



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0



FERNANDA CORRÊA KOLLER
JOICIANE NEIDERT
LEONARDO YUZO YAMAMOTO
MARCELO ALVES CARDOSO

**REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO DE MATÉRIA-PRIMA NA LINHA DE
PRODUÇÃO DE CERÂMICA**

CURITIBA
2024

FERNANDA CORRÊA KOLLER
JOICIANE NEIDERT
LEONARDO YUZO YAMAMOTO
MARCELO CARDOSO

**REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO DE MATÉRIA-PRIMA NA LINHA DE
PRODUÇÃO DE CERÂMICA**

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia da Qualidade 4.0 - Certificado *Black Belt*. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Carla Regina Mazia Rosa

**CURITIBA
2024**

RESUMO

O projeto *Black Belt* teve como foco a empresa Ceramarte, com o objetivo de reduzir o desperdício de matéria-prima na linha de produção de cerâmica. Durante o projeto, foram identificados os principais fatores que contribuíam para o aumento desse desperdício. Através de análises detalhadas, especialmente na área de engenharia dos materiais, foi constatado que a bancada de despejo da matéria-prima excedente não levava em consideração fatores como a rugosidade do material, a inclinação da bancada e a utilização da força gravitacional. Como solução, foi desenvolvido um novo projeto de bancada, levando em conta esses fatores e visando a otimização do processo de despejo da matéria-prima excedente. A implementação foi realizada de forma gradual, devido aos custos de investimento envolvidos. A projeção estabelecida é que, até dezembro de 2024, a empresa tenha reduzido em 47,31% o desperdício de matéria-prima, resultando em um *saving* de 562.500,00 reais neste ano. Isso representa um sucesso significativo em relação à meta inicial de redução de 30% do desperdício de matéria-prima, estabelecida no início do projeto. Essa melhoria resultou no aumento do lucro anual da empresa, uma vez que resultou na diminuição da quantidade de compra de matéria-prima, bem como na redução da quantidade de paradas de linha necessárias para limpeza das bancadas e canos, otimizando assim a eficiência operacional e financeira.

Palavras-chave: desperdício, estudo da engenharia dos materiais, bancada

ABSTRACT

The Black Belt project focused on the company Ceramarte, aiming to reduce raw material waste in the ceramic production line. During the project, the main factors contributing to this waste increase were identified. Through detailed analyses, particularly in the materials engineering area, it was found that the excess raw material dumping bench did not consider factors such as material roughness, bench inclination, and gravitational force utilization. As a solution, a new bench project was developed, taking these factors into account and aiming to optimize the process of dumping excess raw material. Implementation was carried out gradually, due to the involved investment costs. The established projection is that by December 2024, the company will have reduced raw material waste by 47.31%, resulting in a saving of 562 500 reais in this year. This represents a significant success compared to the initial goal of reducing raw material waste by 30%, established at the beginning of the project. This improvement resulted in an increase in the company's annual profit, as it led to a decrease in the amount of raw material purchase, as well as in the reduction of the number of line stops necessary for bench and pipe cleaning, thus optimizing operational and financial efficiency.

Keywords: waste, materials engineering study, bench

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Fluxograma do DMAIC	12
FIGURA 2 – SIPOC	17
FIGURA 3 – Bancada de secagem.....	17
FIGURA 4 – Volume de bagaço gerado e volume de peças produzidas por mês	19
FIGURA 5 – Indicador de meta 2023.....	19
FIGURA 6 – Indicador de meta 2024.....	20
FIGURA 7 – Estratificação.....	21
FIGURA 8 – Fluxo da fundição de peças.....	23
FIGURA 9 – Ishikawa	24
FIGURA 10 – Causas priorizadas.....	24
FIGURA 11 – Bancada de PVC.....	25
FIGURA 12 – Bancada de vidro	26
FIGURA 13 – Plano de ação	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados do processo de cerâmica.....	18
Tabela 2 - Retorno financeiro	28

Lista de abreviaturas e siglas

CTQ	Características Críticas para a Qualidade
DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> / Análise de Modos de Falha e seus Efeitos.
KPIVs	Variáveis de Entrada de Processos Chave
KPOVs	Variáveis de Saída de Processos Chave

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	9
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	9
1.3. JUSTIFICATIVA.....	10
1.4. HIPÓTESE.....	10
1.5. OBJETIVO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1. CONCEITOS DA METODOLOGIA DMAIC	11
2.1.1. <i>Define</i>	12
2.1.2 <i>Measure</i>	13
2.1.3 <i>Analyze</i>	13
2.1.4 <i>Improve</i>	14
2.1.5 <i>Control</i>	14
3. METODOLOGIA.....	16
3.1. FASE DEFINIR	16
3.1.1. Definição do problema.....	16
3.1.2. Definição dos principais processos.....	16
3.1.3. Comprovação da confiabilidade dos dados	18
3.1.4. Comportamento dos dados ao longo do tempo	18
3.1.5. Definição da meta.....	19
3.2. FASE MEDIR.....	20
3.2.1. Estratificação dos dados.....	20
3.2.2. Confiabilidade.....	21
3.2.3. Descrição dos focos do problema.....	21
3.2.4. Dados históricos dos focos dos problemas.....	21
3.2.5. Definição das metas	22
3.2.6. Comprovação da meta global	22
3.3. FASE ANALISAR.....	22
3.3.1. Descrição das priorizações.....	23
3.3.2. Comprovação das causas priorizadas	24
3.4. FASE MELHORAR	25
3.4.1. Priorização das soluções.....	25
3.4.2. Descrição do plano de ação	26

3.5. FASE CONTROLAR	27
3.5.1. Descrição do alcance da meta.....	27
3.5.2. Obtenção do retorno financeiro	27
3.5.3. Descrição dos padrões para manutenção dos resultados	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO MAPA DE RACIOCÍNIO.....	29
5. CONCLUSÕES	30
5.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

O desperdício de matéria-prima, em particular o bagaço gerado durante o processo produtivo, é um desafio crítico enfrentado por muitos fabricantes de cerâmicas. Este problema não apenas impacta negativamente os resultados financeiros, mas também afeta a imagem da empresa e seu compromisso com a responsabilidade social.

Neste trabalho, a análise é concentrada na investigação detalhada desse problema específico. Ao examinar os padrões históricos de comportamento e identificar as causas subjacentes do desperdício de matéria-prima, buscam-se desenvolver estratégias eficazes para sua redução.

Utilizando os princípios do *Six Sigma*, uma metodologia reconhecida internacionalmente para melhoria de processos, pretende-se não apenas reduzir custos, mas também aprimorar a eficiência operacional. Além disso, a abordagem baseada em dados permitirá maximizar a utilização dos recursos disponíveis, promovendo a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O desperdício de matéria-prima, especialmente o bagaço gerado durante o processo produtivo, emerge como um desafio crítico para muitos fabricantes de cerâmica. Este problema não só impacta adversamente os resultados financeiros das empresas, mas também compromete sua reputação e compromisso com a responsabilidade social. Em um setor altamente competitivo, onde a eficiência operacional é essencial para o sucesso, o desperdício de matéria-prima representa uma preocupação significativa.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Como reduzir o desperdício de matéria-prima, com o objetivo de diminuir os custos e maximizar a eficiência operacional da organização, diante da significativa perda de matéria-prima enfrentada pela empresa?

1.3. JUSTIFICATIVA

A relevância deste estudo se destaca pelo impacto direto que a redução do desperdício de matéria-prima pode gerar nos resultados financeiros e na competitividade da empresa. Ao diminuir os desperdícios, a empresa terá a capacidade de alocar recursos financeiros de maneira mais eficiente, possibilitando investimentos em áreas estratégicas de pesquisa e inovação. Além disso, a redução do desperdício contribuirá para o aumento da produtividade, qualidade e confiabilidade dos produtos fabricados, fortalecendo assim sua posição no mercado e sua capacidade de atender às demandas dos clientes de forma mais eficaz.

1.4. HIPÓTESE

Com base nas alternativas e propostas discutidas com os envolvidos no presente projeto, a hipótese é que a fabricação de bancadas com geometria projetada para facilitar o escoamento da matéria-prima e produzidas com materiais que possuem menor aderência, fundamentadas nos princípios do *Six Sigma*, resultará em uma redução significativa dos custos associados, no aumento da eficiência operacional e na confiabilidade dos produtos fabricados. Essa ação visa abordar diretamente as causas subjacentes do desperdício de matéria-prima, proporcionando uma solução eficaz para o problema.

1.5. OBJETIVO

O objetivo é apresentar soluções para reduzir o desperdício de matéria-prima na fabricação de produtos cerâmicos, com o intuito de alcançar uma redução de 30% no desperdício de matéria-prima em quilogramas (bagaço descartado), em proporção à quantidade produzida, até dezembro de 2024.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em um mundo de mudanças tão frequentes, existe a necessidade de as empresas serem capazes de acompanhar as mudanças, solucionar seus impasses, focando na melhoria do seu processo a fim de alcançar os melhores resultados e permanecerem competitivas no mercado ao entregar produtos e serviços de qualidade. De acordo com Campos (1992, p.2), um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente.

Dentro desse contexto, a metodologia *Six Sigma* foi desenvolvida, juntamente com diversas ferramentas para resolução de problemas e implementação melhorias. Essa metodologia foca na melhoria de processos já existentes através de análises estatísticas e tem por objetivo proporcionar ganhos financeiros para empresas, podendo ser através de custos evitados ou do próprio aumento de eficiência produtiva. (DUARTE, 2011).

Originário da metodologia *Six Sigma*, foi criado o método DMAIC, cujas letras representam etapas bem definidas: Definir (*Define* - D), Medir (*Measure* - M), Analisar (*Analyze* - A), Melhorar (*Improve* - I) e Controlar (*Control* - C) (SANTOS; MARTINS, 2003). Essas etapas fornecem uma estrutura lógica para o projeto, ajudando a identificar problemas, determinar suas causas raízes e implementar ações eficazes.

2.1. CONCEITOS DA METODOLOGIA DMAIC

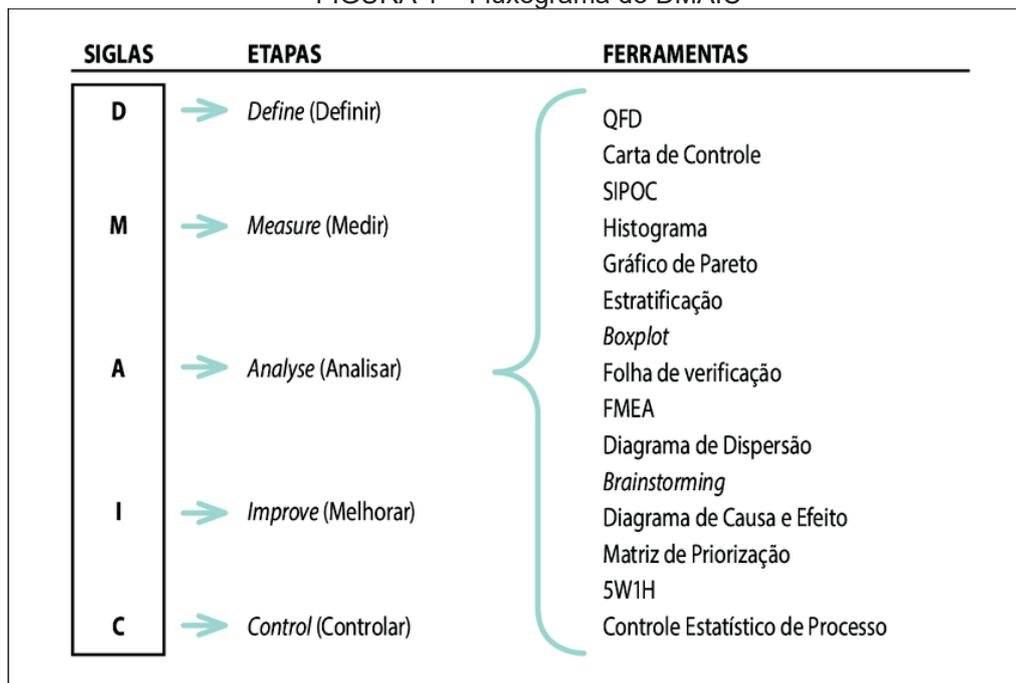
A metodologia DMAIC é desenvolvida com várias outras ferramentas auxiliares para facilitar a visualização geral do problema, verificar dados, analisá-los e, posteriormente, elaborar um plano de ação com base em dados confiáveis. Embora utilize ferramentas complexas, sua aplicação é baseada em um modelo simples e amplamente difundido no mundo. Suas etapas: *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, *Control* têm se mostrado eficazes para melhoria e resolução de problemas.

Para Andrade (2017, p108), a aplicação do método é sustentada por ferramentas estatísticas, sendo que cada uma possui potencial para solucionar específicos problemas. Idealmente, espera-se sempre trabalhar dados que possam ser

representados por uma distribuição normal, pois esta facilita a análise e consequente atuação.

A Figura 1 demonstra as etapas da metodologia DMAIC e cita exemplos de ferramentas que podem ser utilizadas para o desenvolvimento de cada fase proporcionando uma estrutura lógica para o projeto e permitindo a elaboração de um plano de ação mais eficaz.

FIGURA 1 – Fluxograma do DMAIC



FONTE: ROSA (2017)

2.1.1. Define

A etapa "*Define*" é a primeira fase do projeto, na qual os principais problemas a serem abordados são selecionados. Segundo Carvalho e Paladini (2012), o principal objetivo desta etapa é definir as prioridades, identificar os interesses dos clientes e traduzir tais necessidades em Características Críticas para a Qualidade (CTQ). Em outras palavras, é estabelecido um acordo com o cliente sobre as expectativas do projeto e o que a empresa pode oferecer, formalizando em um documento. Também é avaliado se o problema tem relevância, se é viável financeiramente, se a equipe está disponível para trabalhar no projeto e qual é o cronograma. As metas estabelecidas serão os objetivos estratégicos, como por exemplo retorno de investimentos mais

elevados, aumento da produção, melhoria da qualidade, aumento no giro de estoque, redução no nível de defeitos, melhor previsão de demanda (FIGUEIREDO, 2006).

Nesta etapa, é essencial definir as características críticas da qualidade, coletar dados sobre o processo, estabelecer metas, identificar problemas potenciais, determinar as vantagens esperadas, definir os recursos que serão utilizados para melhorar o projeto, selecionar a equipe, avaliar os principais apoiadores da organização, planejar o projeto, mapear detalhadamente o processo e elaborar um roteiro para o projeto. Para facilitar a visualização e análise do processo, recomenda-se criar um fluxograma (ROTONDARO, 2002).

As ferramentas normalmente utilizadas para estruturar essa fase são SIPOC e/ou mapa de raciocínio, que proporcionam uma visão macro do processo da empresa que está enfrentando algum problema.

2.1.2 *Measure*

Segundo Andrade (2017 p.100), nesta etapa são realizadas ações relacionadas à mensuração do desempenho de processos e à quantificação da sua variabilidade. Por meio da equipe, são identificadas as “Variáveis de Entrada de Processos Chave” (KPIVs) e as “Variáveis de Saída de Processos Chave (KPOVs).

Nessa fase, são realizadas medições e observações para avaliar o desempenho dos processos. É feito o levantamento de dados e coletadas as informações faltantes junto a empresa. Após essa coleta de dados confiáveis, é feito um levantamento das possíveis causas, utilizando ferramentas como a Matriz de Causa e Efeito, Mapeamento de Processo, Diagrama de Ishikawa, Análise de Pareto e Histogramas. Essas ferramentas auxiliam na identificação das principais causas do problema e na definição de áreas de foco para intervenção e melhoria.

2.1.3 *Analyze*

Na terceira fase, os dados coletados e/ou medidos na etapa anterior são analisados, e a causa raiz é definida por meio de comprovação, que pode ser realizada com gráficos, análise estatística e/ou análise de risco. Todo o sistema é analisado para detectar formas de eliminar a lacuna entre o desempenho do sistema ou processo e a

meta desejada. Os dados são coletados de várias formas, como por meio de gráficos, devolução de produtos, histórico de perdas financeiras e relatórios de compras (FIGUEIREDO, 2006).

As ferramentas normalmente utilizadas para este processo incluem: Testes de Hipótese, Diagrama de Dispersão, *Failure Mode and Effect Analysis* / Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA). Essas ferramentas são cruciais para identificar e validar a causa raiz do problema, permitindo uma intervenção eficaz para melhorar o desempenho do sistema ou processo.

2.1.4 *Improve*

O objetivo desta fase é gerar ideias, construir projetos de melhorias, realizar testes pilotos e implementá-los. É através da análise dos resultados obtidos nas fases anteriores que a fase atual possui subsídios para propor mudanças assertivas e estar constantemente pensando em melhorias. (DUARTE, 2011).

O *improve* propõe, avalia e implementa soluções para cada problema prioritário. Utiliza o gerenciamento de projetos e outras ferramentas de planejamento e gerenciamento para implementar a nova abordagem. Emprega métodos estatísticos para validar a melhoria. (FIGUEIREDO, 2006, p.25)

As ações são implementadas conforme plano de ação, as ferramentas geralmente utilizadas incluem a Matriz de Priorização, Diagrama de Árvore, 5W2H e 5S. Essas ferramentas ajudam a priorizar as ações, definir responsabilidades, planejar a execução das melhorias e garantir a eficácia das mudanças implementadas.

2.1.5 *Control*

Essa é a última etapa da metodologia DMAIC, na qual os resultados do que foi implementado são controlados, garantindo que as ações implementadas geraram resultados positivos e podem ser mantidas.

Para assegurar que os problemas não voltem a ocorrer, é essencial estabelecer um plano de monitoramento do desempenho do processo e do alcance da meta, além de utilizar diversas ferramentas de controle (DUARTE, 2011, p.29).

Segundo Figueiredo (2006, p26), um plano de controle do processo é desenvolvido para resumir todos os elementos utilizados para controlar a variação dentro do processo. Nesta fase, podem ser utilizadas ferramentas como Cartas de Controle e *Poka Yoke*, que auxiliam na identificação e correção de desvios, garantindo a estabilidade e a consistência do processo ao longo do tempo.

3. METODOLOGIA

A metodologia DMAIC foi utilizada no trabalho com o objetivo de conduzir a resolução do problema de forma estruturada. Dentro dessa estruturação, garante-se a descrição do problema, definição da meta, análise de dados, identificação da causa-raiz e o controle pós resolução. Esses pontos são de extrema importância para o desenvolvimento do trabalho de forma ordenada com foco na resolução do problema estipulado.

3.1. FASE DEFINIR

3.1.1. Definição do problema

O problema foi sintetizado por meio do desperdício de matéria-prima, formando alto volume de bagaço em todas as bancadas do processo de fundição de peças, o que gerou no ano de 2023 um impacto de R\$ 753.114,62 para a empresa.

Para uma síntese correta do problema, convém entender quem é o objeto do problema, qual o defeito nesse objeto, qual a extensão desse defeito e qual o impacto que isso gera. No caso estudado, tem-se o bagaço como objeto, o desperdício como defeito, as bancadas do processo de fundição como extensão, e o impacto no valor financeiro calculado.

3.1.2. Definição dos principais processos

A empresa na qual foi realizado o projeto fabrica utensílios culinários de alto valor agregado em cerâmica, como panelas, travessas e canecas. Para uma melhor visualização dos principais processos produtivos, utilizou-se a ferramenta do SIPOC, conforme a Figura 2, aliada a visitas à empresa. A ferramenta SIPOC ajuda a compreender cinco fatores-chaves para um processo, quem são os fornecedores dos insumos, quais são os insumos processados, quais são os processos, quais são os produtos após os processos e quem são os clientes que utilizarão esses produtos.

FIGURA 2 – SIPOC



FONTE: AUTOR (2024).

Conforme estipulado na descrição do problema, a fundição foi o principal processo a ser estudado, visto que é durante o mesmo que ocorre o desperdício de matéria-prima. O processo em que ocorre o defeito, descrito de forma simples, consiste no operador posicionar um molde preenchido com a matéria-prima líquida sobre uma bancada, conforme ilustrado na Figura 3. Esse líquido seca parcialmente à temperatura ambiente, formando a espessura da peça, por exemplo, uma travessa. O operador então descarta todo o excesso de líquido, que escorre sob a bancada e entra na tubulação para reaproveitamento. Parte desse líquido seca sobre a bancada antes de entrar na tubulação, e esse líquido seco torna-se bagaço, que é matéria-prima desperdiçada e será sucateada.

FIGURA 3 – Bancada de secagem



FONTE: AUTOR (2024).

3.1.3. Comprovação da confiabilidade dos dados

O principal dado a ser coletado para definir as métricas do projeto é a quantidade de bagaço gerado em quilogramas por peça produzida. Os dados de volume de produção são registrados de forma sistemática, então o número de dias trabalhados e a quantidade de peças produzidas são registrados de forma confiável. Além disso, a quantidade de bagaço gerado também é pesada sistematicamente toda semana, a fim de registrar o consumo de matéria-prima utilizada e a reposição do estoque. Além disso, o setor financeiro também coleta todos os dados para fazer o balanço final de custo de produção. Esses dados estão resumidos e representados na Tabela 1 – Dados Tabela 1 a seguir, indicando o histórico de 2023.

Tabela 1 – Dados do processo de cerâmica

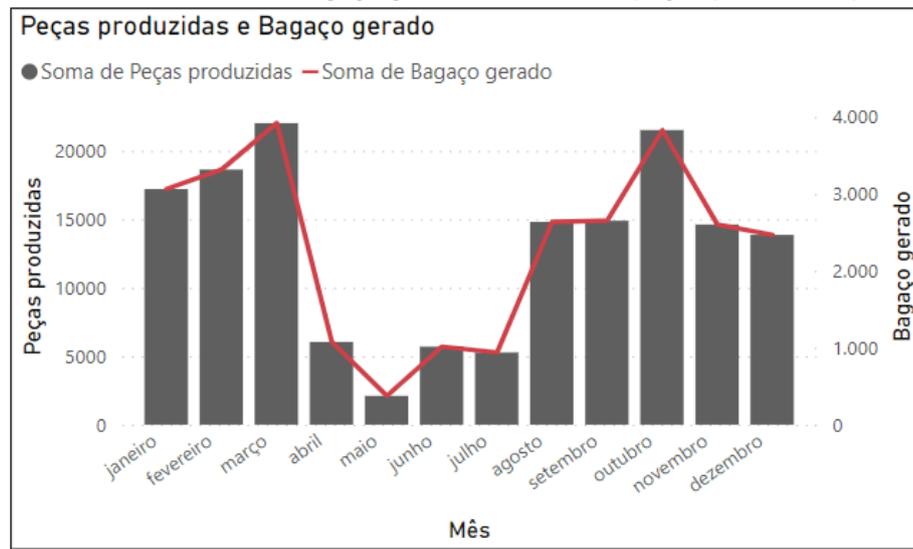
Mês	Dias produzidos	Peças produzidas/mês	Média peças/dia	Bagaço gerado/mês	R\$ BAGAÇO/MÊS	Bagaço medio/dia
JANEIRO	17	17212	1.012,47	3.063,74	R\$ 82.720,87	180,220
FEVEREIRO	20	18635	931,75	3.317,03	R\$ 89.559,81	165,852
MARÇO	23	22024	957,57	3.920,27	R\$ 105.847,34	170,447
ABRIL	16	6041	377,56	1.075,30	R\$ 29.033,05	67,206
MAIO	15	2105	140,33	374,69	R\$ 10.116,63	24,979
JUNHO	20	5696	284,80	1.013,89	R\$ 27.374,98	50,694
JULHO	19	5273	277,53	938,59	R\$ 25.342,04	49,400
AGOSTO	23	14816	644,17	2.637,25	R\$ 71.205,70	114,663
SETEMBRO	21	14897	709,38	2.651,67	R\$ 71.594,98	126,270
OUTUBRO	22	21517	978,05	3.830,03	R\$ 103.410,70	174,092
NOVEMBRO	20	14621	731,05	2.602,54	R\$ 70.268,53	130,127
DEZEMBRO	12	13866	1.155,50	2.468,15	R\$ 66.640,00	205,679
ANO	228	156.703	687,29	27.893,13	R\$ 753.114,62	122,338

FONTE: AUTOR (2024).

3.1.4. Comportamento dos dados ao longo do tempo

Ao analisar os dados coletados, ilustrado na Figura 4, percebe-se que o volume de bagaço gerado está diretamente relacionado ao volume de peças produzidas. Essa tendência mostra-se estável durante os doze meses de 2023. Não há um mês durante o ano em que o volume de bagaço se destaque, o que poderia demonstrar uma instabilidade produtiva, como algum erro que provocasse o excesso de desperdício. A conclusão é que o problema é crônico da produção, toda peça produzida gera um volume de bagaço de forma estável e continua, que foi calculado em média de 0,178 kg/peça.

FIGURA 4 – Volume de bagaço gerado e volume de peças produzidas por mês



FONTE: AUTOR (2024).

3.1.5. Definição da meta

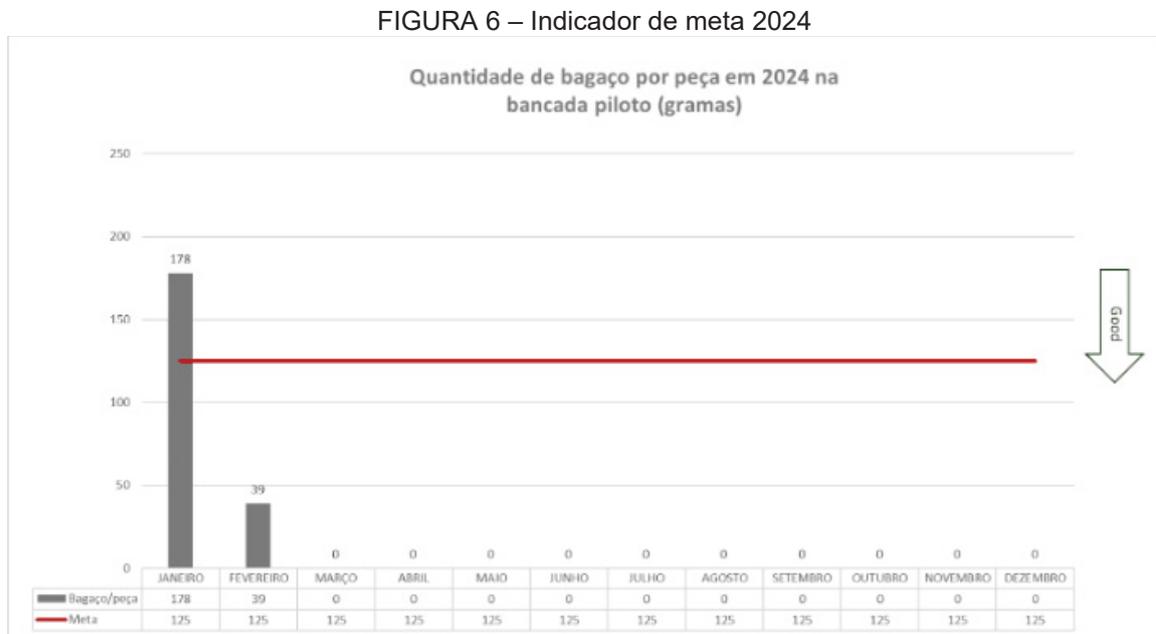
A meta estabelecida é de reduzir em 30% a quantidade de bagaço gerado por peça produzida, o que significa reduzir de 0,178 g/peça para 0,125 g/peça. O gráfico a seguir, Figura 5, mostra o indicador com os dados preenchidos de 2023, com a meta de redução representada pela linha vermelha.

FIGURA 5 – Indicador de meta 2023



FONTE: AUTOR (2024).

O gráfico da Figura 6 demonstra o indicador criado para 2024, com os dados a serem preenchidos conforme andamento do projeto.

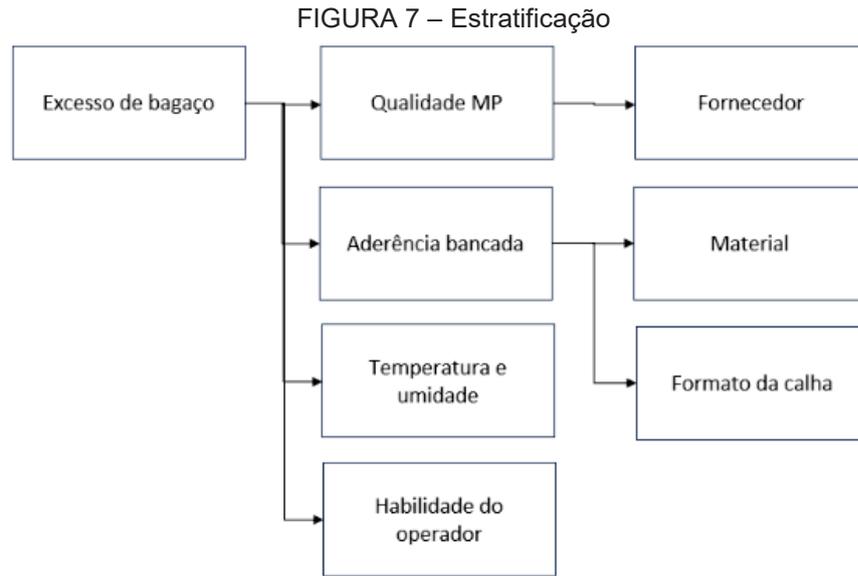


FONTE: AUTOR (2024).

3.2. FASE MEDIR

3.2.1. Estratificação dos dados

Devido ao problema possuir elevada estabilidade em relação ao volume de bagaço versus o volume de peças produzidas, não foi possível quantificar estratos que pudessem indicar alguma alteração ou defeito no processo. Por exemplo, dentre as 18 bancadas da produção, não foi encontrado variação de desperdício. Isso foi observado para operador, temperatura e umidade (mês do ano), tipo de peça produzida e fornecedor de matéria-prima. Dessa forma, a estratificação foi realizada em parâmetros não mensuráveis e cada um foi analisado durante a fase *Analyze*, conforme Figura 7.



FONTE: AUTOR (2024).

3.2.2. Confiabilidade

Os dados são das mesmas fontes citadas anteriormente na seção *Define*, portanto, confiáveis.

3.2.3. Descrição dos focos do problema

Os focos do problema foram separados em quatro categorias, mencionados anteriormente. A viscosidade da matéria-prima pode afetar diretamente sua aderência na bancada e, conseqüentemente, a formação de bagaço. A temperatura e a umidade também podem afetar a matéria-prima da mesma forma, e foram analisadas conforme as diferenças entre estações do ano. A habilidade do operador foi analisada, visto que a operação de virar os moldes é manual. Por fim, a aderência da bancada afeta diretamente a movimentação do líquido, tanto pelo material da bancada, que causa atrito, quanto pelo formato da calha, que dificulta a movimentação.

3.2.4. Dados históricos dos focos dos problemas

Como explicado, não foi possível quantificar os dados, visto que o desperdício não apresenta variação.

3.2.5. Definição das metas

A meta segue a global, com o objetivo de reduzir em 30% o volume do bagaço em relação a 2023, passando de 0,178 g/peça para 0,125 g/peça, levando em consideração o volume produtivo.

3.2.6. Comprovação da meta global

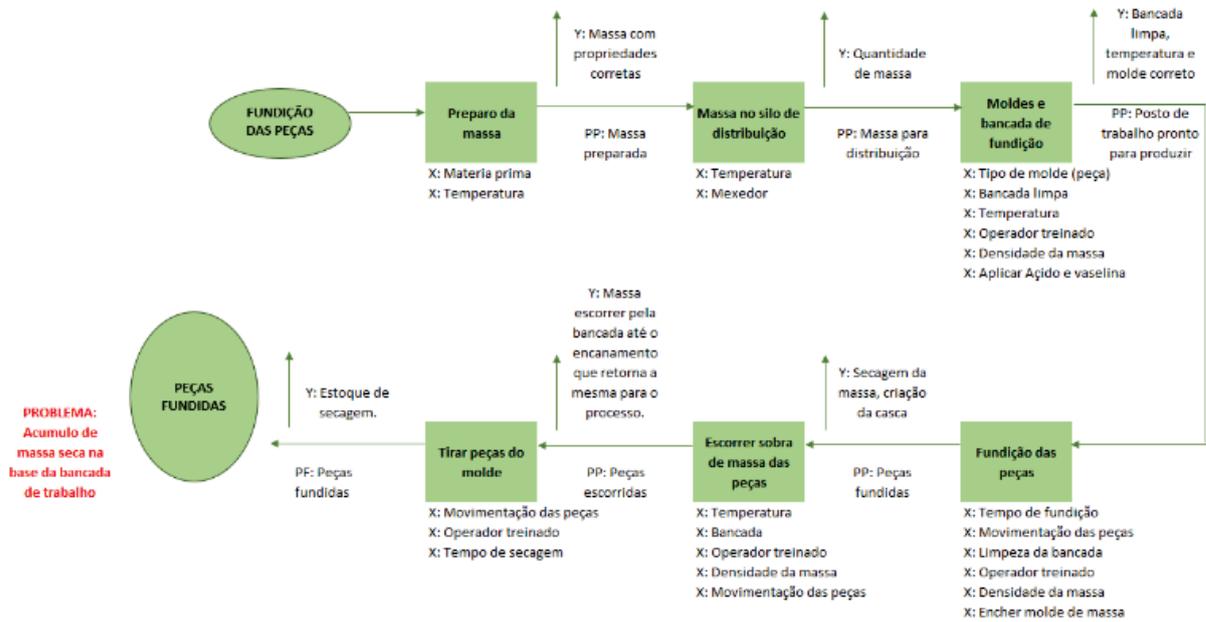
Ao utilizar os dados de 2023 para realizar uma projeção de ganhos, a empresa teria desperdiçado 19.562 kg de bagaço ao invés de 27.893 kg, o que geraria uma economia financeira de aproximadamente R\$ 225.000,00.

3.3. FASE ANALISAR

Nesta etapa, analisou-se como ocorre o fluxo e quais são os prováveis motivos que resultam na geração do alto volume de bagaço. Foi realizada uma visita técnica à empresa e desenhado o processo causador, para analisar as possíveis causas do problema.

No processo atual, descrito na Figura 8, é possível visualizar como funciona o fluxo de trabalho da área de fundição de peças. Conseguiu-se entender que o processo é manual e com muitas variáveis que influenciam no mesmo. O foco foi no procedimento de 'escorrer sobra de massa das peças', pois é neste momento que ocorre o acúmulo de 'bagaço' nas bancadas de trabalho.

FIGURA 8 – Fluxo da fundição de peças

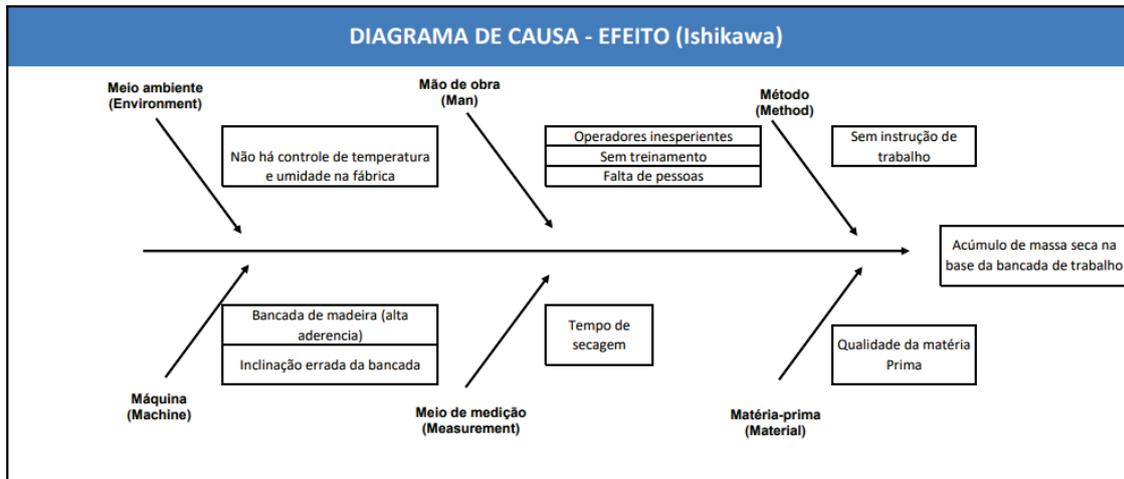


FONTE: AUTOR (2024).

3.3.1. Descrição das priorizações

As possíveis causas foram inseridas no Diagrama de Ishikawa, como mostra a Figura 9. Dentre elas, pode-se ressaltar que a estrutura física da empresa é um galpão aberto, sem nenhum controle de temperatura e umidade. O processo é realizado de forma manual, com uma mistura de operadores inexperientes e experientes com muitos anos de trabalho, portanto, não há instruções de trabalho ou procedimentos estabelecidos. A receita da massa (matéria-prima) é sigilosa para a empresa, e não se pode ter acesso a mesma. O tempo de secagem da massa é determinado pelo próprio operador, conforme a peça que está sendo produzida. É importante evidenciar que as bancadas de trabalho são de madeira, com inclinação para um dos topos, onde há um sistema de encanamento para escoamento da sobra de massa líquida, que retorna para o fluxo de fundição.

FIGURA 9 – Ishikawa



FONTE: AUTOR (2024).

3.3.2. Comprovação das causas priorizadas

A análise para comprovar foi realizada observando o processo e entendendo como cada etapa funciona e o que o que influencia no cerne do problema. Na Figura 10, estão descritas as causas priorizadas e a correlação com o foco.

FIGURA 10 – Causas priorizadas

Desperdício de matéria	CAUSA PRIORIZADA	DESCRIÇÃO DA CAUSA	EVIDÊNCIA DA CAUSA (Mostrar que a causa acontece de Fato - Coloca Anexo se Necessário)	PROVA DE QUE A CAUSA TEM CORRELAÇÃO COM O FOCO (Colocar anexo se Necessário)	CAUSA COMPROVADA?
×	Temperatura e Umidade	Fábrica aberta, sem controle das condições ambientais	Foto da fábrica	Existe correlação entre umidade / temperatura para secagem, porém é um valor muito alto para se controlar	Sim
×	Operadores inexperientes	Pouco tempo de experiência	Não aplicável	Sem correlação, uma vez que a forma despejo da massa não interfere na aderência na bancada	Não
×	Operadores não treinados	Não há plano de treinamento	Não aplicável	Sem correlação, uma vez que a forma despejo da massa não interfere na aderência na bancada	Não
×	Sem pessoal suficiente	Falta de mão de obra	Não aplicável	Sem correlação, uma vez a falta de mão de obra não faz com que a aderência na bancada seja maior ou menor	Não
×	Sem instrução de trabalho	Não desenvolvido instrução de trabalho	Não aplicável	Sem correlação, uma vez que a forma despejo da massa não interfere na aderência na bancada	Não
×	Qualidade da matéria prima	Matéria prima seca rápido	Não aplicável	Não comprovado, poucos fornecedores	Não
×	Tempo de secagem	Tempo que os moldes ficam parados com massa	Não aplicável	Não tem correlação, o tempo interfere apenas na espessura	Não
×	Bancada	Bancada de madeira alta aderência	Foto da bancada	Comprovado por experimentação	Sim
×	Inclinação da bancada	Bancada pouco inclinada, acúmulo de material	Foto da bancada	Comprovado por experimentação	Sim

FONTE: AUTOR (2024).

As três causas comprovadas a sua correlação com o foco do problema são temperatura e umidade, que estão diretamente relacionadas à estrutura física da empresa, a qual é relativamente aberta e sem controle de temperatura e umidade, e a bancada de trabalho, por ser de madeira e ter baixa inclinação para escoamento da matéria-prima.

3.4. FASE MELHORAR

Após terem as causas comprovadas, é momento de criar objetivos e ações para reduzir os efeitos delas no processo e na geração de desperdícios, usando como base a metodologia para criar um plano de ação.

3.4.1. Priorização das soluções

Após concluírem que o formato da bancada é o principal influenciador na geração do alto volume de bagaço, foram discutidas e testadas duas soluções para sua alteração. A primeira alternativa, conforme mostrado na Figura 11, consistiu em mudar o formato para funil e utilizar PVC como matéria-prima, enquanto a segunda, conforme apresentado na Figura 12, envolveu a substituição do fundo da bancada por vidro. Com as soluções de teste implementadas, realizou-se a coleta e análise dos dados durante um mês.



FIGURA 11 – Bancada de PVC



FONTE: AUTOR (2024).

FIGURA 12 – Bancada de vidro



FONTE: AUTOR (2024).

A análise foi realizada de forma a marcar a quantidade de peças produzidas em cada bancada e o volume de bagaço gerado no período, que é em torno de uma semana. O volume de bagaço gerado pelos dados analisados após quatro semanas de coleta foi o seguinte: bancada de madeira, 0,178 kg por peça; no vidro, 0,253 kg por peça; e no PVC, 0,046 kg por peça. Desta forma, conclui-se que a bancada de vidro teve um aumento de 42%, enquanto a bancada de PVC apresentou uma redução de 74%.

3.4.2. Descrição do plano de ação

Segundo os resultados dos testes realizados, a melhor solução é utilizar a bancada de PVC em formato de funil. Desta forma, foi montado um plano de ação conforme mostrado na Figura 13, em conjunto com a empresa, para implementar em todas as 18 bancadas existentes.

FIGURA 13 – Plano de ação

PLANO DE AÇÃO - CERAMARTE FUNDIÇÃO - MELHORIA DE BANCADA DE FUNDIR									
	O que	Porque	Como	Onde	Quem	Quando	Quanto?	Status	Observação
Alteração das bancadas	Comprar chapas de PVC para 3 bancadas	Para substituir 3 bancadas por mês	Fazer pedido mensal totalizando 6 para o fornecedor	Compras	Comprador	1ª entrega final de fevereiro, após final de cada mês.	R\$ 3.136,11 cada pedido	Em andamento	Totalizando R\$ 17.668,34
	Fazer a substituição das rampas em 3 bancadas por mês	Para diminuir residuo de massa	Substituindo a rampa de madeira para sistema de funil.	Setor de manutenção	Manutenção	A partir de março	Custo de Mão de obra interno	Em andamento	
	Acompanhar a produção após as bancadas entregues	Analisar se os resultados estão dentro do previsto	Fazer relatório das limpezas informando a quantidade retirada em Kg	Supervisão e Gerência técnica	PCP / Produção	A partir de março	R\$ 0,00	Em andamento	
	Calcular a quantidade de residuo de massa até dezembro de 2024	Analisar se o investimento teve retorno e possíveis novas melhorias	Planilha em Excel com valores, informando a quantidade por bancada.	PCP	Gerência / Diretoria	dez/24	R\$ 0,00	Não iniciado	

FONTE: AUTOR (2024).

Para não atrapalhar a produção diária e conseguir a implementação financeira, foi acordado realizar a implantação de três bancadas por mês, o que levará seis meses para conclusão total.

3.5. FASE CONTROLAR

Nesta etapa o objetivo foi controlar as alterações realizadas e acompanhar os resultados, analisando mês a mês os números gerados e a evolução deles.

3.5.1. Descrição do alcance da meta

A meta será atingida totalmente em setembro de 2024, que será o mês em que todas as bancadas estarão alteradas e operantes. Quando isso acontecer, terá sido alcançada a redução total dos 74% de bagaço gerado. O valor financeiro será variável conforme a quantidade de peças produzidas.

3.5.2. Obtenção do retorno financeiro

Conforme os números do planejamento mensal de peças a serem produzidas no ano de 2024, o retorno financeiro será gradual a cada mês, conforme a alteração de

mais bancadas. O ganho progressivo mensal, conforme a tabela 2 é: fevereiro e março -4%, abril -16,5%, maio -29%, junho -41%, julho -59%, julho -53,5%, agosto -66%, setembro -74%. É neste mês que todas as bancadas estarão alteradas e poderemos ver o resultado da implantação.

Tabela 2 - Retorno financeiro

BANCADAS	18 MAD	17 MAD / 1 PVC	17 MAD / 1 PVC	14 MAD / 4 PVC	11 MAD / 7 PVC	8 MAD / 10 PVC	5 MAD / 13 PVC	2 MAD / 16 PVC	18 PVC	18 PVC	18 PVC	18 PVC
MÊS	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
QTDE PÇS	11529	8078	18890	25630	24465	23300	26795	24465	24465	26795	23300	17475
QTDE BAGAÇO	2052,16	1378,65	3223,89	3810,33	3098,90	2438,73	2215,05	1484,21	1125,39	1232,57	1071,80	803,85
R\$	R\$ 55.408,37	R\$ 37.223,42	R\$ 87.045,12	R\$ 102.878,82	R\$ 83.670,30	R\$ 65.845,80	R\$ 59.806,44	R\$ 40.073,67	R\$ 30.385,53	R\$ 33.279,39	R\$ 28.938,60	R\$ 21.703,95
R\$ ATUAL	R\$ 55.408,37	R\$ 38.822,87	R\$ 90.785,34	R\$ 123.177,78	R\$ 117.578,79	R\$ 111.979,80	R\$ 128.776,77	R\$ 117.578,79	R\$ 117.578,79	R\$ 128.776,77	R\$ 111.979,80	R\$ 83.984,85
GANHO	R\$ 0,00	R\$ 1.599,44	R\$ 3.740,22	R\$ 20.298,96	R\$ 33.908,49	R\$ 46.134,00	R\$ 68.970,33	R\$ 77.505,12	R\$ 87.193,26	R\$ 95.497,38	R\$ 83.041,20	R\$ 62.280,90

FONTE: AUTOR (2024).

3.5.3. Descrição dos padrões para manutenção dos resultados

A manutenção dos resultados se dará com o controle da implementação de todas as bancadas e a análise dos números de peças produzidas versus quantidade de bagaço gerado. As bancadas deverão passar por manutenção quando os valores começarem a aumentar, gerando novamente um desperdício exagerado de matéria-prima.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO MAPA DE RACIOCÍNIO

Os resultados obtidos com a implementação da estratégia foram extremamente positivos. A medida aplicada resultou em uma notável redução na geração de bagaço durante o processo de fundição das peças. Com um investimento baixo e adaptação das bancadas sendo feita pela equipe de manutenção interna, o objetivo foi atingido de maneira eficaz. Além disso, as bancadas passaram a apresentar um desempenho mais eficiente, facilitando a limpeza e manutenção, o que reduziu o tempo de paradas e aumentou a capacidade produtiva.

5. CONCLUSÕES

Com a finalização do projeto, foi alcançada uma redução no desperdício de 74% superando a meta inicial de 30%, e reduzindo de 0,178 kg/peça para 0,046 kg/peça de bagaço. O gasto total com materiais para a montagem das bancadas foi de R\$ 17.668,34, um valor aceitável, especialmente considerando os benefícios nas condições de trabalho e a redução do tempo de limpeza e manutenção das bancadas. Projetou-se que até dezembro de 2024, a empresa tenha reduzido o desperdício de matéria-prima em 47,31%, resultando em uma economia de R\$ 562.500,00, um valor significativo para empresa.

Essa iniciativa não apenas melhora a eficiência do processo, possibilitando um aumento na produção, mas também contribui para uma melhor condição ambiental, reduzindo significativamente os resíduos e maximizando o aproveitamento da matéria-prima. Além do ganho financeiro com a diminuição do desperdício de matéria-prima, houve também uma redução nos investimentos feitos na compra desta e uma melhora na visibilidade social da Ceramarte.

Observou-se também o interesse dos operadores pela melhoria na linha de produção, o que contribui para a implementação de uma cultura de melhoria contínua, visando tornar o ambiente de trabalho mais eficaz, eficiente, seguro e com alta qualidade.

5.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Durante a análise e discussão dos resultados, surgiram alguns questionamentos que não puderam ser confirmados neste trabalho, mas que serviram para apontar sugestões para a continuidade dos estudos. Essas sugestões são listadas na sequência:

- Controle de temperatura e umidade da estrutura física da empresa;
- Estudo das propriedades da massa (matéria-prima) para aperfeiçoamento do produto;
- Reestruturação do estoque de produtos acabados;
- Estudo da logística dentro da linha de produção;
- Desenvolvimento de produtos comemorativos para aumentar a visibilidade da empresa perante o mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F. D. **Seis Sigma Coletânea de Artigos**. volume I. 1. ed. Belo Horizonte: Poisson, 2017.

CAMPOS, V. F. **TQC - Controle da Qualidade Total**: no estilo japonês. 8. ed. Nova Lima – MG: Indg Tecnologia e Serviços Ltda, 1992.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade**: teorias e casos. Rio de Janeiro: Campus, 2012.

DUARTE, D. R. D. **Aplicação da metodologia seis sigma - modelo DMAIC - na operação de uma empresa do setor ferroviário**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2011.

FIGUEIREDO, T. G. **Metodologia Seis Sigma como Estratégia para Redução de Custos**: estudo de caso sobre a redução de consumo de óleo sintético na operação de usinagem. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil, 2006. Disponível em: https://www2.ufjf.br/ep//files/2014/07/2006_3_Thiago.pdf. Acesso em: 05 de maio de 2024.

ROTONDARO, R. **Seis Sigma**: estratégia gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

SANTOS, B. A.; MARTINS F. M. A implementação dos projetos seis sigma contribuindo para o direcionamento estratégico e para o aprimoramento do sistema de medição de desempenho. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, n.1, p. 1-14, 2003.