

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Glaucia Moreira de Almeida

Aplicação da Metodologia DMAIC para aumentar a eficiência da máquina de envase em uma indústria de laticínios

Uberaba

2022

Glaucia Moreira de Almeida

Aplicação da Metodologia DMAIC para aumentar a eficiência da máquina de envase em uma indústria de laticínios

Projeto de Pesquisa apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica da Universidade Federal do Triângulo Mineiro para obtenção do Título de Mestre Profissional em Inovação Tecnológica.

Orientadora: Profa. Dra. Emiliane Andrade Araújo Naves

Uberaba

2022

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

A447a Almeida, Gláucia Moreira de
Aplicação da metodologia DMAIC para aumentar a eficiência da
máquina de envase em uma indústria de laticínios / Gláucia Moreira de
Almeida. -- 2022.
55 f. : il., graf.

Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) -- Uni-
versidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2022
Orientadora: Profª. Dra. Emiliane Andrade Araújo Naves
Coorientador: Prof. Dr. Vitor Tomaz Guimarães Naves

1. Desperdício (Economia). 2. Gestão da Qualidade Total. 3. Meto-
dologia. 4. Solução de problemas. 5. Leite – Produção. I. Naves, Emiliane
Andrade Araújo. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 637.1:005.59

GLAUCIA MOREIRA DE ALMEIDA

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA (DMAIC) NA MELHORIA DE PROCESSO EM UM LATICÍNIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação Profissional em Inovação Tecnológica da Universidade Federal do Triângulo Mineiro como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Uberaba, 25 de março de 2022

Banca Examinadora:

Dra. Emiliane Andrade Araújo Naves – Orientadora
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dra. Priscila Cristina Bizam Vianna
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dra. Fernanda Barbosa Borges Jardim
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro



Documento assinado eletronicamente por **EMILIANE ANDRADE ARAUJO NAVES**, Professor do Magistério Superior, em 25/03/2022, às 17:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 87, de 17 de agosto de 2021](#).

Documento assinado eletronicamente por **PRISCILA CRISTINA BIZAM VIANNA**, Professor do Magistério Superior, em 25/03/2022, às 17:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do



[Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 87, de 17 de agosto de 2021](#).



Documento assinado eletronicamente por **FERNANDA BARBOSA BORGES JARDIM**, **Usuário Externo**, em 28/03/2022, às 13:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 87, de 17 de agosto de 2021](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0673227** e o código CRC **505C581E**.

RESUMO

O foco das organizações deve residir em seu desejo constante de melhoria para satisfazer seus clientes com produtos de alta qualidade, maximizando seus lucros por meio da redução do desperdício no fluxo de produção. O DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) é uma metodologia de resolução de problemas que melhora processos, permite a redução de defeitos e da variabilidade dos processos, possibilitando às empresas melhorar continuamente a sua eficiência e desempenho. Neste aspecto, o presente trabalho visa mostrar a efetividade da implantação do ciclo DMAIC em um laticínio no interior do estado de São Paulo, para aumentar a eficiência de uma linha de produção de leite UHT. Na etapa Definir foi definido o escopo, responsáveis e o cronograma do projeto. Na etapa Medir, comprovou-se a existência dos problemas e definiu-se quais deles seriam analisados através de gráficos. Na etapa Analisar, investigou-se as causas-raiz dos problemas, através de ferramentas da qualidade (Diagrama de Ishikawa, Teste dos 5 Porquês). Na etapa Melhorar, planejou-se e executou-se as ações de melhoria, no qual resultou em um aumento de 3,2% de eficiência no ano de 2021 em comparação com o mesmo período do ano anterior. Na etapa Controlar, estabeleceu-se planos de controle para garantir a sustentabilidade dos resultados obtidos. Logo, a aplicação do método foi considerada positiva, abrindo caminho para multiplicação da aplicação do método no ambiente da empresa.

Palavras-chave: Desperdícios. Melhoria contínua. DMAIC. Leite.

ABSTRACT

The focus of organizations should reside in their constant desire for improvement to satisfy their customers with high quality products, maximizing their profits by reducing waste in the production flow. DMAIC (Define, measure, analyze, improve, control) is a problem-solving methodology that improves processes, allows reduction of defects and process variability, enabling companies to continuously improve their efficiency and performance. In this aspect, the present work aims to show the effectiveness of the implementation of the DMAIC cycle in a dairy in the interior of the State of São Paulo, to increase the efficiency of a UHT milk production line. In the “Define” stage, the scope, those responsible and the project schedule were defined. In the “Measure” stage, the existence of problems was verified and which of them would be analyzed through graphics was defined. In the “Analyze” stage, the root causes of the problems were investigated using quality tools (Ishikawa diagram, Five whys test). In the “Improve” stage, improvement actions were planned and executed, resulting in a 3.2% increase in efficiency in 2021 compared to the same period of the previous year. In the “Control” stage, control plans were established to guarantee the sustainability of the results obtained. Therefore, the application of the method was considered a success and very positive, opening the way to multiply the application of the method in the company’s environment.

Palavras-chave: Waste. Continual improvement. DMAIC. Milk.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Gráfico de pareto para as causas de perda de produção (em ton/mês)	21
Figura 2 - Modelo de Diagrama de Ishikawa	22
Figura 3 - Modelo de plano de ação da ferramenta 5W1H	23
Figura 4 - Fluxograma de processo do leite UHT	25
Figura 5 - Classificação dos tempos da máquina de envase.....	26
Figura 6 - Eficiência de linha das máquinas de envase de leite UHT ao longo do ano de 2020	28
Figura 7 - Carta do Projeto DMAIC	32
Figura 8 - Eficiência da linha C ao longo do ano de 2020	33
Figura 9 - Porcentagem das paradas não planejadas em 2020, em função do setor	34
Figura 10 - Pareto das horas das paradas do setor de envase na linha C em 2020.....	34
Figura 11 - Pareto da frequência das paradas do setor de envase na linha C em 2020	35
Figura 12 - Área da Dobradora Final da máquina de envase de leite UHT	36
Figura 13 - Diagrama de Ishikawa para as paradas ocasionadas pela Dobradora Final.....	38
Figura 14 - Análise dos 5 Porquês das causas identificadas no Diagrama de Ishikawa	41
Figura 15 - Plano de ação elaborado através do 5W1H	44
Figura 16 - Caderno de verificações preventivas da manutenção	47
Figura 17 - Orientação sobre a verificação dos dedos do carrapato (ação 18.3).....	48
Figura 18 - Exemplo de uma LUP aplicada na empresa	48
Figura 19 - Pareto das horas das paradas do setor de envase na linha C em 2021	51
Figura 20 - Pareto da frequência das paradas do setor de envase na linha C em 2021	52
Figura 21 - Eficiência da linha C ao longo do ano de 2021	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	11
2.1	OBJETIVOS GERAIS.....	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1	LEAN MANUFACTURING.....	12
3.1.1	Desperdícios do <i>Lean Manufacturing</i>	13
3.1.2	Princípios do <i>Lean Manufacturing</i>	14
3.2	SEIS SIGMA	16
3.3	INTEGRAÇÃO <i>LEAN SEIS SIGMA</i>	17
3.4	CICLO DMAIC	18
3.4.1	Definir (<i>Define</i>)	18
3.4.2	Medir (<i>Measure</i>)	19
3.4.3	Analisar (<i>Analyse</i>)	19
3.4.4	Melhorar (<i>Improve</i>)	19
3.4.5	Controlar (<i>Control</i>)	20
3.5	FERRAMETAS DE APOIO	20
3.5.1	<i>Brainstorming</i>	20
3.5.2	Gráfico de Pareto	21
3.5.3	Diagrama de Ishikawa	22
3.5.4	5 PORQUÊS	23
3.5.5	5W2H	23
4	METODOLOGIA	24
4.1	DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA	24
4.2	DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO.....	24
4.3	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	26
4.4	APLICAÇÃO DO DMAIC	28
4.4.1	Fase Definir (<i>Define</i>)	29
4.4.2	Fase Medir (<i>Measure</i>)	29
4.4.3	Fase Analisar (<i>Analyse</i>)	30
4.4.4	Fase Melhorar (<i>Improve</i>)	30
4.4.5	Fase Controlar (<i>Control</i>)	31
5	RESULTADOS	32

6	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

A competitividade entre as empresas vem crescendo nos mercados nacional e internacional. Esse acirramento da competição dá origem a uma pressão que direciona as empresas a buscarem mais eficiência em operações e nos processos de gestão (ANTUNES et al., 2008). Para Hansen (2006), a cada dia as fábricas estão se esforçando para serem mais eficazes com um menor custo possível. Para alcançar este patamar e manter um nível de produtividade com baixos custos de produção, as empresas utilizam metodologias claras e disciplinadas, que podem ajudar na indicação de melhorias em tempo ágil.

Muitas das organizações têm adotado a Gestão da Qualidade como iniciativa para melhoria de qualidade em processos, operações, administração financeira e satisfação do cliente final. Segundo Nicoletti Junior e Oliveira (2016), o sucesso da aplicação da Gestão da Qualidade tem gerado resultados positivos em diferentes dimensões, principalmente em relação ao desempenho de operações e de gestão financeira. Para uma empresa obter sucesso em seu processo produtivo, é necessário que haja o engajamento e conhecimento por parte dos funcionários com as políticas de qualidade e melhoria contínua.

Nesse sentido, a metodologia *Lean Seis Sigma* tem sido utilizada constantemente nos projetos de melhoria contínua, visto que possui etapas bem definidas e concretas sobre como realizar a análise detalhada de um determinado problema ou simplesmente na melhoria de determinado processo. *Lean Seis Sigma* combina a ênfase “enxuta” na redução de resíduos com a ênfase “seis sigma” na melhoria da qualidade como meio de aumentar a eficiência e reduzir custos em todos os processos. Essa fusão ocorreu porque o *Lean* não pode colocar um processo sob controle estatístico e o *Seis Sigma* sozinho não pode melhorar drasticamente a velocidade do processo (BLOJ; MOICA; VERES, 2019).

Com o aumento crescente da busca por um processo produtivo mais bem elaborado e mais lucrativo por parte das empresas, vários projetos *Lean Seis Sigma* com a utilização do método DMAIC são realizados nas mais diversas áreas e tipos de indústria, incluindo o ramo alimentício. Neste sentido, as indústrias de alimentos buscam profissionais que saibam analisar dados e encontrar causas-raiz para melhorar a lucratividade na rotina produtiva, tornando o processo mais enxuto e confiável.

O DMAIC é uma das ferramentas do *Lean Seis Sigma*, que é um conjunto de práticas que busca melhorar os processos produtivos, com maior efetividade na análise e melhoria da produção, visando o alcance das metas estratégicas determinadas pela alta direção. Segundo

Werkema (2011), o DMAIC tem por objetivo o aumento da lucratividade de uma empresa através da redução de custos, otimização de produtos e processos e incremento da satisfação de clientes e consumidores. Segundo Andrietta e Miguel (2007), as empresas buscam o treinamento de profissionais para aplicação do DMAIC quando querem um alto grau de qualidade para seus produtos e também para seus processos produtivos, visando a redução de perdas e o aumento de confiabilidade.

O presente trabalho, tem por objetivo aumentar a eficiência de linha de uma das máquinas de envase de leite UHT (*Ultra High Temperature*) de uma indústria de Laticínios, através da aplicação do método DMAIC, baseado na metodologia *Lean Seis Sigma*.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar o método DMAIC para aumentar a eficiência de linha da máquina de envase de leite UHT, baseado na metodologia *Lean Seis Sigma* e apoiado nas práticas básicas de indicadores de desempenho.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a eficiência atual da linha de envase de leite UHT;
- Coletar dados que evidenciem os problemas que afetam a eficiência da máquina, mostrando sua frequência, gravidade e importância dentro do escopo dos projetos;
- Identificar as causas-raiz dos problemas;
- Analisar e implementar um plano de ação para reduzir e/ou eliminar as causas-raiz;
- Verificar a eficiência e resultados obtidos pelo método DMAIC.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 LEAN MANUFACTURING

O *Lean Manufacturing* (LM), também conhecido como Sistema Toyota de Produção ou Produção Enxuta surgiu no Japão na década de 1950 e teve sua evolução, a partir dos experimentos e iniciativas do engenheiro Taiichi Ohno ao longo de três décadas na Toyota Motor Company (GREEF et al., 2012). O Sistema Toyota de Produção surgiu da necessidade enfrentada pela indústria japonesa no período após a Segunda Guerra Mundial, de produzir uma variedade de produtos em pequenas quantidades sob condições de baixa demanda, mas não havia atraído a atenção global até a primeira crise do petróleo em 1973 (OHNO, 1997).

O termo produção enxuta foi popularizado por James P. Womack e Daniel T. Jones em seu livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, obra publicada em 1990 nos Estados Unidos da América (EUA) com o título original *The Machine that Changed the World*, os quais se basearam no Sistema Toyota de Produção e no Modelo Toyota para desenvolver esse conceito (SHAH; WARD, 2007).

O conceito LM se disseminou internacionalmente por suas características e várias são as definições empregadas. Segundo Hyang (2006), *Lean* é uma abordagem sistemática para identificar e eliminar desperdícios por meio da melhoria contínua, fornecendo o produto de acordo com a atração do cliente em busca da perfeição. Já para Ohno (1997) o LM visa também atender as expectativas dos clientes no menor tempo possível e com extrema qualidade. A ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida.

Um dos objetivos do LM é a eliminação de desperdícios, vinculado ao objetivo da redução de custo, aspecto este fundamental à sobrevivência das organizações. Outro objetivo do LM é maximizar o trabalho que agrega valor, ou seja, aquele que transforma o material ou faz uma montagem e reduz progressivamente o trabalho que não agrega valor, (SHINGO, 1996). Neste contexto os desperdícios são definidos como tudo aquilo que não agrega valor ao produto final.

Os desperdícios não só não agregam valor aos produtos como também não são necessários ao trabalho efetivo, sendo que, às vezes, até diminuem o valor destes produtos (WOMACK et al., 2003). Nesta categoria, situam-se a produção de itens defeituosos, a movimentação desnecessária, a inspeção de qualidade, a capacidade ociosa, dentre outras falhas, criando assim, um sistema de produção instável (OHNO, 1997).

Segundo Ohno (1997), para aplicação do LM é necessário identificar completamente os desperdícios, para que se possa aumentar a eficiência de operação, diminuir a variabilidade do processo e reduzir os custos de fabricação.

3.1.1 Desperdícios do *Lean Manufacturing*

Os desperdícios podem ser de dois tipos: o primeiro, aquele que não agrega valor, mas é inevitável nas condições atuais de produção e, o segundo tipo, aquele que não agrega valor, mas que pode ser eliminado do processo (OHNO, 1997).

Taiichi Ohno (1997), mentor do famoso Sistema de Produção Toyota, classificou os desperdícios em sete categorias:

- 1) **Superprodução:** produzir além das necessidades do próximo processo ou cliente. Desta forma, cria-se estoque de produto que não será imediatamente vendido, tornando-se um grande desperdício de tempo, de mão de obra, de matéria-prima e até de espaço de armazenamento. Esse tipo de desperdício é considerado o pior dos sete, já que contribui para a ocorrência dos outros seis. O objetivo é produzir somente o que é solicitado.
- 2) **Tempo de espera:** é a perda de tempo relacionada ao intervalo de tempo em que nenhum processo ou operação é executado. Este desperdício acontece das mais diversas formas: por falta de material ou informações, mau planejamento, avarias, mudanças de máquinas, entre outras. A espera aumenta o *lead-time*, que significa o tempo que decorre desde o pedido do cliente até se efetuar a entrega.
- 3) **Transporte:** é qualquer movimentação ou transferência de materiais, partes montadas ou peças acabadas, de um sítio para outro, por algum motivo. O transporte de materiais é necessário, mas deve ser minimizado. Para redução dessa categoria de desperdício, é de suma importância um bom planejamento inicial do *layout*, ou caso não seja possível alterá-lo, reduzir as quantidades de lotes e minimizar a distância entre processos.
- 4) **Processo:** referem-se às operações e a processos desnecessários ou incorretos, que poderiam ser eliminados do processo sem afetar o produto. A falta de treino e/ou padronização pode também provocar desperdícios no processo. Todos os processos geram perdas, contudo, estas devem ser eliminadas ao máximo.
- 5) **Estoque:** estoques maiores que o mínimo necessário para um sistema puxado controlado. Excesso de matéria-prima, produtos em processamento, ou produtos

acabados são capitais sem movimentação, o que significa desperdício. Uma maneira de se reduzir este desperdício é trabalhar nos moldes do sistema “*just-in-time*”.

- 6) **Defeitos:** geração de produtos que apresentam características de qualidade fora da especificação ou padrão estabelecido. Produzir peças defeituosas causa dois desperdícios imediatos: tempo e matéria-prima. Quando os defeitos acontecem com alguma frequência são aumentadas as inspeções para evitar que os defeitos passem para os clientes e os estoques aumentam para compensar as peças com defeito. Em consequência, a produtividade diminui e o custo dos produtos e serviços aumenta.
- 7) **Movimento:** refere-se ao movimento humano que não é realmente necessário para executar as operações, pois ou é muito lento, ou muito rápido ou excessivo. As causas podem ser provenientes de deslocamentos desnecessários causadas pela falta de ergonomia no posto de trabalho, o que resulta em perdas de tempo no processo de produção, em diminuição da produtividade e, geralmente, na diminuição da qualidade dos produtos.

Ainda, Liker (2005) elenca o oitavo desperdício:

- 8) **Potencial humano (mão de obra):** ou também chamado de desperdício de talento ou intelectual. Este consiste no desperdício do potencial criativo humano e de suas habilidades adquiridas. Não ouvir os colaboradores envolvidos com o trabalho sobre suas percepções, não os incentivar na busca por melhorias e resolução de problemas, são comportamentos que nutrem este desperdício. Outras consequências do desperdício intelectual são: a inibição da troca de informações entre os colaboradores e a diminuição da capacidade de autodesenvolvimento tanto pessoal como coletivo.

3.1.2 Princípios do *Lean Manufacturing*

Para o êxito do *Lean manufacturing* em uma empresa, são indispensáveis mudanças comportamentais categóricas de todos os envolvidos na cadeia de valor, assim como de sua capacidade de ser consciente da necessidade de mudanças e de transparência nos processos (WOMACK et al. 2003). De acordo com Womack et al. (2004), existem cinco princípios base, nos quais as organizações devem se basear, para que a metodologia LM seja realmente efetiva, tornando o trabalho produtivo e satisfatório, alcançando respostas mais rápidas para transformar os desperdícios em atividades que agregam valor ao produto final.

- 1) **Criar valor:** o ponto de partida para a filosofia enxuta é o valor, onde valor somente é atribuído ao produto que realmente atenda aos requisitos do cliente em um momento e a um preço específico. O erro na interpretação deste princípio é que muitos produtores tentam definir o que é valor para o cliente sem considerar o que realmente ele quer do produto, ou seja, deve-se especificar o que é valor a partir da perspectiva do cliente.
- 2) **Definir a cadeia de valor:** identificar as diferentes atividades para a fabricação do produto, podendo dividir estas em três categorias: atividades que acrescentam valor; atividades que não acrescentam valor, contudo são fundamentais para a manutenção dos processos e qualidade, e por último, as atividades que não têm qualquer valor associado, sendo denominadas desperdícios. Após esta caracterização, deve-se eliminar o quanto antes as atividades consideradas desperdício.
- 3) **Otimizar o Fluxo:** esse princípio ressalta a importância do fluxo contínuo do processo, pois além de garantir a organização e o sequenciamento das etapas de produção, garante também que não haja estoques entre as etapas dos processos (estoques intermediários). O seu efeito pode ser verificado na redução dos tempos de produção, processamentos de pedidos e estoques, o que resulta em uma resposta mais rápida e eficaz da empresa às necessidades do mercado.
- 4) **Produção Puxada:** significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou serviço sem que o cliente de um processo posterior solicite. A produção realizada corresponde exatamente ao que o cliente deseja, não havendo necessidade de produzir mais do que a quantidade necessária e para a data que o cliente deseja. Desta forma é possível reduzir estoques e valorizar o produto.
- 5) **Buscar a perfeição:** focar todos os esforços da empresa na busca da perfeição. Incentivar a melhoria contínua a todos os níveis da organização, ouvindo constantemente as perspectivas do cliente permitirá às organizações melhorar continuamente. De acordo com a filosofia enxuta, tudo na cadeia de valor pode ser melhorado por meio incremental ou radical. Nunca o sistema será perfeito, haverá sempre desperdícios a serem controlados e melhorias a serem realizadas para otimizar o processo na tentativa de chegar o mais próximo da perfeição (SHINGO, 1996).

3.2 SEIS SIGMA

Seis Sigma (SS) foi uma iniciativa criada pela Motorola para fazer melhorias drásticas em seus níveis de qualidade objetivando enfrentar a concorrência japonesa em meados da década de 1980 (SHAFER; MOELLER, 2012). Os primeiros sucessos na Motorola e outras empresas de alto perfil, como a Allied Signal (agora Honeywell) e a General Electric ajudaram a popularizar e legitimar o Seis Sigma (SWINK; JACOBS, 2012).

Seis Sigma é considerado uma evolução das teorias clássicas de qualidade e melhoria contínua, como Controle Estatístico de Processos e Gestão da Qualidade Total (TQM). Nesse sentido, o Seis Sigma aproveita alguns elementos de suas teorias precursoras e os estrutura de forma sistemática, criando uma abordagem aprimorada e mais eficaz na obtenção de resultados, cujo sucesso está baseado nos seguintes aspectos (MALEYEFF et al., 2012):

- Foco na satisfação do cliente;
- Execução de projetos de melhoria;
- Uso intensivo de dados e ferramentas estatísticas;
- Resultados são mensuráveis do ponto de vista operacional e financeiro;
- Eficácia no alcance de resultados, o que gera maior comprometimento da administração e das pessoas;
- Os projetos são desenvolvidos por pessoal treinado na metodologia;
- Gera uma mudança cultural voltada para a excelência operacional.

Seis Sigma é amplamente reconhecido como uma estratégia de negócios que emprega ferramentas e técnicas estatísticas e não estatísticas, ferramentas de gerenciamento de mudanças, habilidades de gerenciamento de projetos, habilidades de trabalho em equipe e um poderoso roteiro (DMAIC) para maximizar o retorno sobre o investimento de uma organização por meio da eliminação de defeitos em processos (ANTONY; BANUELAS; KUMAR, 2006).

Em termos estatísticos, Seis Sigma implica 3,4 defeitos ou erros ou falhas por milhão de oportunidades (DPMO). Sigma é um termo usado para representar a variação sobre a média de um processo. O foco do Seis Sigma não está em contar os defeitos nos processos, mas o número de oportunidades dentro de um processo que podem resultar em defeitos (ANTONY; BANUELAS; KUMAR, 2006).

Em termos de negócios, Seis Sigma é definido como uma estratégia de negócios usada para melhorar a lucratividade, eliminar desperdícios, reduzir custos de má qualidade e melhorar

a eficácia e eficiência de todas as operações, de modo a atender ou mesmo exceder as necessidades dos clientes e expectativas. A abordagem Seis Sigma começa com uma estratégia de negócios e termina com a implementação de cima para baixo, tendo um impacto significativo no lucro se implementada com sucesso. Leva os usuários de decisões baseadas na intuição (o que pensamos que está errado) para decisões baseadas em fatos (o que sabemos que está errado) (ANTONY; BANUELAS; KUMAR, 2006).

3.3 INTEGRAÇÃO *LEAN SEIS SIGMA*

O termo “*Lean Seis Sigma*” (LSS) foi usado no final da década de 1990 e início de 2000 para descrever a combinação das filosofias *Lean* e *Seis Sigma* (BYRNE et al., 2007). Essa integração teve como objetivo superar as deficiências de ambos. As empresas devem aproveitar os pontos fortes de cada metodologia. Por exemplo, o LM não possui um método estruturado e sistemático para solução de problemas, não consegue colocar um processo em controle estatístico, de modo diminuir a variabilidade, características que constituem a metodologia *Seis Sigma*. Já o SS não consegue imprimir velocidade nos processos, reduzir o *lead time*, características que caracterizam o LM (WERKEMA, 2011).

A fusão das duas metodologias de melhoria contínua foi uma forma das organizações aumentarem seu potencial de melhoria (BHUIYAN; BAGHEL, 2005). *Lean Seis Sigma* é definido como uma estratégia e metodologia de negócios que aumenta o desempenho do processo e desenvolve a satisfação do cliente, liderança e resultados financeiros, melhorando a qualidade, velocidade e custos (SNEE, 2010).

Um dos requisitos críticos para o sucesso dos esforços de melhoria contínua em uma organização é a disponibilidade de um conjunto comum de ferramentas de resolução de problemas (BHUIYAN; BAGHEL, 2005). Isso pode ser alcançado de forma eficaz por meio do kit de ferramentas que o *Seis Sigma* e o *Lean* podem fornecer quando integrados. A integração de *Seis Sigma* e *Lean* pode ajudar a fornecer ferramentas adequadas para diferentes ambientes de produção, sejam uniformes ou altamente variáveis (SALAH; RAHIM; CARRETERO, 2010).

As ferramentas utilizadas no *Lean* e no *Seis Sigma* não foram todas desenvolvidas nessas metodologias, mas foram usadas em uma abordagem estruturada para formar cada metodologia. Assim, ambos podem ser considerados como caixas de ferramentas, em que certas ferramentas podem ser mais adequadas do que outras, dependendo da natureza do problema ou da

oportunidade enfrentada (SALAH; RAHIM; CARRETERO, 2010). Para ter sucesso na integração do *Lean* com o *Seis Sigma*, as organizações precisam adotar um método de melhoria holística, onde o *Lean* e o *Seis Sigma* se reforçam mutuamente. Embora o DMAIC tenha se originado no *Seis Sigma*, ele pode ser generalizado como uma estrutura geral para melhoria de processos (HWANG, 2006).

A integração do *Lean* e *Seis Sigma* pode seguir o roteiro do DMAIC e não é necessário que cada uma dessas fases seja um marco importante no projeto. Alguns projetos podem se concentrar, principalmente, na fixação de um sistema de medição, o que significa que não há necessidade de passar pela fase de análise em profundidade. Outros projetos podem estar apenas resolvendo um problema de falta de procedimentos operacionais padrão, e, que o projeto não requer muita análise de dados (SALAH; RAHIM; CARRETERO, 2010).

3.4 CICLO DMAIC

O ciclo DMAIC, em inglês (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), é um processo ou método comum que os membros das equipes de melhoria podem utilizar para facilitar o seu trabalho. É uma ferramenta flexível, para que as melhorias aconteçam e sejam sustentadas (WERKEMA, 2014). Nesta metodologia, são definidos os objetivos de melhoria do processo de acordo com as estratégias da empresa e a demanda dos clientes. Os processos são mapeados e medidos de acordo com os dados coletados no processo. Os dados coletados são submetidos a uma verificação com o intuito de realizar uma comparação com as metas objetivadas. Melhorias e controles nos processos são realizados para garantir melhor desempenho das organizações (SRINIVASAN et al, 2014).

3.4.1 Definir (*Define*)

Nesta etapa procura-se definir os aspectos gerais do projeto, como: título do projeto, objetivo, declaração do problema, equipe de trabalho, cronograma de atividades, métricas, variáveis de processo, atividades de processo ou outras informações necessárias para realizar caracterização do projeto. O desenvolvimento desta fase basicamente compreende três atividades (JIMÉNEZ; AMAYA, 2014):

- Realizar o termo de abertura do projeto: deve conter pelo menos: o título do projeto, o objetivo, a declaração do problema, o status atual de métricas *Lean Seis Sigma*.

- Mapear o processo e definir as variáveis: antes de tomar qualquer ação, deve-se analisar em profundidade o processo de intervenção e suas respectivas variáveis.
- Identificar métricas de processo: identificar as principais medidas de desempenho a serem monitoradas durante e após a execução do projeto.

3.4.2 Medir (*Measure*)

A segunda fase da metodologia passa por medir a variabilidade do sistema que pode criar desperdício. Por isso, antes de desenvolver as fases de análise e melhoria, é necessário garantir que as fontes de informação e os sistemas de medição sejam suficientemente confiáveis, para evitar ações errôneas que levem à falta de resultados (SHAFER; MOELLER, 2012).

Segundo Srinivasan et al. (2014), essa fase é caracterizada pela utilização de ferramentas estatísticas para o levantamento de dados. A ferramenta Diagrama de Pareto é bastante utilizada, pois ajuda a identificar os maiores problemas. Os objetivos desta etapa são compreender e documentar o estado atual dos processos a serem melhorados.

3.4.3 Analisar (*Analyse*)

Segundo Jiménez e Amaya (2014), para identificar a causa raiz, as causas potenciais devem primeiro ser identificadas; em segundo lugar, as causas devem ser validadas com o auxílio de métodos estatísticos e análises pelas equipes de trabalho; e, por fim, devem ser definidas as causas que mais impactam o problema.

Nesta etapa são utilizadas algumas ferramentas para analisar o processo, como o diagrama de causa-efeito, também chamado de diagrama de Ishikawa, o Teste dos 5 Porquês e o Plano de Ação 5W2H (WEKERMA, 2014).

3.4.4 Melhorar (*Improve*)

Com base nas causas-raiz identificadas na etapa anterior, ações específicas devem ser definidas para solucionar o problema e atingir o objetivo proposto com o desenvolvimento do projeto. As soluções propostas podem ser ações rápidas ou também podem levar à implementação de um conjunto de ações baseadas em boas práticas de gestão (JIMÉNEZ; AMAYA, 2014).

As ações de melhoria devem ser implementadas de acordo com o plano previamente definido, e sobre as quais deve ser feito um monitoramento periódico para verificar o cumprimento e tomar ações corretivas quando necessário. Para isso, a utilização de ferramentas como o *Brainstorming* e principalmente o 5W1H, permitem uma análise mais crítica do desenvolvimento final do projeto e das implementações de melhoria (SRINIVASAN et al., 2014).

3.4.5 Controlar (*Control*)

Para Wekerma (2014), controlar é documentar e monitorar todas as decisões, medições, e indicadores de desempenho do processo. Controlar implica dar ao projeto a importância necessária, definir claramente as responsabilidades de cada um dentro sistema produtivo e garantir suporte para que o impacto das mudanças seja duradouro.

Segundo Smętkowska e Mrugalska (2018) o estágio de controle é a confirmação se as mudanças implementadas no estágio de melhoria são suficientes e contínuas, verificando a qualidade do processo melhorado.

3.5 FERRAMENTAS DE APOIO

O ciclo DMAIC conta com algumas ferramentas básicas de apoio no sentido de complementar a metodologia *Lean Seis Sigma*. Este tópico abordará as ferramentas utilizadas durante a execução do projeto.

3.5.1 *Brainstorming*

Brainstorming é um método de livre expressão e é empregado quando as soluções para problemas não podem ser deduzidas logicamente e/ou quando novas ideias criativas são necessárias. Ele desbloqueia o poder criativo do grupo por meio do efeito sinérgico (por exemplo, as ideias de uma pessoa podem desencadear os pensamentos de outro membro do grupo) e, desta forma, estimula a produção de ideias. Pode ser empregado de forma estruturada, em que o grupo segue um conjunto de regras, ou de forma não estruturada, que permite que qualquer pessoa do grupo apresente ideias aleatoriamente à medida que ocorrem (DALE, 2003).

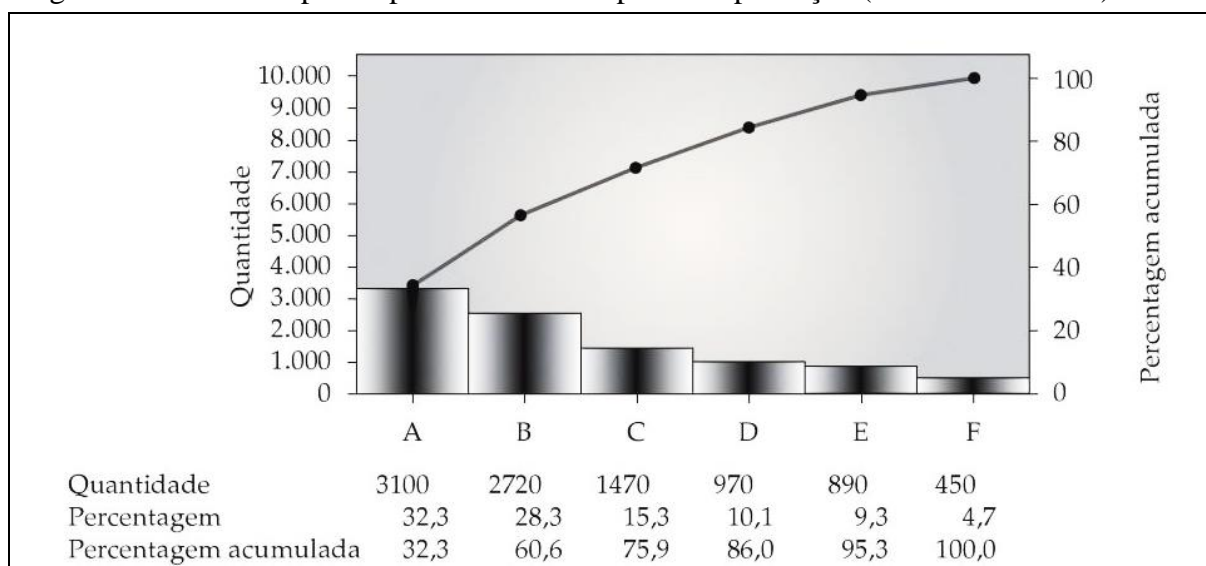
3.5.2 Gráfico de Pareto

É uma técnica utilizada para priorizar problemas de qualquer natureza, como por exemplo, qualidade, produção, reclamações, controle de estoque, doenças, ocorrências de acidentes entre outros. A análise destaca o fato de que a maioria dos problemas vêm de algumas causas e indica quais problemas resolver e em que ordem. Desta forma, os esforços e recursos de melhoria são direcionados para onde terão o maior impacto (DALE, 2003).

Um diagrama de Pareto pode ser considerado uma forma especial de gráfico de barras, compreendendo um gráfico de barras simples com uma curva de porcentagem acumulativa sobreposta a ele. A análise de Pareto, embora simples em termos de construção, é extremamente poderosa na apresentação de dados, concentrando a atenção nos contribuintes principais para um problema de qualidade, a fim de gerar atenção, esforços, ideias e sugestões para obter uma redução geral significativa nestes problemas (WERKEMA, 2014).

Na Figura 1, é ilustrado um modelo da análise de Pareto, levando em consideração um exemplo que apresenta as causas de perda de produção em toneladas por mês.

Figura 1 - Gráfico de Pareto para as causas de perda de produção (em toneladas/mês)



Fonte: WERKEMA, 2014.

Analisando o gráfico da Figura 1, de acordo com Werkema (2014), as duas principais causas das perdas de produção são responsáveis por cerca de 61% das perdas verificadas, devendo então ser adotadas ações corretivas buscando a minimização de sua ocorrência, com o objetivo de diminuir as perdas de produção.

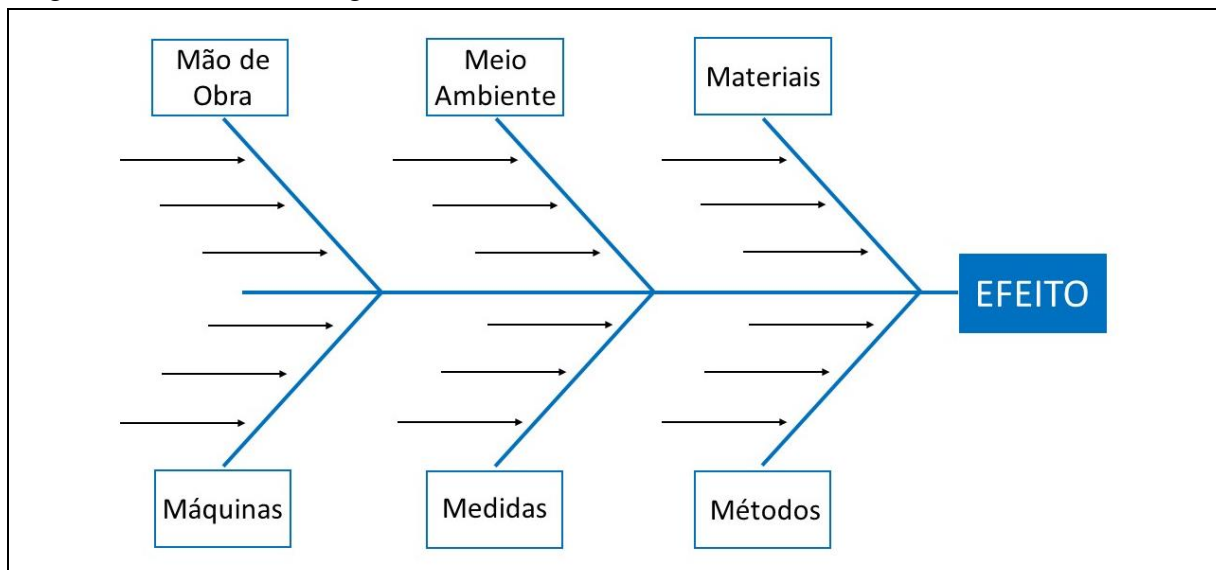
3.5.3 Diagrama de Ishikawa

Este tipo de diagrama foi desenvolvido e originalmente proposto pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa, para determinar e decompor as principais causas de um determinado problema. Os diagramas de Ishikawa são frequentemente chamados de diagramas de causa e efeito e, às vezes, diagramas de “espinha de peixe”, devido à sua aparência esquelética (DALE, 2003).

O efeito (um problema específico) é considerado a cabeça e as causas e subcausas potenciais do problema são a estrutura óssea do peixe. Os diagramas ilustram de maneira clara as possíveis relações entre algum efeito identificado e as causas que o influenciam. Eles também ajudam a descobrir as causas básicas de um problema e a gerar ideias de melhoria (DALE, 2003).

Na Figura 2, está ilustrado um exemplo do diagrama de Ishikawa.

Figura 2 - Modelo de Diagrama de Ishikawa



Fonte: Do autor, 2021.

O Diagrama é composto por diferentes classes de composição dos resultados, abrangendo diversas e variadas causas do problema, as classes mais usuais são compostas pelo chamados 6M's (Métodos, Medidas, Máquina, Material, Mão-de-obra e Meio Ambiente), que são as famílias que categorizam essas classes para organização e composição das causas raízes (SUÁREZ-BARRAZA; RODRÍGUES-GONZÁLEZ, 2019).

3.5.4 5 PORQUÊS

O método dos 5 porquês é uma abordagem científica, utilizada no sistema Toyota de Produção, para se chegar à verdadeira causa raiz do problema, que geralmente está escondida através de sintomas óbvios. O método consiste em perguntar o porquê de um problema sucessivas vezes, para encontrar a sua causa raiz (OHNO, 1997).

Segundo Dale (2003), o teste dos 5 porquês determina o relacionamento entre as diferentes causas do referido problema e não demanda o uso de técnicas complexas, sendo especialmente útil quando os problemas envolvem fatores humanos e interações no dia a dia do negócio.

Geralmente, encontra-se no primeiro porquê um sintoma, no segundo uma desculpa, no terceiro um culpado, no quarto uma causa e no quinto uma causa raiz (LIKER, 2005).

3.5.5 5W1H

A ferramenta 5W1H é um plano de ação que objetiva executar um *checklist* para tornar preciso o resultado que se pretende alcançar realizando perguntas que permitirão, através das respostas, obter um planejamento geral para tomada de decisão quanto as ações que devem ser realizadas. Essa ferramenta é muito utilizada no mapeamento e padronização de processos e no estabelecimento de procedimentos associados a indicadores (NAGYOVA et al, 2015).

Os 5W correspondem às seguintes palavras do inglês: *What* (o que); *Who* (quem); *Where* (onde); *When* (quando) e *Why* (por que), enquanto o H corresponde ao *How* (como). Ao definir uma ação que deve ser tomada, desenvolve-se uma simples tabela aplicando o 5W1H, conforme a Figura 3, onde estão dispostas perguntas e o que se espera de cada uma delas.

Figura 3 - Modelo de plano de ação da ferramenta 5W1H

What (O que)	Who (Quem)	When (Quando)	Where (Onde)	Why (Por que)	How (Como)
Problema a ser resolvido	A pessoa responsável que irá executar a ação	Período de tempo proposto pelo setor, ou por quem irá executar a ação	Onde é preciso atuar para corrigir o problema	Motivos que levaram a executar tal ação para resolução do problema	Como será executado o plano.

Fonte: Adaptado NAGYOVA et al., 2015.

4 METODOLOGIA

O método proposto nesta dissertação é o Lean Seis Sigma, para criar uma cultura de Melhoria Contínua, ou seja, aumentar a qualidade dos processos e melhorar os resultados da organização.

4.1 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA

O trabalho foi desenvolvido em uma empresa de grande porte do setor de laticínios, localizada no interior do estado de São Paulo. A organização valoriza a qualidade e tradição de seus produtos e atua no mercado há mais de 65 anos.

A indústria conta com mais de 25 postos de captação de leite nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná e Goiás. Recebe leite de aproximadamente 4.000 produtores rurais diariamente, além de empregar mais de 1.000 colaboradores diretos. Sua capacidade de produção ultrapassa 1.000.000 de litros de leite por dia, distribuídos entre os produtos: leite pasteurizado integral e leite UHT (integral, semidesnatado, desnatado, integral zero lactose e semidesnatado zero lactose); além dos produtos derivados do leite, como: bebida láctea sabores, leite condensado, creme de leite, requeijão, manteiga e queijo muçarela.

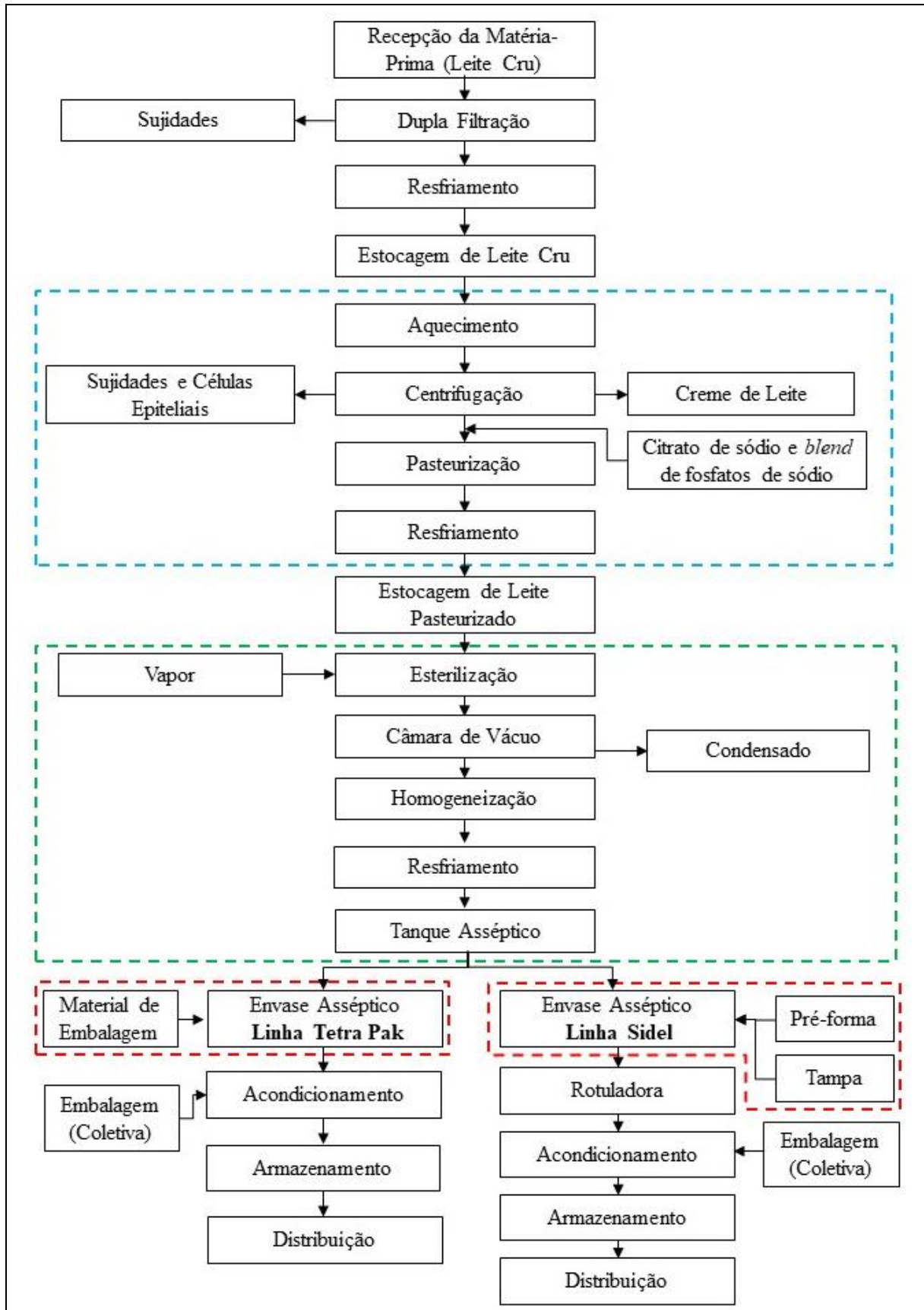
A empresa é uma das líderes de venda de leite UHT no estado de São Paulo e está entre os 10 maiores laticínios do Brasil. Pelo destaque comercial e financeiro do leite UHT entre os produtos do portfólio da empresa, o projeto será realizado na linha de produção de leite UHT.

4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

No processamento do leite UHT, o leite cru refrigerado é utilizado como matéria-prima, sendo submetido a 15 análises diferentes, realizadas pelo controle de qualidade ainda na recepção de leite. Após aprovado pelo controle de qualidade, o leite é descarregado dos caminhões tanque, filtrado, resfriado e estocado a temperatura inferior a 4°C, para então ser submetido a um aquecimento entre 40°C a 45°C para as etapas de centrifugação (remoção de sujidades) e padronização de gordura. Depois, o leite é tratado termicamente pela pasteurização rápida, no qual, é aquecido até a temperatura de 72 °C a 75°C por 15 a 20 segundos. Posteriormente, é tratado termicamente por ultra alta temperatura (esterilização) entre 142 °C a 145 °C por 2 a 4 segundos e rapidamente resfriado, para diminuir ao máximo as alterações térmicas e eliminar a água incorporada no processo por injeção direta de vapor.

O fluxograma de processamento do leite UHT pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma de processo do leite UHT



Fonte: Do autor, 2021.

Após a etapa de esterilização, o leite é submetido ao envase asséptico, em temperatura ambiente, em embalagens de material resistente de volume de 1 litro, capaz de suportar as condições de transporte, comercialização e armazenamento e manter o produto longe de fatores externos de deterioração (luz, oxigênio e micro-organismos). Comumente são utilizadas linhas de envase Tetra Pak (embalagens cartonadas) e Sidel (garrafas PET).

Depois de passar pelo setor de envase, as embalagens de 1 litro de leite são levadas para o setor de acondicionamento, para serem acondicionadas em caixas de papelão de 12 unidades, no caso das linhas de envase Tetra Pak, ou embaladas em plástico filme com 6 unidades caso a linha de envase seja Sidel. Por último, os paletes são encaminhados aos depósitos de produto acabado para serem armazenados em *drives* até a distribuição do produto para o varejo.

4.3 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Atualmente, a empresa trabalha com vários indicadores de desempenho, que são métricas de avaliação do fluxo de trabalho, como forma de contribuir para o alcance das metas estabelecidas no planejamento estratégico da organização. O indicador mais importante para a empresa até o momento, de acordo com a alta gerência, é o indicador denominado eficiência de linha. Esta eficiência é calculada a partir dos dados de produção das máquinas de envase.

Para melhor entendimento do indicador eficiência de linha, na Figura 5 é ilustrada a classificação dos tempos que são utilizados no cálculo do indicador.

Figura 5 - Classificação dos tempos da máquina de envase de leite UHT



Fonte: Do autor, 2021.

O tempo total (A) é o tempo geral em que a máquina está disponível (24 horas por dia, 7 dias por semana). As horas planejadas (B) são a diferença entre o tempo total e as paradas planejadas, no qual a empresa considera paradas planejadas o tempo para realização de limpeza da máquina, *setup* (troca de produto), ausência de programação e manutenção preditiva. Já o tempo de produção (C) são as horas em que a máquina de envase efetivamente produziu sem contar as paradas não planejadas.

As paradas não planejadas são classificadas em quatro tipos:

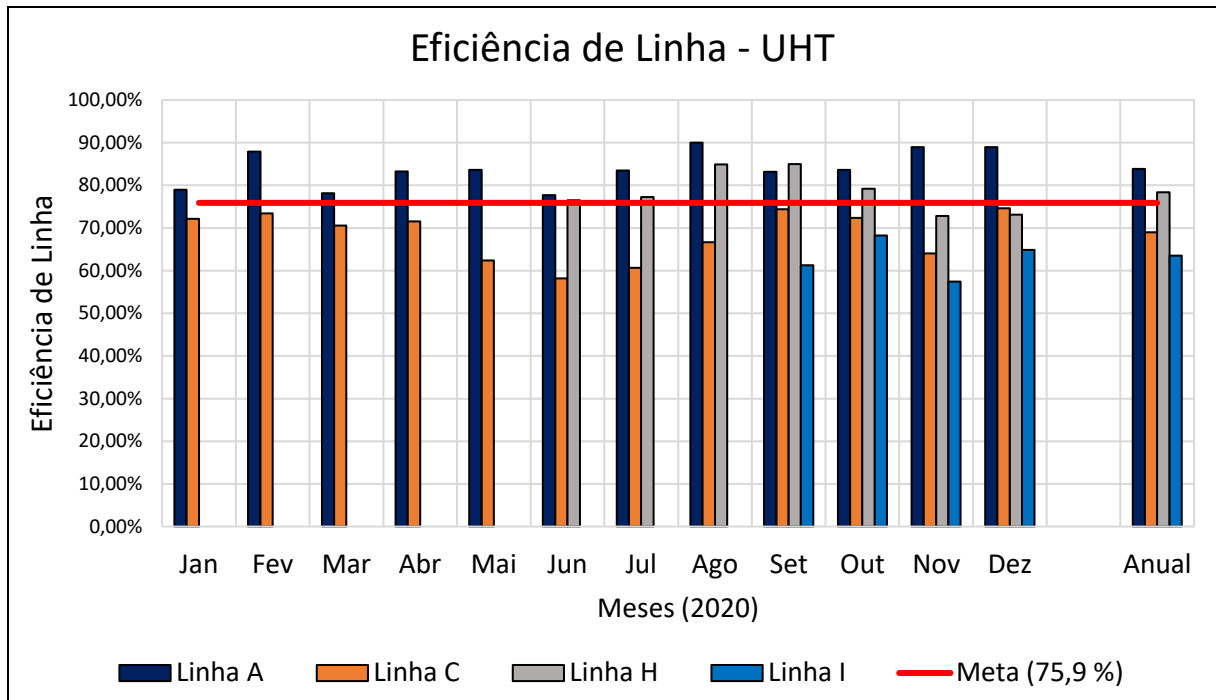
- Paradas por Processo: são as paradas ocasionadas pelo processo anterior ao envase, no caso a esterilização. Qualquer parada no processo de esterilização (falha mecânica, elétrica e erro operacional), que faz com que a máquina de envase pare, por faltar leite esterilizado, é considerada parada não planejada por processo.
- Paradas por Envase: são paradas ocasionadas pela própria máquina de envase, como alarmes na máquina, quebra mecânica, falha elétrica e/ou erro operacional.
- Paradas por Acondicionamento: são as paradas ocasionadas pelo processo posterior ao envase, no caso o acondicionamento. Qualquer parada nos equipamentos que compõe o acondicionamento (alarmes nas máquinas, falha mecânica, elétrica e erro operacional) que pare a produção da máquina de envase.
- Paradas por Utilidades: são as paradas não planejadas devido a alguma falha no abastecimento de vapor, energia elétrica, ar comprimido e/ou água, que parem a máquina de envase.

Dentre os tempos definidos anteriormente, o tempo de produção e o tempo de paradas não planejadas são utilizados para o cálculo do indicador eficiência de linha, de acordo com a Equação 1.

$$\text{Eficiência de linha (\%)} = \frac{\text{Tempo de Produção}}{(\text{Tempo de Produção} + \text{Tempo de paradas não planejadas})} \times 100 \quad (1)$$

Visando conhecer o momento atual da fábrica, para determinar qual linha de envase de leite UHT será aplicado o projeto de melhoria, foi avaliado a eficiência das 4 linhas de envase Tetra Pak do ano de 2020. No gráfico (Figura 6), são apresentados os valores do indicador eficiência de linha durante os meses do ano de 2020 e o anual acumulado.

Figura 6 - Eficiência de linha das máquinas de envase de leite UHT ao longo do ano de 2020



Fonte: Do autor, 2021.

Com base na análise do gráfico, foi escolhida a linha C para a realização do projeto de melhoria, pois ela apresentou, tanto no acumulado anual, quanto em todos os meses do ano, a eficiência de linha abaixo da meta da empresa, estabelecida para o ano de 2020, que era de 75,9 %.

Apesar da Linha I também estar com a eficiência abaixo da meta, não foi considerada para a realização do projeto pois é uma linha nova, com apenas 4 meses de uso que ainda está sendo acompanhada pelos técnicos da Tetra Pak e, por tanto, ainda não foi aprovada e liberada, tornando a realização do projeto nesta linha inviável.

As Linhas A e H alcançaram eficiências acima da meta no acumulado do ano de 2020, no qual a linha A obteve uma excelente performance fechando todos os meses acima da meta. Assim como a Linha I, a Linha H é uma linha mais nova instalada há 7 meses, porém já foi aprovada e liberada pela equipe Tetra Pak. Como ambas as linhas estão com eficiências acima da meta, não foram consideradas no projeto.

4.4 APLICAÇÃO DO DMAIC

Portanto, foi aplicado o ciclo DMAIC na Linha C. Esta metodologia permitiu uma análise apurada das causas das paradas não planejadas, provendo ações de melhoria e de prevenção a

serem tomadas e controladas. Para melhor compreensão do projeto, serão apresentadas, a seguir, todas as etapas que foram realizadas em cada uma das fases do ciclo DMAIC.

4.4.1 Fase Definir (*Define*)

Nesta etapa foi definido claramente a proposta e o planejamento do projeto de melhoria executado, através da elaboração da carta de projeto. Este documento contempla um resumo das informações que viabilizam a execução do projeto, contendo as seguintes informações:

- Título do projeto, data de início e responsável pelo projeto;
- Descrição do problema;
- Objetivo do projeto;
- Métricas e variáveis de processo;
- Equipe de projeto;

Este documento visa o completo entendimento do problema a ser resolvido, em termos que possam ser compreendidos por todos os membros da equipe de melhoria. Esta equipe de melhoria foi formada para fins de aplicação do método DMAIC, sendo uma equipe multifuncional, com colaboradores dos departamentos de controle de produção, processo, manutenção e sala de envase.

4.4.2 Fase Medir (*Measure*)

Nesta fase, foram utilizados os dados coletados pelo setor de controle de produção, ao longo dos meses do ano de 2020. Realizou-se um estudo estatístico desses dados, utilizando o tempo de paradas não planejadas e os tipos de paradas ocorridas na máquina C.

Qualquer parada não planejada que ocorreu na máquina é identificada e classificada em 4 tipos: processo, envase, acondicionamento ou utilidades; sendo marcada pelo operador em um tablet ligado a máquina de envase, e posteriormente, lançada para uma planilha de controle, que serve para elaboração de indicadores e análise da situação de cada linha pela supervisão.

Para entender o quanto cada setor afeta no total de tempo de não eficiência, foi gerado um Gráfico de Setores, relacionando-se a porcentagem de tempo de paradas de cada setor com a porcentagem de tempo total de paradas.

Posteriormente, foram gerados dois Diagramas de Pareto, apresentando as maiores paradas do setor em horas e em frequência, que mais contribuiu para a baixa eficiência da linha

C durante o ano de 2020, sendo uma delas escolhida para ser pautada na etapa Analisar do ciclo DMAIC.

4.4.3 Fase Analisar (*Analyse*)

Esta fase teve como principal objetivo ir ao encontro à origem do problema que causa as paradas e, dessa forma, foi estruturada em três principais componentes:

- Identificação das causas-raiz: foi realizado um Diagrama de Ishikawa para a parada selecionada na etapa anterior (Fase Medir), para encontrar as causas das paradas. Para isso foi realizado um espaço de *brainstorming* com os operadores da máquina C e os mecânicos do setor de envase;
- Validação e Priorização das causas-raiz: após a organização das informações da etapa anterior, foi necessário validar e priorizar as causas sugeridas juntamente com a equipe de melhoria multidisciplinar, tendo por base a experiência pessoal e o histórico da empresa, uma vez que grande parte dos aspectos que serão apontados não são controlados estatisticamente.
- Análise das causas-raiz prioritárias: após a priorização das causas, foi utilizada a metodologia dos 5 Porquês. A execução desta ferramenta conta com apoio da equipe de melhoria em forma de *brainstorming*, com objetivo de encontrar a causa primária do problema, de modo que se possa determinar o que aconteceu, porque aconteceu e reduzir a probabilidade de que isso aconteça novamente.

4.4.4 Fase Melhorar (*Improve*)

Na fase de melhoria houve dois eventos, a elaboração do planejamento das melhorias e sua implementação. Nesta fase, foi proposto soluções para cada problema prioritário detectadas pela ferramenta dos 5 Porquês. Para isso, foi utilizada a ferramenta 5W1H para desdobrar os planos de ações em informações mais tangíveis e para ser possível a realização das ações de melhoria.

Por fim, com o planejamento de melhorias pronto, acontece a implementação das ações, envolvendo vários departamentos da fábrica.

4.4.5 Fase Controlar (*Control*)

Nesta etapa foram monitorados os resultados alcançados após a implementação das melhorias, além de estabelecer controles que garantam a sustentabilidade dos resultados. O modelo proposto para esta etapa do projeto foi por meio de:

- Auditorias;
- Acompanhamento dos indicadores com ferramentas estatísticas;
- Criação de padrões, procedimentos e treinamentos.;
- Acompanhamento através de Gráficos de Controle;
- Observações periódicas dos processos.

5 RESULTADOS

Neste tópico, constam todas as análises e resultados encontrados no projeto, seguindo todas as etapas da metodologia DMAIC.

5.1 RESULTADOS DA ETAPA DEFINIR

O objetivo principal desta etapa foi definir a proposta e o planejamento do projeto a ser executado. A partir desta etapa buscou-se o completo entendimento do problema a ser resolvido, em termos que possam ser compreendidos por todos os membros da equipe de melhoria. Como descrito na metodologia deste trabalho, a primeira atividade foi a elaboração do contrato do projeto, contendo as primeiras informações do estudo que foi realizado (Figura 7).

Figura 7 - Carta do Projeto DMAIC

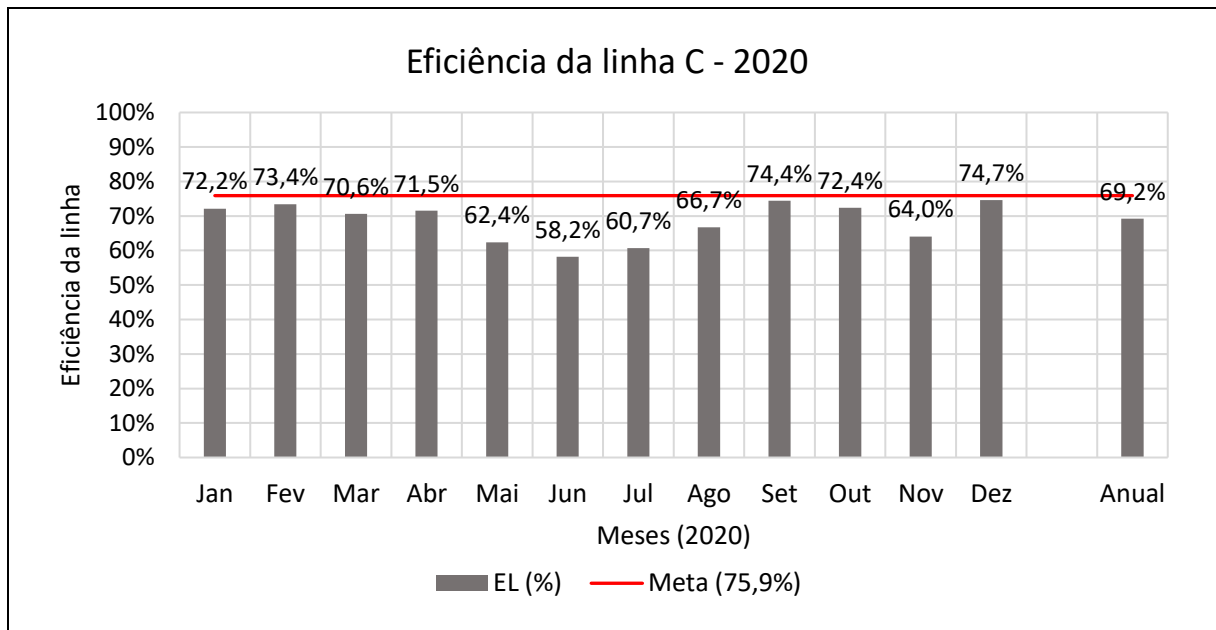
CONTRATO DO PROJETO	
TÍTULO: Aumento da eficiência de linha	
RESPONSÁVEL: Glaucia Moreira de Almeida	
ÁREA: Sala de Envase	DATA DE INÍCIO: 03/2021
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA: No ano de 2020, tanto no acumulado anual quanto em todos os meses do ano, a eficiência de linha da máquina C ficou abaixo da meta da empresa, estabelecida para o ano, que era de 75,9 %.	
OBJETIVO DO PROJETO: Aumentar a eficiência da linha de envase da máquina C, através da redução do tempo das paradas não planejadas da linha.	
EQUIPE DO PROJETO	
Analista de Processos	Mecânico Industrial
Líder de Turno do Envase	Líder de Turno da Manutenção
Encarregado de Produção	Supervisor de Produção
CRONOGRAMA	
Definir: 03/2021	Melhorar: 05/2021 a 08/2021
Medir: 03/2021	Controlar: 08/2021 a 12/2021
Analisar: 04/2021	

Fonte: Do autor, 2021.

5.2 RESULTADOS DA ETAPA MEDIR

A primeira atividade desenvolvida nesta etapa foi o estudo da eficiência da linha da máquina C ao longo dos meses do ano de 2020. Na Figura 8, é apresentado o valor das eficiências ao longo de 2020, cujos dados foram coletados pela equipe de controle de produção da empresa.

Figura 8 - Eficiência da linha C ao longo do ano de 2020



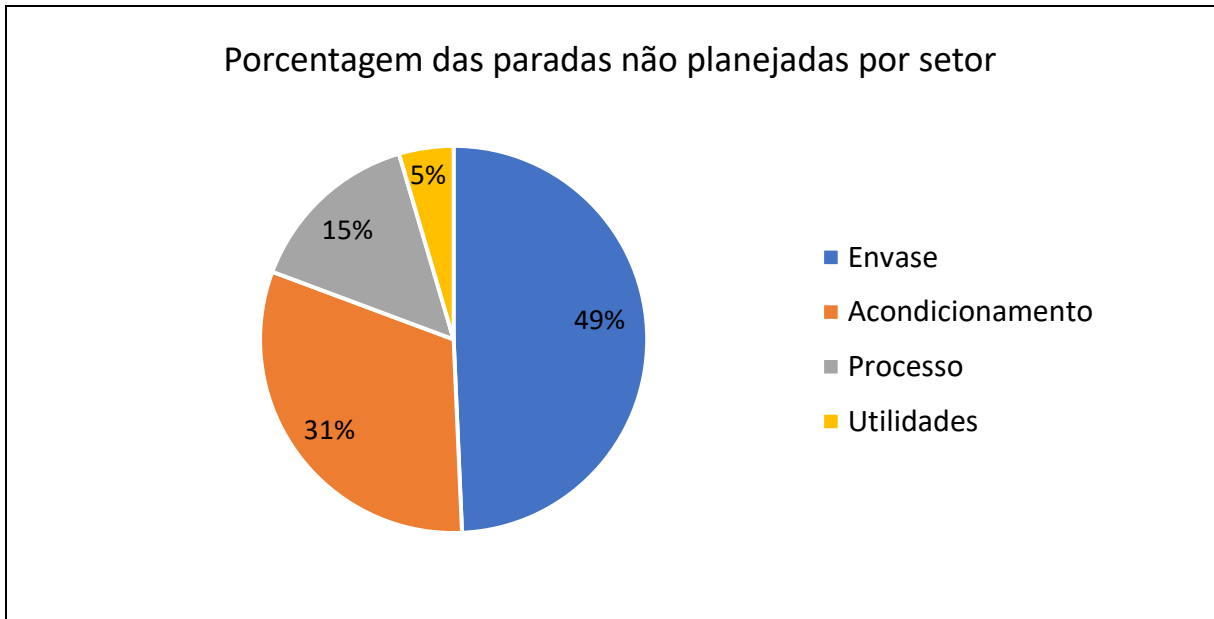
Fonte: Do autor, 2021.

Analisando o gráfico (Figura 8), pode-se observar que em todos os meses do ano de 2020 a eficiência da linha C não atingiu a meta estipulada pela organização, que foi de 75,9% para o ano em questão. Conseqüentemente, a eficiência anual acumulada foi de 69,2%, ficando abaixo da meta para a linha de leite UHT.

Para entender o quanto cada setor de produção afeta no total de tempo de não eficiência, foi gerado um Gráfico de Pizza, em que se relacionou as porcentagens de tempo de paradas de cada setor com a porcentagem de tempo total de paradas que houve na fábrica durante o ano de 2020 (Figura 9).

Como pode ser verificado na Figura 9, em 2020, 49% das paradas totais da linha de envase de leite UHT são referentes ao próprio setor da máquina de envase, enquanto 31% das paradas são representadas pelo setor de acondicionamento, 15% pelo setor de processo e apenas 5% do total de paradas são representadas pelo setor de utilidades.

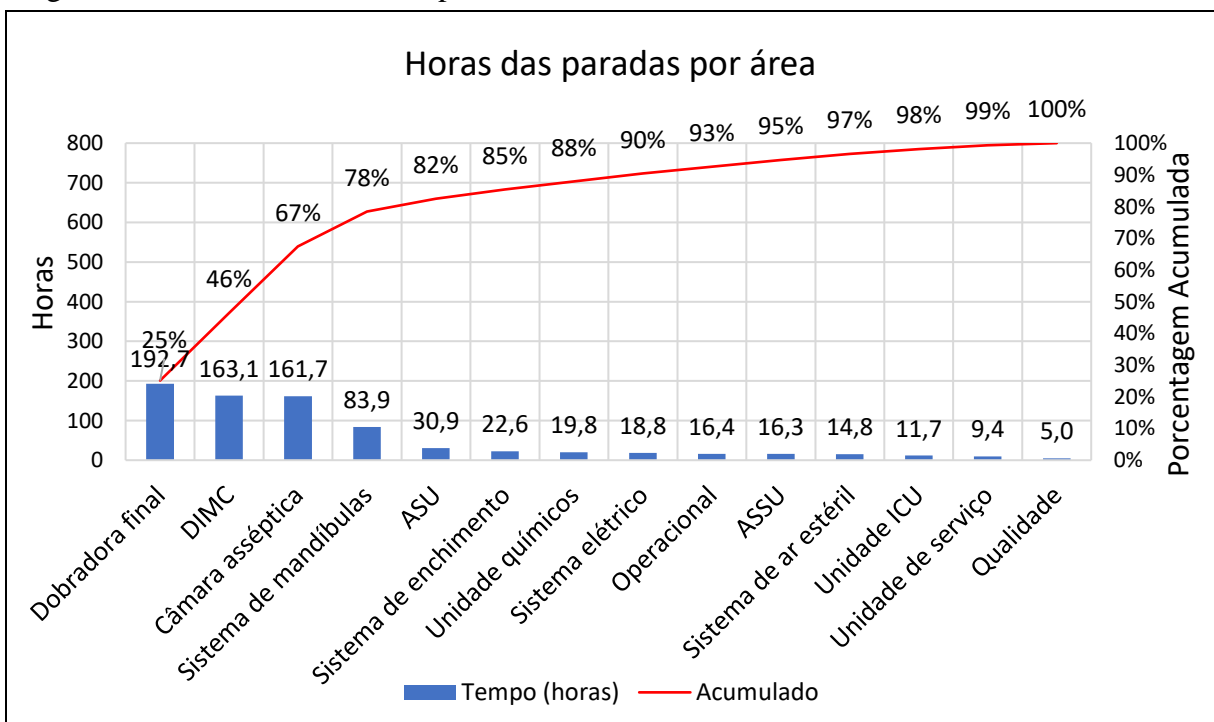
Figura 9 - Porcentagem das paradas não planejadas em 2020, em função do setor



Fonte: Do autor, 2021.

Optou-se por avaliar as paradas não planejadas do setor de envase, devido o mesmo, representar praticamente 50% de todas as paradas da linha C. No gráfico ilustrado na Figura 10, é apresentado o Diagrama de Pareto das paradas não planejadas, em horas, por área da máquina do setor de envase.

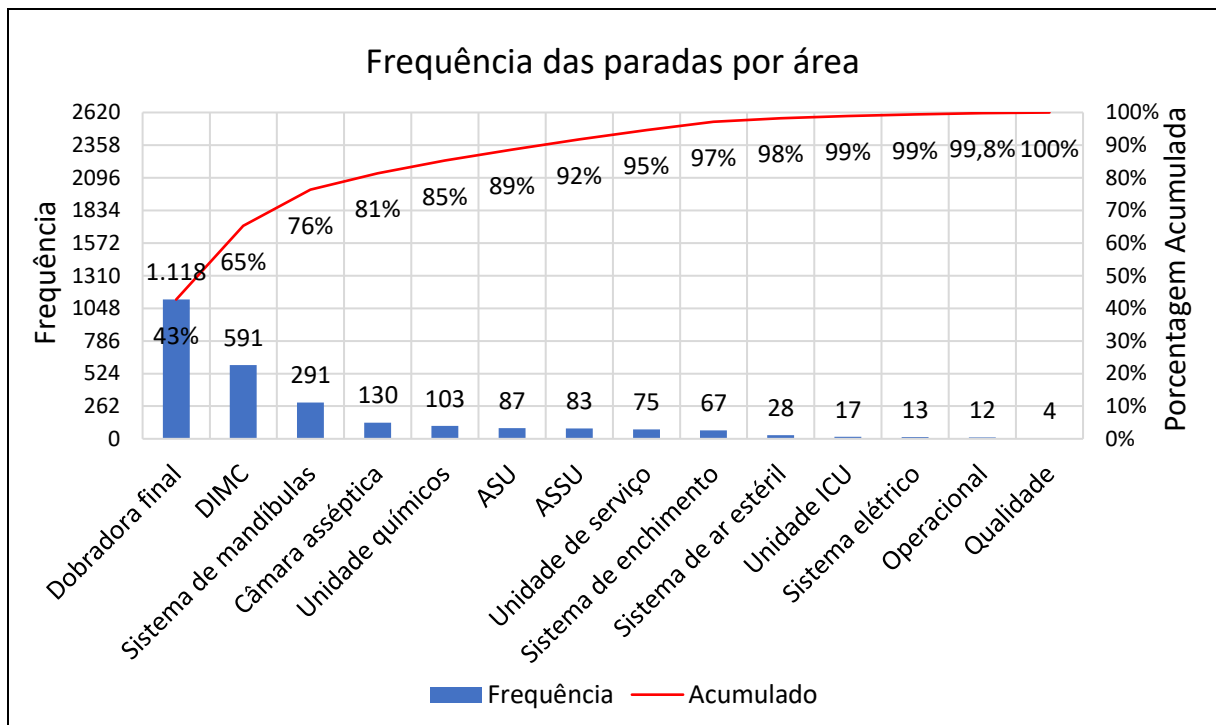
Figura 10 - Pareto das horas das paradas do setor de envase na linha C em 2020



Fonte: Do autor, 2021.

Analisando o gráfico, pode-se perceber que a área com maior parada na máquina de envase em 2020 foi a Dobradora Final, representado 192,7 horas de parada, o equivalente a 25% do tempo total de máquina parada. Além disso, as áreas DIMC e Câmara Asséptica representaram, cada uma delas, 21% do tempo total de paradas. Portanto, um novo gráfico (Figura 11) foi criado para ajudar a selecionar a área a ser analisada nas etapas seguintes do projeto.

Figura 11 - Pareto da frequência das paradas do setor de envase na linha C em 2020



Fonte: Do autor, 2021.

No gráfico da Figura 11, é apresentada a quantidade de vezes, por área, em que a máquina parou, por motivo não planejado, ao longo de 2020. Assim como no gráfico da figura 10, a Dobradora Final foi a área com maior impacto nas paradas na máquina de envase. A área foi responsável por parar a máquina 1.118 vezes, equivalente a 42,7% do total de vezes em que a máquina parou por algum motivo não planejado. Sendo assim, a área Dobradora Final foi escolhida para ser analisada e então aplicadas as melhorias com o objetivo de reduzir o tempo e a frequência de parada da máquina e consequentemente aumentar a eficiência da linha.

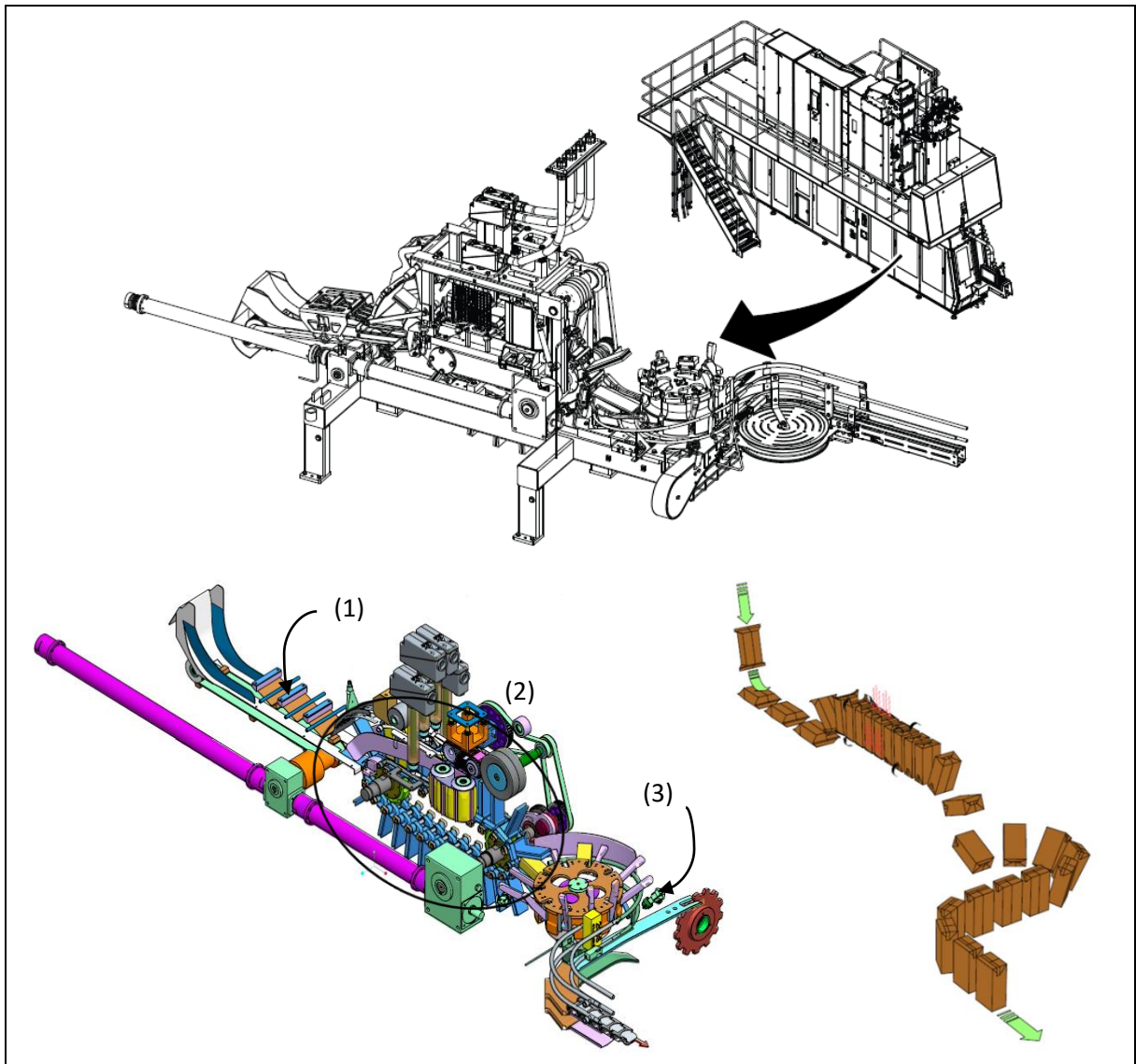
5.3 RESULTADOS DA ETAPA ANALISAR

A etapa analisar teve como principal objetivo ir ao encontro à origem das paradas ocasionadas pela área da Dobradora Final, dessa forma, foi estruturada em três principais componentes:

- Identificação das causas-raiz;
- Validação e Priorização das causas-raiz;
- Análise das causas-raiz prioritárias.

Para melhor entendimento da área da Dobradora Final da máquina de envase, na Figura 12, é apresentada uma imagem da máquina de envase e do sistema da Dobradora Final.

Figura 12 - Área da Dobradora Final da máquina de envase de leite UHT



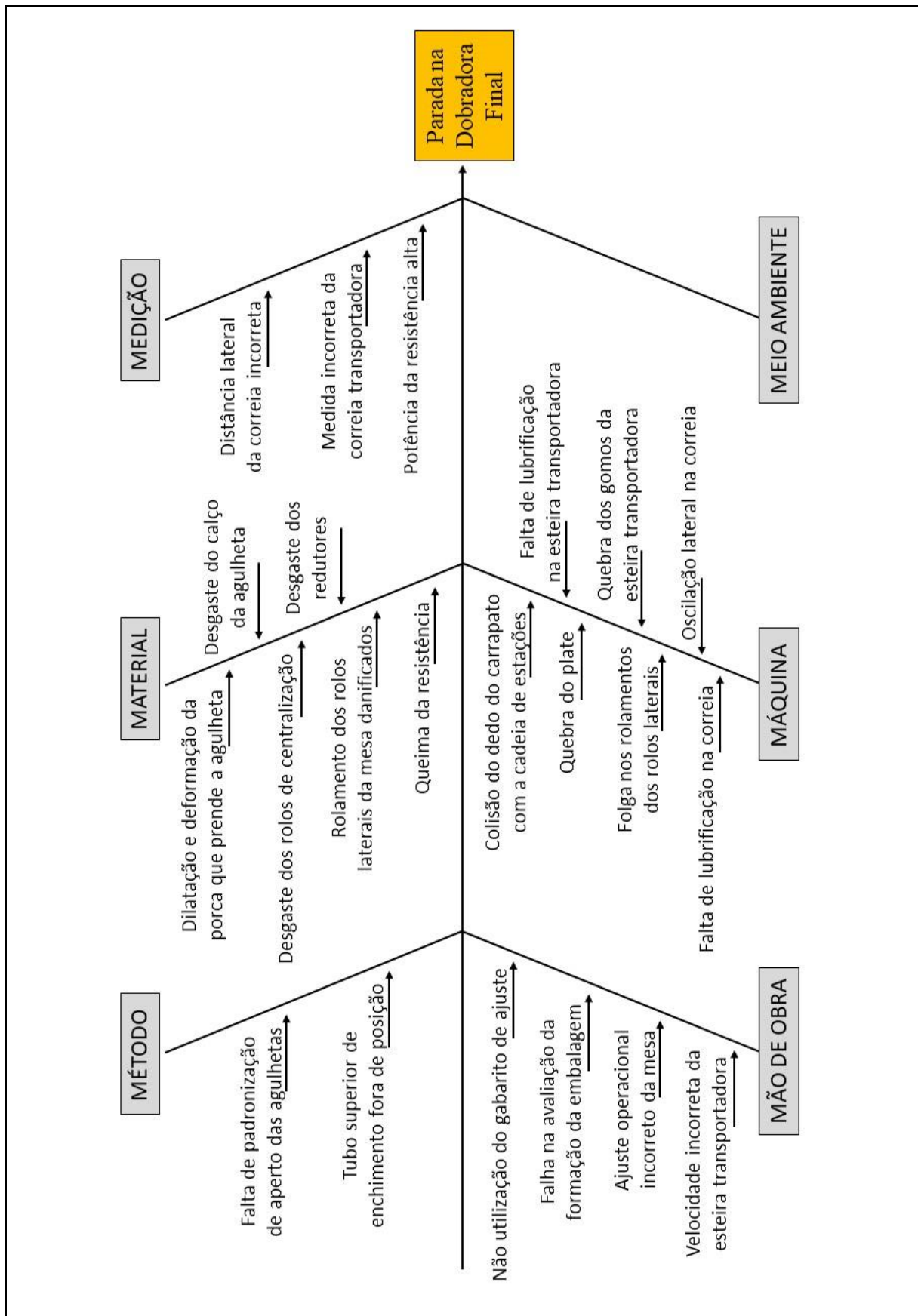
Fonte: Manual de Operação Tetra Pak E3 Speed, 2019.

É na Dobradora Final que a embalagem de leite UHT ganha a sua forma. Primeiramente a embalagem passa pela correia transportadora (1), que tem a função de transportar a embalagem até a cadeia de estação (2). Enquanto a embalagem passa através da cadeia de estação, abas de dobrar pressionam a embalagem ao longo de vincos predefinidos feitos no material de embalagem, dando a forma definitiva à embalagem. Ao mesmo tempo, barras de dobrar dobram os cantos (ou abas) da embalagem que são então aquecidos com ar extremamente quente (entre 560 a 600 °C), projetado em pontos definidos nos cantos. O ar quente derrete o revestimento externo de polietileno da embalagem e os cantos são então pressionados e soldados no fundo e nos lados da embalagem, respectivamente. A embalagem sai da cadeia de estação, é transportada ao longo de um transportador (3) e sai da máquina de envase (Figura 12).

5.3.1 Identificação das causas-raiz

Com o intuito de identificar as principais causas da Dobradora Final que ocasiona paradas na máquina de envase, foram realizadas duas reuniões com quatro operadores da máquina C e três mecânicos do setor de envase, considerando a experiência de trabalho de cada um. Foi realizada uma breve apresentação inicial do projeto, para que os colaboradores se familiarizassem e se sentissem à vontade para dar opiniões e sugestões dos potenciais motivos das paradas ocasionados na Dobradora Final, gerando um espaço de *brainstorming*, que resultou em um diagrama de Ishikawa, conforme a Figura 13.

Figura 13 - Diagrama de Ishikawa para as paradas ocasionadas pela Dobradora Final



Fonte: Do autor, 2021.

O Diagrama de Ishikawa fornece uma visão bem mais clara do problema, na qual pode-se ver uma maior concentração de causas relacionadas à máquina e material. Essas causas serão estudadas detalhadamente para descobrir se são de fato causas-raiz ou consequências de outras causas.

5.3.2 Validação e Priorização das causas-raiz

Após ser levantado as potenciais causas primárias das paradas na Dobradora Final, foi necessário validar as causas sugeridas juntamente com a equipe de melhoria multidisciplinar, tendo por base a experiência profissional e o histórico da empresa. Decidiu-se verificar as causas por família do Diagrama de Ishikawa e avaliar a sua influência na parada da máquina. Este processo contou também com a participação do supervisor de manutenção, resultando na eliminação das seguintes causas:

- Quebra do plate;
- Quebra dos gomos da esteira transportadora;
- Queima da resistência dos bicos sopradores.

A causa “Queima da resistência dos bicos sopradores”, item classificado como material, foi eliminada devido ao fato de ser ocasionada, na maioria das vezes, por uma falha elétrica. Segundo o supervisor de manutenção, atualmente na fábrica, falhas elétricas não são possíveis de serem previstas e conseqüentemente não são controladas. Também, o custo da resistência é baixo e o tempo de troca da resistência queimada é muito pequeno.

Quanto ao item máquina, foram eliminadas as causas “Quebra do plate” e “Quebra dos gomos da esteira transportadora”. Essas causas foram eliminadas após ser analisado, durante a reunião, que em todo o ano de 2020 houve apenas uma quebra do plate e uma quebra dos gomos da esteira transportadora. Portanto, foi definido pela equipe do projeto que não seria viável gastar esforços para essas causas, por serem problemas com probabilidade mínima de ocorrer, visto que juntas são duas paradas dentro das 1.118 paradas que ocorreram em 2020, na Dobradora Final.

5.3.3 Análise das causas-raiz prioritárias

Para a análise das causas primárias identificadas no Diagrama de Ishikawa, foi utilizada a metodologia do 5 Porquês, por ser uma ferramenta simples para resolução de problemas que pode ter um impacto drástico no sentido de ajudar a descobrir a causa-raiz do problema. Durante

o espaço de *brainstorming*, realizado em uma das reuniões da equipe multidisciplinar do projeto, foi questionado causa por causa. Enquanto ainda era possível questionar a causa em questão, continuou-se perguntando o porquê, até que se encontrou uma causa-raiz, ou, às vezes, mais de uma causa-raiz. Essa causa-raiz, normalmente, é detectada por ser algo simples, tangível e de bom senso.

As causas-raiz detectadas estão evidenciadas em itálico e contornadas em vermelho na Figura 14, na qual serão utilizadas na elaboração do plano de ações da etapa seguinte, de melhoria do projeto.

Figura 14 - Análise dos 5 Porquês das causas identificadas no Diagrama de Ishikawa

	Causa	Porque?	Porque?	Porque?	Porque?
1	Falta de padronização de aperto das agulhetas	Falta de ferramenta adequada O Manual da Manutenção não foi utilizado	Excesso de confiança da mão de obra		
2	Gabarito de ajuste não é utilizado	A pessoa não sabe utilizar corretamente do gabarito	O método (MM) não foi utilizado		
3	Dilatação e deformação da porca que prende a agulheta	Material e espessura da peça não suportam a temperatura de trabalho do sistema	Projeto do equipamento		
4	Desgaste do calço da agulheta	Material não suportam a temperatura de trabalho do sistema	Projeto do equipamento		
5	Falta lubrificação na correia	Porque não tinha ponto de lubrificação nas guias	Porque não está no projeto da máquina	Porque a base de apoio da correia vem teflonada	
6	Distância lateral da correias incorreta	Ajuste incorreto após a troca da correia lateral	Porque o método (MM) não é seguido	Excesso de confiança da mão de obra	
7	Folga nos rolamentos dos rolos laterais	Devido a quebra dos rolamentos	Tempo de vida útil estimado incorretamente	Baseado no tempo no manual Tetra Pak	
8	Potência da resistência alta, fora dos limites de especificação	Porque ao analisar a qualidade da selagem da aba, o operador conclui premeditadamente que o problema está relacionado a temperatura da resistência	Porque nem todos operadores seguem o procedimento e/ou não foram treinados		
9	Falha na avaliação da formação das embalagens	Não seguiu o procedimento corretamente	Falta de treinamento operacional e/ou não está sendo realizado análises na frequência estabelecida		
10	Rolamentos dos rolos laterais da mesa danificados	Devido entrada de água	Não existe vedação	Projeto do equipamento	
11	Tubo superior fora de posição	Ao longo das semanas ele é retirado para procedimentos de limpeza e naturalmente ocorre mudanças muito pequenas em sua posição central, durante sua reinstalação	Após a instalação do tubo, centralizando sua posição com o uso de gabarito		

Fonte: Do autor, 2021.

Figura 14 – Análise dos 5 Porquês das causas identificadas no Diagrama de Ishikawa (continuação...)

	Causa	Porque?	Porque?	Porque?	Porque?
12	Velocidade incorreta da esteira transportadora	Devido ajuste precipitado	<i>Porque não existe padrão definido de velocidade</i>		
			Porque não foi identificado pelo operador que o defeito pode estar no ajuste de atraso do carrapato	<i>Devido à um defeito crônico que ainda não foi identificado pelo fabricante do equipamento</i>	
			Para corrigir erroneamente o comprimento da impressão do InkJet	<i>Por que o operador não conhece os ajustes de impressão que o InkJet oferece</i>	
13	Falta de lubrificação na esteira transportadora	Devido entupimento do filtro do bico de aspersão	<i>Devido falha no procedimento de limpeza do bico</i>		
		Devido bico de aspersão estar com vazamentos ao longo do corpo	Devido quebra durante o processo de limpeza do filtro	<i>Devido falha de procedimento e/ou tempo de vida útil</i>	
14	Oscilação lateral da correia transportadora	Devido desgaste excessivo da correia	<i>Tempo de vida útil</i>		
		Devido quebra do rolamentos do eixo da esteira	Devido entrada de água	<i>Devido tempo de vida util dos retentores</i>	
15	Ajuste incorreto da correia transportadora	<i>Para compensar algum defeito de formação de embalagens, lubrificação e ou algum desgaste em rolamentos ou engrenagens, que ainda não tenha sido detectado</i>			
		Quando a correia é retirada para manutenção, ocorre necessidade de ajustar a medida	<i>Devido revisão em rolamentos, ou prprio tempo de vida útil da correia</i>		
		Para compensar possíveis atrasos gerados pelo corte efetuado pelo sistema de mandíbulas	Devido desgaste das facas	Devido a entrada de tampa dentro do indutor e/ou tempo de vida útil	<i>Devido a defeito crônico do equipamento, que ainda não foi solucionado pelo fabricante</i>
16	Desgaste dos redutores da correia transportadora	Oléo velho	<i>Porque não estava estimado o seu tempo de vida útil</i>		
		Falta de óleo	Devido vazamentos nos retentores	<i>Devido tempo de vida útil</i>	
17	Desgaste nos rolos de centralização da embalagem na cadeia de estações	Devido atrito constante da embalagem no momento da entrada da cadeia de estações	Devido não haver ponto de lubrificação	<i>Projeto do equipamento</i>	
18	Colisão do dedo do carrapato com a cadeia de estações	Devido ocorrer perda de referência entre o movimento do carrapato com o movimento da cadeias de estações	<i>Devido defeito Crônico do equipamento</i>		

Fonte: Do autor, 2021.

5.4 RESULTADOS DA ETAPA MELHORAR

As principais ações elaboradas foram baseadas exclusivamente nas causas-raiz identificadas na análise do 5 Porquês do tópico anterior. Para formular o plano de ação com as devidas ações a serem realizadas, foram feitas mais duas reuniões presenciais com a equipe multidisciplinar, contendo a participação do gerente de produção e o supervisor da manutenção. Esta etapa iniciou-se com sessões de apresentação da priorização das causas-raiz aos membros presentes e, posteriormente, facilitação de espaço de *brainstorming* para identificação de soluções de melhoria.

Após a identificação das soluções, elaborou-se o plano de ação utilizando a ferramenta 5W1H, conforme Figura 15, indicando principalmente o responsável e prazo de entrega. As ações propostas envolvem vários departamentos da fábrica, mostrando a inter-relação de dependência entre os setores.

Algumas das ações elaboradas já haviam sido implementadas nos últimos seis meses, exemplo disso é o treinamento de análise de embalagens e o treinamento de operação do InkJet, ação 9.2 e 12. 3 respectivamente. Contudo, estes treinamentos foram realizados novamente, para garantir e reforçar aos operadores a importância da realização correta da análise de embalagens e do ajuste do InkJet, relacionando o impacto que pode causar na eficiência da máquina se essas atividades não forem feitas corretamente.

Figura 15 - Plano de ação elaborado por meio do 5W1H

Plano de Ação 5W1H					
O QUE? (Causa)	ONDE?	POR QUE?	COMO? (Ação)	QUEM?	QUANDO?
1. Falta de padronização de aperto das agulhetas	Agulhetas	Falta de ferramenta adequada; Excesso de confiança da mão de obra.	1.1 Comprar a boca fixa n° 22 para encaixe do torquímetro, criar um instrutivo e etiqueta de identificação; 1.2 Orientar o pessoal da manutenção sobre a importância da utilização dos métodos.	Supervisor da manutenção	2 meses
2. Não utilização do gabarito de ajuste das agulhetas	Agulhetas	O Manual da Manutenção não foi utilizado.	2.1 Orientar e treinar os mantenedores sobre a correta utilização do gabarito das agulhetas; 2.2 Acrescentar no caderno de verifique semanal da manutenção a ação verificação e ajuste, se necessário, das agulhetas.	Pilar de Educação e Treinamento / Supervisor da manutenção	1 mês
3. Dilatação e deformação da porca da agulheta	Agulhetas	Projeto do equipamento.	3.1 Desenvolver uma nova porca alterando o material e espessura da porca.	Manutenção	2 meses
4. Desgaste do calço da agulheta	Agulhetas	Projeto do equipamento.	4.1 Desenvolver uma nova arruela alterando o material.	Manutenção	2 meses
5. Falta de lubrificação na correia	Correia	Porque a base de apoio da correia vem teflonada.	5.1 Analisar de quanto em quanto tempo é necessário teflonar a correia e acrescentar no caderno de verificações da manutenção.	Líder da manutenção do turno 2	4 meses
6. Distância lateral da correia incorreta	Correia	O Manual da Manutenção não foi utilizado devido excesso de confiança da mão de obra.	6.1 Promover treinamento para manutenção; 6.2 Acrescentar no caderno de verifique a ação de verificação da medida da correia lateral.	Pilar de Educação e Treinamento / Supervisor da manutenção	3 semanas
7. Folga nos rolamentos dos rolos laterais	Correia	Tempo de vida útil estimado incorretamente.	7.1 Reavaliar o tempo de vida útil e adequar ao plano de manutenção.	Líder da manutenção do turno 2	4 meses
8. Potência da resistência alta, fora dos limites de especificação	Resistência	Alguns operadores não seguem o procedimento ou ainda não foram treinados.	8.1 Criar um checklist que mostre o passo a passo de itens que devem ser verificados, antes da ação de aumentar a temperatura da resistência.	Analista de processos	2 semanas

Fonte: Do autor, 2021.

Figura 15 – Plano de ação elaborado por meio do 5W1H (continuação...)

O QUE? (Causa)	ONDE?	POR QUE?	COMO? (Ação)	QUEM?	QUANDO?
9. Falha na avaliação da formação das embalagens	Análise de embalagens	Falta de treinamento operacional e/ou não está sendo realizado análises na frequência estabelecida	9.1 Reforçar aos operadores a importância da avaliação correta e do ajuste constante, se necessário, da formação da embalagem ao longo dos turnos; 9.2 Promover treinamento de análise de embalagens.	Pilar de Educação e Treinamento / Analista de processos	2 semanas
10. Rolamentos dos rolos laterais da mesa danificados	Mesa	Devido a entrada de água e não existir vedação - Projeto do equipamento.	10.1 Projetar instalação de retentores para aumentar a vida útil dos rolos; 10.2 Estimar vida útil e promover checagem semanal de folgas, integridade e funcionamento.	Supervisor da manutenção	3 meses
11. Tubo superior fora de posição	Mesa	Ajuste incorreto na reinstalação do tubo após cuidados semanais.	11.1 Verificar necessidade de retirar o tubo superior em todo cuidado semanal; 11.2 Criar procedimento para centralização do tubo de enchimento superior.	Analista de processos / Supervisor da manutenção	2 semanas
12. Velocidade incorreta da esteira transportadora	Esteira de saída	Porque não existe padrão definido de velocidade; Devido à um defeito crônico no carrapato, que ainda não foi identificado pelo fabricante do equipamento; Por que o operador não conhece os ajustes de impressão que o Inkjet oferece.	12.1 Definir padrão de velocidade para os diferentes tipos de receitas (15000 un/hr, 12000 un/hr) e orientar os operadores; 12.2 Reforçar, através de instrutivos, junto aos operadores, a importância de verificar o atraso do carrapato em todos os momentos em que houver qualquer tipo de interrupção da produção, ou a máquina estiver em aquecimento das agulhetas; 12.3 Manter os operadores treinados e instruídos sobre os ajustes do Inkjet.	Pilar de Educação Treinamento / Analista de Processos	2 meses
13. Falta de lubrificação na esteira transportadora	Esteira de saída	Devido falha no procedimento de limpeza do bico; Devido a vazamentos no bico de aspersão.	13.1 Reforçar através de auditorias, a importância da limpeza correta dos filtros dos bicos de aspersão de água; 13.2 Realizar semanalmente a verificação de vazamentos no corpo dos bicos de aspersão de água.	Pilar de Manutenção Autônoma	1 mês
14. Oscilação lateral da correia transportadora	Correia transportadora	Devido tempo de vida útil da correia e dos retentores.	14.1 Incluir no plano de revisão de 1000 horas, todos os rolamentos e retentores do sistema da correia transportadora; 14.2 Criar procedimento de inspeção semanal dos componentes críticos do sistema da correia transportadora.	Pilar de Manutenção Planejada	2 semanas

Fonte: Do autor, 2021.

Figura 15 – Plano de ação elaborado por meio do 5W1H (continuação...)

O QUE? (Causa)	ONDE?	POR QUE?	COMO? (Ação)	QUEM?	QUANDO?
15. Ajuste incorreto da correia transportadora	Correia transportadora	Para compensar, algum defeito de formação de embalagens, lubrificação e ou algum desgaste em rolamentos ou engrenagens, que ainda não tenha sido detectado; Devido revisão em rolamentos, ou próprio tempo de vida útil da correia; Devido ao desgaste das facas de corte ocasionadas pela entrada de tampa dentro do indutor e/ou tempo de vida útil.	15.1 Manter os manutentores alinhados com a necessidade de seguir os procedimentos do Manual da Manutenção; 15.2 Controlar o desgaste entre o pino de acionamento e a faca de corte com checagem semanal; 15.3 Criar procedimento de verificação e sangria de graxa nos rolos do acionamento da faca de corte; 15.4 Criar método de verificação de tampas nos indutores, todas as vezes em que o equipamento entrar em renovação do tubo ou correção de desenho. Verificar também na limpeza diária se existem quebras ou marcas de corte nos indutores.	Pilar de Manutenção Atonôma / Pilar de Manutenção Planejada	3 meses
16. Desgaste dos redutores da correia transportadora	Correia transportadora	Falta de óleo, devido vazamentos nos retentores; Óleo velho, por não ter estimativa do tempo de vida útil.	16.1 Criar inspeções semanais para determinação correta do tempo de vida útil dos redutores; 16.2 Criar inspeções semanais para inspeção de vazamentos ou marcas de óleo; 16.3 Criar inspeções semanais para inspeção de folgas e ruídos; 16.4 Incluir no plano de revisão de 1000 horas a troca o óleo.	Líder da manutenção do turno 3	2 semanas
17. Desgaste dos rolos de centralização da embalagem na cadeia de estações	Correia transportadora	Devido não haver ponto de lubrificação - projeto do equipamento.	17.1 Estudar viabilidade de instalar pontos de lubrificação para aumento da vida útil dos rolos de centralização; 17.2 Direcionar a revisão dos componentes a cada 1000 horas; 17.3 Criar inspeção semanal de folgas nos componentes dos rolos.	Líder da manutenção do turno 3	1 mês
18. Colisão do dedo do carrapato com a cadeia de estações	Carrapato	Devido ocorrer perda de referência entre o movimento do carrapato com o movimento da cadeia de estações - defeito crônico do equipamento.	18.1 Informar defeito crônico ao fabricante; 18.2 Alterar o torque de aperto do parafuso do acoplamento do carrapato para 14nm; 18.3 Reforçar, através de instrutivos, junto aos operadores, a importância de se verificar o atraso do carrapato em todos os momentos em que houver qualquer tipo de interrupção da produção, ou a máquina estiver em aquecimento das agulhetas.	Supervisor da manutenção / Analista de processos	2 semanas

Fonte: Do autor, 2021.

Algumas das ações propostas foram realizadas imediatamente após a elaboração do plano de ações, por serem simples e de fácil implementação (2.2, 5.1, 6.2, 13.2, 14.2, 15.2, 16.1, 16.2, 16.3 e 17.3). Todas estas ações foram acrescentadas nos cadernos de verificação da manutenção, conforme exemplo da Figura 16. O setor na manutenção da empresa já possui um sistema de verificação semanal, quinzenal ou mensal dos equipamentos. Está ferramenta foi desenvolvida dentro do Pilar de Manutenção Planejada, um dos principais pilares do TPM (Manutenção Produtiva Total), programa de gestão empresarial, no qual a empresa fomenta.

Figura 16 - Caderno de verificações preventivas da manutenção

CADERNO DE VERIFICAÇÕES PREVENTIVAS DE MANUTENÇÃO		PLANO DE VERIFICAÇÕES PREVENTIVAS																																																																																																																																																																																																					
SPEED C		W 1																																																																																																																																																																																																					
<p>DATA DE INÍCIO DESTA CADERNO: 01/01/2021</p> <p>DATA DE FIM DESTA CADERNO: 30/06/2021</p> <p>ESTE CADERNO CONTÉM AÇÕES PREVENTIVAS DE MANUTENÇÃO. AS AÇÕES ESTÃO ORGANIZADAS COM BASE NA SUA FREQUÊNCIA DE UTILIZAÇÃO.</p> <p>LEGENDA DO CADERNO</p> <table border="1"> <tr> <td>W</td> <td>INDICA A SEMANA QUE AS AÇÕES DA PÁGINA DEVEM SER REALIZADAS. O NÚMERO APÓS A LETRA INDICA O NÚMERO DA SEMANA, CUJAS DATAS DE INÍCIO E FIM ESTÃO ESPECIFICADAS ABAIXO, DEPOIS DA PALAVRA "PERÍODO".</td> </tr> <tr> <td>ID</td> <td>NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO DA AÇÃO NO PLANO DE VERIFICAÇÕES PREVENTIVAS DE MANUTENÇÃO.</td> </tr> <tr> <td>SISTEMA E SUBSISTEMA</td> <td>REGIÃO DA MÁQUINA NA QUAL A AÇÃO DEVE SER REALIZADA.</td> </tr> <tr> <td>INFO</td> <td>PÁGINA DO MANUAL SPC OU MM NA QUAL O FOCO DA AÇÃO DE MANUTENÇÃO SE ENCONTRA.</td> </tr> <tr> <td>AÇÃO</td> <td>DESCREVE O QUE DEVE SER REALIZADO.</td> </tr> <tr> <td>QUANDO/QUEM</td> <td>DEVE SER PREENCHIDO COM QUANDO A AÇÃO FOI REALIZADA E COM QUEM A REALIZOU.</td> </tr> <tr> <td>OBSERVAÇÃO</td> <td>DEVE CONTER A EXPLICAÇÃO DO QUE FOI CONSTATADO NA VERIFICAÇÃO; SE O ITEM ESTÁ OK; SE NECESSITA DE SUBSTITUIÇÃO OU SE FOI SUBSTITUÍDO.</td> </tr> </table> <p>MANUTENTOR: LEMBRE-SE DE TROCAR TURNO COM ESTE CADERNO EM MÃOS E PASSAR AS AÇÕES REALIZADAS E PENDENTES. O CUMPRIMENTO DAS AÇÕES DESTA CADERNO É DE RESPONSABILIDADE DE TODOS OS TURNOS!</p>		W	INDICA A SEMANA QUE AS AÇÕES DA PÁGINA DEVEM SER REALIZADAS. O NÚMERO APÓS A LETRA INDICA O NÚMERO DA SEMANA, CUJAS DATAS DE INÍCIO E FIM ESTÃO ESPECIFICADAS ABAIXO, DEPOIS DA PALAVRA "PERÍODO".	ID	NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO DA AÇÃO NO PLANO DE VERIFICAÇÕES PREVENTIVAS DE MANUTENÇÃO.	SISTEMA E SUBSISTEMA	REGIÃO DA MÁQUINA NA QUAL A AÇÃO DEVE SER REALIZADA.	INFO	PÁGINA DO MANUAL SPC OU MM NA QUAL O FOCO DA AÇÃO DE MANUTENÇÃO SE ENCONTRA.	AÇÃO	DESCREVE O QUE DEVE SER REALIZADO.	QUANDO/QUEM	DEVE SER PREENCHIDO COM QUANDO A AÇÃO FOI REALIZADA E COM QUEM A REALIZOU.	OBSERVAÇÃO	DEVE CONTER A EXPLICAÇÃO DO QUE FOI CONSTATADO NA VERIFICAÇÃO; SE O ITEM ESTÁ OK; SE NECESSITA DE SUBSTITUIÇÃO OU SE FOI SUBSTITUÍDO.	<p>As final da verificação semanal, marcar o histograma da máquina. U.A. 11/02/19 PERÍODO: 31/05/2021</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Normetro:</th> <th colspan="7">FREQUÊNCIA</th> </tr> <tr> <th></th> <th colspan="7">B - BIMESTRAL</th> </tr> <tr> <th></th> <th colspan="7">OBSERVAÇÃO: toda ação não executada deve ser justificada</th> </tr> <tr> <th>ID</th> <th>SISTEMA</th> <th>SUB-SISTEMA</th> <th>INFO</th> <th>AÇÃO</th> <th>FREQ.</th> <th>CONDIÇÃO MÁQUINA</th> <th>QUANDO</th> <th>QUEM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.1</td> <td>Super Estrutura</td> <td>Housing</td> <td>1.78 SPC</td> <td>Retirar e limpar</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.2</td> <td>Super Estrutura</td> <td>Role de latão</td> <td>1.51 SPC</td> <td>Conferir se desalinhou</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.3</td> <td>Super Estrutura</td> <td>Câmara UV/ Padimento</td> <td>1.94 SPC</td> <td>Verificar vazamentos</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.4</td> <td>Super Estrutura</td> <td>Acet de formação</td> <td>1.208 SPC</td> <td>Verificar integridade</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>Super Estrutura</td> <td>LS</td> <td>1.326 SPC</td> <td>Verificar integridade</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.6</td> <td>Super Estrutura</td> <td>Air exaustor</td> <td>1.120 SPC</td> <td>Verificar vazamentos e ruídos excessivos</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.7</td> <td>Super Estrutura</td> <td>Câmara anéchoica</td> <td>1.174 SPC</td> <td>Verificar vazamentos nas juntas</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.11</td> <td>Super Estrutura</td> <td>Compressor de ar estático</td> <td>1.136 SPC</td> <td>Verificação de ruído/vibração/vazamentos</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.12</td> <td>Super Estrutura</td> <td>Saída do superaquecedor</td> <td>1.140 SPC (Item 520)</td> <td>Verificar vazamentos</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.13</td> <td>Super Estrutura</td> <td>Portas</td> <td>-</td> <td>Verificar posicionamento e integridade dos sensores</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.16</td> <td>Super Estrutura</td> <td>Panel de vácuo pneumático</td> <td>1.500</td> <td>Verificação de vazamentos</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.18</td> <td>Super Estrutura</td> <td>Role pendular</td> <td>1.44 SPC</td> <td>Verificar integridade</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.21</td> <td>Super Estrutura</td> <td>Blower</td> <td>1.37 SPC</td> <td>Verificação de folgas e ruídos</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.22</td> <td>Super Estrutura</td> <td>Canalizador</td> <td>1.529 SPC</td> <td>Colocar todas as mangueiras praxas dentro de caixa</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.24</td> <td>Câmara Aseptica</td> <td>Roller</td> <td>---</td> <td>Verificação de ruídos em todos os rolos da Câmara Aseptica</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.25</td> <td>Câmara Aseptica</td> <td>Role de latão</td> <td>1.51 SPC</td> <td>Verificar se há passagem de produto</td> <td>5</td> <td>Parada</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							Normetro:	FREQUÊNCIA								B - BIMESTRAL								OBSERVAÇÃO: toda ação não executada deve ser justificada							ID	SISTEMA	SUB-SISTEMA	INFO	AÇÃO	FREQ.	CONDIÇÃO MÁQUINA	QUANDO	QUEM	1.1	Super Estrutura	Housing	1.78 SPC	Retirar e limpar	5	Parada			1.2	Super Estrutura	Role de latão	1.51 SPC	Conferir se desalinhou	5	Parada			1.3	Super Estrutura	Câmara UV/ Padimento	1.94 SPC	Verificar vazamentos	5	Parada			1.4	Super Estrutura	Acet de formação	1.208 SPC	Verificar integridade	5	Parada			1.5	Super Estrutura	LS	1.326 SPC	Verificar integridade	5	Parada			1.6	Super Estrutura	Air exaustor	1.120 SPC	Verificar vazamentos e ruídos excessivos	5	Parada			1.7	Super Estrutura	Câmara anéchoica	1.174 SPC	Verificar vazamentos nas juntas	5	Parada			1.11	Super Estrutura	Compressor de ar estático	1.136 SPC	Verificação de ruído/vibração/vazamentos	5	Parada			1.12	Super Estrutura	Saída do superaquecedor	1.140 SPC (Item 520)	Verificar vazamentos	5	Parada			1.13	Super Estrutura	Portas	-	Verificar posicionamento e integridade dos sensores	5	Parada			1.16	Super Estrutura	Panel de vácuo pneumático	1.500	Verificação de vazamentos	5	Parada			1.18	Super Estrutura	Role pendular	1.44 SPC	Verificar integridade	5	Parada			1.21	Super Estrutura	Blower	1.37 SPC	Verificação de folgas e ruídos	5	Parada			1.22	Super Estrutura	Canalizador	1.529 SPC	Colocar todas as mangueiras praxas dentro de caixa	5	Parada			1.24	Câmara Aseptica	Roller	---	Verificação de ruídos em todos os rolos da Câmara Aseptica	5	Parada			1.25	Câmara Aseptica	Role de latão	1.51 SPC	Verificar se há passagem de produto	5	Parada		
W	INDICA A SEMANA QUE AS AÇÕES DA PÁGINA DEVEM SER REALIZADAS. O NÚMERO APÓS A LETRA INDICA O NÚMERO DA SEMANA, CUJAS DATAS DE INÍCIO E FIM ESTÃO ESPECIFICADAS ABAIXO, DEPOIS DA PALAVRA "PERÍODO".																																																																																																																																																																																																						
ID	NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO DA AÇÃO NO PLANO DE VERIFICAÇÕES PREVENTIVAS DE MANUTENÇÃO.																																																																																																																																																																																																						
SISTEMA E SUBSISTEMA	REGIÃO DA MÁQUINA NA QUAL A AÇÃO DEVE SER REALIZADA.																																																																																																																																																																																																						
INFO	PÁGINA DO MANUAL SPC OU MM NA QUAL O FOCO DA AÇÃO DE MANUTENÇÃO SE ENCONTRA.																																																																																																																																																																																																						
AÇÃO	DESCREVE O QUE DEVE SER REALIZADO.																																																																																																																																																																																																						
QUANDO/QUEM	DEVE SER PREENCHIDO COM QUANDO A AÇÃO FOI REALIZADA E COM QUEM A REALIZOU.																																																																																																																																																																																																						
OBSERVAÇÃO	DEVE CONTER A EXPLICAÇÃO DO QUE FOI CONSTATADO NA VERIFICAÇÃO; SE O ITEM ESTÁ OK; SE NECESSITA DE SUBSTITUIÇÃO OU SE FOI SUBSTITUÍDO.																																																																																																																																																																																																						
Normetro:	FREQUÊNCIA																																																																																																																																																																																																						
	B - BIMESTRAL																																																																																																																																																																																																						
	OBSERVAÇÃO: toda ação não executada deve ser justificada																																																																																																																																																																																																						
ID	SISTEMA	SUB-SISTEMA	INFO	AÇÃO	FREQ.	CONDIÇÃO MÁQUINA	QUANDO	QUEM																																																																																																																																																																																															
1.1	Super Estrutura	Housing	1.78 SPC	Retirar e limpar	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.2	Super Estrutura	Role de latão	1.51 SPC	Conferir se desalinhou	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.3	Super Estrutura	Câmara UV/ Padimento	1.94 SPC	Verificar vazamentos	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.4	Super Estrutura	Acet de formação	1.208 SPC	Verificar integridade	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.5	Super Estrutura	LS	1.326 SPC	Verificar integridade	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.6	Super Estrutura	Air exaustor	1.120 SPC	Verificar vazamentos e ruídos excessivos	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.7	Super Estrutura	Câmara anéchoica	1.174 SPC	Verificar vazamentos nas juntas	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.11	Super Estrutura	Compressor de ar estático	1.136 SPC	Verificação de ruído/vibração/vazamentos	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.12	Super Estrutura	Saída do superaquecedor	1.140 SPC (Item 520)	Verificar vazamentos	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.13	Super Estrutura	Portas	-	Verificar posicionamento e integridade dos sensores	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.16	Super Estrutura	Panel de vácuo pneumático	1.500	Verificação de vazamentos	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.18	Super Estrutura	Role pendular	1.44 SPC	Verificar integridade	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.21	Super Estrutura	Blower	1.37 SPC	Verificação de folgas e ruídos	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.22	Super Estrutura	Canalizador	1.529 SPC	Colocar todas as mangueiras praxas dentro de caixa	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.24	Câmara Aseptica	Roller	---	Verificação de ruídos em todos os rolos da Câmara Aseptica	5	Parada																																																																																																																																																																																																	
1.25	Câmara Aseptica	Role de latão	1.51 SPC	Verificar se há passagem de produto	5	Parada																																																																																																																																																																																																	

Fonte: Do autor, 2021.

As ações 14.1, 16.4 e 17.2 foram incluídas no plano de revisão da manutenção, que já é realizado na empresa, no qual a cada 1000 horas de produção a máquina para por 5 dias para que seus componentes sejam revisados. A manutenção planejada é uma forma de manter o funcionamento do equipamento o mais próximo possível das condições ideais de funcionamento, sem forçar sua mecânica, prevenindo problemas com componentes desgastados ou no final de sua vida útil.

Outras ações que também foram de rápida implementação são: 1.2, 2.1, 9.1, 12.1, 12.2, 13.1, 15.1 e 18.3. Todas estas ações foram realizadas na forma de orientação e conscientização de operadores e manutentores sobre suas atividades de rotina. Estas ações propostas estão totalmente relacionadas a falhas, causadas por falta de instrução ou simples desobediência das atividades de trabalho. As orientações foram desenvolvidas em uma folha A4, contendo ilustrações, instruções e o porquê da importância da realização da atividade em questão, com o

As ações 11.2 e 15.3 também foram realizadas em forma de LUP, porém foram desenvolvidas pelo líder de manutenção do turno 3, por serem ações destinadas para os manutentores. Como somente um tema por vez é abordado, os treinamentos baseados em LUP devem ser muito rápidos e objetivos, durando entre 10 e 15 minutos. Considerando que estes treinamentos capacitam os colaboradores a intervir no equipamento, foram realizados junto à máquina, exemplificando os pontos importantes no equipamento e realizando atividades práticas.

Um dos princípios básicos de todas as metodologias de trabalho é a capacitação, o desenvolvimento contínuo dos colaboradores, o que gera maior produtividade e rapidez no cumprimento dos objetivos. Portanto, foi acionado o Pilar de Educação e Treinamento para a resolução das ações 2.1, 6.1, 9.2 e 12.3. O pilar de Educação e Treinamento visa suprir a carência na capacitação individual, identificando a diferença entre a situação atual e condição ideal em termos de conhecimento e habilidades dos colaboradores, preenchendo essa lacuna com treinamento teórico/prático e mensurando a evolução de cada colaborador.

Os treinamentos sobre a utilização do gabarito das agulhetas (ação 2.1) e sobre como trocar a correia lateral da Dobradora Final (ação 6.1) foram ministrados pelo líder da manutenção do turno 2, contendo a participação dos mecânicos do envase dos 3 turnos. Os dois treinamentos foram realizados no mesmo dia, durante a parada da linha C para revisão programada, permitindo que durante o treinamento os mecânicos simulassem a condição de troca da correia e ajuste das agulhetas.

Os treinamentos de análise de embalagens (ação 9.2) e de operação do InkJet (ação 12.3) foram ministrados pelo líder de envase do turno 3 e pelo técnico da empresa que fornece o datador InkJet, respectivamente. Ambos os treinamentos foram realizados separadamente, porém na mesma semana em que a máquina C ficou parada para a revisão programada da linha, permitindo que houvesse a participação de todos os operadores de envase da máquina C.

Para solucionar os problemas de dilatação e deformação da porca da agulheta e desgaste do calço da agulheta foram desenvolvidas, pelo próprio mecânico da empresa, uma nova porca (ação 3.1) e uma nova arruela (ação 4.1). Essas peças originalmente eram de aço carbono e foram trocadas para aço inox, porque a região da máquina onde essas peças são utilizadas contém água e a temperatura de trabalho do sistema é muito alta.

Para a resolução da ação 11.1, foi realizado uma reunião com integrantes do setor da qualidade e do fornecedor do equipamento. Nesta reunião foi discutido a real necessidade de

retirar o tubo superior de enchimento em todo cuidado semanal realizado pelos operadores, visto que na reinstalação deste tubo, pode haver falhas de ajuste e ocasionar inúmeras paradas não planejadas no equipamento. Após serem discutidos todos os prós e contras desta ação, foi reafirmada a necessidade da retirada do tubo superior, pois é um ponto crítico da máquina de envase em relação a contaminação de produto. Portanto, os operadores continuam a retirar este tubo nos cuidados semanais, realizando a desinfecção com ácido peracético. Logo, foi reforçada para o setor da manutenção, a necessidade de que a ação 11.2 seja realizada corretamente e continuamente, para que minimize a falha de ajuste do tubo.

A ação de “informar defeito crônico ao fabricante” (18.1), devido ocorrer perda de referência entre o movimento do carrapato com o movimento da cadeia de estações, foi realizada imediatamente após a estruturação do plano de ações. Contudo, o problema ainda não foi solucionado, mesmo após inúmeras contatações com o fabricante, que chegou a realizar um acompanhamento da máquina durante produção. De modo paliativo e para minimizar o impacto deste defeito crônico, foi reforçado ao analista de processos do envase e aos líderes do setor a importância da realização da ação 18.3. Foi pedido para que eles orientem e reforcem os operadores, quase que diariamente, a importância de se verificar o atraso do carrapato em todos os momentos em que houver qualquer tipo de interrupção da produção, ou a máquina estiver em aquecimento das agulhetas.

Em relação a vida útil dos componentes da máquina de envase, foi constatado que alguns deles não tinham estimativa de tempo de utilização e/ou não estavam estimados corretamente, logo foram elaboradas e realizadas as ações 7.1 e 10.2. As ações 10.1 e 17.1 também foram criadas para aumentar a vida útil de algum componente, porém para a realização dessas ações foi necessária a criação de projeto de instalação, o que requer um maior tempo de análise e execução. Portanto até o encerramento deste projeto, a ação 17.1 não tinha sido realizada, mas a ação 10.1 foi concluída com sucesso.

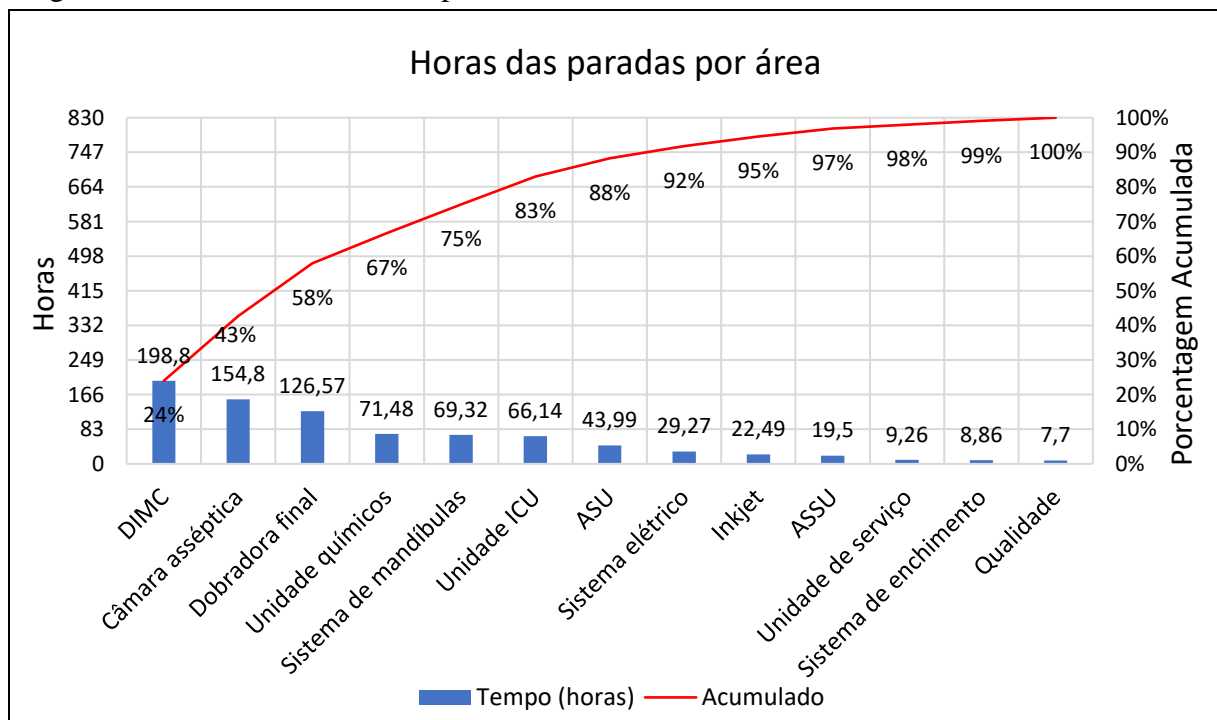
5.5 RESULTADOS DA ETAPA CONTROLAR

A etapa controlar exige um acompanhamento rigoroso a longo prazo desde as implementações até os resultados das ações propostas, principalmente pelo fato de que grande parte das implementações envolvem ganho de conhecimento e aprimoramento dos operadores e manutentores através de treinamentos e orientações.

Para garantir que os procedimentos ocorram de forma correta, foi criado um grupo de auditoria, composto pelo analista de processos, um dos líderes de turno do envase e pelo líder da manutenção. Este grupo ficou responsável por acompanhar os processos em campo, vistoriar e orientar os colaboradores envolvidos na execução das ações. O objetivo da criação do grupo foi responsabilizar pessoas para que executassem com êxito o projeto de melhoria por completo. Diante disso, foi estabelecido um cronograma de reuniões quinzenais para que fossem discutidas ações realizadas e os resultados gerados.

Como pode-se observar no gráfico da Figura 19, a aplicação do ciclo DMAIC gerou uma queda acentuada no tempo total de máquina parada causada pela Dobradora Final. O tempo de máquina parada pela Dobradora Final foi, no ano de 2021, de 126,57 horas. Este parâmetro sofreu uma redução de 34,3% comparado ao ano de 2020, pois o valor registrado foi de 197,2 horas (Figura 10).

Figura 19 - Pareto das horas das paradas do setor de envase na linha C em 2021

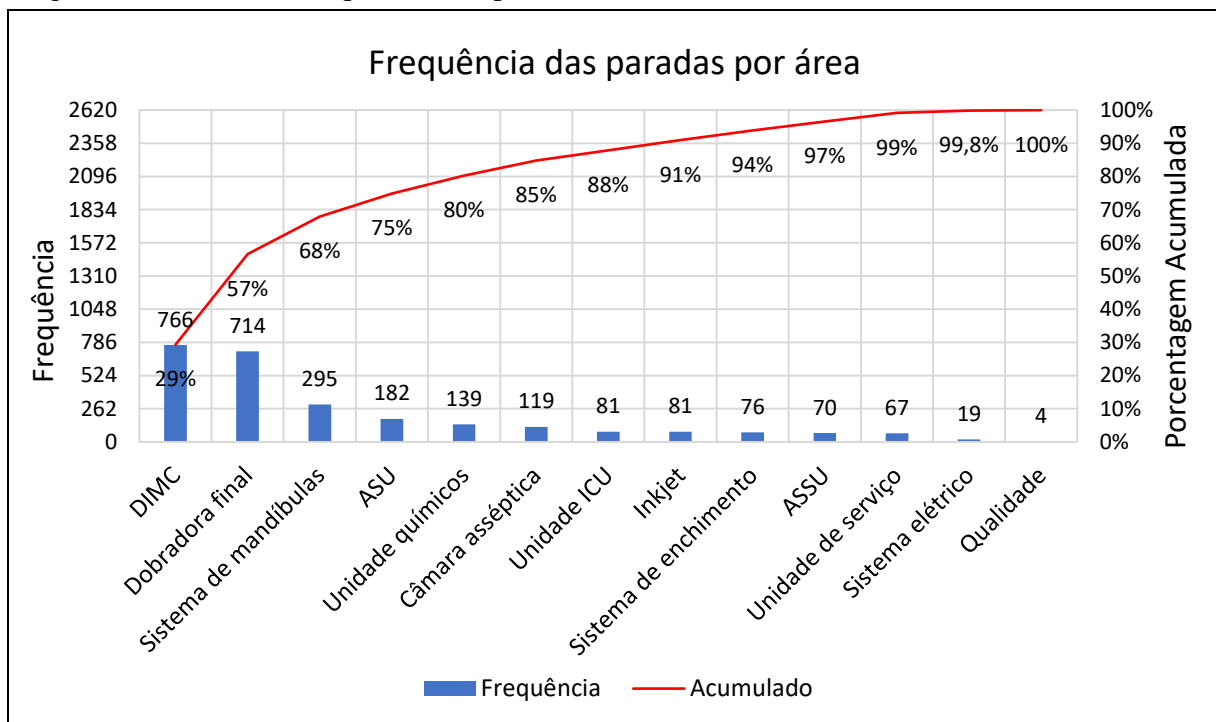


Fonte: Do autor, 2021.

Em relação ao tempo total de máquina parada, considerando todos os tipos de parada, houve uma redução de 10% do tempo total, no qual em 2020 (Figura 10) a parada pela Dobradora Final representava 25% ocupando a primeira posição, e em 2021 representou 15% das paradas, representando a terceira posição (Figura 19).

A porcentagem da quantidade de paradas causada pela Dobradora Final em relação a todas as paradas na máquina de envase, registrados no ano de 2021, foi de 27,3%, ocupando o segundo lugar (Figura 20). Este parâmetro sofreu uma redução de 15,4% comparado ao ano de 2020, no qual a quantidade de paradas pela Dobradora Final representou 42,7% do total das paradas (Figura 11). Avaliando somente a frequência de paradas da Dobradora final, houve redução de 36,1%, caindo de 1.118 no de ano de 2020 para 714 vezes no ano de 2021.

Figura 20 - Pareto da frequência das paradas do setor de envase na linha C em 2021

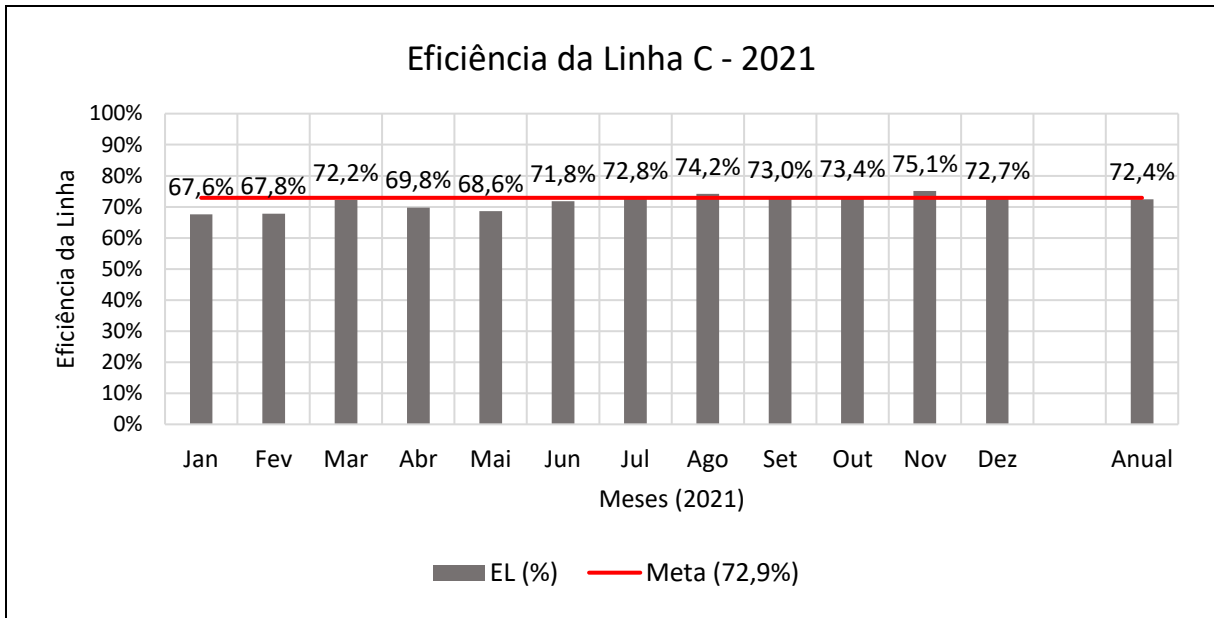


Fonte: Do autor, 2021.

Durante a realização do projeto foi alterado o valor da meta de eficiência de linha das máquinas de leite UHT da empresa para o ano de 2021. Essa alteração foi realizada em reunião, pelos gerentes e diretores, durante o desenvolvimento do planejamento estratégico da empresa para os próximos anos. Foi verificado, com base nos dados de eficiência dos últimos 5 anos da máquina C, que a meta anterior (75,9%) estava extrapolada, e com isso a nova meta de eficiência estabelecida para a máquina C foi de 72,9%.

Como pode-se observar no gráfico da Figura 21, em 2021, a eficiência anual de linha da máquina C aumentou 3,2% em relação ao ano anterior. Em 2020 era de 69,2% (Figura 8) e em 2021 foi de 72,4%, demonstrando o impacto positivo gerado pela realização do projeto.

Figura 21 - Eficiência da linha C ao longo do ano de 2021



Fonte: Do autor, 2021.

Apesar da eficiência anual não ter alcançado a meta, os meses de agosto, setembro, outubro e novembro ficaram acima de 73,9% e nos meses de julho e dezembro faltou apenas 0,1 e 0,2%, respectivamente, para atingir a meta. A partir do mês de junho, em que praticamente todas as ações já haviam sido executadas, a eficiência da linha permaneceu acima de 71%, havendo uma crescente significativa nos demais meses.

6 CONCLUSÃO

É possível afirmar que o objetivo geral e os objetivos específicos deste projeto foram alcançados, visto que a aplicação do método DMAIC foi eficaz no aumento da eficiência da linha C, diminuindo o tempo e a frequência das paradas não planejadas da área Dobradora Final, no qual o projeto foi desenvolvido. Os resultados demonstraram a redução de 34,3% do tempo e 36,1% da frequência, das paradas causadas pela Dobradora Final, ocasionando um aumento de 3,2% na eficiência de linha da máquina C.

Por ser uma metodologia de simples aplicação, o DMAIC permite, que os membros da equipe de trabalho, apesar de serem de diferentes áreas, falem a mesma linguagem e tenham o mesmo raciocínio lógico durante as diversas etapas da metodologia, permitindo, ainda, que a metodologia seja aprendida pela equipe de trabalho, passo a passo, durante a sua aplicação na prática. Uma outra vantagem da metodologia DMAIC é o fato de as ações realizadas ficarem registradas e serem continuamente monitorizadas de modo que as melhorias atingidas permaneçam após a conclusão do projeto.

Propõe-se, no âmbito de melhoria contínua futura, a aplicação do método DMAIC na área DIMC da máquina C, visto que no ano de 2021 ela se tornou a área com maior tempo e frequência de paradas não planejadas. Considera-se ser crucial o desenvolvimento de melhorias desta área para que a empresa consiga aumentar ainda mais a eficiência da linha e atingir a meta de 72,9%. Acredita-se também ser de extrema importância a exposição de exemplos práticos e de casos de sucesso aos colaboradores de forma a fomentar a sua motivação e aceitação para a utilização futura da filosofia, cuja implementação deverá ser seriamente considerada em projetos futuros.

REFERÊNCIAS

- ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P.A.C. Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão e Produção**, v. 14, ed. 2, p. 203-219, maio-ago. 2007.
- ANTONY, J.; BANUELAS, R.; KUMAR, A. **World Class Applications of Six Sigma**. 1. ed. New York: Routledge, 2006.
- ANTUNES, Junico et al. **Sistemas de Produção: Conceitos e práticas para projetos e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- BHUIYAN, N.; BAGHEL, A. An overview of continuous improvement: from the past to the present. **Management Decision**, v. 43, n. 5, p. 761-767, 1 jun. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/00251740510597761>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- BLOJ, M. D.; MOICA, S.; VERES, C. Lean Six Sigma in the Energy Service Sector: A Case Study. **Procedia Manufacturing**, v. 46, p. 352-358, 2019.
- BYRNE, G.; LUBOWE, D.; BLITZ, A. Using a Lean Six Sigma approach to drive innovation. **Strategy & Leadership**, v. 35, n. 2, p. 5-10, 13 mar. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/10878570710734480>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- DALE, B.G. **Managing Quality**. 4. ed. Hong Kong: Blackwell Publishing, 2003.
- GREEF, A. C.; FREITAS, M. do C. D.; ROMAEL, F. B. **Lean Office: Operação, Gerenciamento e Tecnologia**. São Paulo: Atlas, 2012.
- HANSEN, Robert C. **Eficiência Global dos Equipamentos: Uma poderosa ferramenta de produção para o aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- HYANG, Y.-D. The practices of integrating manufacturing execution system and six sigma methodology. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 30, n. 7, p. 761-768, 21 mar. 2006. Disponível em: <https://10.1007/s00170-005-0090-1>. Acesso em: 23 jan. 2021.
- JIMÉNEZ, H. F.; AMAYA, C. L. Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. **Revista Chilena de Ingeniería**, v. 22, ed. 2, p. 263-277, 2014.
- JUNIOR, A. N.; OLIVEIRA, M. C. A gestão da qualidade nas organizações: suas práticas, fatores de sucesso e tendências associadas às características culturais das empresas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36., 2016, João Pessoa. **Contribuições da Engenharia de Produção para Melhorias Práticas de Gestão e Modernização do Brasil**. João Pessoa, 2016.
- LIKER, Jeffrey. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Tradução Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- MALEYEFF, J.; ARNHEITER, E.A.; VENKATESWARAN, V. The continuing Evolution of Lean Six Sigma. **The TQM Journal**, Bingley, set. 2012. p. 542-555.

NAGYOVA, A.; PALKO, M.; PACAIOVA, H. **Analysis and identification of nonconforming products by 5w2h method**. 2015. International Quality Conference, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, 2015.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção: Além da produção em larga escala**. Bookman, 1997.

SALAH, S.; RAHIM, A. CARRETERO, J. C. The integration of Six Sigma and lean management. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 3, p. 249-274, 6 ago. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/20401461011075035>. Acesso em: 22 jan. 2021.

SHAFER, S. M.; MOELLER, S. B. The effects of Six Sigma on corporate performance: an empirical investigation. **Journal of Operations Management**, v. 30, ed. 7-8, p. 521-532, out. 2012.

SHAH, R., WARD, P. T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, ed. 4, p. 785-805, jun. 2007.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SMETKOWSKA, M.; MRUGALSKA, B. Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: a case study. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 238, n. 1, p. 590-596, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039>. Acesso em: 22 set. 2021.

SNEE, R. D. Lean Six Sigma – getting better all the time. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 1, p. 9-29, 26 mar. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/20401461011033130>. Acesso em: 22 jan. 2021.

SRINIVASAN, K.; MUTHU, S.; PRASAD, N. K.; SATHEESH, G. Reduction of paint line defects in shock absorber through Six Sigma DMAIC phases. **Procedia Engineering**, v. 97, n.1, p. 1755-1764, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.327>. Acesso em: 22 set. 2021.

SUÁREZ-BARRAZA, M. F.; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, F. G. Cornerstone root causes through the analysis of the Ishikawa diagram, is it possible to find them? **International Journal of Quality and Service Sciences**, v. 11, n. 2, p. 302-306, 12 jun. 2019. Acesso em: <http://dx.doi.org/10.1108/IJQSS-12-2017-0113>. Acesso em: 23 jan. 2021.

SWINK, M.; JACOBS, B. W. Six Sigma adoption: operating performance impacts and contextual drivers of success. **Journal of Operations Management**, v. 30, ed. 6, p. 437-453, jun. 2012.

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas do Lean Seis Sigma integradas ao PDCA e DMAIC**. Rio de Janeiro: Campus, 2014.

WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing**. Rio de Janeiro: Campus, 2011.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** 5 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas:** elimine o desperdício e crie riqueza. 6 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.