gerador;
- ✓ Identificar e organizar possíveis causas relacionadas ao problema prioritário;
- ✓ Classificar as causas potenciais de forma a priorizá-las;
- ✓ Determinar quais são as causas fundamentais;

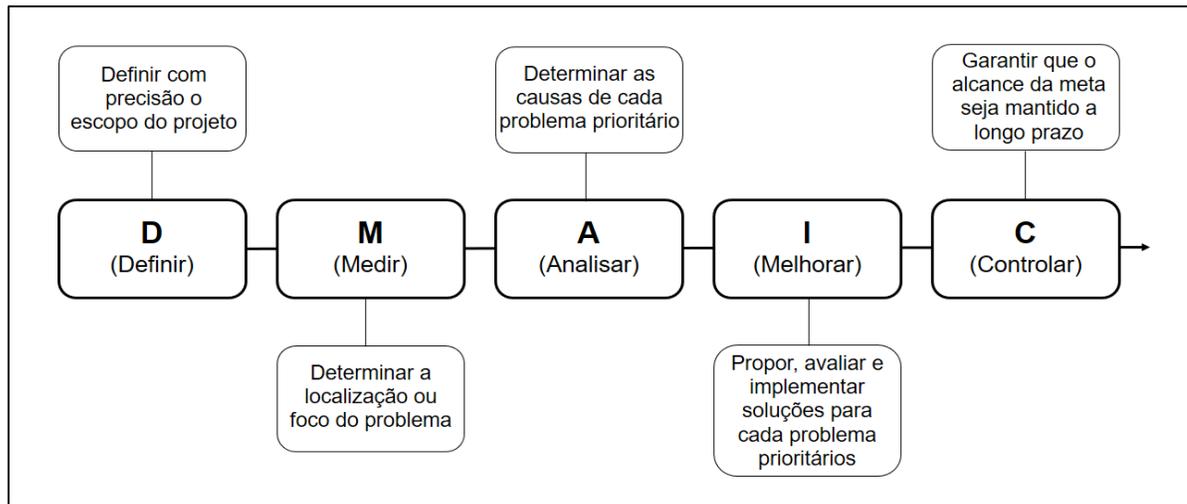
- **Melhorar**

- ✓ Originar ideias de possíveis soluções para eliminação das causas fundamentais identificadas na etapa anterior;
- ✓ Priorizar as soluções potenciais;
- ✓ Avaliar e minimizar os riscos das soluções priorizadas;
- ✓ Realizar melhorias e ajustes nas soluções selecionadas, caso haja necessidade;
- ✓ Desenvolver/executar plano para implementação das soluções em larga escala.

- **Controlar**

- ✓ Analisar o desempenho do plano de larga escala em relação à meta;
- ✓ Caso a meta tenha sido alcançada, padronizar a solução adotada, considerando as alterações que a mesma sofreu no decorrer do processo;
- ✓ Comunicar os novos padrões a todos os envolvidos;
- ✓ Desenvolver plano para monitoramento da performance do processo em relação à meta estipulada;
- ✓ Implementar plano de ações corretivas em casos onde tal atitude se faça necessária.

É notório que, em geral, cada etapa presente no método DMAIC possui seu objetivo próprio, onde cada uma delas busca o desenvolvimento de atividades que, integradas, visam atingi-los. Tais objetivos são expostos na Figura 1.

Figura 1: Visão geral dos objetivos referentes às etapas do DMAIC

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Werkema (2012)

2.4 Ferramentas da Qualidade ligadas à metodologia DMAIC

Para que a aplicação do método DMAIC alcance o sucesso almejado pelas companhias, é necessário que outras ferramentas sejam empregadas de forma integrada, dando sustento ao desenvolvimento das etapas presentes no método (CARVALHO; PALADINI, 2006).

Segundo Corrêa e Corrêa (2016), “ferramentas apoiam e auxiliam pessoas na tomada de decisão que resolverão problemas ou situações”. Deste modo, o uso de determinadas ferramentas da qualidade são de extrema importância para a análise de possíveis ações de otimização, bem como no auxílio para formulação de potenciais métodos e processos voltados a planos de melhoria. Isso faz com que as chances de sucesso nas decisões sejam maiores, consequência da maior cautela empregada nas análises feitas.

A obra de Werkema (2012) aponta as principais ferramentas utilizadas em cada uma das etapas que compõem o programa DMAIC, de forma a dar apoio ao alcance das metas de cada uma das fases. O Quadro 3 exhibe as principais ferramentas utilizadas de acordo com cada etapa, sendo algumas delas selecionadas posteriormente devido a sua importância no estudo a ser apresentado.

Quadro 3: Ferramentas usualmente utilizadas nas fases do DMAIC

FERRAMENTAS	D	M	A	I	C
5W2H				X	
Amostragem		X			X
Análise de Regressão			X		
Análise de Séries Temporais	X	X			
Análise de Sistemas de Medição/Inspeção		X	X		X
Análise de Tempos de Falha			X		
Análise de Variância			X		
Análise do Tempo de Ciclo			X		
Análise Econômica	X				
Análise Multivariada		X			
Boxplot		X	X		
Brainstorming			X	X	
Cartas de Controle	X	X	X		X
Cartas "Multi-vari"			X		
Diagrama de Afinidades			X	X	
Diagrama de Ishikawa			X	X	
Diagrama de Dispersão			X		
Diagrama de Gantt				X	
Diagrama de Matriz			X	X	
Diagrama de Pareto		X			X
Diagrama de Processo Decisório				X	
Diagrama de Relações			X	X	
Estratificação		X	X		
Fluxograma			X		
FMEA			X	X	
Folhas de Verificação		X			X
Gráfico Sequencial	X	X			
Histograma		X	X		X
Índices de Capacidade		X			X
Mapa de Produto			X		
Mapa de Raciocínio	X				
Mapa de Processo			X		
Matriz de Causa e Efeito			X	X	
Métricas do Seis Sigma	X	X			X
OCAP (Out of Control Action Plan)					X
PERT/CPM				X	
Planejamento de Experimentos			X		
Plano de Coleta de Dados		X			
Poka Yoke					X
Procedimentos Padrão					X
Project Charter	X				
Relatórios de Anomalias					X
SIPOC	X				
Testes de Hipóteses			X	X	
Testes na Operação				X	
Voz do Cliente	X				
Diagrama de Árvore				X	

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Werkema (2012)

2.4.1 Diagramas de Processo

Corrêa e Corrêa (2016) afirmam que “o objetivo dos diagramas de processo é a listagem de todas as fases do processo de forma simples e de rápida visualização e entendimento”. Além disso, esta ferramenta é capaz de apresentar a sequência lógica relativa ao desenvolvimento de atividades e tomadas de decisões, possibilitando uma visão ampla e clara do processo analisado (MARSHALL JUNIOR et al., 2006). Desta forma, a utilização de Diagramas de Processo permite uma melhor compreensão das atividades por parte dos envolvidos, permitindo que os mesmos possam avaliá-los de forma nítida, identificando possíveis pontos de melhoria e facilitando suas decisões.

Campos (1992) afirma que a utilização desta ferramenta é fundamental para a padronização e posterior entendimento dos processos, visto que o mesmo promove melhor visualização do mesmo, facilitando a identificação dos produtos produzidos, dos clientes e fornecedores internos e externos. Sua aplicação é realizada através do uso de símbolos-padrão, como vistos no Quadro 4.

Quadro 4: Símbolos básicos utilizados em diagramas de processos

SÍMBOLOS	DESCRIÇÃO
	Operação: Indica cada atividade que precisa ser executada
	Transporte: Movimentação do objeto da rotina de um ponto para outro
	Inspeção: Conferência e exame da atividade/objeto
	Espera: Indica que o objeto está em espera, não sofrendo processamento e estando, possivelmente, em atraso
	Armazenagem: Utilizado quando os produtos são levados para armazenamento
	Decisão: Utilizado quando a escolha de uma alternativa se faz necessária

Fonte: Adaptado de Corrêa e Corrêa (2016)

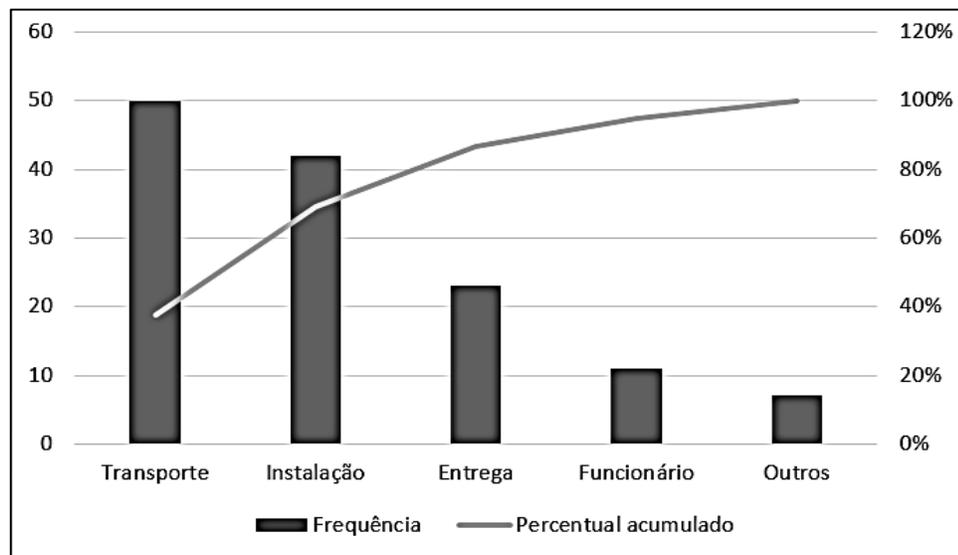
2.4.2 Gráfico de Pareto

De acordo com a obra de Carpinetti (2016), o Gráfico de Pareto foi adaptado aos problemas de qualidade por Juran, baseando-se numa teoria desenvolvida pelo

estudioso italiano Vilfredo Pareto. Seu princípio estabelece que a maior parte das perdas decorrentes dos problemas relacionados à qualidade é advinda de alguns poucos, mas vitais problemas. Além disso, o autor afirma que a identificação das poucas causas vitais dos poucos problemas vitais enfrentados pela empresa torna possível a eliminação de quase todas as perdas por meio de um pequeno número de ações.

O objetivo desta ferramenta é classificar em ordem decrescente os problemas que produzem os maiores efeitos e dar prioridade para atacá-los; assim, a capacidade de solução disponível será direcionada exatamente para onde os resultados sejam maximizados (CORRÊA; CORRÊA, 2016). A aplicação deste método se dá através da construção de um gráfico de barras que utiliza como base dados, normalmente coletados através de folhas de verificação, dando ênfase a problemas ou causas relacionadas a determinado assunto (MARSHALL JUNIOR et al., 2006); um exemplo da aplicação do Gráfico de Pareto é dado na Figura 2, facilitando sua compreensão. Desta forma, esta ferramenta possibilita melhor visualização de informações, facilitando a percepção de problemas e possibilitando a classificação dos mesmos em ordem de prioridade.

Figura 2: Gráfico de Pareto - Frequência de problemas em serviço de distribuição

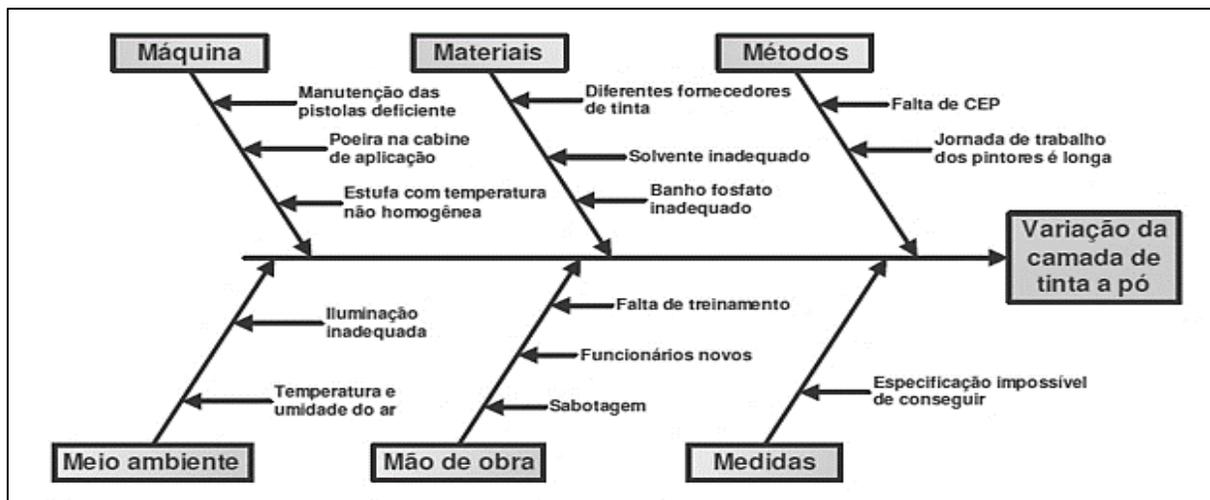


Fonte: Carpinetti (2016)

2.4.3 Diagrama de Ishikawa

Também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe, esta ferramenta tem se mostrado simples e eficaz na condução de *brainstormings* e impulsionado a participação das pessoas na análise de situações. Seu principal objetivo é apoiar o processo de identificação das possíveis causas-raízes de um problema (CORRÊA; CORRÊA, 2016). Desta forma, este diagrama, exemplificado na Figura 3, facilita a tomada de decisão relativa às ações corretivas que deverão ser adotadas para que o problema seja eliminado (CARPINETTI, 2016).

Figura 3: Modelo de Diagrama de Causa e Efeito em uma indústria



Fonte: Peinado e Graeml (2007)

Marshall Junior et al. (2006) afirma que na elaboração do diagrama é necessário que as causas prováveis sejam agrupadas por categorias, considerando semelhanças estabelecidas ou percebidas durante o processo de classificação. Além disso, o autor apresenta em sua obra as seguintes etapas de elaboração do diagrama:

- Realização de *Brainstorming* para que haja discussão em grupo relacionada ao problema a ser analisado, considerando os detalhes envolvidos na atividade;
- Descrição do efeito causado pelo problema identificado e analisado;
- Levantamento das possíveis causas do problema, organizando-as por categorias;
- Análise do diagrama elaborado, bem como realização da coleta de dados utilizados para determinar a frequência de ocorrência de tais causas.

2.4.4 5W2H

O 5W2H representa as iniciais das palavras *why* (por que), *what* (o quê), *where* (onde), *when* (quando), *who* (quem), *how* (como) e *how much* (quanto), e se trata de uma ferramenta cuja finalidade é o mapeamento e padronização de processos, bem como o estabelecimento de planos de ação bem estruturados (MARSHALL JUNIOR et al., 2006). Outro objetivo desta ferramenta, segundo Peinado e Graeml (2007), se trata da garantia de que não haja dúvidas por parte da gerência ou dos subordinados durante a execução das atividades a serem executadas.

De maneira sucinta, o 5W2H abrange as seguintes questões para o desenvolvimento de seu plano de ação (exemplificado no modelo exibido no Quadro 5):

- a) *What* (o quê?): Define o objeto a ser trabalhado no plano de ação;
- b) *Why* (por que?): Busca justificar o desenvolvimento do plano;
- c) *Where* (onde?): Descreve o lugar onde a ação será aplicada;
- d) *When* (quando?): Define as metas e prazos a serem cumpridos;
- e) *Who* (quem?): Direciona as atividades para seus respectivos responsáveis;
- f) *How* (como?): Descreve de que forma o plano será implementado;
- g) *How much* (quanto?): Determina os custos necessários para que o plano seja posto em prática.

Quadro 5: Esquema básico para elaboração do 5W2H

PLANO DE AÇÃO						
O que?	Quem?	Quando?	Onde?	Por que?	Como?	Quanto?
Causa 1	Responsável	Prazo	Local	Justificativa	Metodologia	Custos envolvidos
Causa 2						
Causa 3						

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Marshall Junior et al. (2006)

2.4.5 Matriz de Priorização

De acordo com Carpinetti (2016), a Matriz de Priorização relaciona fatores a critérios de prioridade, como exemplificado de maneira genérica na Figura 4. Em outras palavras, esta ferramenta é utilizada para facilitar a compreensão da interação entre os

aspectos envolvidos, tornando-os mais claros e determinando qual seria a sequência ideal da análise desses fatores.

Para isso, são definidos pesos de forma a estabelecer uma classificação entre os fatores considerados, auxiliando a atividade dos tomadores de decisão. Esses pesos são multiplicados pelas notas de cada critério, e ao final os valores obtidos são somados para definir a pontuação total de cada fator. Vale salientar que tanto os pesos quanto as notas dos fatores variam entre zero e cinco.

Desta forma, a utilização da Matriz de Priorização proporciona maior organização em relação ao sequenciamento das análises dos problemas e critérios considerados nas mais variadas situações, priorizando aqueles que se mostrarem mais importantes, ou seja, com maior pontuação. Para isso, considera o quanto suas variáveis estão relacionadas, de forma a trabalhá-las da melhor forma (MARSHALL JUNIOR et al, 2006).

Figura 4: Matriz de Priorização genérica

		Grupo B				Prioridade
		Critério 1	Critério 2	Critério 3	...	
Grupo A		peso 1	peso 2	peso 3	...	
	Fator 1					
	Fator 2					
	Fator 3					
	...					

Fonte: Carpinetti (2016)

2.4.6 Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA)

O FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) é um método de engenharia utilizado na definição, identificação e eliminação de falhas conhecidas ou potenciais de sistemas, projetos, processos e/ou serviços, antes que estas atinjam o cliente (STAMATIS, 2003).

Segundo Puente et al. (2002), o FMEA passa por, basicamente, dois estágios. No primeiro, possíveis modos de falhas de um produto ou processo e seus efeitos prejudiciais são identificados. Já no segundo estágio, os responsáveis pela aplicação do FMEA determinam o nível crítico (pontuação de risco) destas falhas e as colocam em ordem. A falha mais crítica será a primeira do ranking, e será considerada prioritária para a aplicação de ações de melhoria.

De acordo com estudos de Rausand (1996), três fatores são utilizados pelo FMEA como auxílio à definição de prioridades de falhas. São eles: ocorrência (O), severidade (S) e detecção (D). A ocorrência define a frequência com que a falha acontece, enquanto a severidade corresponde à gravidade do efeito da falha. Já a detecção diz respeito à habilidade para detectá-la antes que a mesma atinja o cliente. Para que a criticidade das causas de uma possível falha seja avaliada, utiliza-se o cálculo do Número de Prioridade e Risco (NPR), sendo este índice composto pelo produto dos três fatores do FMEA: D, O e S. Tendo obtido o NPR, as causas das falhas são ranqueadas, direcionando a atuação do gestor.

Vale salientar que não há uma regra algébrica que determine as pontuações dos índices adotados pela ferramenta, sendo estes valores definidos de acordo com o consenso da equipe aplicadora do método; é preferível que os envolvidos possuam experiência acerca do processo/produto analisado (CHANG et al., 2001).

2.4.7 SIPOC

O SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*) é um mapa de alto nível que viabiliza a visualização do processo estudado e de seus principais componentes (STEVENS, 1996; RASMUSSEN, 2006). É estruturado em cinco colunas, nas quais são apontados, da esquerda para direita: os fornecedores envolvidos (suppliers), as entradas necessárias (inputs), o processo em análise (process), as saídas do processo (outputs) e os clientes atendidos pelo processo (customers). Trata-se de uma ferramenta versátil, cuja aplicação é bastante explorada no planejamento de melhorias de processos com base em metodologias como *Lean* e Seis Sigma, tanto na área de manufatura como na de serviços (GEORGE, 2003; KONING ET AL., 2008).

Além disso, segundo Rasmusson (2006), há alguns elementos que podem ser adicionados a um SIPOC para deixá-lo ainda mais completo. São eles: Declaração de propósito para o processo; Responsável ou dono do processo; Definir o início e o fim do processo; Defina as fronteiras do processo.

A declaração de propósito possui a função de definir a utilidade do processo de acordo com o que foi determinado pelo cliente, para assim poder contratar os profissionais certos para organização, com as habilidades corretas e no tempo adequado.

O propósito definirá o benefício do processo para a empresa. O responsável pelo processo é a pessoa que deverá se envolver em todas as atividades de melhoria ou definição do processo. O início e fim do processo serão os pontos de início e fim do fluxograma do mesmo. As fronteiras do processo irão definir se será necessário mais de um mapa de processo ou se todas as atividades poderão entrar em apenas um.

2.4.8 Root Cause Analysis

A *Root Cause Analysis* (RCA), em português “Análise da Causa Raiz”, procura identificar a fundo a verdadeira causa raiz das falhas identificadas em produtos e/ou processos, investigando os eventos que as causam (SAMPAIO, 2017). A análise é feita por meio de questionamento detalhado do que aconteceu, como aconteceu, por que aconteceu, até o momento em que todos os pontos críticos tenham sido identificados e analisados (PERCAPRIO; WATTS, 2013).

Desta forma, sua utilização é de significativa importância dentro das empresas, visto que auxilia diretamente no reconhecimento e solução de problemas. Através dela, evita-se que medidas sejam tomadas de forma precipitada, sem que de fato a raiz do problema seja atacada.

Segundo a obra de Baptista (2007), existem três tipos básicos de causa raiz. São eles:

- Raízes físicas: Causas tangíveis, que consistem em problemas relacionados aos componentes físicos de determinado sistema ou produto, por motivos de:
 - a) Sobrecarga: Acidente ou erro de operação;
 - b) Fadiga: Cargas cíclicas e continuadas, resultando na falha do sistema ou componente;
 - c) Corrosão: Causado pelo uso de material incorreto, condições inadequadas ou processos químicos, por exemplo;
 - d) Desgaste: Proveniente de problemas ligados, por exemplo, à lubrificação, contaminação, material incorreto e desalinhamento.
- Raízes humanas: Erros provenientes de falhas humanas, principalmente ligados a erros de decisão. Desta forma, são erros de omissão ou de ação, que refletem uma atitude mal tomada de alguma das pessoas envolvidas no processo. São

exemplos a falha de memória, erro de operação, levantamento errado de informações, entre outros.

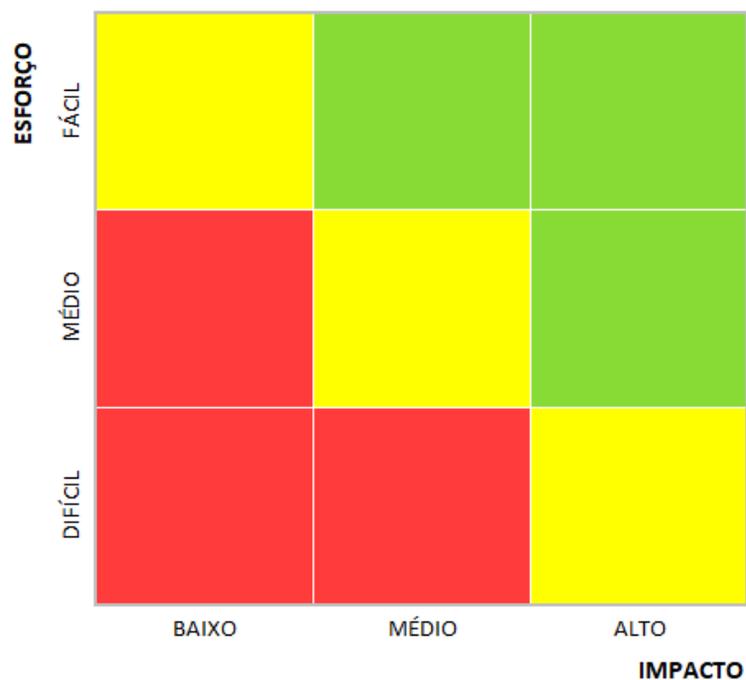
- Raízes organizacionais: São compreendidas como sistemas organizacionais dos quais as pessoas usam nas tomadas de decisão. Podem ser entendidas como sendo as causas capazes de permanecerem dormentes no sistema por um longo tempo, tornando-se evidentes apenas quando combinadas a outros fatores, rompendo as defesas do sistema (SAMPAIO, 2017). São alguns exemplos: Falta de comprometimento dos funcionários, falha de comunicação, falta de treinamentos, utilização incorreta de ferramentas, falta de acesso a informações e complacência com problemas.

Complementando a análise dos tipos de causas raízes, Baptista (2007) as diferencia de acordo com o impacto que elas são capazes de ter. As raízes mais rasas, sendo compreendidas como aquelas ligadas imediatamente ao evento da falha, comumente são as físicas. Já as raízes humanas são classificadas como sendo intermediárias, visto que ocasionam as raízes tangíveis ou deterioração dos componentes ou materiais. Por fim, as raízes organizacionais são tidas como as mais profundas, sendo consideradas pelo autor a razão pelo qual as outras causas tenham sido originadas.

2.4.9 Matriz de Esforço e Impacto

A Matriz de Esforço e Impacto (Figura 5) é bastante utilizada em projetos de melhoria, visto que facilita a escolha de tarefas prioritárias e, portanto, auxilia na Gestão do Tempo das organizações.

Seu objetivo é organizar de forma prioritária e ilustrar quais são as ações a serem tomadas que exigem menor ou maior esforço e geram maior ou menor impacto nos resultados das empresas. Para isso, as tarefas a serem cumpridas são distribuídas entre os quadrantes da matriz, levando em consideração os dois aspectos abordados por ela (ARAÚJO, 2017). Desta forma, a visualização das ações dentro da matriz é facilitada, tornando prática a compreensão do sequenciamento das mesmas.

Figura 5: Matriz de Esforço e Impacto

Fonte: Elaborado pela autora

Recomenda-se que as atividades sejam avaliadas por profissionais ligados às atividades, sendo estes responsáveis por analisá-las e verificar em qual quadrante cada ação melhor se encaixa (ARAÚJO, 2017); aquelas que venham a ser alocadas nos quadrantes em verde são as que geram maiores impactos com menores esforços, sendo recomendável, portanto, a priorização destas ações. Já as tarefas postas nos quadrantes amarelos são definidas como intermediárias, precisando ser avaliado se o alto esforço e baixo impacto, por exemplo, compensam seus resultados. Por fim, as ações que se encontram nos quadrantes de cor vermelha devem ser reavaliadas, visto que podem resultar em baixo impacto, ainda que demandem alto esforço. Assim, a realização das atividades alocadas nessa “zona de risco” é reavaliada, visto que seus resultados podem ser desfavoráveis.

3. METODOLOGIA

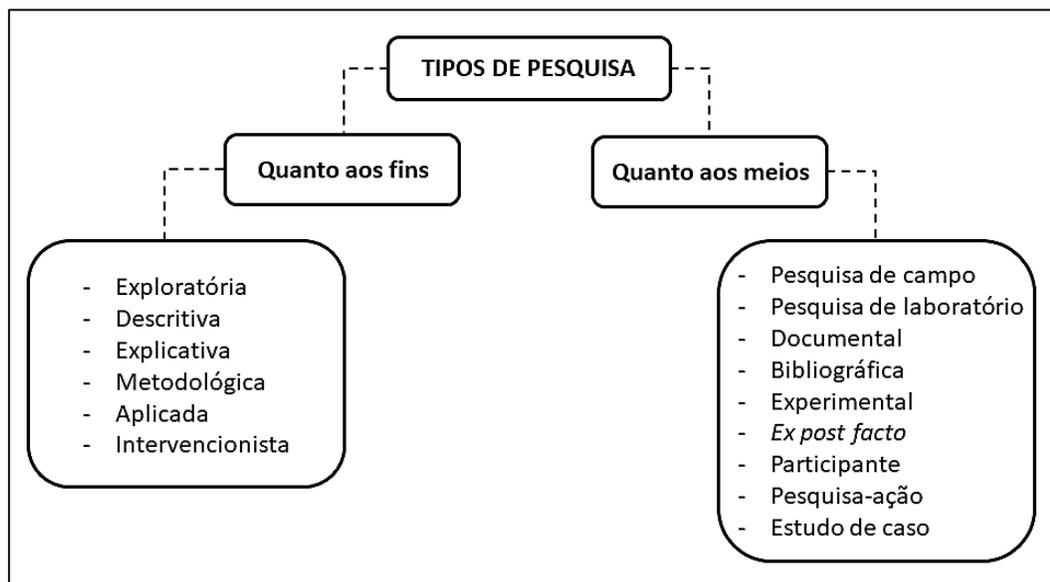
3.1 Tipo e Natureza da Pesquisa

Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa científica é uma atividade humana, cujo objetivo central é o conhecimento e explicações acerca de fenômenos, fornecendo respostas às questões significativas para a compreensão da natureza. Corroborando com este conceito, Severino (2007) afirma que o problema se formula como sendo a questão pela causa dos fenômenos observados, refletindo sobre a relação causal constante entre eles.

Visando o alcance das respostas almejadas, é necessário que o pesquisador estruture sua pesquisa de forma a dar apoio ao seu desenvolvimento. Para tanto, Silva e Porto (2016) afirmam que “toda pesquisa pressupõe um conjunto de ações, etapas e técnicas para sua realização. Por exemplo, deve-se deixar claro qual o método utilizado, os instrumentos, técnicas e sujeitos”.

Inicialmente, é necessário que o tipo da pesquisa seja definido de acordo com as classificações onde a mesma melhor se adapte, considerando os critérios adotados pelo autor do estudo. Vergara (2016) afirma que o leitor deve ser informado acerca do tipo de pesquisa a ser realizada, sua conceituação e justificativa; para tanto, a autora propõe as classificações expostas na Figura 6.

Figura 6: Classificação do tipo de pesquisa



Fonte: Elaborada a partir de Vergara (2016)

Considerando os objetivos traçados para o presente trabalho, e tendo como base a categorização proposta por Vergara (2016), esta pesquisa é classificada da seguinte forma:

- Quanto aos fins: Descritiva

A presente pesquisa é classificada como sendo descritiva, visto que a mesma visa descrever características presentes nos processos envolvidos na organização, além de estabelecer e compreender correlações entre as variáveis a serem analisadas durante o desenvolvimento do estudo.

Apesar disso, Vergara (2016) afirma que esta modalidade de pesquisa não tem como compromisso explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação. Silva e Porto (2016) asseguram que a pesquisa descritiva é uma classificação dada àquelas que visam descrever características de determinada população ou fenômeno, além de avaliar o estabelecimento de relações entre variáveis. Nesta modalidade, o pesquisador não interfere nos dados, apenas registra-os e descreve os fatos observados. Contribuindo com este conceito, a obra de Gil (2008) afirma que as pesquisas descritivas são, geralmente, adotadas por pesquisadores focados na atuação prática, utilizando técnicas padronizadas como, por exemplo, coletas de dados e observação sistemática.

- Quanto aos meios: Estudo de Caso e Pesquisa de Campo

A pesquisa em questão é classificada como Estudo de Caso e Pesquisa de Campo por ser desenvolvida a partir da análise das atividades de uma empresa específica, visando a coleta de informações e conhecimentos através do contato direto com a mesma.

Basicamente, a pesquisa de campo é desenvolvida por meio da observação direta das atividades do grupo estudado e de entrevistas com informantes para captar suas explicações e interpretações do que ocorre no grupo. Além disso, baseia-se na ocorrência espontânea dos fenômenos, coletando dados referentes e registrando as variáveis consideradas relevantes (GIL, 2008; PRODANOY; FREITAS, 2013).

Colaborando com esta categorização, Vergara (2016) afirma que o estudo de caso é o circunscrito a uma ou poucas unidades, estando as empresas englobadas nesta classificação. Este tipo de pesquisa possui uma metodologia tida como aplicada, na qual

se busca a aplicação prática de conhecimentos para a solução de problemas (PRODANOY; FREITAS, 2013).

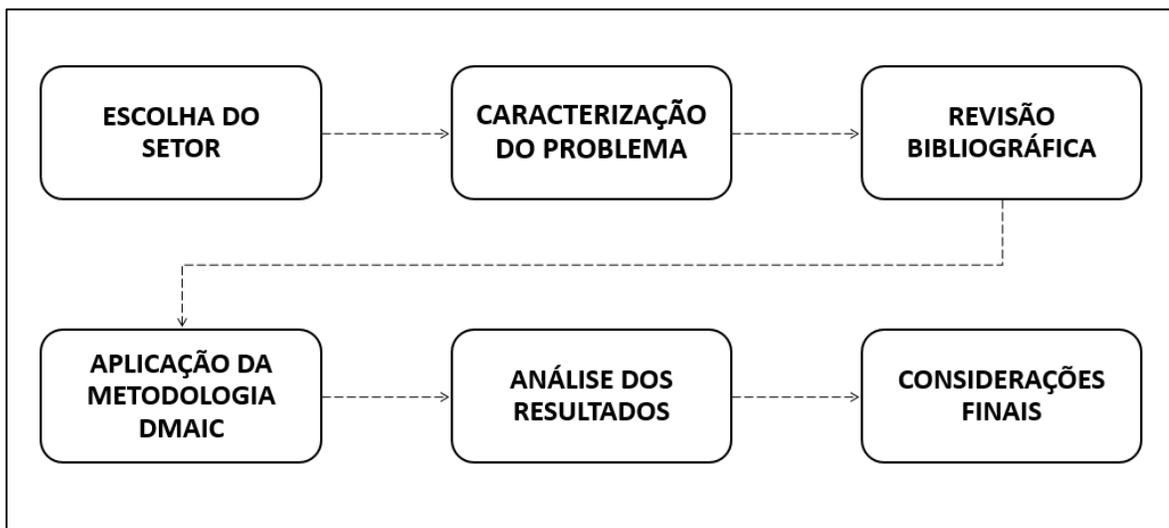
Além das classificações definidas acima, o presente estudo também é categorizado tanto como quantitativo quanto como qualitativo, visto que sua abordagem envolve aspectos ligados a ambos. Quantitativo, porque utiliza dados numéricos como forma de analisar e auxiliar no desenvolvimento da solução dos problemas, e qualitativo por considerar evidências capazes de auxiliar na compreensão do caso em estudo.

Quando se fala em pesquisa quantitativa ou qualitativa, não se está referindo a uma modalidade de metodologia em particular. É preferível falar-se de abordagem quantitativa e abordagem qualitativa, pois com tais designações é possível referir-se ao conjunto de metodologias adotado (SEVERINO, 2007).

3.2 Procedimentos e Fases da Pesquisa

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 7.

Figura 7: Etapas da Pesquisa



Fonte: Autoria própria

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 6, levando em consideração a sequência de atividades proposta por Werkema (2012).

Quadro 6: 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: Adaptado de Werkema (2012)

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 exhibe fluxogramas com as usuais medidas adotadas nas fases desenvolvidas.

3.3 Caracterização da empresa em estudo

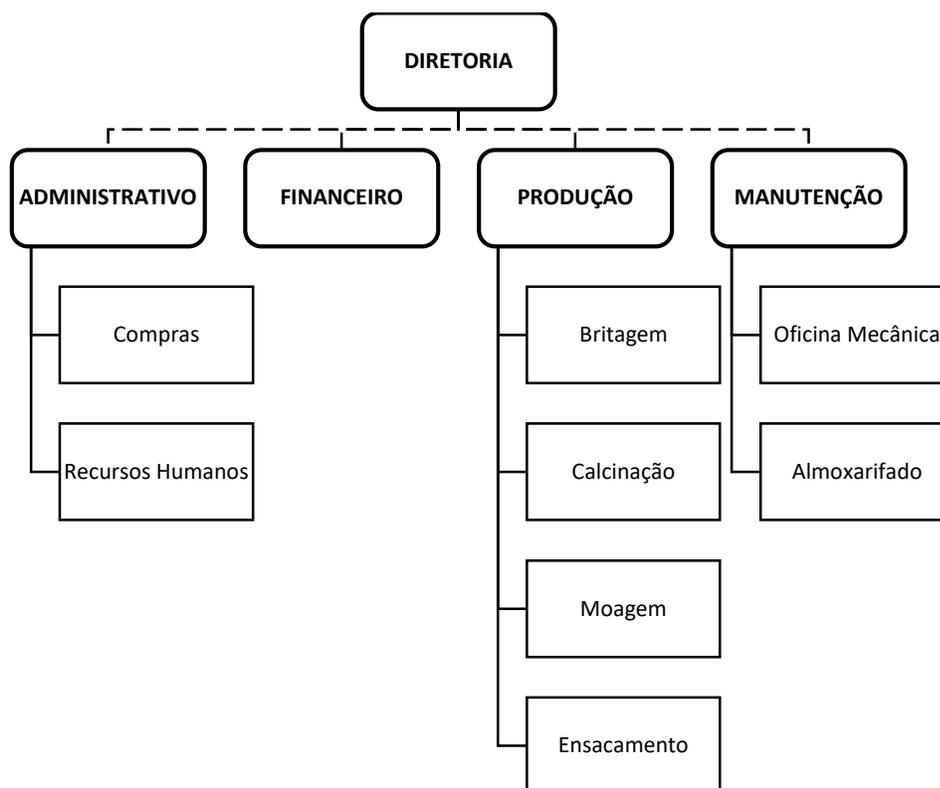
O objeto de estudo do presente trabalho é a Gesso Ouro Fino, empresa fabricante de gesso localizada na cidade de Araripina, no Estado de Pernambuco. Trata-se de uma

empresa familiar de pequeno porte, cuja atuação é voltada ao atendimento de clientes do mercado interno; seus principais compradores estão localizados nos Estados de São Paulo, Pará, Minas Gerais e Pernambuco.

As boas condições apresentadas pela infraestrutura industrial e operacional da empresa possibilitam a eficiência e qualidade de seus processos, tornando-a reconhecida na região. De acordo com dados fornecidos pelo gerente de produção, a fábrica opera com uma capacidade de até 172,5 sacos de gesso a cada hora de operação, totalizando uma produção de até 110,4 toneladas de gesso diárias.

De modo a atender sua demanda, a organização atua em três turnos e conta com um quadro de 19 funcionários, que se subdividem entre os setores Administrativo, Financeiro, Manutenção e Produção. A distribuição desses departamentos é ilustrada na Figura 8.

Figura 8: Organograma da empresa



Fonte: Autoria própria

O foco da empresa está voltado à produção dos três seguintes produtos (organizados de acordo com o nível de qualidade, do maior para o menor): gesso revestimento, gesso fundição e gesso de limpeza. Os produtos são classificados ao fim da produção de acordo com a qualidade apresentada, e o fato de todos passarem pelas mesmas etapas do processo produtivo justifica o fato de terem o mesmo custo de produção.

A principal característica que diferencia o gesso revestimento do gesso fundição é o tempo de pega (tempo até finalização do processo de endurecimento, solidificação ou enrijecimento do gesso), que muda de acordo com a variação de tempo e temperatura adotados na etapa de Calcinação. Já o produto de menor qualidade, tratado como gesso de limpeza, é proveniente dos desperdícios gerados no decorrer do processo, bem como a partir dos sacos que acabam se rompendo durante a produção.

É importante salientar que o preço de venda depende da qualidade apresentada pelo produto, havendo significativa diferença de valor entre as classificações. Ou seja, ainda que todos tenham os mesmos custos de fabricação, a margem de lucro se difere entre as classes, sendo mais lucrativo para a companhia a produção e venda daquele que retorna maior lucro, ou seja, o gesso revestimento.

3.3.1 Critérios de Qualidade

A classificação dos tipos de gesso varia de acordo com a qualidade apresentada pelo material, avaliada com base em especificações definidas para o produto. Os principais critérios de qualidade que definem a classificação do gesso produzido são: Nível de granulometria, tempo de pega do produto, consistência, coloração, resistência e homogeneidade. Sendo assim, o ideal é que o gesso seja fino, com o menor nível de granulosidade possível, possua tempo de pega lento (permitindo que o gesso, quando preparado, apresente fácil manuseio), exiba coloração predominantemente branca e seja homogêneo. Essas características são frequentemente avaliadas pelos clientes, visto que são elas quem ditam a qualidade do produto e indicam se o mesmo é ideal para a realização das atividades direcionadas ao mesmo.

Para que o nível de qualidade do gesso seja verificado, a fábrica realiza três testes. São eles: espriamento, tempo de pega e umidade. Os mesmos são desenvolvidos no

laboratório localizado dentro da própria fábrica, ao lado do setor produtivo. Este fato garante que o gesso a ser avaliado seja direcionado em tempo ágil ao laboratório, tornando a realização dos testes eficiente. A descrição de cada teste é feita a seguir.

- **Espraiamento (Figura 9):** Este teste tem como objetivo verificar a textura e consistência do gesso, avaliando seu nível de espalhamento. O primeiro passo é a preparação do produto, feita a partir da mistura entre 150 g de água e 200 g de gesso, agitados por cerca de dois minutos e posteriormente deixado em repouso. Em seguida, a massa obtida é posta ainda fresca sobre uma base onde são ilustrados diferentes níveis, cujas divisões indicam as diferentes condições de espalhamento do produto e apontam qual é a recomendada. A partir daí o material se espalha, sendo validado se sua consistência é ideal, satisfatória ou inadequada.

Figura 9: Base indicadora do nível de espalhamento

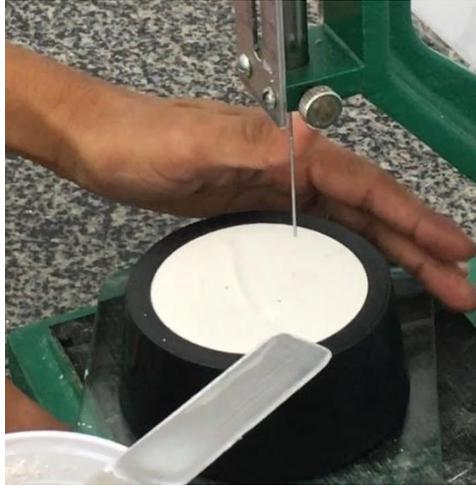


Fonte: Fornecido pela empresa

- **Tempo de pega (Figura 10):** Teste realizado com o intuito de verificar o tempo de pega do material, além de permitir avaliar de forma empírica a presença de arenosidade no gesso. Para isso, inicialmente é acionado um cronômetro e preparada uma mistura de gesso similar à do teste anterior; posteriormente o material é posto num aparelho de vikat. Quando a massa começa a perder o brilho, a mesma é posta num equipamento onde é submetida à perfuração de uma agulha. Caso a agulha estacione numa profundidade de 1 mm, significa que o tempo de

“pega” do gesso foi iniciada, sendo marcada no cronômetro. Quando a consistência do material não permite mais a perfuração pela agulha, significa que o período de pega foi finalizado, sendo definindo assim seu tempo total.

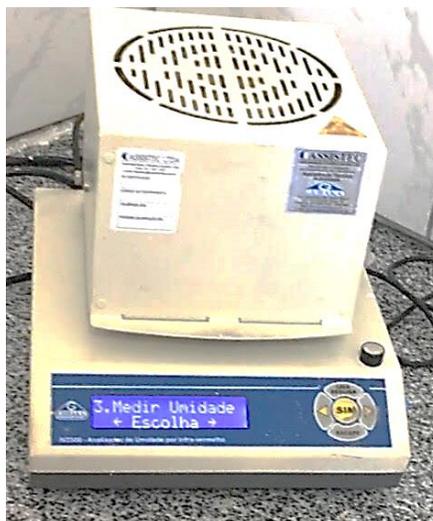
Figura 10: Teste para Tempo de Pega



Fonte: Autoria Própria

- Umidade (Figura 11): Neste teste verifica-se a quantidade de água retirada da gipsita até que a mesma chegue ao estado de gesso, processo esse que ocorre durante a calcinação. Neste caso, uma pequena amostra do gesso em pó é posta num equipamento específico para medição de umidade, garantindo se o mesmo está dentro das especificações impostas para o produto.

Figura 11: Equipamento mensurador de umidade



Fonte: Autoria Própria

A cada *pallet* produzido são retiradas amostras de 0,4 kg para realização de cada testes, possibilitando o acompanhamento de qualidade do produto. Esse controle é feito diariamente através de um sistema de qualidade onde são reunidos dados como o lote, número do *pallet* analisado, data e resultados obtidos. Além disso, são realizados ensaios desenvolvidos pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco, onde são avaliados os seguintes pontos:

- Presença de água livre e água de cristalização;
- Consistência;
- Conteúdo líquido;
- Dureza;
- Embalagem;
- Granulometria;
- Resistência à compressão;
- Tempo de pega.

Vale salientar que a realização destes testes está de acordo com as atuais normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), garantindo assim a credibilidade dos resultados. São elas NBR12127, NBR 12128, NBR12129 e NBR13207, que dizem respeito, respectivamente, às propriedades físicas do pó de gesso, propriedades físicas da pasta, propriedades mecânicas e seus requisitos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

3.3.2 Caracterização do Processo Produtivo

O início do processo de fabricação do gesso é dado pela recepção de sua matéria-prima, o mineral intitulado gipsita, um sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que tem a composição estequiométrica média de 32,5% de óxido de cálcio (CaO), 46,6% de trióxido de enxofre (SO_3) e 20,9% de água (H_2O) (MUNHOZ; RENÓFIO, 2006). O minério é visualmente inspecionado e posteriormente direcionado a um britador (Figura 12); este britador é quem decompõe as pedras do minério em partes menores, sendo esta fase essencial para a facilitação da execução dos processos posteriores. Feito isso, o material é encaminhado para um segundo britador, onde é fragmentado em pedaços

ainda menores, de forma a reduzir sua granulometria e, assim, facilitar as reações ocorrentes nas próximas etapas.

Figura 12: Britador



Fonte: Aatoria própria

A próxima fase é a calcinação, processo de aquecimento responsável por eliminar as moléculas de água presentes no minério, transformando-o em pó. Os fornos utilizados nesta fase (Figura 13) são mantidos entre 157°C e 185°C durante a atividade, tendo esta uma duração média de 1 hora e 30 minutos. Em seguida, o material obtido segue para a moagem (Figura 14), etapa que tem como objetivo a redução da granulometria do gesso e que determina sua característica textura fina; para isso, o material é peneirado, processo crucial para a textura final do gesso. O cumprimento de todas essas etapas caracteriza o final de seu processamento do produto.

Figura 13: Fornos



Fonte: Aatoria Própria

Figura 14: Moinhos

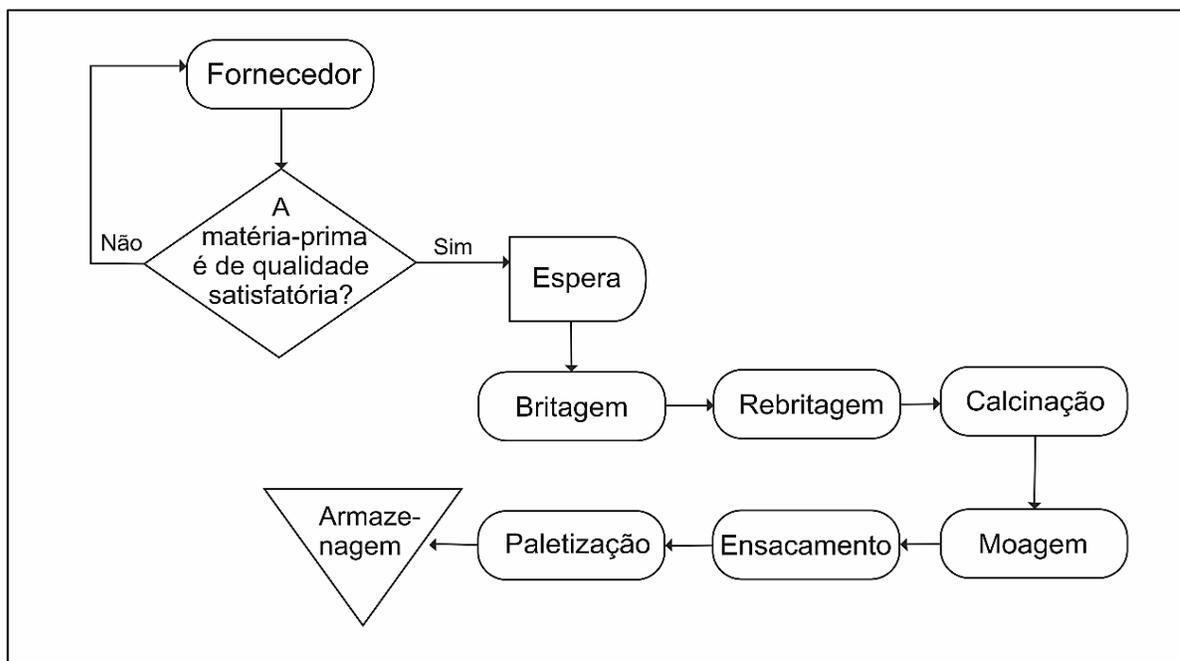
Fonte: Autoria Própria

Por fim, o gesso passa pelo ensacamento (Figura 15), onde é ensacado e pesado de forma automática; são utilizados sacos valvulados de 40 kg, específicos para comportar este tipo de material. Ao final do processo de fabricação, os sacos são paletizados de quarenta em quarenta unidades, seguindo para o armazém da fábrica. Vale ressaltar que durante todo o período de fabricação são preenchidos os Controles Diários de Produção, fichas onde são acompanhadas as temperaturas iniciais e finais dos fornos em cada ciclo produtivo, bem como o tempo de processamento, quantidade produzida e identificação do funcionário responsável. Esta ação facilita a resolução de problemas que venham a ser identificados no produto, visto que é possível a obtenção de informações relacionadas às suas condições, momento de produção e identificação do seu responsável pelo processo.

Figura 15: Ensacadora

Fonte: Autoria Própria

Ademais, tais etapas de fabricação são exibidas na Figura 16, que apresenta um fluxograma representativo do processo em análise.

Figura 16: Fluxograma do processo

Fonte: Elaborado pela autora

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aplicação da Metodologia DMAIC

Para aplicação do método DMAIC, tomou-se como base a revisão bibliográfica realizada no Capítulo 2 da presente pesquisa, acompanhada de visitas à empresa para análise e coleta de dados acerca do processo. Ao fim das etapas do método, foram elaborados planos de ação com o intuito de propor soluções para os principais problemas identificados.

4.1.1 Etapa Definir – DEFINE

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 pontos-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.

4.1.1.1 Formação da Equipe

O primeiro passo da etapa Definir foi a formação da equipe de trabalho atuante no projeto (Quadro 7), 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.

Quadro 7: Equipe de Trabalho

CARGO	RESPONSABILIDADE
Diretor Executivo	Patrocinador
Diretora Financeira	Membro da Equipe
Gerente de Produção	Membro da Equipe
Auxiliar de Laboratório	Membro da Equipe
Auxiliar Administrativo	Membro da Equipe
Estudante de Engenharia de Produção	Líder de Implementação

Fonte: Elaborado pela autora

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.

4.1.1.2 Escolha do Setor

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 2) 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 destaca-se 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 2: Matriz de Priorização dos Setores

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

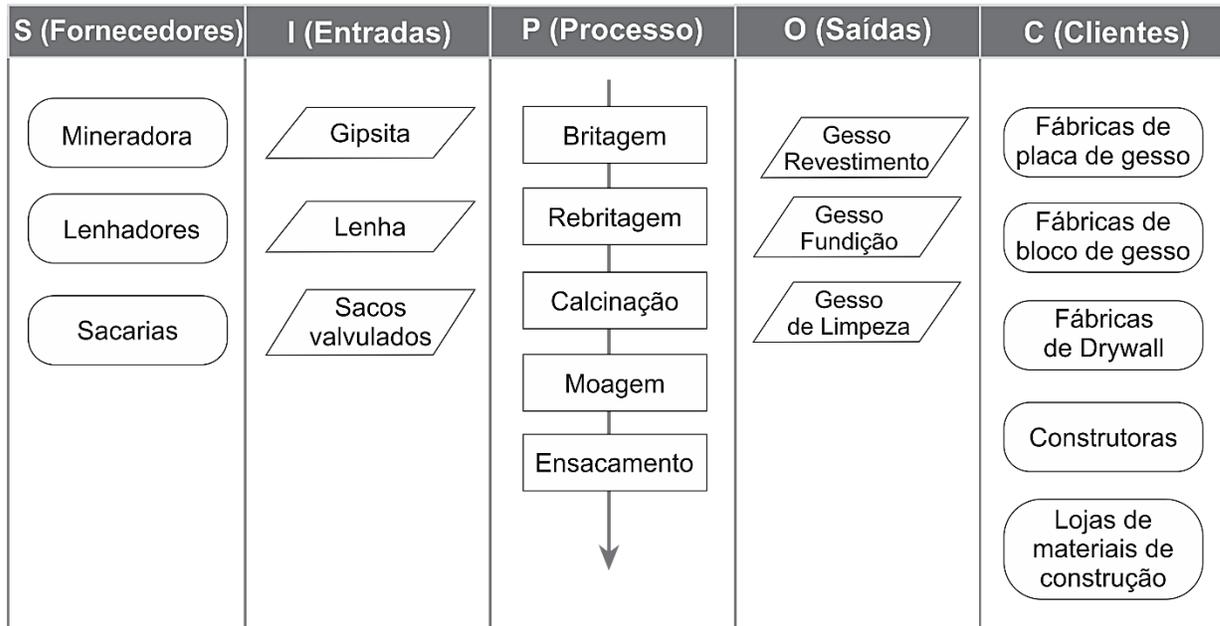
Fonte: Elaborada pela autora

4.1.1.3 Compreendendo o Processo Produtivo

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 17 detalha cada fase presente na fabricação do gesso da empresa, exibindo a ordem da realização dos procedimentos de forma macro.

Figura 17: Diagrama SIPOC do processo produtivo



Fonte: Elaborado pela autora

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 final 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.

4.1.1.4 *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. A mesma é ilustrada no Quadro 8.

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.

Quadro 8: Project Charter

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.		

(Continua...)

Fonte: Elaborado a partir de Sampaio (2017)

Continuação do Quadro 8:

Quadro 8: Project Charter

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: Elaborado a partir de Sampaio (2017)

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 os mesmos 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.

4.1.1.5 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.

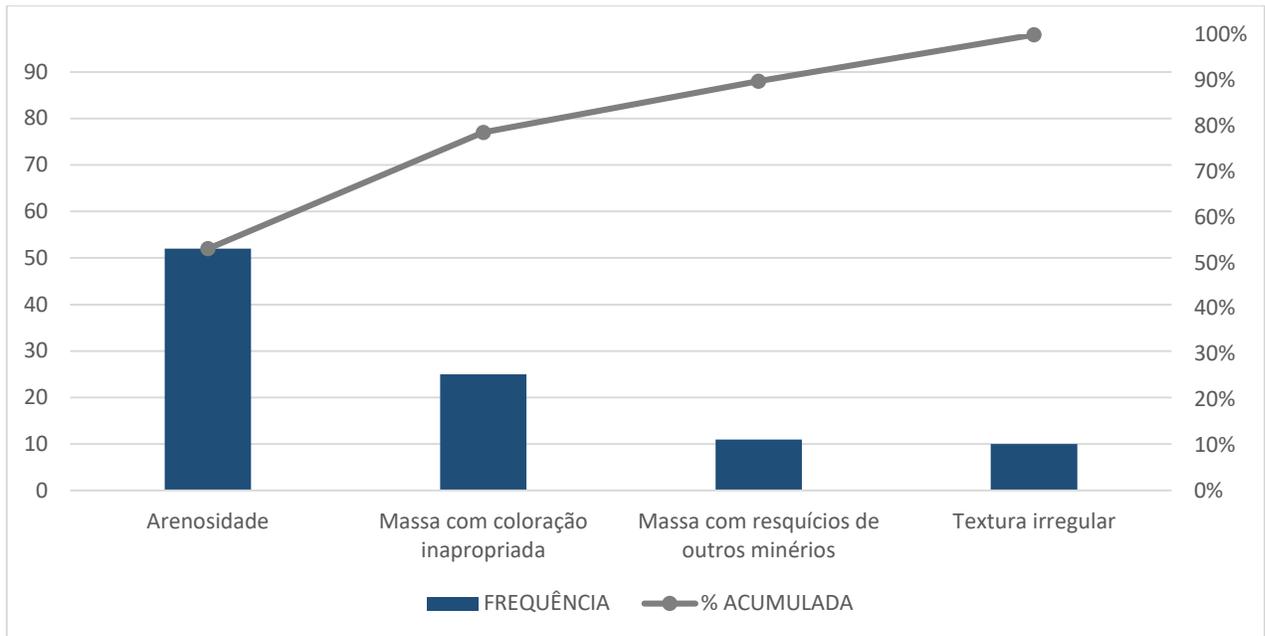
Devido ao fato de as fábricas utilizarem o material diretamente em sua produção, a aparência das embalagens não conta como critério importante, não influenciando em sua avaliação.

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.

4.1.2 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.

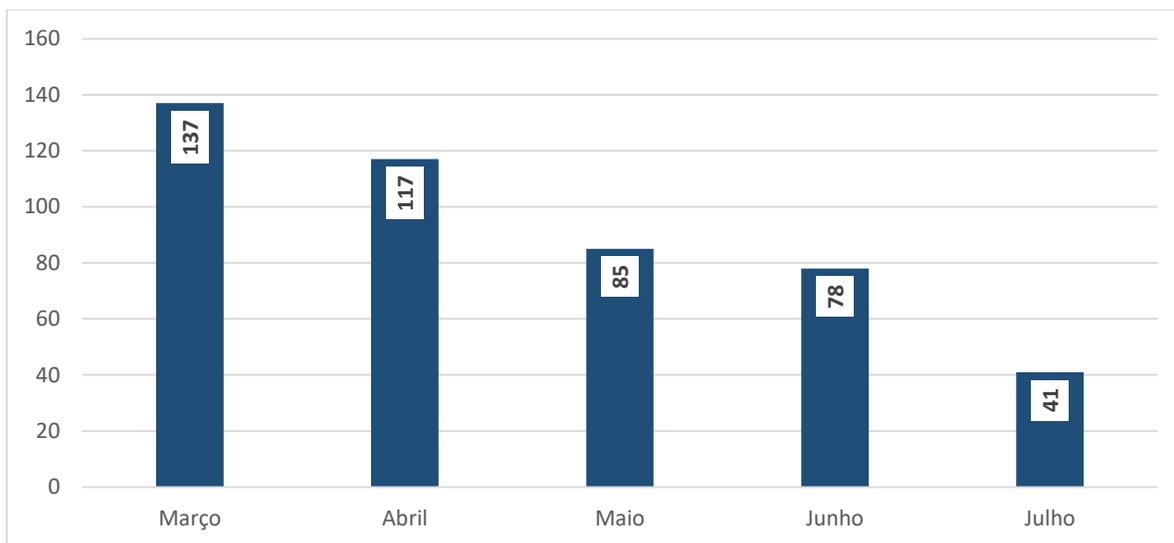
A análise foi feita com base nos dados dos meses entre março e julho de 2018, onde foram identificados os seguintes problemas no gesso produzido: Arenosidade, coloração inapropriada, resquícios de outros minérios e textura irregular da massa. Estes problemas são provenientes de situações como más condições 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 os problemas de qualidade é vista através do Diagrama de Pareto (Figura 18), utilizado com o intuito de facilitar a compreensão dos dados e identificar os pontos que devem ser priorizados.

Figura 18: Diagrama de Pareto

Fonte: Elaborado pela autora

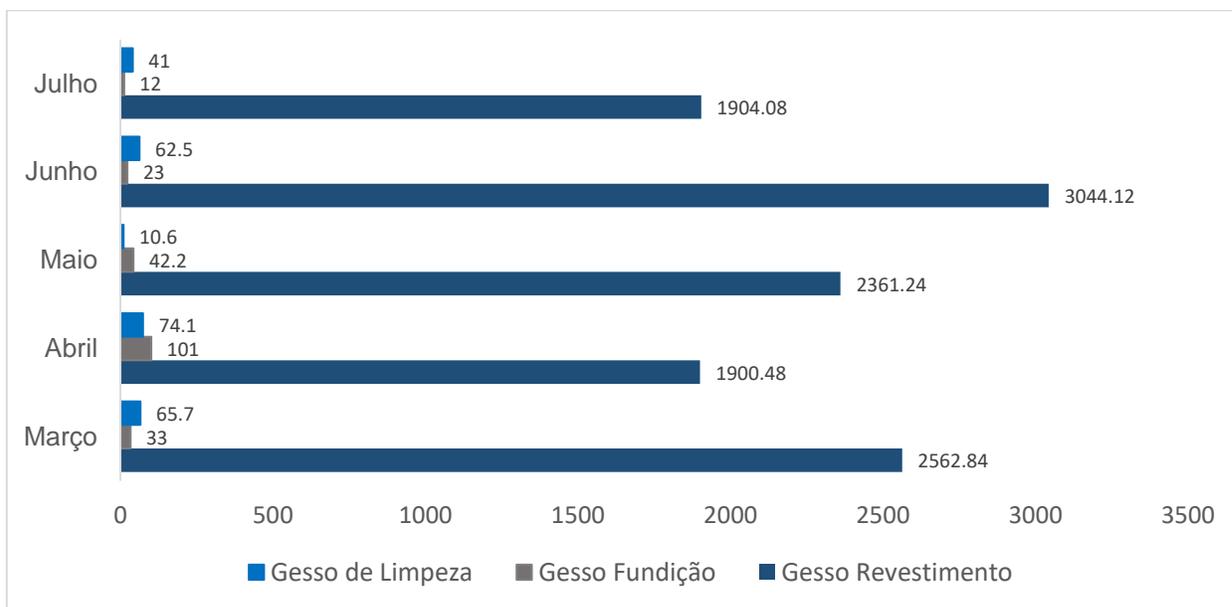
Analisando o diagrama da Figura 18, é notório o quanto o defeito “arenosidade” se sobressai em relação aos outros, tendo apresentado uma frequência correspondente a 53% em relação às 98 vezes em que falhas foram identificadas. Vale ressaltar que dentre as falhas analisadas, esta é uma das que mais influenciam 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 final, 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 19 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 19: Quantidade de sacos rompidos

Fonte: Elaborado pela autora

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 20.

Figura 20: Volume de vendas (toneladas)

Fonte: Elaborado pela autora

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. O comparativo entre os preços de cada produto pode ser analisado através da Tabela 3.

Tabela 3: Preços de venda dos gessos

TIPO DE GESSO	PREÇO DE VENDA (ton)
Gesso Revestimento	R\$ 220,00
Gesso Fundição	R\$ 210,00
Gesso de Limpeza	R\$ 65,00

Fonte: Elaborada pela autora

Considerando o volume vendido nos cinco meses analisados e os preços de venda exibidos na Tabela 3, 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, conseqüentemente, da satisfação dos clientes, a redução dos problemas encontrados trariam benefícios financeiros à organização. Maior detalhamento acerca dos resultados financeiros da empresa é apresentado no Apêndice D.

4.1.3 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. O mesmo 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 dos mesmos. Para isto, aplicou-se a Análise do Modo e Efeito de Falhas – FMEA (Apêndice A), 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 9.

Quadro 9: Interpretação do Nível de Prioridade e Risco

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: Elaborada pela autora

A Tabela 4 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.

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.

Tabela 4: *Ranking* dos problemas de acordo com o 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: Elaborada pela autora

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 5.

Tabela 5: Número de causas por problema

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

Fonte: Elaborada pela autora

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 (Tabela 4)

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 6.

Tabela 6: Grau de correlação entre problemas e causas

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

Fonte: Elaborada pela autora

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 7 exhibe as dez causas que apresentaram os maiores índices de gravidade, tendo eles pontuações superiores a 20 pontos.

Tabela 7: *Ranking* das principais causas raízes identificadas

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

Fonte: Elaborada pela autora

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.

4.1.4 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 10), onde foram descritos os detalhes das ações propostas. 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 final seja um espelho da qualidade percebida desde o início dos processos.

Quadro 10: 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 norteiar os funcionários acerca das atividades	Mapeamento e descrição detalhada das atividades	Setor produtivo

Fonte: Elaborado pela autora

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 11.

Quadro 11: 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 <i>layout</i>	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: Elaborado pela autora

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

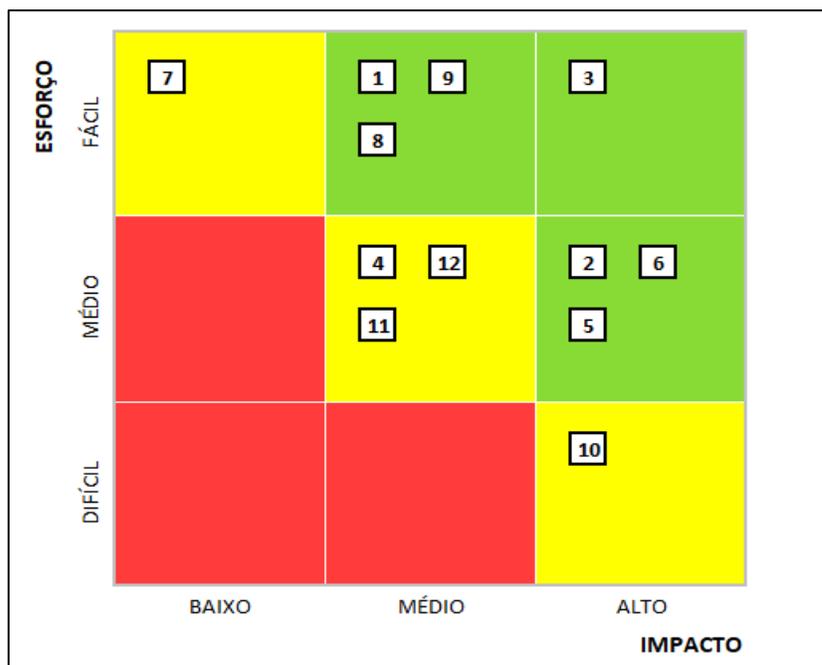
Tabela 8: Representação numérica das propostas de melhoria

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: Elaborada pela autora

Por fim, a Figura 21 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 21: Matriz de Esforço x Impacto

Fonte: Elaborado pela autora

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. CONSIDERAÇÕES FINAIS

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. Tudo isso permitiu que fossem definidas as características críticas para qualidade (CTQs) do produto, utilizadas como norte para as análises feitas e identificando o que agrega maior valor ao produto. Dentre os fatores reconhecidos, os que mais se sobressaíram foram preço justo e cumprimento dos requisitos de qualidade do gesso.

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. Além disso, os resultados financeiros obtidos pela organização também serviram como avaliação do impacto que estes problemas causam à companhia, demonstrando que a presença de falhas na qualidade e desperdícios causam a alta produção de gesso limpeza, o que impediu a empresa de ter lucrado R\$ 39.354,50 a mais no período de 5 meses analisados.

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.

A medida que as ferramentas da qualidade foram aplicadas, dando base ao desenvolvimento do método DMAIC, foi possível o ampliamiento do conhecimento acerca do processo produtivo do gesso, tornando clara a problemática da empresa e facilitando o diagnóstico, análise e proposição de melhorias. Dentre as ações sugeridas para atacar as causas raízes reconhecidas, estão a avaliação dos fornecedores, capacitação e treinamento dos funcionários e o desenvolvimento de Procedimentos Operacionais Padrão, além da adoção de um plano de manutenção preventiva para o maquinário da fábrica.

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. Espera-se que, com as medidas propostas, os problemas de qualidade e os desperdícios identificados no processo produtivo sejam reduzidos, de forma que o produto seja fabricado em sua melhor classificação e que, conseqüentemente, a lucratividade da empresa seja aumentada.

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.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12127: Gesso para construção civil — Determinação das propriedades físicas do pó**. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12128: Gesso para construção civil — Determinação das propriedades físicas da pasta de gesso**. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12129: Gesso para construção civil — Determinação das propriedades mecânicas**. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12129: Gesso para construção civil — Requisitos**. Rio de Janeiro, 2017.
- BAÑUELAS, Ricardo; ANTONY, Jiju. Six sigma or design for six sigma? **The TQM Magazine**, Bradford, v. 16, p.250-263, 2004.
- BAPTISTA, José A. **Importância da Análise de Causa Raiz (Root Cause Analysis) na melhoria do desempenho da manutenção industrial**. 2007. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/arquivos/191/191.pdf>>. Acesso: 27 de Mar. 2016.
- BAUCH, Christoph. **Lean Product Development: Making waste transparent**. 2004. 132 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Industrial, Technical University of Munich, Munique, 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. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Volume 35. Brasília: 2015.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM. **Relatório técnico 34: Perfil da Gipsita**. Setembro, 2009.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da qualidade total**. Belo horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas**. São Paulo: Atlas, 2016.

CARVALHO, Marly Monteiro de; PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

CHANG, C.L.; LIU, P.H. e WEI, C.C. **Failure mode and effects analysis using grey theory**. Integrated Manufacturing Systems, n.3, v.12, 2001.

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.

DIAS, Sérgio Matos. **Implementação da metodologia Lean Seis Sigma: O caso do Serviço de Oftalmologia dos hospitais da Universidade de Coimbra**. 2011. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Biomédica, Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

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.

ELIAS, Sérgio José Barbosa; OLIVEIRA, Mauro Macedo de; TUBINO, Dálvio Ferrari. **Mapeamento do Fluxo de Valor: Um estudo de caso em uma indústria de gesso**. **Revista Admpg: Gestão Estratégica**, Ponta Grossa, v. 4, n. 1, nov. 2011.

FERNANDES, Ciro Henrique de Araújo. **Aplicação da metodologia DMAIC para redução dos desperdícios em uma indústria de gesso localizada em Trindade - PE**. 2018. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2018.

GEORGE, M. L. **Lean Six Sigma for Service: how to use lean speed and six sigma quality to improve services and transactions**. New York: McGraw-Hill. 2003.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HOPP, Wallace J.; SPEARMAN, Mark L.. **A Ciência da Fábrica**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 691 p.

KILCZEWSKY, Steve. **66th Porcelain Enamel Institute Technical Forum**. Westerville: The American Ceramic Society, 2004.

KONING, H., Does, R. J. M. M., & Bisgaard, S. **Lean Six Sigma in financial services**. International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage, 4(1), 1-17. 2008.

LIKER, Jeffrey K.. **Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufactures**. Nova Iorque: Productivity Press, 2004.

LIMA, Edson Pinheiro de; GARBUIO, Paula Andrea da Rosa; COSTA, Sérgio Eduardo Gouvêa da. **Proposta de modelo teórico-conceitual utilizando o Lean Seis Sigma na Gestão da Produção**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, 2009.

MANI, Grazielle Moro; PÁDUA, Fabiana S. Miranda de. **Lean Seis Sigma**. Interface Tecnológica, vol. 5. São Paulo, 2008.

MANN, David. **Creating a Lean Culture: tools to sustain lean conversions**. New York: Productivity Press, 2005. 224p.

MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. **Gestão da Qualidade**. 8. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006. 195 p. (Série Gestão Empresarial).

MONTGOMERY, Douglas C.. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2004.

MUNHOZ, F. C.; RENÓFIO, A. **Uso da Gipsita na Construção Civil e Adequação para a P+L**. In: XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil. Anais... SIMPEP, SP, 2006.

PACHECO, Diego Augusto de Jesus. Teoria das Restrições, *Lean Manufacturing* e Seis Sigma: Limites e possibilidades de integração. **Production Journal**, São Paulo, v. 1, n. 1, p.1-53. 2013.

PALADINI, Edson Pacheco. **Avaliação Estratégica da Qualidade**. São Paulo: Atlas, 2007.

PEINADO, J. GRAEML A. **Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços**. UnicenP. Curitiba, 2007.

PERCARPIO, Katherine; WATTS, Vince. **A Cross-Sectional Study on the Relationship Between Utilization of Root Cause Analysis and Patient Safety at 139 Department of Veterans Affairs Medical Centers**. Joint Commission Journal On Quality And Patient Safety, v. 1, n. 39, p.32-37, mar. 2013.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P. & LA FUENTE, D. de. **A decision support system for applying failure mode and effects analysis**. International Journal of Quality & Reliability Management, n.2, v. 19, 2002.

RAUSAND, M. & OIEN, K. **The basic concepts of failure analysis**. Reliability Engineering and System Safety, 1996.

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

RASMUSSEN, D.. **The SIPOC picture book: a visual guide to the SIPOC/DMAIC relationship**. Madison: Oriel Incorporated. 19 p., 2006.

SÁ, Natalia Haluska Rodrigues de; PIMENTEL, Lia Lorena. **Avaliação do desperdício de gesso aplicado como revestimento**. In: Encontro de Iniciação Científica da PUC, 14. Campinas. Anais. Campinas, 2009.

SAMPAIO, Bárbara Évelin Oliveira. **Aplicação da metodologia DMAIC para redução do número de paradas de manutenção corretiva em uma empresa de transporte público localizada em Petrolina - PE**. 2017. 112 f. Trabalho Final de Curso - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2017.

SANTOS, Débora de Gois et al. **Principais causas para a geração de resíduos de gesso em revestimento de tetos e paredes, incorporados e descartados por meio de Mapeamento de Processos e Fluxo de Valor**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 13. Canela, 2010.

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, Pedro Vieira Souza. **Utilização da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) para identificação de desperdícios no processo produtivo de uma empresa fabricante de gesso**. 2018. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2018.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, Cláudio Nei Nascimento da; PORTO, Marcelo Duarte. **Metodologia Científica Descomplicada: Prática Científica para Iniciantes**. Brasília: IFB, 2016.

SINDUSGESSO (Sindicato das Indústrias do Gesso do Estado de Pernambuco), disponível em: http://www.sindusgesso.org.br/polo_gesseiro.asp. Acesso em: 20.01.2018.

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

STAMATIS, D.H. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution**. Milwaukee, Winsconsin: ASQ Quality Press, second edition, 2003.

STEVENS, J. D. **Blueprint for measuring project quality**. Journal of Management Engineering, 12(2), 34-39. 1996.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 16. ed. - São Paulo: Atlas, 2016.

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.

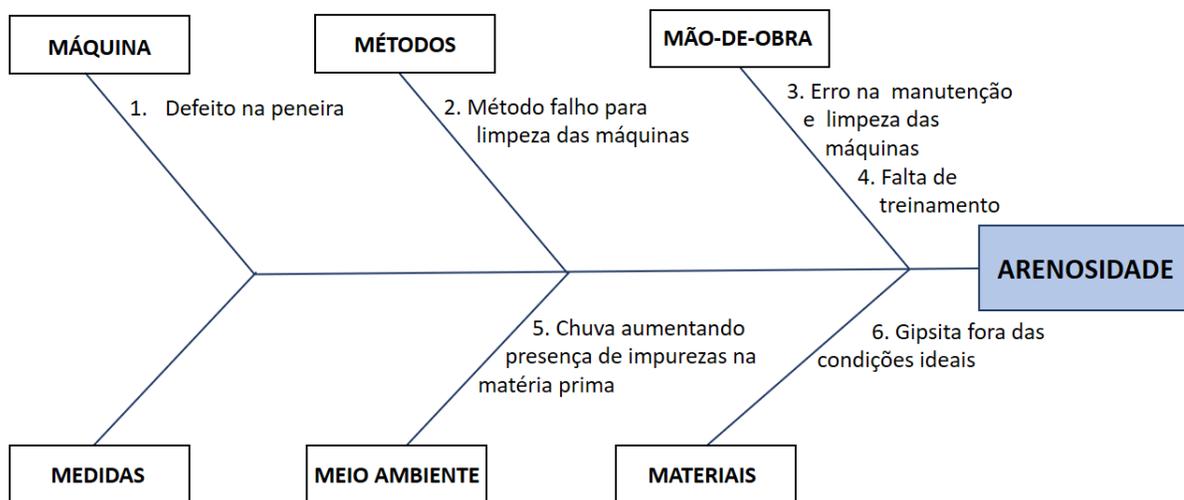
APÉNDICE

APÊNDICE A – Análise dos Modos e Efeitos de Falhas (FMEA)

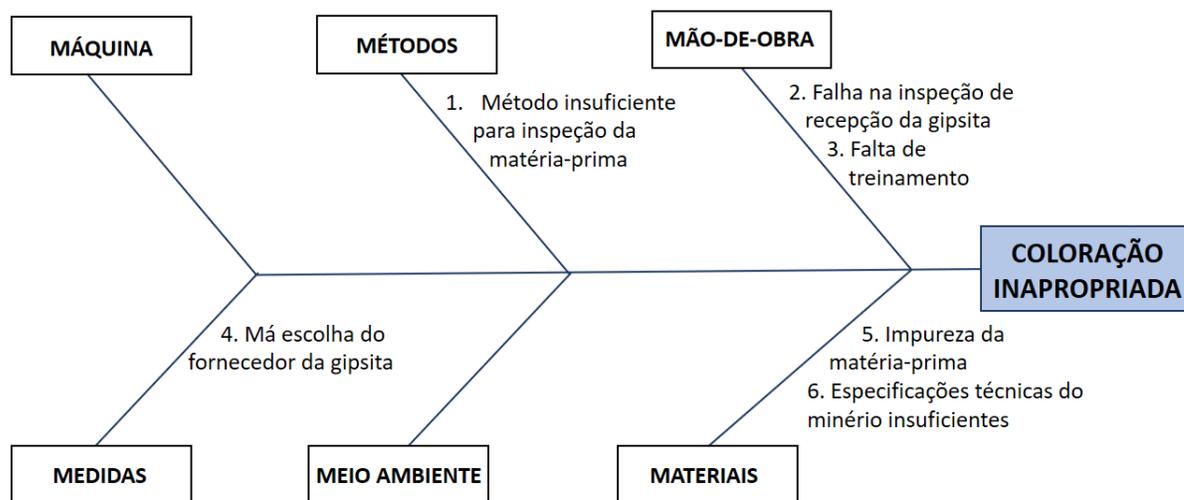
Processo/Produto	Tipo de Falha Potencial	Efeitos da Falha Potencial	Causas Potenciais	Controles Atuais	ÍNDICES				Ações Recomendadas
					SEV	OCO	DET	RPN	
Descrição do produto	Como o produto pode demonstrar falhas?	Impactos causados pela falha	Descreva as potenciais causas	Quais são os controles atuais?	Qual a severidade de impacto da falha?	Qual a frequência de ocorrência?	Quão bem pode-se detectar as falhas?	Risco e Número de Prioridade	Quais ações recomendadas para se detectar ou evitar que o problema ocorra?
Gesso	Arenosidade	Produto apresentar acabamento ruim e tornar-se impróprio para suas aplicações	Defeito na peneira, acompanhamento inadequado do processo, má limpeza das máquinas, impurezas na matéria-prima, fornecedor mal escolhido, manutenção das máquinas e inspeção inadequada da matéria-prima.	Testes laboratoriais para acompanhamento do nível de arenosidade	8	9	9	648	Avaliação dos fornecedores, manutenção preventiva das máquinas e treinamento
Gesso	Coloração inapropriada	Aspecto visual ruim	Impurezas na matéria prima, má escolha do fornecedor, gipsita fora das condições ideais e inspeção inicial inadequada.	Avaliação visual do gesso pronto	6	6	8	288	Melhorar método de inspeção da matéria-prima, avaliação dos fornecedores e treinamento
Gesso	Resquícios de outros minérios	Propriedades e textura do produto são comprometidos	Impurezas na matéria-prima, má escolha do fornecedor, inspeção inicial inadequada, pressa nas atividades e falha na limpeza das máquinas.	Inspeção de recebimento da gipsita	7	4	7	196	Melhorar método de inspeção da matéria-prima, avaliação dos fornecedores, treinamento e melhora na limpeza das máquinas
Gesso	Textura irregular da massa	Propriedades físicas do produto são alteradas	Falta de POP, sincronismo ruim nas atividades, acompanhamento inadequado do processo, falta de treinamento, manutenção das máquinas, tempo e temperatura de calcinação inadequados.	Manutenção preventiva, testes laboratoriais de espraçamento, tempo de pega e umidade e acompanhamento das condições na calcinação	8	3	9	216	Treinamento dos funcionários, elaboração de Procedimentos Operacionais Padrão e manutenção preventiva das máquinas
Gesso	Desperdício do produto	Perda financeira sofrida pela empresa	Falta de POP, sincronismo ruim das atividades, acompanhamento inadequado do processo, falta de treinamento, manutenção e limpeza das máquinas, manuseio inadequado do material e sacarias com defeito.	Alteração do tipo de sacaria, manutenção preventiva das máquinas	9	8	8	576	Treinamento dos funcionários, elaboração de Procedimentos Operacionais Padrão e manutenção preventiva das máquinas e limpeza das mesmas

Fonte: Elaborado pela autora

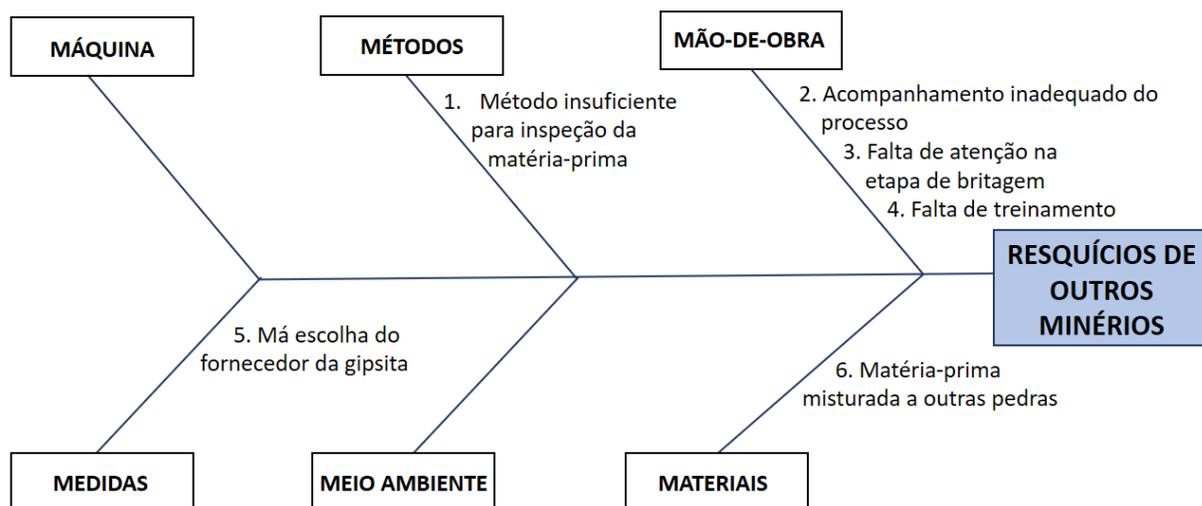
APÊNDICE B – Diagramas de *Ishikawa*



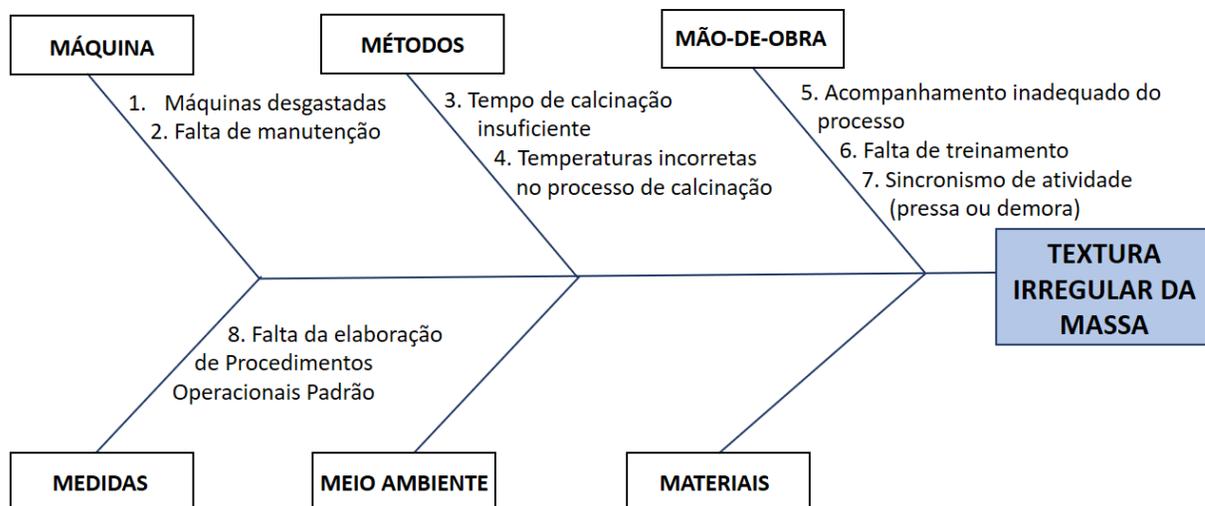
Fonte: Elaborado pela autora



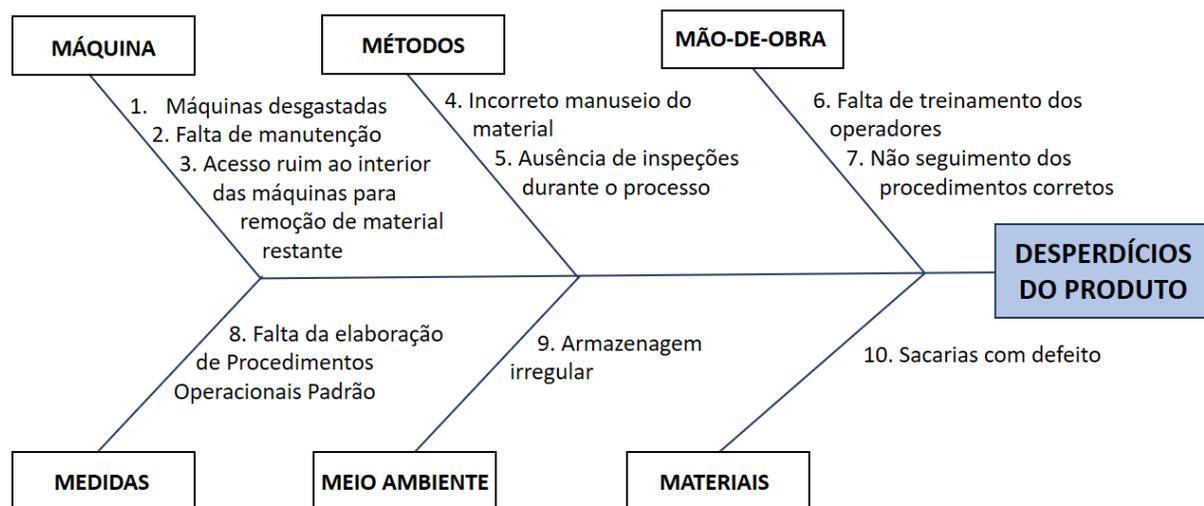
Fonte: Elaborado pela autora



Fonte: Elaborado pela autora



Fonte: Elaborado pela autora



Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE C – Matriz de Priorização – Possíveis causas de problemas

		PROBLEMAS					PONTUAÇÃO TOTAL
		Arenosidade	Coloração inapropriada	Resquícios de outros minérios	Textura irregular da massa	Desperdícios do produto	
POSSÍVEIS CAUSAS	Falta de Procedimentos Operacionais Padrão	6	2	5	9	9	31
	Sincronismo de atividade (pressa ou demora)	3	3	7	9	9	31
	Acompanhamento inadequado do processo	7	0	6	9	8	30
	Falta de treinamento	5	3	6	8	8	30
	Método falho na limpeza das máquinas	7	0	7	4	8	26
	Impurezas na matéria prima	8	6	9	2	0	25
	Má escolha do fornecedor da gipsita	8	8	8	0	0	24
	Gipsita fora das condições ideais	5	9	6	3	0	23
	Manutenção inadequada das máquinas	8	0	0	8	7	23
	Inspeção inadequada da matéria-prima	8	7	8	0	0	23
	Máquinas desgastadas	3	0	0	7	8	18
	Defeito na peneira	9	0	5	0	3	17
	Ruim acesso ao interior das máquinas	0	0	0	7	9	16
	Especificações técnicas do minério insuficientes	3	9	2	0	0	14
	Tempo de calcinação insuficiente	0	0	0	9	0	9
	Temperaturas incorretas no processo de calcinação	0	0	0	9	0	9
	Manuseio incorreto do produto	0	0	0	0	9	9
	Sacarias com defeito	0	0	0	0	8	8
	Armazenagem irregular	0	0	0	0	7	7
Pesos de correlação: Inexistente – 0 Fraca – 1 à 3 Média – 4 à 6 Forte – 7 á 9							

Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE D – Resultados Financeiros

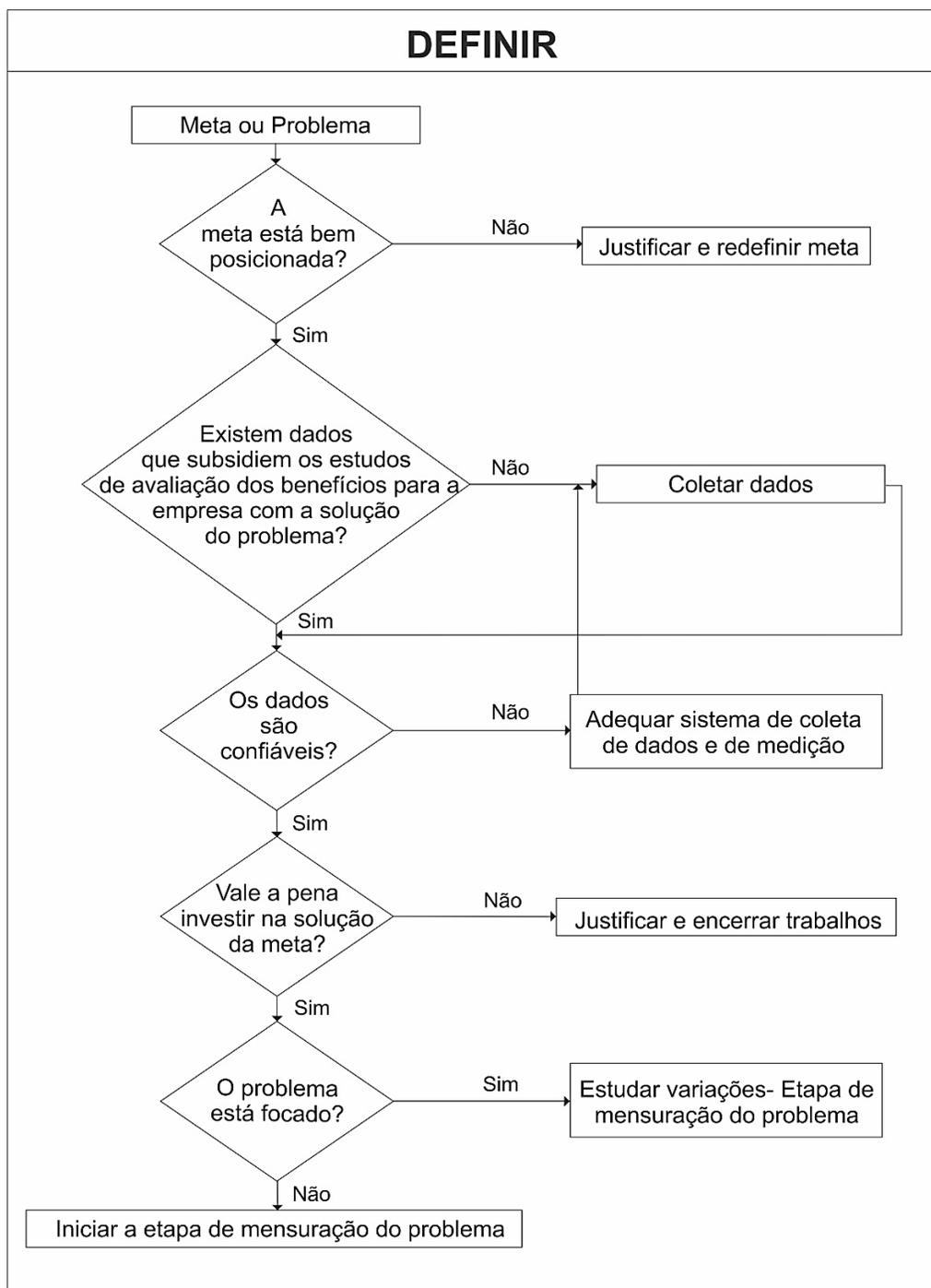
	VOLUME DE VENDAS (ton)					SOMA	PORCENTAGEM
	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho		
Gesso Revestimento	2562,84	1900,48	2361,24	3044,12	1904,08	11772,76	96,20%
Gesso Fundiçāo	33	101	42,2	23	12	211,2	1,73%
Gesso de Limpeza	65,7	74,1	10,6	62,5	41	253,9	2,07%
							100,00%

	RESULTADO FINANCEIRO REAL (R\$)					SOMA	PORCENTAGEM
	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho		
Gesso Revestimento	R\$ 563.824,80	R\$ 418.105,60	R\$ 519.472,80	R\$ 669.706,40	R\$ 418.897,60	R\$ 2.590.007,20	97,70%
Gesso Fundiçāo	R\$ 6.930,00	R\$ 21.210,00	R\$ 8.862,00	R\$ 4.830,00	R\$ 2.520,00	R\$ 44.352,00	1,67%
Gesso de Limpeza	R\$ 4.270,50	R\$ 4.816,50	R\$ 689,00	R\$ 4.062,50	R\$ 2.665,00	R\$ 16.503,50	0,62%
						R\$ 2.650.862,70	100,00%

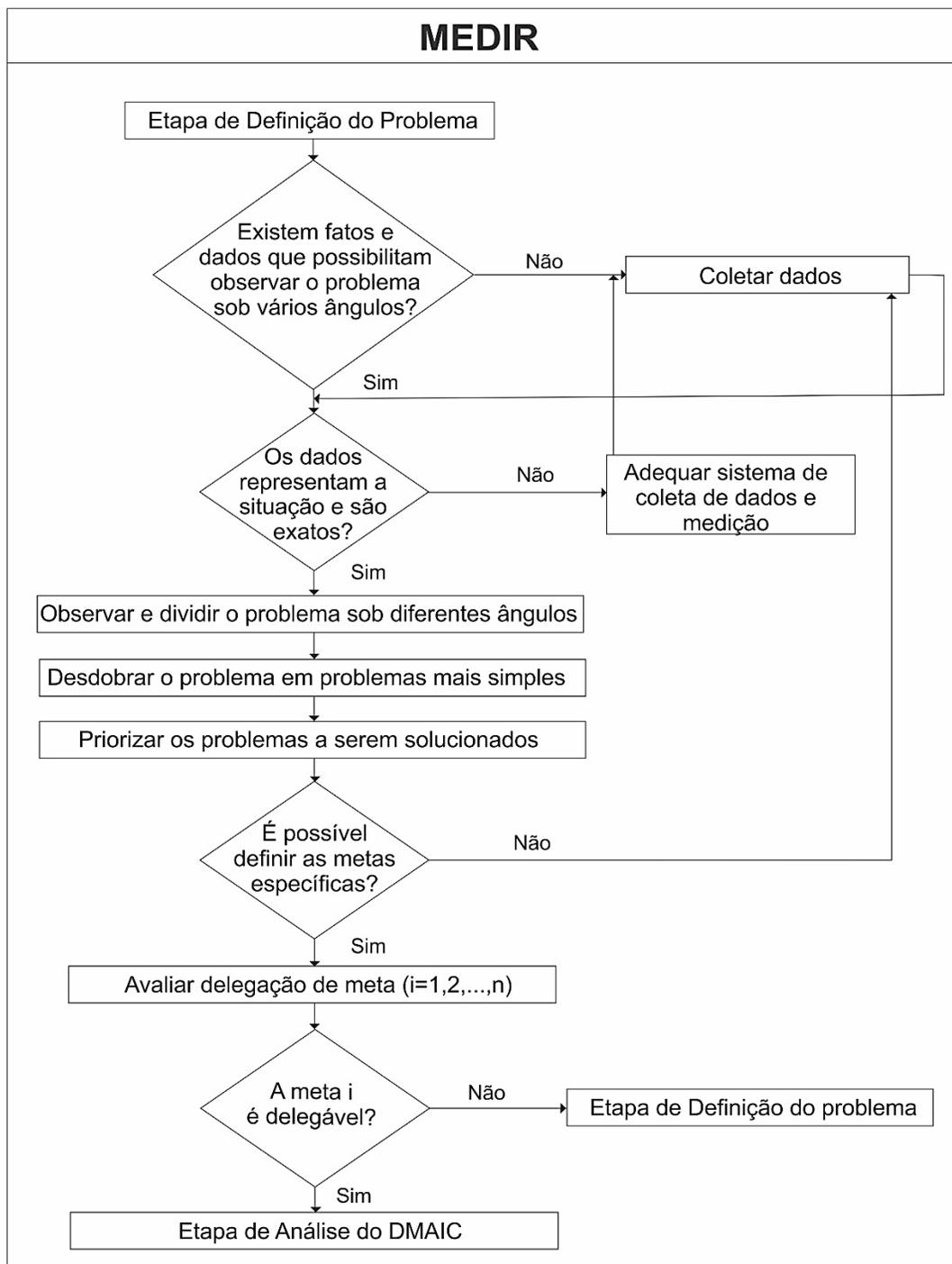
	RESULTADO FINANCEIRO POSSÍVEL (R\$)					SOMA	PORCENTAGEM
	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho		
Gesso Revestimento	R\$ 563.824,80	R\$ 418.105,60	R\$ 519.472,80	R\$ 669.706,40	R\$ 418.897,60	R\$ 2.590.007,20	96,28%
Gesso Fundiçāo	R\$ 6.930,00	R\$ 21.210,00	R\$ 8.862,00	R\$ 4.830,00	R\$ 2.520,00	R\$ 44.352,00	1,65%
Gesso de Limpeza	R\$ 14.454,00	R\$ 16.302,00	R\$ 2.332,00	R\$ 13.750,00	R\$ 9.020,00	R\$ 55.858,00	2,08%
						R\$ 2.690.217,20	100,00%

Fonte: Elaborado pela autora

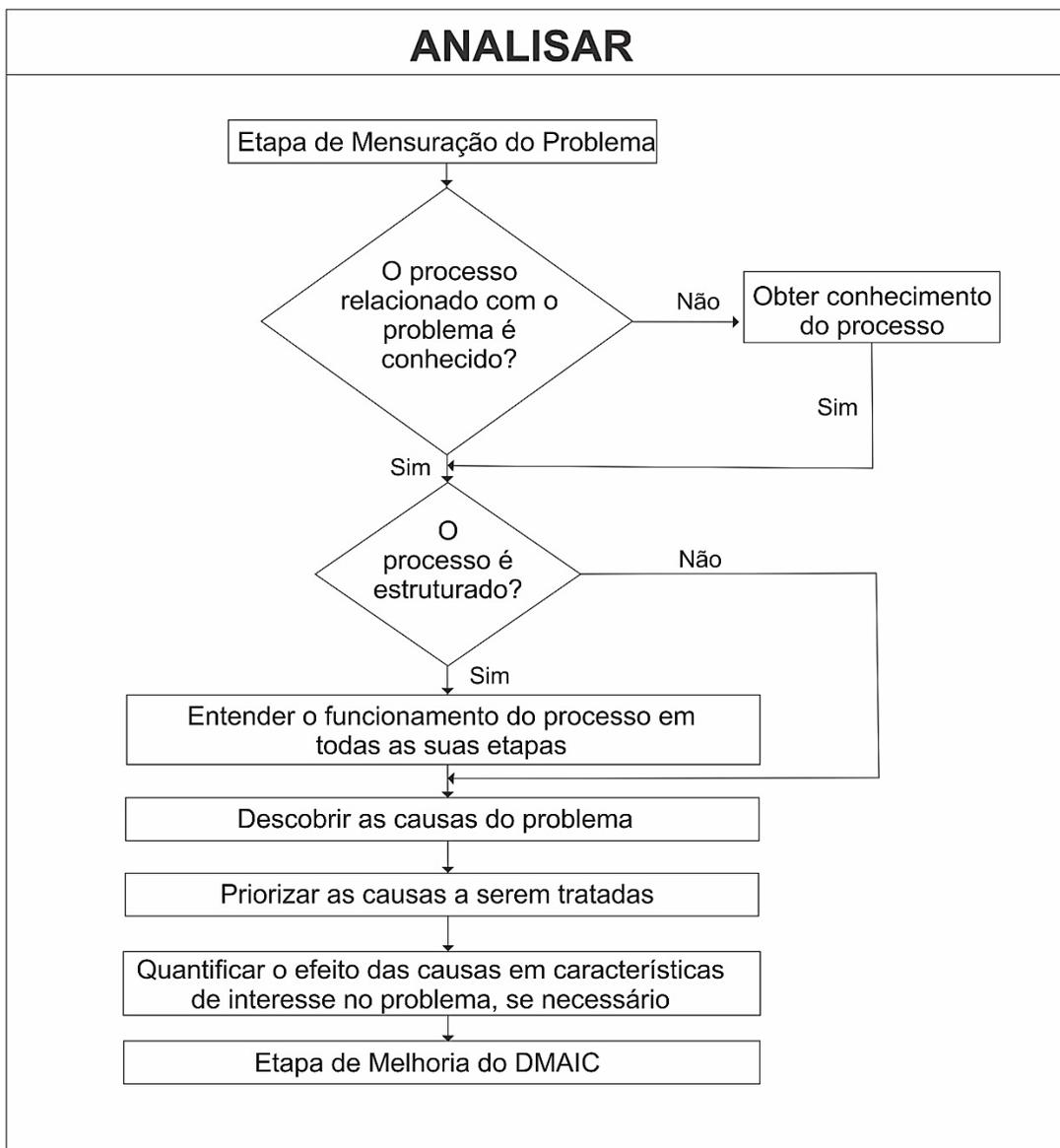
ANEXOS

ANEXO A – Fluxogramas das etapas do DMAIC

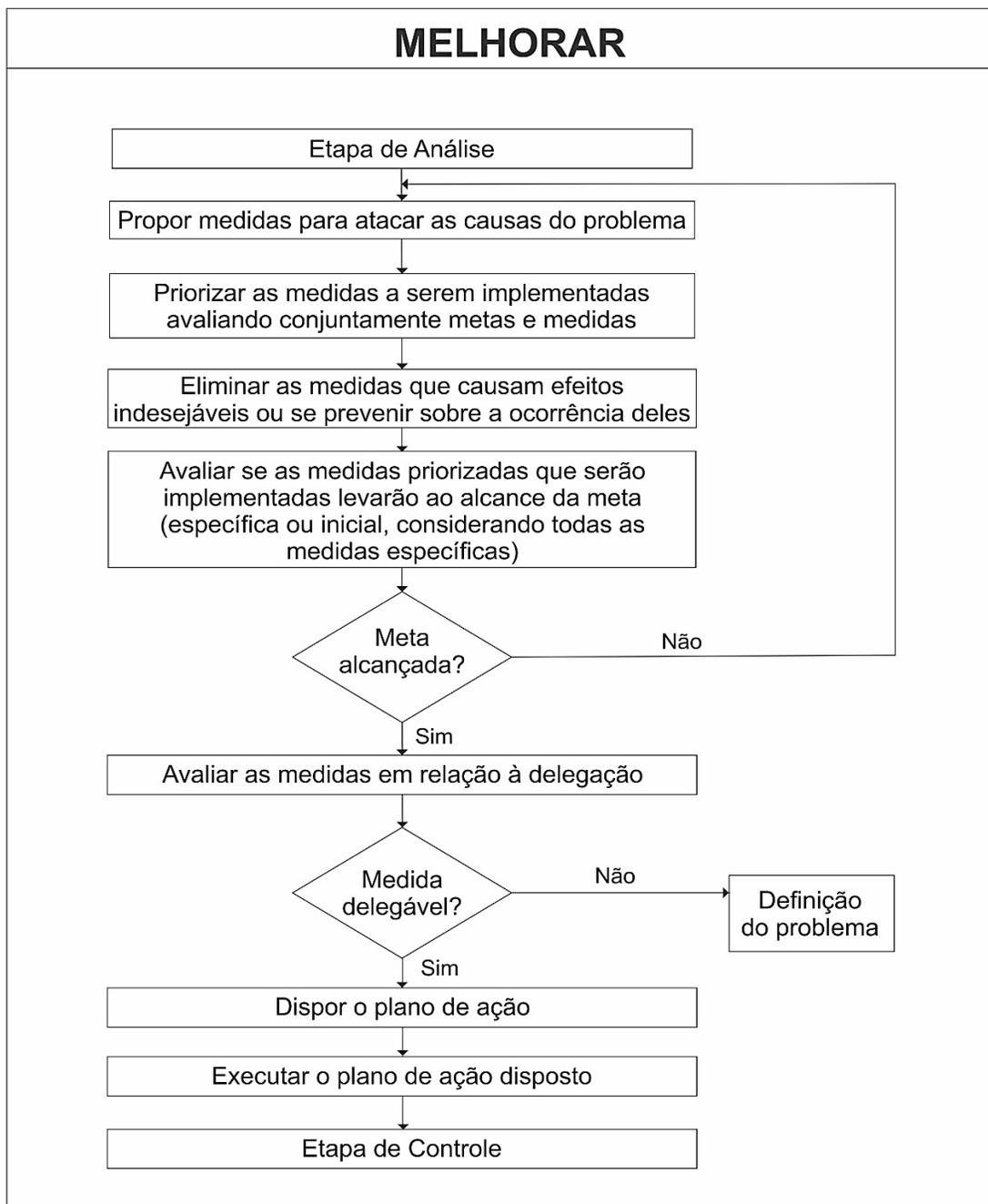
Fonte: Adaptado de Aguiar (2006)



Fonte: Adaptado de Aguiar (2006)



Fonte: Adaptado de Aguiar (2006)



Fonte: Adaptado de Aguiar (2006)