

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBÉIS,
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL
CURSO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LARISSA BORGES
LARISSA SILVA LIMA

**Utilização da metodologia DMAIC para redução de paradas planejadas em
uma máquina prioritária em uma Fábrica do setor alimentício**

Ituiutaba, MG
2022

LARISSA BORGES
LARISSA SILVA LIMA

**Utilização da metodologia DMAIC para redução de paradas planejadas em
uma máquina prioritária em uma Fábrica do setor alimentício**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado na Faculdade de
Administração, Ciências Contábeis,
Engenharia de Produção e Serviço Social,
da Universidade Federal de Uberlândia,
para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Dr. Ricardo Batista
Penteado.

Ituiutaba, MG
2022

**Utilização da metodologia DMAIC para redução de paradas planejadas em
uma máquina prioritária em uma Fábrica do setor alimentício**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado na Faculdade de
Administração, Ciências Contábeis,
Engenharia de Produção e Serviço Social,
da Universidade Federal de Uberlândia,
para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção.

Ituiutaba, 20 de janeiro de 2023.

Banca Examinadora:

Profº Drº Ricardo Batista Penteado (FACES/UFU)

Profº Drº Luís Fernando Magnanini de Almeida, (FACES/UFU)

Profº Drº Fernando Costa Malheiros, (FACES/UFU)

Dedicamos esse trabalho a Deus e toda nossa família, que são fundamentais para a construção das pessoas e profissionais que hoje nos tornamos. Aos amigos e professores por toda jornada juntos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente à Deus pela oportunidade e por toda sabedoria e inteligência para conseguirmos chegar até aqui.

Existem pessoas em nossas vidas que são o ponto de equilíbrio, que nos deram força do início ao fim dessa jornada. Aqueles que deram todo apoio e sonharam conosco esse sonho que hoje se torna realidade, fica aqui o nosso maior agradecimento, o maior sentimento de gratidão aos nossos pais: Rônio e Ana, Gilson e Tania, irmãos: Felipe, Miguel, Lorrane. Sem vocês ao nosso lado nada seria possível.

Em especial as nossas estrelinhas, que sonharam conosco esse momento e hoje não podem estar aqui, mas estão no céu olhando por nós e felizes por essa conquista. Vovô Geraldo, Vovô Carlito, essa conquista é para vocês.

Essa caminhada não seria nada fácil se não estivéssemos os amigos e amigas ao lado nos dando força nos momentos de sofrimentos e alegrias, cada um de vocês tiveram e têm um papel essencial nessa caminhada, e tornaram ela mais divertida e leve.

Ao nosso professor e orientador, Ricardo Penteado, por toda paciência e atenção ao longo da construção desse trabalho, sabemos que não foi nada fácil chegar até aqui.

Aos nossos mestres e professores, nosso muito obrigada, por todo conhecimento e ensinamento que hoje nos fizeram Engenheiras, nos proporcionando um futuro com excelência profissional e prontas para o mercado de trabalho.

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada em uma fábrica de produto lácteo, com o objetivo propor soluções para a redução das paradas planejadas em uma das máquinas prioritárias da linha de envase através de procedimentos que possam ser implementados para a redução do tempo de limpeza da máquina responsável pela recravação do fundo das embalagens para o envase de leite em pó. O trabalho realizado sob a metodologia pesquisa-ação e seguido as etapas do DMAIC (*Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar*) para guiar o processo de desenvolvimento passando por cada fase com base dos fundamentos teóricos e as ferramentas: Diagrama de Ishikawa (diagrama de causa e efeito) e 5W2H, como ferramentas principais, aplicadas a partir da metodologia. Como resultado do desenvolvimento da pesquisa foi possível observar que com a utilização da metodologia DMAIC foi possível passar por todas as etapas e atingir os resultados esperados demonstrando a potencialidade da metodologia. Portanto foi possível alcançar o objetivo geral do trabalho, que apresentou uma redução no tempo de limpeza de 19% que equivale a 28 minutos, uma produção média de 130 latas por minuto e 3.640 latas por semana, representando um retorno financeiro de R\$ 43.680,00.

Palavras-chave: DMAIC, 5W2H, Paradas planejadas.

ABSTRACT

This research was carried out in a dairy product factory, with the objective of proposing solutions for the reduction of planned stops in one of the priority machines of the filling line through procedures that can be implemented to reduce the cleaning time of the machine responsible for seaming from the bottom packages for filling powdered milk. The work carried out under the action-research methodology and followed the steps of DMAIC (Define, Measure, Analyze, Implement and Control) to guide the development process through each phase based on the theoretical foundations and tools: Ishikawa diagram (diagram of cause and effect) and 5W2H, as main tools, applied from the methodology. As a result of the development of the research, it was possible to observe that with use of the DMAIC methodology, it was possible to go through all the stages and reach the expected results, demonstrating the potential of the methodology. Therefore, it was possible to achieve the general objective of the work, which presented a reduction in cleaning time of 19%, which is equivalent to 28 minutes, an average production of 130 cans per minute and 3.640 cans per week, representing a financial return of R\$ 43.680,00.

Keywords: DMAIC, 5W2H, Planned stops.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

GRÁFICO 1 - REGISTRO PARADAS PLANEJADAS X MÁQUINAS	37
GRÁFICO 2 - REGISTRO DE LIMPEZA FRISADEIRA NA MÁQUINA 1	38
GRÁFICO 3 - LIMPEZA FRISADEIRA CJCMB – MÁQUINA 1	51
FIGURA 1 - CASA DA QUALIDADE	16
FIGURA 2 - TABELA DE RELAÇÃO DO NÍVEL SIGMA COM PPM	18
FIGURA 3 - DMAIC.....	20
FIGURA 4 - DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO	31
FIGURA 5 - FLUXO REALIZADO PARA A COLETA DE DADOS	32
FIGURA 6 - METODOLOGIA DMAIC E FERRAMENTAS	33
FIGURA 7 - MAPEAMENTO DO PROCESSO: FABRICAÇÃO E ACONDICIONAMENTO.....	35
FIGURA 8 - PROCESSO COM AS MÁQUINAS DO ENVASE	36
FIGURA 9 - PROCESSO COM AS MÁQUINAS DA LATOARIA.....	36
FIGURA 10 - PLANO DE LIMPEZA, INSPEÇÃO E LUBRIFICAÇÃO (FRISADEIRA) ..	39
FIGURA 11 - IMPLEMENTAÇÃO FERRAMENTA DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	40
FIGURA 12 - APLICAÇÃO DO 5W2H.....	43
FIGURA 13 - ILUSTRAÇÃO DO SISTEMA ELETRÔNICO 1 DE LIMPEZA	45
FIGURA 14 - ILUSTRAÇÃO DO SISTEMA ELETRÔNICO 2 DE INSPEÇÃO.....	45
FIGURA 15 - ILUSTRAÇÃO DO SISTEMA ELETRÔNICO 3.....	46
FIGURA 16 - VISUALIZAÇÃO DA PLATAFORMA ELETRÔNICA ATUALIZADA	46
FIGURA 17- MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - NOVO MODELO DE PLANO DE LIMPEZA NA MÁQUINA 1	44
TABELA 2 - PLANO DE AÇÃO	49

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABIA	Associação Brasileira das Indústrias Alimentícias
DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar
ECRS	Eliminados, combinado, rearranjados e simplificados
GDP	<i>Gross Domestic Product</i>
GTA	Grupo de Trabalho Autônomo
GTM	Grupo de Trabalho de Manutenção
IFNC	Instituto das Florestas e Conservação da Natureza
TPM	Manutenção Produtiva total
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
MPd	Manutenção Preditiva

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Contextualização.....	13
1.2 Objetivo Geral	14
1.3 Objetivos Específicos	14
1.3 Justificativas	14
1.4 Delimitação do Trabalho	15
1.5 Estrutura do Trabalho	15
2. Referencial Teórico	16
2.1 <i>Lean Manufacturing</i>	16
2.3 Six Sigma.....	17
2.4 Integração <i>Lean Six Sigma</i>	19
2.5 Ciclo DMAIC	19
2.6 Ferramentas de apoio	21
2.6.1 <i>Brainstorming</i>	21
2.6.2 Gráfico de Pareto	22
2.6.3 Diagrama de Ishikawa	22
2.6.4 Os 5Porquês	22
2.7 Gestão da Manutenção.....	23
2.7.1 Tipos de manutenção	24
2.8 Exemplos de implementação do DMAIC.....	26
3. Método	30
3.1 Caracterização da pesquisa	30
3.2 Técnicas de coleta de dados.....	31
3.3 Técnicas de análise dos dados	32
3.2 Desenvolvimento da pesquisa.....	32
4. Resultados.....	34
4.1 Definir.....	34

5.2 Medir.....	40
5.2.1 Diagrama de causa de efeito	40
5.3 Analisar.....	42
5.3.1 5W2H.....	42
5.4 Implementar	47
5.5 Análise de ECRS	47
5.5 Controlar	48
5.5.1 Gestão do Plano de Ação	48
5.5.2 Controle de ações e melhorias	50
6. Considerações Finais	52
6.1 Verificação dos objetivos	52
6.2 Próximos Passos	52
Referências	53
APÊNDICE.....	57

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Após a Segunda Guerra Mundial, em meados da década de 1960, com todas as pressões desse período, a demanda por produtos variados teve aumento significativo e a mão de obra industrial sofreu um declínio. Como consequência o aumento na utilização de maquinários, equipamentos e ferramentas, dessa forma, era necessário que as máquinas tivessem um bom funcionamento para uma eficiência produtiva. Assim, a manutenção é uma estratégia para a organização alcançar os resultados esperados e o aumento da produtividade, sendo o gerenciamento e o planejamento das atividades fundamentais com planos para manutenções preventivas, preditivas ou a manutenção integrada na qual ocorre uma mudança de comportamento dos envolvidos (KARDEC E NASCIF, 2019; VICENTE *et al.*, 2021; OLIVEIRA, 2002).

Com todo esse cenário, a Manutenção Integrada tem como objetivo a integração de todas as atividades relacionadas à produção juntamente com a manutenção, focando em resultados positivos, como minimizar os vários tipos de perdas (OLIVEIRA, 2002). Segundo Kardec e Nascif (2013), a TPM (Manutenção Produtiva Total) é uma estratégia de gestão contínua focada em maximizar a produtividade das máquinas e equipamentos com redução de perdas e paradas através da melhor condição de arranjo entre máquinas e homem.

Nas Indústrias Brasileiras a implementação de técnicas de gestão pode promover a transformação para alcançar níveis superiores de produtividade e visando a maximização de ganhos, englobando ferramentas, técnicas e métodos de produção como a TPM (SILVA, 2020). Dessa forma a implementação da metodologia TPM, quando bem implementada, traz impactos positivos para a empresa, contribuindo com a eliminação na variabilidade do processo produtivo, evitando danos, tais como quebras e paradas de máquinas e equipamentos (CANADAS, 2018).

Dessa forma as maiores empresas do mundo estão introduzindo essa metodologia para otimizar o tempo de produção resultando na diminuição dos custos e perdas, dentre elas estão as indústrias de alimentos (VICENTE *et al.*, 2021). Conforme a ABIA (Associação Brasileira das Indústrias Alimentícias), no ramo lácteo, o Brasil representa o segundo lugar no segmento com maior relevância no âmbito alimentício e o quinto maior exportador de alimentos industrializados em vendas reais (ABIA, 2019).

De acordo com o IFNC (Instituto das Florestas e Conservação da Natureza) o consumo de leite vem crescendo mundialmente, cerca de 1,2% ao ano, desde 1999 (SIQUEIRA, 2019). Segundo GDP - *Gross Domestic Product* (2016) são produzidas por ano cerca de 816 milhões de toneladas de leite no mundo, o que equivale o consumo de 116,5 litros de leite por habitante por ano (SIQUEIRA, 2019).

1.2 Objetivo Geral

Em busca da melhoria contínua, o presente trabalho tem como objetivo propor soluções para a redução das paradas planejadas em uma das máquinas prioritárias da linha de envase através da metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar) com o auxílio das ferramentas em suas fases que auxiliam na formação de um método estruturado e organizado, apto para redução de defeitos e falhas no processo e/ou produto (SANTOS, 2006; CARVALHO e PALADINI, 2005).

1.3 Objetivos Específicos

A partir do objetivo geral, foram elencados os seguintes objetivos específicos:

- Identificar o tipo de limpeza programada que requer maior tempo nas paradas planejadas de forma a reduzir o tempo de execução;
- Analisar as possíveis atividades realizadas que impactam esse cenário, propondo ações de melhorias e padrões através das ferramentas que serão apresentadas posteriormente.

1.3 Justificativas

O tema do trabalho escolhido se deve a alta prioridade da máquina no setor de envase, classificada devido ao desdobramento das perdas, classificadas por categorias, como: impacto pelo maior número de horas de paradas planejadas, perda de materiais de embalagem, mão de obra e energia elétrica. Segundo Carneiro (2019) a eficiência nos sistemas de produção é vital para que as empresas sem tornem cada vez mais atuantes diante do mercado atual, essa eficiência pode ser garantida através de métodos de gestão. Garantir a eficiência nos sistemas produtivos significa atingir sua máxima produtividade empregando a menor quantidade de recursos possível, sejam eles tempo, capital, mão-de-obra, combustível, energia entre outros.

Contudo, desenvolver o trabalho acerca da manutenção planejada se justifica pela importância do assunto para as indústrias em diferentes setores, e em particular do setor alimentício, empresa em estudo que vem aplicando esforços na implantação da metodologia

DMAIC para redução de paradas planejada em uma máquina prioritária na linha de envase com o objetivo de reduzir as paradas para aumento de eficiência e produtividade para que desta forma adquira vantagens competitivas no mercado brasileiro e por este motivo tornou-se oportuna à realização desta pesquisa.

1.4 Delimitação do Trabalho

O presente trabalho foi realizado em uma indústria do setor alimentício que realiza a produção de leite em pó, desde o recebimento da matéria prima (leite) ao envase e expedição do produto, com foco no processo de fabricação conhecido como Latoaria.

Foi possível realizar todas as fases do DMAIC e levantar os resultados obtidos.

As delimitações existem devido ao sigilo de informações da empresa seguindo as normas *compliance* e a disponibilidade de mão de obra de operadores e mecânicos que contribuem para esse trabalho.

1.5 Estrutura do Trabalho

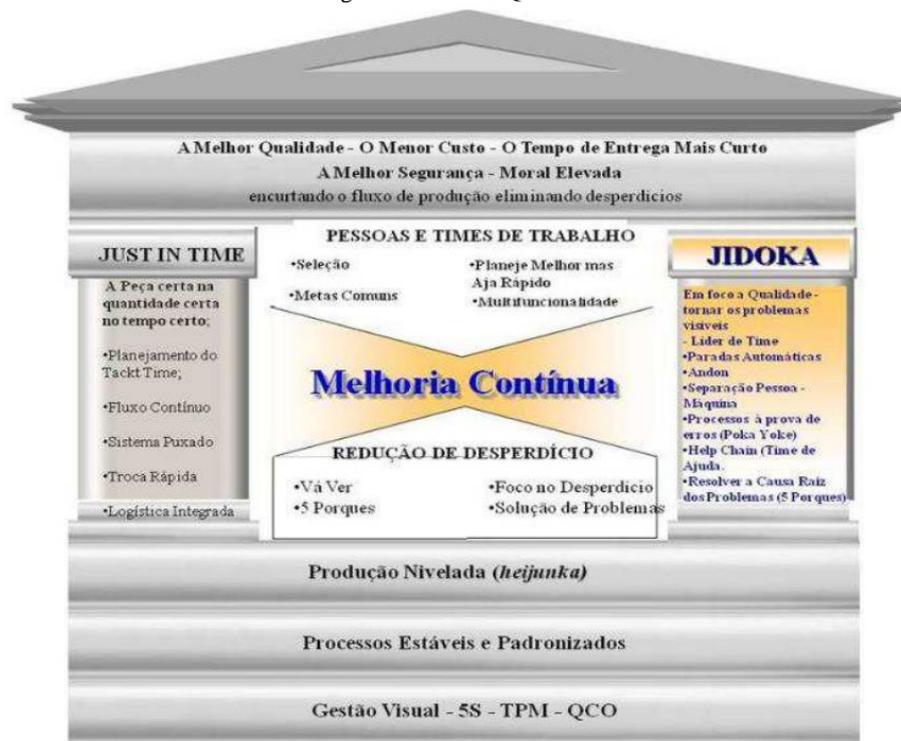
O trabalho foi segmentado em seis capítulos: O capítulo 1 revela as considerações iniciais sobre o mercado atual no setor alimentício no Brasil. Contendo informações como a justificativa, o objetivo e as delimitações do trabalho. O capítulo 2 apresenta o referencial teórico, o qual proporciona melhor compreensão da pesquisa. Com embasamento para melhor entendimento das ferramentas e metodologias utilizadas. No capítulo 3, foi realizada a caracterização da pesquisa a respeito dos métodos utilizados para sua elaboração. O capítulo 4 versará os resultados obtidos e o desenvolvimento do estudo do seu processo. Verificando as possibilidades de melhorias para eliminação de seus problemas. Tendo assim o capítulo 5 as considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Lean Manufacturing*

A filosofia *Lean* conhecida por possuir um potencial de melhoria na eficiência e na capacidade produtiva de empresas de qualquer seguimento. Esse conceito nasceu do resultado de uma aprendizagem prática e dinâmica dos processos produtivos originários dos setores têxteis e automobilísticos que surgiu nas contingências do mercado japonês (BASTOS, 2012). O *Lean Manufacturing* composto por um conjunto de medidas e ferramentas para atender a necessidade das empresas de todo e qualquer ramo de especificação se tornar competitiva ao mercado. Os conceitos inerentes à filosofia regem-se, basicamente, pela eliminação dos desperdícios existentes tendo como consequência direta o aumento da produtividade e da eficiência nas linhas produtivas. Na Figura 01, pode-se ver uma definição clara dos conceitos e aplicação do *Lean Manufacturing* - Casa da qualidade.

Figura 1 - Casa da Qualidade



Fonte: Riani (2006)

Na filosofia *Lean Manufacturing* para sua implementação contempla como principal necessidade a compreensão efetiva do funcionamento do processo produtivo atual do processo em que se almeja utilizar os fundamentos do *Lean*, pois só assim conseguirá buscar perspectivas hipotéticas de melhorias. Em sequência, constatar os gargalos existentes que não agrega valor ao produto produzido, tentando ir ao seu encontro. Por último, desenvolver o projeto com foco na melhoria (RIEZEBOS, 2009).

Ohno (1988), definiu desperdício como qualquer atividade que consome recursos, adicionando custos que não gera valor ao produto desejado pelo cliente. Com isso, pontua-se sete tipos de desperdícios que devem ser eliminados, por:

1. Superprodução – Produzir mais, e antes do necessário, gera um excesso de produtos em estoque. Desse modo, a filosofia Enxuta sugere que se produza somente o que é necessário no momento necessário, sincronizando a produção de acordo com a demanda.

2. Esperas – Sempre que os operadores ou máquinas estão à espera de algo que inviabilize a produção. Algumas ferramentas são utilizadas para eliminar a perda por espera, como, por exemplo, a Troca Rápida de Ferramentas e a técnica Kanban para a sincronização da produção. Além disso, a versatilidade dos funcionários também contribui para a minimização deste tipo de perda.

3. Transporte – Movimentos desnecessários de material. Encaradas como desperdícios de tempo e recursos, as atividades de transporte e movimentação devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo, através da elaboração de um arranjo físico adequado, que minimize as distâncias a serem percorridas. Além disso, custos de transporte podem ser reduzidos se o material for entregue no local de uso (VENTURINI *et al.*, 2019).

4. Retrabalho – Operações extras de reprocessamento devido a defeitos, excesso de produção ou excesso de inventário. Gerando uma necessidade de alocar recursos não previstos para solucionar o problema.

5. Estoque – Todo o material produzido, matéria-prima e estoques existentes no meio da linha produtiva que não foi pedido pelo cliente. Pode ser considerado como um recurso financeiro “aprisionado” no sistema produtivo. Significam desperdícios de investimento e espaço (TAPPING e SHUKER, 2010).

6. Movimento – Movimentos desnecessários por parte dos operadores, por vezes devido ao layout das próprias empresas, defeitos, retrabalhos, superprodução ou excesso de inventários. Esta perda acontece pela diferença entre trabalho e movimento. Relacionam-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação.

7. Defeitos – Produtos que não possuem as especificações dos clientes; falhas operacionais devido a problemas de concepção de produtos ou processos não adequados (IKARI *et al.*, 2020).

2.2 Six Sigma

O *Six Sigma* possui como um dos pilares a redução contínua na variabilidade de processos visando eliminar a possibilidade de falhas, gerando assim a maximização dos ganhos

e estabilidade na qualidade (PYZDEK e KELLER, 2011). Compreendido com uma prática de gestão que busca a maximização dos lucros em empresas de qualquer setor ou porte, com intuito de aumentar a participação de mercado, reduzindo os custos e otimizando as operações. Segundo Linderman *et al.* (2003), esse conceito utiliza um método organizado e sistemático para otimização de processos e desenvolvimento de produtos e serviços que utiliza métodos estatísticos para reduções significativas de defeitos para os clientes.

Segundo Costa, Santos e Pereira (2021) a aplicação do *Six Sigma* ocorre com o apoio de ferramentas do *Lean Manufacturing*, para identificação, análise e solução de problemas, com acentuado embasamento na coleta e tratamento de dados, e com suporte estatístico. O *Six Sigma* se dá na parte estatística em que diante da escala do nível 1 sigma que implicará, numa amostra de 1 milhão de peças, pelo menos 691.463 possibilidades de defeitos nessa população, conforme menciona na Figura 2. Um número extremamente alto e inaceitável nos tempos atuais, onde a alta concorrência do mercado atual e, não permite falhas.

Figura 2 - Tabela de relação do nível sigma com PPM

Nível Sigma	Rendimento processo	PPM
1	30,90%	691.462
2	69,10%	308.537
3	93,30%	66.807
4	99,38%	6.210
5	99,98%	233
6	99,9997%	3,4

Fonte: Pyzdek (2011)

Na situação apresentada, afirma-se que apenas 30,90% do tempo, tal processo trabalha de forma efetiva e dentro dos padrões aceitáveis. Comparando com um processo com nível *Six Sigma*, significa que apenas 3,4 defeitos a cada milhão produzidos é classificado como um processo de excelência ou, de qualidade de classe mundial. Um nível *Six Sigma*, representa 99,9997% das oportunidades do processo, está sendo realizado dentro dos padrões, conforme ilustrado. Bornia (1995) afirma que cada nível *sigma* e sua respectiva relação com o índice de defeitos e conformidade do processo, justificando a relação direta entre nível de desperdício e margem de lucro. A metodologia geralmente utilizada com esse conceito é a DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*, ou em português, Definir, Medir, Analisar, Melhorar,

Controlar). Durante o projeto, são definidas metas e são foco do projeto retornos financeiros relevantes.

2.3 Integração *Lean Six Sigma*

A integração *Lean* e *Six Sigma* se deu com o objetivo de superar as deficiências, aproveitando os pontos de alta performance de cada metodologia. O *Six Sigma* apresenta uma estrutura sistemática com controle estatístico de processo que busca diminuir a variabilidade, ponto chave que não encontramos no *Lean*, já em contrapartida tem como forte característica o mapeamento de processos para identificação de gargalos, redução do *lead time* e eliminação de desperdícios (BYRNE *et al.*, 2007; WERKEMA, 2011). Com isso, a fusão das duas metodologias de melhoria contínua foi uma maneira de aumentar o potencial de melhoria nas organizações (BHUIYAN; BAGHEL, 2005).

Definido como uma estratégia e metodologia de negócios para aumento de desempenho de processos e com foco na satisfação do cliente, liderança e resultados financeiros, através da melhoria da qualidade, tempo e custos (SNEE, 2010). Na integração do *Lean* e *Six Sigma* é possível seguir um roteiro dividido em etapas lógicas e que possuem ferramentas de ambas as metodologias, o DMAIC.

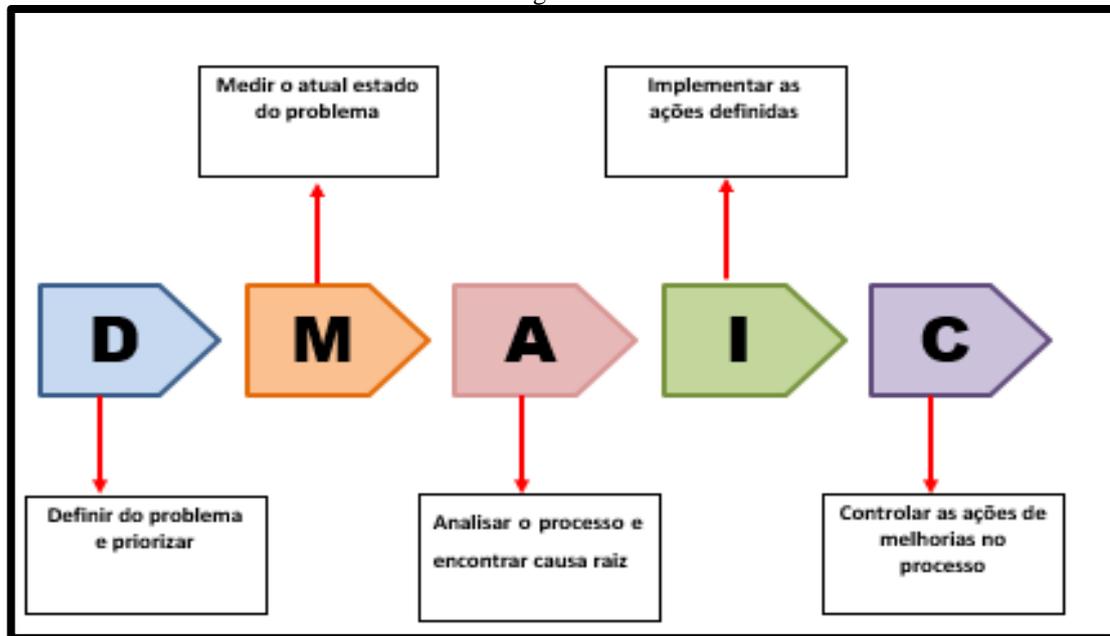
2.4 Ciclo DMAIC

O ciclo DMAIC, em inglês (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), uma metodologia comum como roteiro de projetos de melhoria por conter etapas distintas não sendo necessário que cada uma dessas fases seja um marco importante do projeto, essa flexibilidade faz com que as melhorias aconteçam e sejam sustentadas (WERKEMA, 2016). Com os objetivos de melhoria definidos e alinhados com as estratégias da empresa e a demanda, os processos podem ser mapeados e medidos de acordo com os dados coletados. Após a coleta dos dados a fase de análise e verificação das condições para comparação entre as metas e os objetivos esperados. E com isso as melhorias com o apoio de ferramentas de controle nos processos para garantir o desempenho (SRINIVASAN *et al.*, 2014).

Carvalho e Paladini (2005) salientam que o *Six Sigma* se destaca por usar ferramentas estatísticas eficazes para solucionar problemas. Sendo utilizada para eliminar a variabilidade nos processos por utilizar ferramentas estatísticas que visam a melhoria contínua uma metodologia que vem sendo muito utilizada por empresas que visam essa melhoria e atenda a necessidade de seus

clientes, reduzindo os custos de produção (DOMINGUES, 2013). A esquematização visual do ciclo pode ser observada a partir da Figura 3.

Figura 3 - DMAIC



Fonte: Adaptado de Godoy (2014)

1. **Definir** – Nesta etapa busca realizar a definição dos 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 realização e caracterização do projeto (JIMÉNEZ; AMAYA, 2014)
2. **Medir** – A segunda fase da metodologia passa por medir a variabilidade do sistema que pode criar desperdício. Sendo utilizada ferramentas que auxiliem no levantamento dos dados, como: matriz de causa e efeito, mapa de processo, gráfico de Pareto, entre outros (GODOY, 2014). 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).
3. **Analisar** – 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).

4. **Melhorar** - 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).

5. **Controlar** – essa fase tem como objetivo garantir que as melhorias obtidas a partir da execução das anteriores se mantenham para garantir a melhoria contínua do processo. Procura-se estabelecer, medir, padronizar e monitorar para integrar as mudanças no sistema já existente (BESTEIRO *et al.*, 2017). Levando em consideração que todas as fases anteriores foram desenvolvidas de acordo com o esperado, esta vem para realmente comprovar se o projeto conseguiu atingir o resultado esperado, além de ajudar na identificação de possíveis desvios. 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.

2.5 Ferramentas de apoio

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

2.5.1 *Brainstorming*

A ferramenta *Brainstorming*, também conhecida por “tempestade de ideias”, objetiva levantar o máximo de informações, utilizando principalmente palavras-chave, buscando determinar possíveis causas do problema em questão. De acordo com Costa (1991) e Baxter (2008), o trabalho feito em grupo no qual consiste em uma “rodada de ideias” contribuindo para um assunto em comum, apresentando as diferentes perspectivas. Uma ferramenta conhecida por sua flexibilidade podendo ser combinada com outras ferramentas, em busca do entendimento de uma situação problema, trazendo ideias criativas. 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 (RODEN; DALE, 2001).

2.5.2 Gráfico de Pareto

De acordo com Rotondaro (2002), o gráfico de Pareto é utilizado para descrever todos os dados que podem apresentar informações, como forma de concentrar forças sobre causas e problemas maiores, o que gera resultados mais próximos de algo satisfatório. Esse gráfico de barras verticais deve conter: em horizontal os problemas elencados, em vertical a quantidade de ocorrências para cada problema, em ordem decrescente. Assim se apresenta uma curva com a porcentagem de ocorrências (ROTONDARO, 2002). 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, 2016). Araújo *et al.* (2021) apresenta o uso do gráfico de Pareto para verificação da quantidade em minutos das paradas para manutenção preventiva e paradas emergenciais (não programadas) e com o intuito de concentrar as ações nos sistemas das pontes rolantes mais representativos, utilizando as informações do sistema de manutenção utilizado pela empresa. Para isso os dados de julho a dezembro de 2020 foram compilados e os 20% das causas que são responsáveis por 80% dos problemas foram identificados.

2.5.3 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Causa e Efeito, ou *Ishikawa*, consiste em uma ferramenta na forma gráfica utilizada a partir da metodologia de análise (DMAIC) e possibilita reconhecer e indicar observações de potenciais causas - fatores de influência, relacionado a um determinado problema – Causa Raíz (TOLEDO *et al.*, 2013). De acordo com Almeida *et al.* (2019) alguns passos são fundamentais para a criação do diagrama, também conhecido como “Espinha de Peixe” devido ao seu formato. Além de identificar o problema, é preciso debater sobre suas possíveis causas e fazer o registro no diagrama, sendo utilizada a ferramenta *brainstorming* para o levantamento das possíveis causas raízes sendo agrupadas de acordo com as em seis categorias do diagrama: mão de obra, matéria prima, método, máquina, material e meio ambiente (OAKLAND, 2003; ALMEIDA *et al.*, 2022).

2.5.4 Os 5Porquês

A ferramenta 5 porquês é considerada uma ferramenta de resolução de problemas em que se formulam questões a partir da palavra “Por quê?”, cinco vezes seguidas em busca da causa raiz do problema, de acordo com Ohno (1997) esse número de repetições costuma ser suficiente. Porém, existe a possibilidade de menos perguntas, a questão principal dessa

ferramenta é traçar etapas em que seja possível encontrar a causa primária do problema, tais como estabelecer o que ocorreu, “por quê” ocorreu e buscar descobrir o que se faz para reduzir as chances de acontecer de novo (WEISS, 2011).

2.5.5 Ferramenta 5W2H

Uma das ferramentas ligadas a metodologia DMAIC e a ferramenta Diagrama de Causa e Efeito é o 5W2H, que consiste no plano de ação que utiliza questionamentos levantados para realizar a proposição das ações necessárias para elevar a precisão do resultado. Segundo Mello *et al.* (2016) e Marshall Junior *et al.* (2010) alcançar respostas efetivas através de determinadas perguntas contribui para um planejamento geral em que a tomada de decisão seja mais assertiva, sendo uma ferramenta muito utilizada em padronizações de processos, mapeamentos, bem como na escolha de procedimentos ligados a indicadores.

Desta forma, a utilização dessa ferramenta possibilita a identificação, segmentação e estruturação, de maneira organizada, das ações de determinado projeto, contribuindo para a definição de prazos, métodos, objetivos, entre outras necessidades identificadas.

2.6 Gestão da Manutenção

Com a intenção de aumentar a produtividade das indústrias, o planejamento acerca das paradas não planejadas e até mesmo as planejadas estão presentes diariamente nos projetos de melhoria contínua. Pode-se dizer que a manutenção está entre as melhores formas de cuidar das instalações físicas do meio de produção em via de evitar que as tão temidas quebras venham a acontecer, paralisando assim a produção em momentos inoportunos (SLACK, 2000). Definido em 1975 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a partir da norma TB-116, o termo manutenção correspondia ao: conjunto de todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição desejada. Ao passar por revisão em 1994, foi reformulado pela norma NBR5462, passando a ser definido como: a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (ABNT, 1994).

Na literatura é possível encontrar autores que apontam o surgimento da 4ª geração da manutenção. nessa geração que surge a consolidação da Engenharia de Manutenção, garantindo a disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade como as três maiores justificativas de sua existência (DE SÁ FREIRE, 2012). Levando em consideração que todos os setores de uma empresa possuem equipamentos e ou instalações, a deterioração dos mesmos precisa receber

uma atenção especial ao longo do tempo. Para aumentar a vida útil de diferentes instrumentos, são exigidos diferentes tipos de manutenção, que na maioria das vezes trabalham em conjunto para um resultado ideal (OTANI; MACHADO, 2008).

2.6.1 Tipos de manutenção

Na literatura estudos argumentam que todas as atividades de manutenção devem ser agrupadas em duas grandes categorias, a corretiva e a preventiva, enquadrando a manutenção preditiva (MPd) e a manutenção detectiva como técnicas do grupo de preventiva. Outros, dividem a manutenção preventiva em duas subcategorias, a preventiva sistemática, correspondente a preventiva tradicional, e a preventiva condicional, equivalente a preditiva (LUCATELLI, 2002). No caso de Kardec e Nascif (2013), para uma caracterização correta dos tipos de manutenção, tem-se seis categorias: corretiva não planejada, corretiva planejada, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção. A manutenção detectiva é acrescentada às políticas de manutenção tradicionais por Moubrey (2000), não tendo um consenso quanto à classificação como um novo tipo de manutenção, mas já aplicada na área industrial. Levando em conta os preceitos das políticas de manutenção tradicionais, pode-se dizer que os principais tipos de manutenção são divididos de acordo com as categorias de manutenção planejada e não planejada, e as subcategorias corretiva, preventiva e preditiva, como descritas a seguir:

- a) **Manutenção Corretiva** – Segundo a NBR 5462 (1994) a manutenção corretiva é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. Trata-se de qualquer atividade de manutenção que exija a correção de uma falha ocorrida ou que estejam em processo de ocorrência, podendo consistir em reparo, restauração ou substituição de componentes. A principal vantagem desse tipo de manutenção é que não exige um planejamento robusto para sua execução, mas por outro lado exige um estoque maior de peças, gera insegurança e acarreta paradas não programadas (PAZETO, 2016). Apesar de não ter a mesma característica passível de planejamento dos outros tipos, a manutenção corretiva pode sim ser dividida entre planejada e não planejada. Respectivamente, a primeira acontece quando há a correção de uma falha esperada, onde já se possui um equipamento para substituição ou peças para reparo rápido. Já a segunda ocorre para corrigir falhas que aconteçam aleatoriamente, sem nenhum preparo de equipe ou material (PAZETO, 2016).

- b) **Manutenção Preventiva** - Atuar apenas de maneira corretiva começou a ser inviável para as indústrias que desejavam atender ao aumento da demanda criada pela Segunda Guerra Mundial. A partir desse momento viu-se que a prevenção era uma ótima opção para garantir qualidade e desempenho, possibilitando maior confiabilidade das máquinas. Para a ABNT (1994) a manutenção preventiva é a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Comparativamente a manutenção corretiva, o trabalho preventivo apresenta benefícios, como a redução de estoques sobressalentes e seus custos, redução de falhas de grande escala e riscos de acidentes de serviço, redução do número de paradas não-programadas e adoção de procedimento simples, como lubrificação, ajustes e verificações visuais (RAMÍREZ *et al.*, 2002).
- c) **Manutenção Preditiva** - Nos últimos anos o aumento da tecnologia computadorizada deu origem a inúmeras ferramentas digitais e a capacidade de processamento cada vez mais rápido. Percebeu-se que algumas revisões programadas têm pouco efeito na confiabilidade total de um equipamento complexo, e que vários equipamentos não possuem forma efetiva de manutenção programada (PAZETO, 2016). Com o intuito de trazer um tipo de manutenção alternativo que englobasse os pontos falhos dos métodos já existentes, surge a manutenção preditiva, que se baseia no monitoramento dos “sinais vitais” do item. Por meio de um conjunto de atividades sistemáticas é feito o acompanhamento das variáveis ou parâmetros que indicam o desempenho dos equipamentos para que possa ser definida a necessidade ou não de intervenção (LAMIM FILHO, 2000). A NBR 5462 - 1994 define a manutenção preditiva como aquela que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a corretiva. Conhecida também como manutenção baseada na condição, a preditiva traz a utilização de diferentes métodos e técnicas de investigação, como estudo de vibrações, análise de óleo, análise de estudo de superfícies, análise estruturais de peças, análise termodinâmica, entre outras (ALVES, 2016). Dentre as principais vantagens da adoção da manutenção preditiva temos a possibilidade de realizar um melhor planejamento para a manutenção, o que auxilia na gestão e o aumento da vida útil e da confiabilidade dos equipamentos (MOBLEY, 2002). Como desvantagem são pontuados o alto investimento inicial, a

necessidade de mão de obra qualificada e a não possibilidade de atuar em todos os tipos de falhas (LUCATELLI, 2002).

Além de adotar estrategicamente os tipos de manutenção apresentados acima, as grandes empresas têm buscado cada vez mais alternativas que aprimorem suas atuações em relação aos maquinários, e a Manutenção Produtiva Total (MPT) surge com esse intuito. Mais do que uma ferramenta de manutenção, a MPT ou *Total Productive Maintenance* (TPM), uma filosofia de trabalho considerada como missão da empresa na manutenção da produtividade (MARCONI; LIMA, 2003). Com nascimento registrado no Japão, a manutenção produtiva total pode ser definida como a maximização da eficiência do equipamento, cobrindo toda a sua vida, por meio do envolvimento de todos os funcionários (McKONE, 2001). Entre seus pilares estão: melhoria específica, manutenção autônoma, manutenção planejada, manutenção da qualidade e treinamento. Apesar da sua amplitude, o MPT não entra em conflito com outras ferramentas, atuando como uma filosofia que permeia o dia a dia nas fábricas (ARROMBA *et al.*, 2006). Neste sentido, existe uma divisão entre elementos de curto prazo, normalmente focados em manutenção autônoma para o departamento de produção e planejada para o departamento de manutenção, e de longo prazo, focados no desenvolvimento de novos equipamentos e na eliminação de fontes de desperdício de tempo na produção (McKONE, 2001).

2.7 Exemplos de implementação do DMAIC

A busca por ferramentas que possam auxiliar nas estratégias de uma empresa para maximizar sua eficiência é algo contínuo, sendo que atualmente as mudanças estão cada vez mais rápidas. Com isso a metodologia DMAIC vem sendo utilizada em diferentes áreas em busca pela eficiência operacional, otimização dos processos, redução de falhas e melhoria contínua. Trouxemos alguns exemplos que apresentam resultados positivos na utilização da metodologia.

A pesquisa-ação realizada por Lima (2017) propõe a aplicação da metodologia de melhoria DMAIC para redução das paradas não programadas a partir da elaboração de um plano de manutenção para o processo de uma indústria moageira de trigo. Realizaram uma análise das perdas e observaram o impacto causado na produção, sendo assim necessário buscar meios para tratar o problema, sendo assim o modelo *Lean Six Sigma* possuindo os princípios de qualidade nos processos por meio da melhoria contínua e minimização da variabilidade dos processos deram início a aplicação do DMAIC. Os resultados obtidos validaram a utilização do método para auxiliar a indústria em registrar, controlar e reduzir as paradas não programadas e contribuiu

para a elaboração de um modelo referência que pode ser aplicado em outras unidades da Cooperativa (LIMA, 2017).

O estudo de caso realizado por Pinto (2018) apresenta a aplicação da metodologia DMAIC em uma indústria metalmecânica para o planejamento de manutenção preventiva para resolução de falhas. Realizaram todas as fases do DMAIC com auxílio de ferramentas de qualidade como: Gráfico de Pareto, matriz de priorização, *brainstorming*, 5W2H e foi utilizado como indicador o índice de aderência ao plano de manutenção (Iad). Os resultados obtidos com a aplicação do método DMAIC apresentados pelo autor foi o comprimento do plano de manutenção superior a 80%, demonstrando a eficiência na correção das falhas do planejamento de manutenções preventivas.

O trabalho realizado por Cabral *et al.* (2019) apresenta como objetivo propor melhorias em uma empresa de pequeno porte do ramo de envase de água mineral, através da aplicação do DMAIC e suas ferramentas para otimizar a produção do envase de garrafas e 500ml de água. Para levantamento dos dados foi realizado um acompanhamento no processo por 30 dias para identificação das possíveis causas de paradas das máquinas. Com isso todas as fases do DMAIC foram realizadas e utilizadas as ferramentas: Diagrama SIPOC; Fluxograma do processo; gráfico de Pareto; Diagrama de Ishikawa, 5W2H e foi proposto o procedimento operacional padrão (POP). Para o sucesso do desenvolvimento do projeto os autores apontaram que para a obtenção de resultados satisfatórios a metodologia e suas ferramentas devem ser executadas aliadas a uma mudança na cultura organizacional da empresa, buscando a proximidade dos departamentos, envolvimento as equipes para que tenham uma visão sistêmica de todos os processos (CABRAL *et al.*, 2019). Com isso, melhorando o fluxo de informações objetivando melhorar o desempenho e cumprimento de metas.

O setor ferroviário também busca eficiência operacional dos processos, melhoria contínua e redução de falhar, com isso tem-se o trabalho realizado por Mesquita (2020) que traz como objetivo geral analisar como se dá a aplicação do método DMAIC na gestão de manutenção de materiais rodantes. A aplicação do método proporcionou a padronização do processo e a redução de falhas, identificando as possibilidades de melhorias ligadas a estratégia da organização, atuando em cima de causas elementares, gerando assim um alto desempenho dos processos, e conseqüentemente a redução dos custos e do retrabalho. O estudo influenciou na redução das avarias de locomotivas, pois possibilitou uma análise detalhada das falhas e, na maioria dos casos, a identificação da raiz do problema.

O trabalho desenvolvido em uma empresa de serviço com objetivo utilizar a metodologia DMAIC na gestão de planejamento de manutenção preventiva em uma empresa que oferece o serviço na área de climatização (IANKE, 2021). Passando pelas fases do DMAIC foi possível analisar os fatores que impactam a qualidade dos serviços oferecidos e consequentemente se relacionam com a satisfação do cliente. Realizaram primeiramente uma revisão na base de dados disponível na própria Instituição de Ensino Superior, em artigos pertinentes na área de manutenção, manutenção preventiva e casos de aplicação em empresas de serviço. De acordo com Ianke (2021) com a aplicação das fases do DMAIC obtiveram como resultados a elaboração do plano de manutenção preventiva, de forma que possa atender as especificações técnicas do equipamento utilizado; a aplicabilidade de documentação específica; sistematização da prestação de serviço para oferecer um atendimento melhor para os clientes; levantamento e disponibilização de dados técnicos para auxiliar a tomada de decisão de compras, contribuindo assim para minimização de paradas não-planejadas. Com isso, foi possível concluir eficiência na aplicação da metodologia DMAIC no segmento de serviços.

Organizações do setor público são conhecidas por seus processos poucos céleres, burocráticos e que apresentam resultados tardios. O estudo realizado por Guimarães (2021) apresenta as exigências requeridas de desempenho, e os problemas críticos para resolução sendo que empresas do setor público não adotam procedimentos. Com isso a motivação da pesquisa em analisar e propor melhorias no processo de manutenção dos navios utilizando o DMAIC e as ferramentas da qualidade, para identificação das barreiras para aplicação e ações advindas das fases do método. O autor utilizou as ferramentas da qualidade para aplicação do DMAIC, Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), Ishikawa, *Strengths, weaknesses, opportunities and threats* (SWOT), 5 Porquês, 5W2H e *Supplier, Input, Process, Outputs e Customer* (SIPOC) para aplicabilidade na falta de padronização dos procedimentos, falta de visão sistêmica do fluxo do processo por parte dos gestores, deficiência na capacitação dos servidores e falta de foco no cliente final (GUIMARÃES, 2021). Como resultado da aplicação do método foi possível identificar os problemas com o processamento de informações desnecessárias ou redundantes; atrasos da expedição de documentos; procedimentos extremamente burocráticos; espera excessivas de reuniões. Após a identificação desses pontos a aplicação do mapa de fluxo de valor no processo licitatório para aquisição de materiais e serviços, eliminando documentos desnecessários para o andamento do processo.

O trabalho realizado em uma empresa do setor sucroenergético apresenta a busca por maneiras de tornar-se competitiva em um mercado que demanda um alto padrão de qualidade de seus produtos. Com isso Falcão (2022) apresentou como objetivo a implementação do DMAIC para redução de manutenções corretivas realizadas nos aparelhos de ar-condicionado nos prédios administrativos de uma usina sucroalcooleira. Para realização do estudo, foi utilizado a metodologia DMAIC juntamente com ferramentas da qualidade. Foi possível propor e implementar ações que fizeram a gestão estudada ser totalmente aderente ao Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC). Além disso, houve uma redução das manutenções corretivas, que antes representavam 90% das manutenções totais e passaram a representar 16%. Por fim, foi possível verificar que o lead time para execução das manutenções diminuiu de 14 dias para 4 dias.

3. MÉTODO

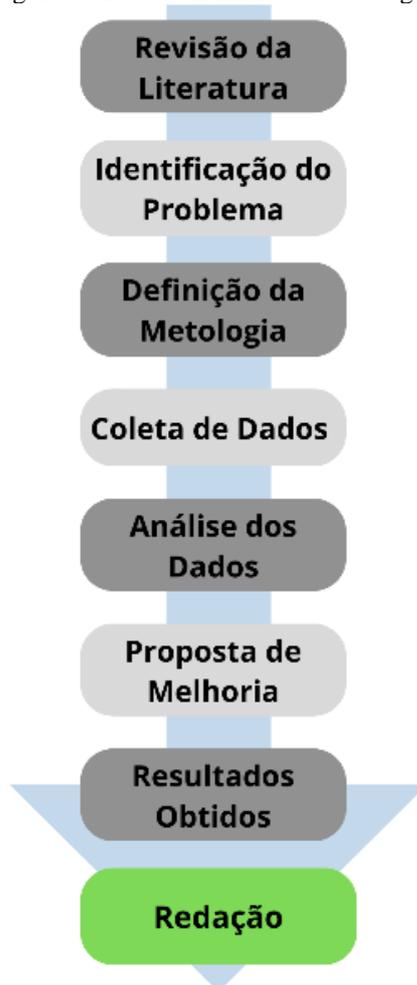
3.1 Caracterização da pesquisa

A pesquisa é classificada de acordo com o que se pretende analisar, pode-se caracterizar-se segundo à: natureza, problema, objetivos e procedimento metodológico.

Este trabalho do ponto de vista de sua natureza classificado como pesquisa aplicada tem como objetivo de através da pesquisa, comprovar ou rejeitar hipóteses propostas pelos modelos teóricos e realizar sua aplicação (GONÇALVES, 2005). Por outro lado, Marconi e Lakatos (2003), define esta metodologia com interesse prático, com aplicação e utilização de seus resultados para solução de problemas práticos. A pesquisa possui uma abordagem qualitativa, em que descreve o comportamento humano, analisando hábitos, atitudes e tendências (MARCONI; LAKATOS, 2003). E quantitativa, considerando tudo que pode ser mensurável, transformando opiniões em números (SILVA; MENEZES, 2005). Considerando o ambiente natural como fonte direta de coleta de dados. Quanto aos objetivos da pesquisa é classificada como descritiva, tendo como base a observação, registro, análise e correlação dos fatos sem modificá-los (MAGALHÃES, 2018). Aponta a necessidade de verificação da frequência com que os fatos ocorrem, sua natureza, características, causas e relações com outros fatos. Sendo descritivo de acordo com os objetivos e classificado quanto aos procedimentos técnicos como pesquisa-ação. Como procedimento metodológico a pesquisa é caracterizada como pesquisa-ação em que ocorre o envolvimento cooperativo dos participantes e pesquisadores atuando na resolução do problema específico, desempenhando um papel ativo de acordo com a realidade dos fatos. Através da interação classifica-se a prioridade de cada problema, junto com o acompanhamento das decisões, sendo desencadeada a execução de ações efetivas (TRIOLENT, 2018). Quanto aos procedimentos técnicos podemos subdividi-los em pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa experimental, levantamento, pesquisa de campo e pesquisa-ação (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Para subsidiar o desenvolvimento da pesquisa o primeiro passo foi a busca através de livros e periódicos, buscando reunir todos os conceitos pertinentes e processos frente ao cenário em estudo e seguindo as etapas práticas. Contudo, o fluxo seguido conforme a Figura 04.

Figura 4 - Desenvolvimento metodológico



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2022.

3.2 Técnicas de coleta de dados

A técnica utilizada para coleta de dados fora selecionada de acordo com o tipo de investigação. Os procedimentos técnicos aplicados foram: pesquisa bibliográfica, entrevista semiestruturada, observações e desenvolvimento do plano de ação. A pesquisa bibliográfica foi realizada através de artigos publicados de fontes reconhecidas, livros e informações disponibilizados em sites confiáveis que disponibilizam fontes para embasamento teórico sobre o assunto aqui abordado. Gonçalves (2005), afirma que através da pesquisa bibliográfica, é possível conhecer as contribuições científicas utilizando a revisão da literatura. Com o intuito de compreender melhor as funções de cada colaborador, foi utilizado a entrevista semiestruturada. Este modelo fornece ao entrevistador a liberdade de desenvolver cada ponto na direção apropriada (LAKATOS; MARCONI, 2003). Inicialmente foi realizada a reuniões (média de 5) com o time envolvido na fábrica, foi feito um desdobramento da base de dados da

automação das máquinas, na qual tem a confiabilidade e reporte da eficiência das máquinas (tempo de parada) e toda performance do processo, conforme Figura 5.



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2022.

As informações necessárias foram coletadas utilizando os históricos dos últimos seis meses de utilização na máquina, para entendimento do cenário para proposição de futuras ações, nas quais serão estabelecidas de acordo com a meta para monitoramento dos resultados na empresa em estudo, no setor de enlatamento, utilizando métodos de apontamentos para limpezas programadas nas paradas planejadas da máquina prioritária.

3.3 Técnicas de análise dos dados

Vergara (2005), afirma que o tratamento de dados permite a identificação do que é dito em relação a um certo tema através da análise de conteúdo. Através do estudo de registros, documentos, falas e vídeos se realiza uma análise (JUNQUEIRA, 2018).

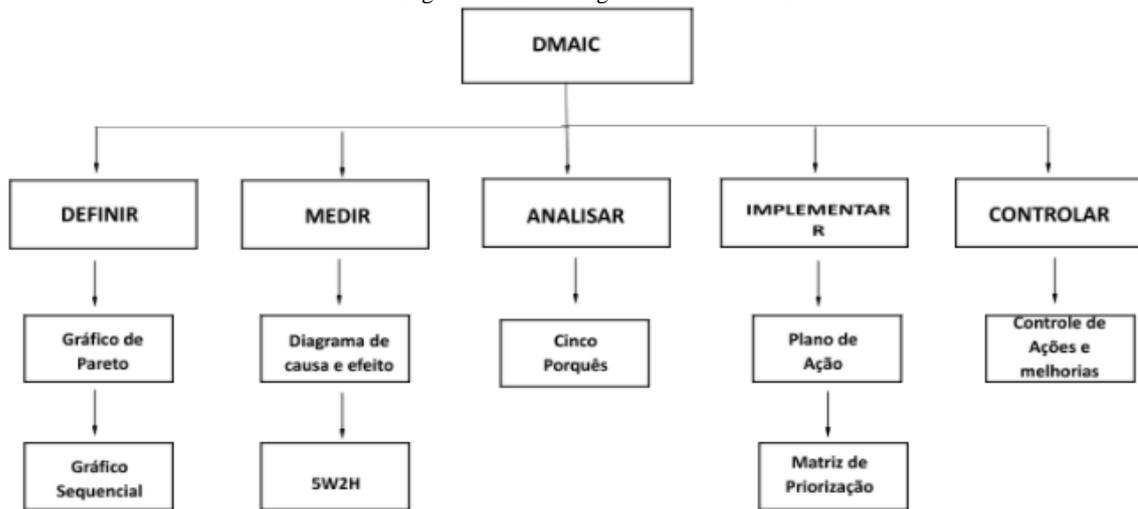
A análise foi feita através de levantamento de dados coletados através da automação existente no processo, conectando as máquinas a um sistema tecnológico de informação, sendo possível apurar os resultados dos últimos meses.

3.2 Desenvolvimento da pesquisa

O problema foi identificado através de um desdobramento feito em indicador de performance impactado (acima da meta) pelo tempo alto de paradas planejadas controlado nas reuniões operacionais.

Com toda confiabilidade dos dados coletados realizou-se o estudo do problema específico definindo, dessa forma, uma proposta-soluções. Assim, para o planejamento de ações, utilizou-se gráfico de Pareto, gráfico sequencial, 5W2H, diagrama de causa e efeito e análise dos 5 porquês, sendo elas ferramentas aplicadas na metodologia DMAIC, como mostra a Figura 6:

Figura 6 - Metodologia DMAIC e ferramentas



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2022.

4. RESULTADOS

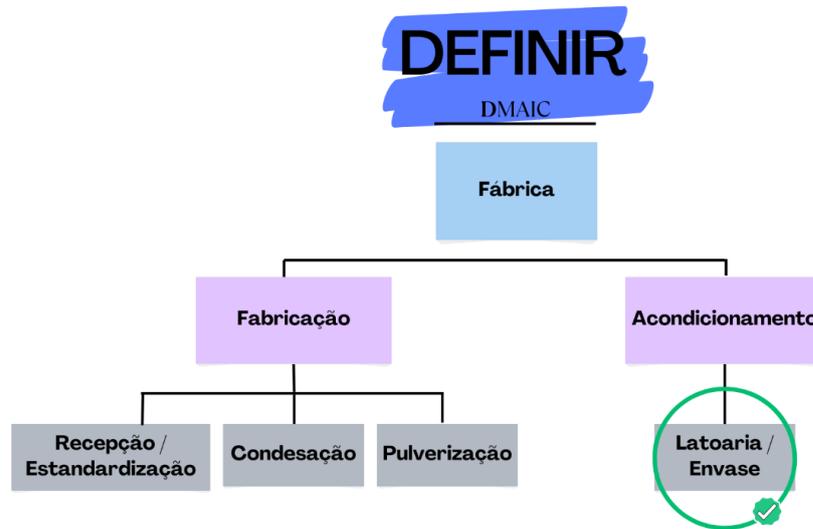
Para desenvolvimento da pesquisa todas as etapas da metodologia DMAIC foram realizadas, sendo cada uma apresentada a seguir.

4.1 Definir

A primeira etapa de definição visa apresentar o desenvolvimento, perspectiva, seleção do problema e ferramentas utilizadas. O estudo realizado em uma empresa do ramo lácteo no interior de Minas Gerais, na qual possui em média 220 colaboradores, desde a operação até o administrativo. A planta em que foi realizado o presente estudo possui os setores de fabricação e envase. Na fabricação a mesma produz os tipos de leite em pó: semidesnatado, instantâneo e integral, em latas de 360 gramas e 380 gramas, respectivamente, a zero lactose apenas em latas de 380 gramas, além de bags envasados de 25 e/ou 500 quilos. Todos os produtos são fabricados e envasados em latas e bags. A produção média diária com envase é de 210 toneladas por dia. A empresa conta com algumas certificações para garantia da qualidade de seu processo, que são elas: ISO 9001:2008; ISO 14001:2004; OHSAS 18001:2007 e ISO 22000:2005.

Nessa fase foi realizado o mapeamento do processo que apresenta dois setores: Fabricação e Acondicionamento, destacando o setor em que o problema foi sinalizado, de acordo com a Figura 7.

Figura 7 - Mapeamento do Processo: Fabricação e Acondicionamento

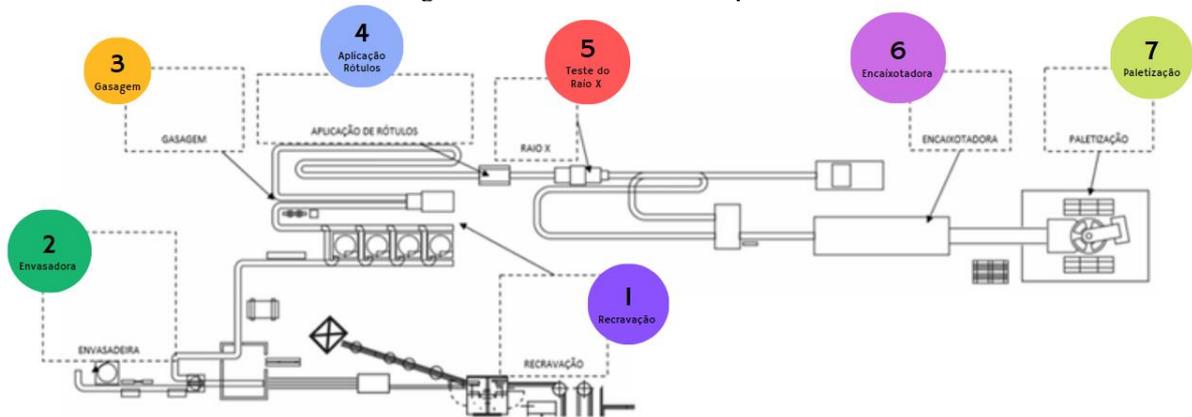


Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

Indicador de performance (Paradas Planejadas) com resultados acima da meta, o que compromete a eficiência do processo, atingindo outros indicadores como de custos e volume de produção. Esses resultados são controlados e com ações mapeadas em reuniões operacionais da fábrica, uma delas foi a implementação do projeto em uma máquina prioritária da linha da latoaria. A latoaria é uma linha que fica dentro do envase, responsável pela composição da lata de folha de flandres, na qual faz a curvatura e recravação da mesma, sendo responsável por abastecer as duas linhas de envase de leite em pó em latas.

No acondicionamento onde está a máquina prioritária referente ao trabalho em estudo, a lata já pronta em seu formato padrão chega na máquina de envase do pó (matéria-prima), em seguida a lata já com o produto final dentro passa por outras máquinas com diferentes funções, como: recravação da tampa de alumínio da lata, gasagem para hemerticidade, aplicação dos rótulos, teste do raio x para material estranho, aplicação da tampa de plástico, e por fim, o encaixotamento nas caixas de papelão, contendo 24 latas, que seguem para a paletização no robô, como mostra a Figura 8:

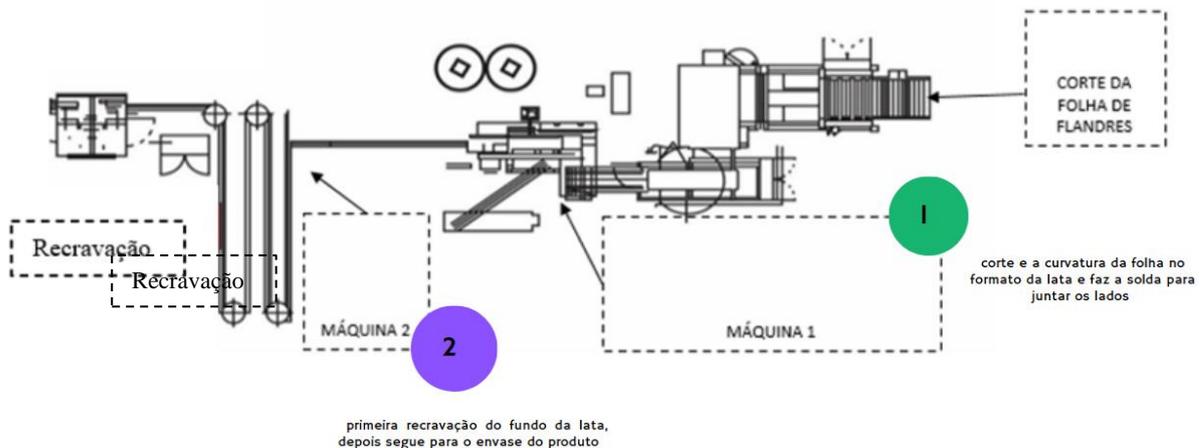
Figura 8 - Processo com as máquinas do Envase



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2022.

Além da fabricação de seu produto, o leite em pó, a empresa também produz seu principal material de embalagem: a lata de folha de flandres. Na latoaria da fábrica é recebido a folha de flandres, na qual a primeira máquina (máquina 1) faz o corte e a curvatura da folha no formato da lata e faz a solda para juntar os lados em seguida segue a primeira recravação do fundo da lata (máquina 2), depois segue para o envase do produto, conforme Figura 9:

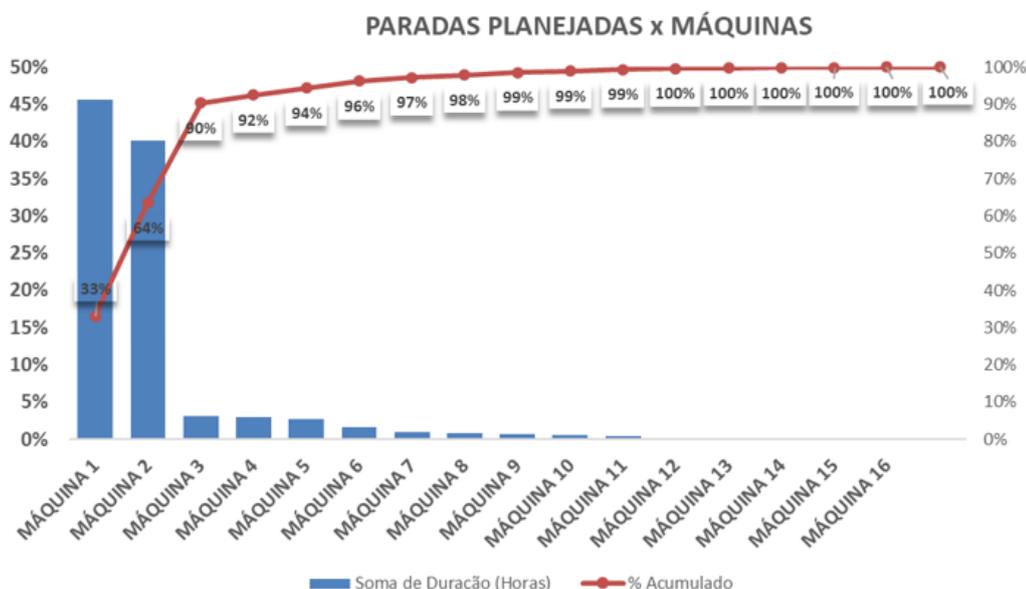
Figura 9 - Processo com as máquinas da Latoaria



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2022.

Com o intuito de se verificar as paradas planejadas nas máquinas do acondicionamento, foi levantado o histórico de horas de paradas dos últimos 6 meses em 16 máquinas. Os dados coletados nesse período foram projetos em um gráfico de Pareto para realização da análise, que apresentou porcentagem maior nas máquinas 1 e 2, considerando horas de paradas planejadas. Conforme o Gráfico 1.

Gráfico 1 - Registro Paradas Planejadas x Máquinas



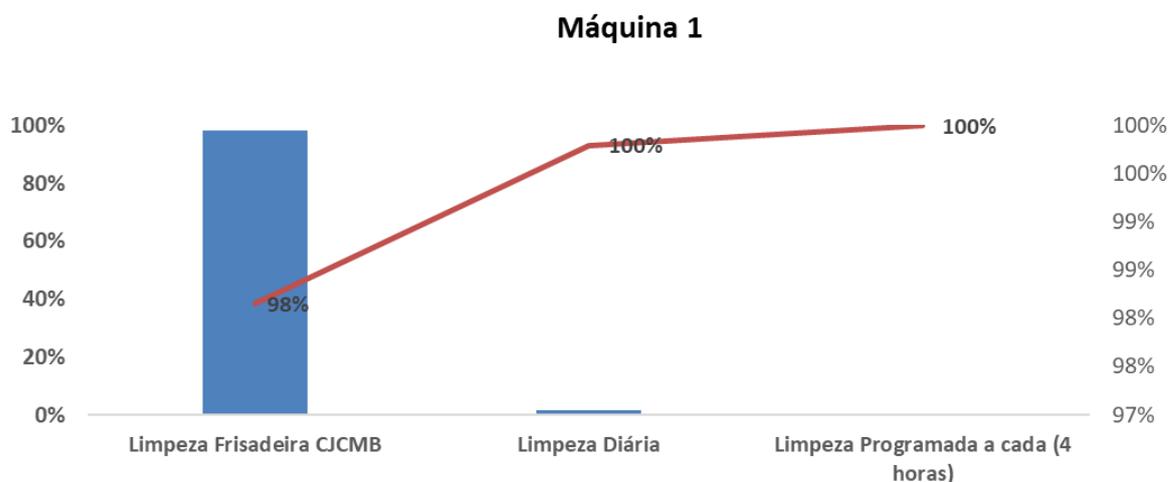
Fonte: Elaborada pelas autoras, 2022.

A limpeza da Frisadeira é realizada em uma parte específica da máquina responsável por soldar a folha de flandres já na curvatura do formato da lata seguindo o padrão de execução, é um tipo de limpeza paralela realizada nas duas máquinas. Na máquina 1 é feita curvatura junto com a soldagem (fio de cobre) e na máquina 2 é parte onde é feita a recravação do fundo da lata.

Dentre as paradas planejadas têm-se como exemplo as paradas operacionais (troca/reposição de material, regulagem peças das máquinas, testes), limpeza diária, limpeza programada a cada 4 horas, limpeza programada semanal, limpeza programada quinzenal e limpeza programada mensal, seguindo as instruções e sistemáticas de limpeza de cada máquina.

A máquina 1 apresentou o maior índice parada, sendo fatores que impactam diretamente a performance da linha. A limpeza da Frisadeira na máquina 1 representa 98% das paradas, conforme o Gráfico 2.

Gráfico 2 - Registro de Limpeza Frisadeira na Máquina 1



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

A limpeza da Frisadeira é realizada em uma parte específica da máquina responsável por recavar o fundo de alumínio da lata seguindo o padrão de execução, é um tipo de limpeza paralela realizada nas duas máquinas. Na máquina 1 é feita curvatura junto com a soldagem (fio de cobre) e na máquina 2 é feita a recravação do fundo da lata.

Por outro lado, a limpeza diária ocorre em todas as máquinas, com padrão de duração de 1 hora, acontece em todas as partes que compõem a máquina, desde o corte da folha, até a recravação da lata, por meio da utilização de ar comprimido e panos específicos para tal atividade. Ocorre diariamente na linha de envase. É um tipo de limpeza paralela realizada nas duas máquinas.

Para o bom funcionamento e eficiência das linhas de produção existe um padrão de condição básica que são a lubrificação, limpeza e inspeção. Dessa forma é importante que todas as limpezas citadas acima aconteçam com seus métodos e restrições legais. Outra parte considerável são as inspeções feitas pelos operadores do turno que está se encerrando e operadores do próximo turno, garantindo que as estejam sendo realizadas, de forma correta e atualizadas nas reuniões operacionais.

O padrão de limpeza é executado seguindo a sistemática (*check list*) identificando quais materiais serão utilizados na execução (pano de tecido e óleo mineral), e o modo que deve ser feito a limpeza, além de conter a frequência de realização dessas atividades e o modo de acesso garantido a segurança, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Plano de limpeza, inspeção e lubrificação (Frisadeira)

ITEM	ILUSTRAÇÃO PONTOS A SEREM LIMPOS	PARTE A SER LIMPO	PADRÃO (CONDIÇÃO IDEAL)	SEGURANÇA			UTENSÍLIOS PARA LIMPEZA	REFERÊNCIA LPP Nº	AÇÃO CASO ANORMAL	FREQUÊNCIA(MIN)					RESPONSÁVEL	
				A MÁQUINA DEVE ESTAR		MODO DE ACESSO				EPI's NECESSÁRIOS	Intermediária (4H EM 4H)	2 Dias	Semanal	Mensal		Trimestral
				RODANDO	PARADO											
16.10		Base da Frisadeira	Toda a base limpa, sem sujidade, acúmulo de pó metálico e estanho.		X	Seguir Guia de bloqueio F-08 e F-10 Modo de Acesso 	 Óculos, luvas	 Pano seco e óleo mineral	12013	Abrir etiqueta (azul/vermelha) analisando sua criticidade: "A" analisar juntamente com os responsáveis e escalonar. "B e C" seguir fluxo de negociação. Sendo possível execute a correção imediatamente.	3					Operador de Turno
7 - 7.2		Prato Superior da Frisadeira	Limpo, sem sujidade, acúmulo de pó metálico e estanho.		X	Seguir Guia de bloqueio F-08 Modo de Acesso 	 Óculos e luvas	 Pano seco e óleo mineral	12008	Abrir etiqueta (azul/vermelha) analisando sua criticidade: "A" analisar juntamente com os responsáveis e escalonar. "B e C" seguir fluxo de negociação. Sendo possível execute a correção imediatamente.	1					Operador de Turno

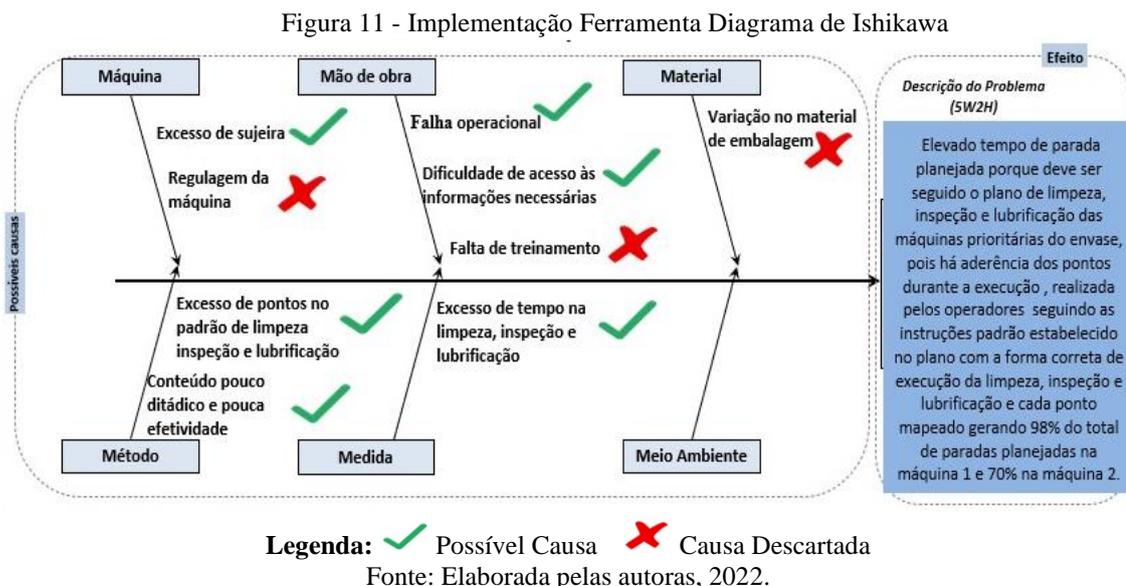
Fonte: Elaborada pelas autoras, 2022.

5.2 Medir

Segundo Almeida (2022), essa fase é caracterizada pela utilização de ferramentas, e o levantamento de informações sobre a operação e os indicadores de eficiência do processo. E em seguida a identificação da causa raiz do problema, sendo utilizada nessa fase ferramentas para o controle da qualidade, tais como: Capacibilidade, gráfico de Pareto e teste de normalidade. O uso correto dessas ferramentas auxiliará na criação de planos de ação para o processo (CABRAL *et al.*, 2019).

5.2.1 Diagrama de causa de efeito

Para o desenvolvimento do diagrama de causa e efeito ou Ishikawa foi necessário a realização de *Brainstorming* para o levantamento de possíveis causas do problema, para isso foi considerado todo conhecimento, experiência de operadores das máquinas e supervisor da linha, e com nos dados históricos coletados apresentou um elevado tempo de paradas planejadas nas máquinas prioritárias da linha de envases durante a execução de limpeza, lubrificação e inspeção realizada pelos operadores gerando 98% do total de paradas planejadas na máquina 1 e 70% na máquina 2. Dando sequência ao uso da ferramenta utilizamos desse efeito para mapear as prováveis causas, chegando até as possíveis causas, que são aquelas que podem resultar no efeito e causas descartadas a qual não impactam no mesmo, conforme Figura 11 utilizando a ferramenta:



No fator Máquina teve como possível causa o excesso de sujeira, visto que na máquina existem locais considerados fontes de sujeira, onde são acumulados resíduos durante o processo

de curvatura e solda da lata (máquina 1) com rebarbas de folhas de flandres, e de recravação do fundo das latas (máquina 2) e como causa descartada a regulagem da máquina, pois existe um plano mapeando todos os pontos de ajustes fixos e para os ajustáveis possuem um padrão a ser seguido, como por exemplo, regulagem de manômetros.

No fator Mão de obra teve como possíveis causas as falhas operacionais que podem ser classificadas como paradas não planejadas quando há erros de intervenção no quesito homem/máquina, como por exemplo, no caso de abastecimento do fundo da lata na máquinas não ser colocado no tempo programado ocasionando pequenas paradas; dificuldade de acesso às informações necessárias no sistema eletrônico utilizado para controle da performance e qualidade da linha visto que alguns operadores possuem dificuldade com tecnologias digitais e como causa descartada a falta de treinamento pois os operadores recebem capacitação e treinamento capazes de fornecerem o conhecimento necessário em linha, além do acompanhamento de um colaborador “padrinho”, ou seja, um colaborador mais experiente com o manuseio da máquina.

No fator Material a variação no material de embalagem foi uma causa descartada, porque as especificações de um fornecedor para o outro não se alteram, não provocando impactos nas paradas. No fator Método teve como possíveis causas o excesso de pontos mapeados no padrão de limpeza, inspeção e lubrificação gerando um conteúdo pouco didático com pouca efetividade, visto que não possui uma gestão visual clara e prática.

No fator Medida teve apenas uma possível causa, excesso de tempo na limpeza, inspeção e lubrificação, considerando que essas atividades podem ser realizadas em um tempo menor. Para o último fator Meio ambiente não se obteve nenhuma possível causa e causa descartada, pois não há interferência natural que impactam, como o controle de temperatura, iluminação e umidade do ambiente de trabalho.

As seguintes possíveis causas identificadas no Diagrama de Causa e Efeito foram utilizadas podendo realizar o desdobramento a qual facilitou obter as 3 principais causas que são:

- Causa 1: dificuldade dos operadores de acesso às informações necessárias;
- Causa 2: excesso de pontos no padrão de limpeza, inspeção e lubrificação;
- Causa 3: conteúdo pouco didático com pouca efetividade.

Como consequência da Causa 1: “Porque cada ponto requer um método e uma frequência de limpeza e não há revisão frequente ao plano”. Como as informações ficam em pastas físicas e na rede eletrônica, ocorre a dificuldade por parte do operador em localizar a

pasta por não possuírem treinamento periódico para instaurar uma cultura de consulta aos materiais disponíveis, seja físico ou eletrônico.

Para a Causa 2: “Porque requer dedicação dos operadores e manutentores para revisão do plano”. Com a rotina de trabalho dos responsáveis, falta de padronização e plano de revisão periódica das informações refletindo a realidade das máquinas podendo ocorrer divergências entre os métodos.

Para a Causa 3: "Porque as ferramentas que fornecem as instruções não são simplificadas e não são muito visuais". Há exemplos de pontos mapeados no plano que poderiam se agrupar com outros para execução da limpeza, conter fotos, instruções para facilitar na execução.

5.3 Analisar

Nesta etapa são utilizadas algumas ferramentas para analisar o processo, como o diagrama de causa-efeito, também chamado de diagrama de Ishikawa, o 5 Porquês e o Plano de Ação 5W2H (ALMEIDA, 2022).

5.3.1 5W2H

Após o levantamento e identificação das possíveis causas raiz do problema em estudo na fase medir. Foi realizado o plano de ação para priorização e foco naquelas causas de maior impacto conforme a Figura 12, utilizou-se de 5 (cinco) iniciativas que foram mapeadas através dos problemas levantados no Diagrama de Ishikawa, com o responsável e data para cada uma delas. Dentro dessas 5 ações, 3 delas são aquelas prioritários com maior impacto e menor esforço para execução, sendo essas executadas primeiro das outras. O foco da implementação seguiu na Máquina 1 pois os maiores impactos com as paradas eram gerados nela, sendo a prioritária da linha.

Figura 12 - Aplicação do 5W2H

Plano de Ação - 5W2H										
Item	Necessário abrir Gerenciamento de Mudanças	Tipo da Ação?	Oque (What)?	Onde (Where)?	Quando (When)?	Como (How)?	Por que (Why)?	Quem (Who)?	Quanto (how much?)	Status
1	Não	Condição Básica	Excesso de Sujieira	Máquinas prioritárias	Diariamente	Realizar limpeza seguindo o padrão estabelecido	Para evitar sujidade e condição anormal das máquinas	Operador	Seguindo o tempo na frequência de limpeza	Prazo
2	Não	Condição Básica	Falha Operacional	Máquinas prioritárias	Diariamente	Realizar limpeza seguindo o padrão estabelecido	Para evitar sujidade e condição anormal das máquinas	Operador	Seguindo o tempo na frequência de limpeza	Prazo
3	Não	Melhoria	★ Dificuldade de acesso á informações necessárias	Plano Padrão de Limpeza, Inspeção	Diariamente	Alteração para unificar o modo de acesso ao plano de limpeza e inspeção - físico e eletrônico	Para facilitar a utilização e acesso a ferrmanta durante a implementação da limpeza	Líder do processo	Durante a revisão semestral	Prazo
4	Não	Melhoria	★ Excesso de pontos e tempo de execução no padrão de limpeza	Plano Padrão de Limpeza, Inspeção	Diariamente	Revisão no plano de limpeza, através da ferramenta de ERCS	Para reduzir a quantidade de pontos de limpeza mapeados no plano	Líder do processo e Manutentores	Durante a revisão semestral	Prazo
5	Não	Melhoria	★ Conteúdo pouco didático	Plano Padrão de Limpeza, Inspeção	Diariamente	Melhorias no padrão visual do plano de limpeza e inspeção	Para deixar com o padrão visual de fácil entendimento	Líder do processo	Durante a revisão semestral	Prazo

Legenda: ★ Ações prioritárias para desenvolvimento do plano de ação.

Fonte: Elaborada pelas autoras, 2022.

As principais ações, destacadas com uma estrela amarela, a serem realizadas tem como o objetivo de diminuir o tempo de paradas planejadas, tem como foco: Alteração no modelo do padrão para unificar o modo de acesso ao plano de limpeza, inspeção e a lubrificação (físico e eletrônico) facilitando a identificação e o entendimento, Revisão no plano de limpeza, através da Ferramenta ECRS e melhorias no padrão visual do padrão simplificando o processo:

1. Revisão do plano de limpeza, inspeção e lubrificação, junto com os operadores, manutentores e supervisores da máquina 1. Segue a Tabela 1 como modelo do novo plano de limpeza para a máquina:

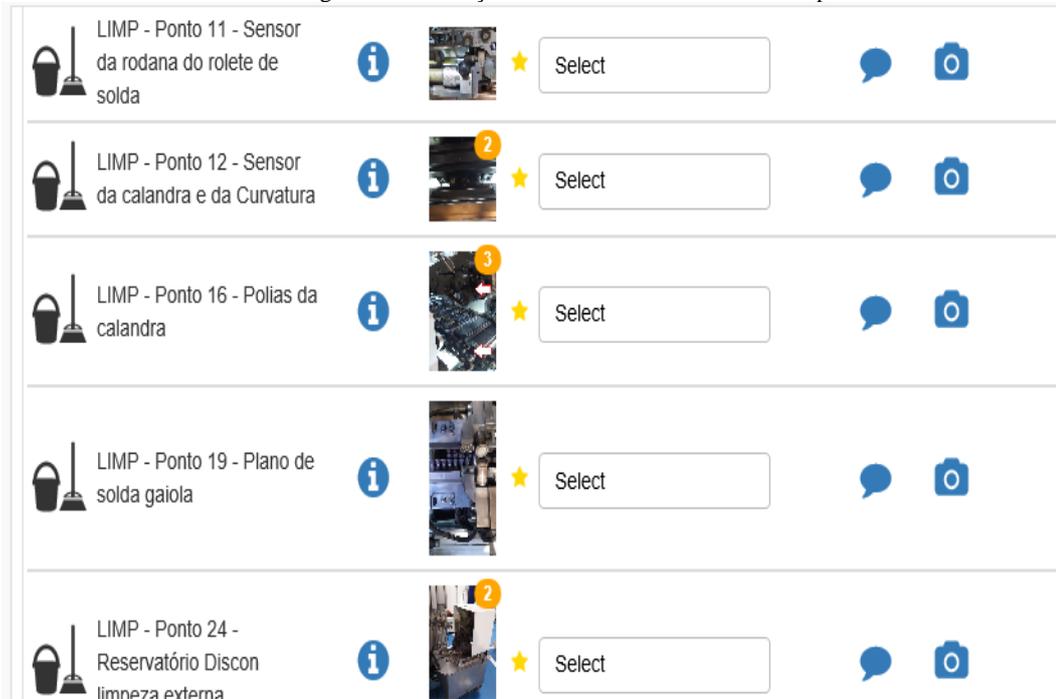
Tabela 1 - Novo modelo de Plano de Limpeza na Máquina 1

FABRICA: XXX		LINHA: XXX		EQUIPAMENTO: XXX				SE TOR: XXX						
Aprovação		SEGURANÇA:		QUALIDADE:		GESTOR DA ÁREA: ÁREA TÉCNICA:		COORDENADOR LINHA:		OPERADOR:				
ITEM	ILUSTRAÇÃO PONTOS A SEREM LIMPOS	PARTE A SER LIMPA	PADRÃO (CONDIÇÃO IDEAL)	SEGURANÇA			REFERÊNCIA LPP Nº	AÇÃO CASO ANORMAL	FREQÜÊNCIA (Mn)				RESPONSÁVEL	
				A MÁQUINA DEVE ESTAR	MODO DE ACESSO	ERR e MEDIDAS			UTENSÍLIOS PARA LIMPEZA	1	2	3		4
				1	2	3	4		1	2	3	4		
1		Alimentador de Fio de Cobre (filtros)	Limpos, sem sujidades e poeira metálica	X	Seguir Guia de bloqueio F-04 e F-05 Modo de Acesso	Óculos, luvas, máscara	Função de acesso	12331	Abrir etiqueta (sua/vermelha) seguindo as crêbidas de: "A" analisar juntamente com o responsável e acionar. "B" C" seguir fluxo de negociação. Sendo possível e ouvir a correção imediatamente.	0,0				Operador de Turno
2		Roldanas do Picador de Fio de Cobre	Limpos, sem sujidades de grava e poeira metálica	X	Seguir Guia de bloqueio F-04 e F-05 Modo de Acesso	Óculos, luvas, máscara			Abrir etiqueta (sua/vermelha) seguindo as crêbidas de: "A" analisar juntamente com o responsável e acionar. "B" C" seguir fluxo de negociação. Sendo possível e ouvir a correção imediatamente.	1				Operador de Turno
3		Ventosas	Ventosas limpas, sem sujidade de poeira metálica.	X	Seguir Guia de bloqueio F-04 e F-05 Modo de Acesso	Óculos		12330	Abrir etiqueta (sua/vermelha) seguindo as crêbidas de: "A" analisar juntamente com o responsável e acionar. "B" C" seguir fluxo de negociação. Sendo possível e ouvir a correção imediatamente.	1				Operador de Turno
4		Calandra e Pista de Rolos	Limpos, sem sujidades ou poeira metálica	X	Seguir Guia de bloqueio F-04 e F-05 Modo de Acesso	Óculos e luvas		11153 e 11154	Abrir etiqueta (sua/vermelha) seguindo as crêbidas de: "A" analisar juntamente com o responsável e acionar. "B" C" seguir fluxo de negociação. Sendo possível e ouvir a correção imediatamente.	1				Operador de Turno
5		Plano de Solda - Gaiola e Roletas de soldagem	Limpos, sem sujidade de poeira metálica	X	Seguir Guia de bloqueio F-04 e F-05 Modo de Acesso	Óculos e luvas		12334	Abrir etiqueta (sua/vermelha) seguindo as crêbidas de: "A" analisar juntamente com o responsável e acionar. "B" C" seguir fluxo de negociação. Sendo possível e ouvir a correção imediatamente.	1,0				Operador de Turno

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

2. Organização e padronização visual ícones e destaques, conforme Figura 13 e 14.

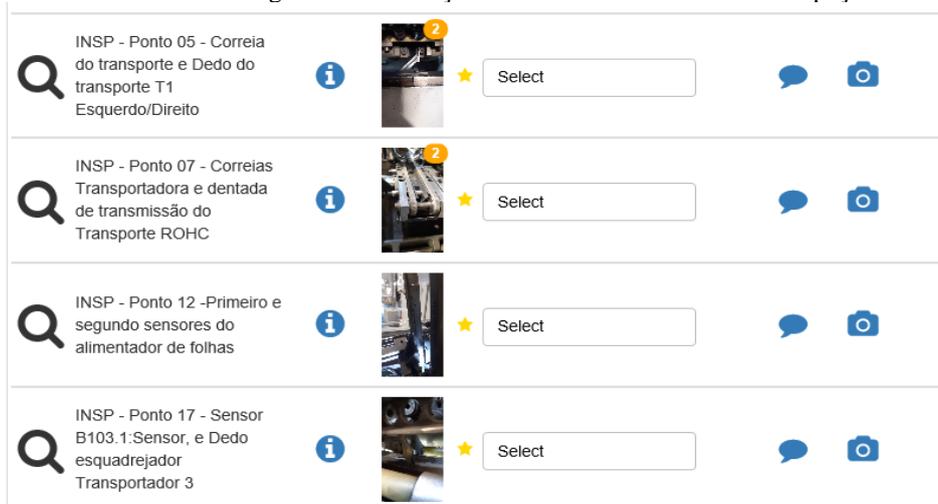
Figura 13 - Ilustração do Sistema eletrônico 1 de Limpeza



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2022.

3. Na figura 14 é possível visualizar uma demonstração da imagem do aplicativo utilizado pelos operadores na hora da execução dos padrões podendo fazer a identificação dos pontos de limpeza, a frequência a ser realizada, fotos dos equipamentos das máquinas mapeadas, quais EPI's utilizar e quais os produtos de limpeza ideias para a limpeza. Auxiliando a gestão da liderança com a conferência do que foi realizado ou não.

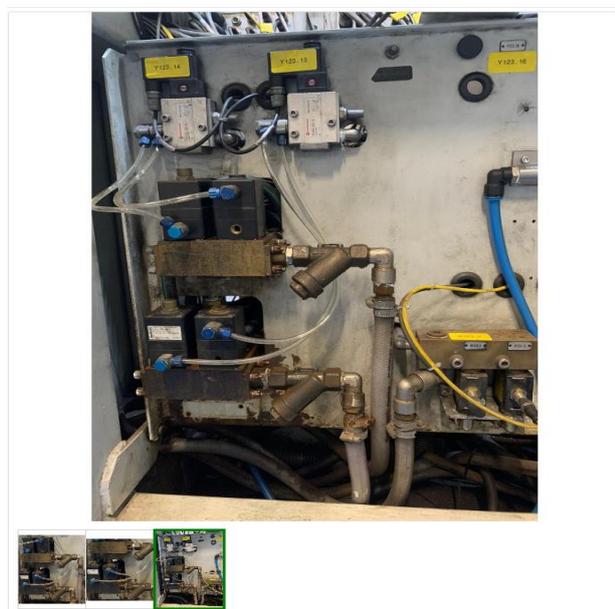
Figura 14 - Ilustração do Sistema Eletrônico 2 de Inspeção



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2022.

4. Organizar e estruturar nova forma de controle visual para simplificação do plano de limpeza e inspeção da máquina, com fotos e imagens ilustrativas. Segue a Figura 15, com a visualização da plataforma eletrônica atualizada:

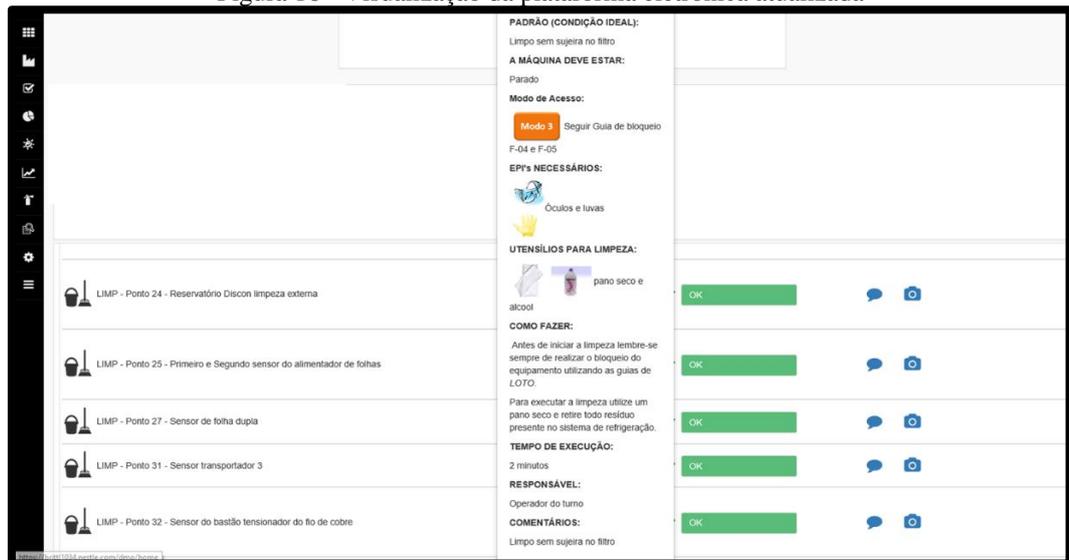
Figura 15 - Ilustração do Sistema eletrônico 3



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2022.

5. Atualização do *check list* com todas as descrições, modo de execução, segurança, tempo e responsável. Na imagem 10 é possível identificar fotos da máquina com detalhes de cada equipamento que compõe, facilitando o controle visual, detalhado na Figura 16.

Figura 16 - Visualização da plataforma eletrônica atualizada



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2022.

5.4 Implementar

Com base nas causas-raiz identificadas, ações específicas devem ser definidas para solucionar o problema e atingir o objetivo proposto com o desenvolvimento do projeto. Para isso, a utilização de ferramentas como o *Brainstorming* e principalmente o 5W2H, permitem uma análise mais crítica do desenvolvimento final do projeto e das implementações de melhoria (SRINIVASAN *et al.*, 2014).

5.5 Análise de ECRS

O ECRS consiste em uma ferramenta utilizada para avaliar os pontos de limpeza, inspeção e lubrificação que podem ser Eliminados, Combinado, Rearranjados e Simplificados. Em que a avaliação é realizada em conjunto com a equipe de trabalho: operadores, manutentores e supervisores. Para a otimização das atividades, a ferramenta ECRS foi utilizada e contribuiu para que a análise do processo inicial atingisse o processo otimizado, dessa forma foi possível fazer o estudo junto com operadores e manutentores no plano de limpeza, inspeção e lubrificação nas máquinas dos pontos que poderiam ser eliminados, combinados (atividade combinada com outra atividade), reduzidos/realocada (atividade pode ser reduzida para ser mais eficiente) e simplificados, sendo eles:

1. Realizar resumo da implementação do ECRS com os resultados obtidos: pontos que foram simplificados, combinados, reduzidos e eliminados, gerando assim um compilado dos ganhos em minutos.
 - ✓ Como resultado do trabalho aplicado com todas as ações listadas no plano de ação através da aplicação da ferramenta ECRS obteve-se para limpeza e inspeção: Um item eliminado; Vinte e cinco itens combinados; Dezesete itens reduzidos; Dois itens simplificados. O modelo de aplicação do ECRS se encontra no Apêndice.
2. Atualizar o plano físico de limpeza, inspeção e lubrificação na Máquina 1 após o uso do ECRS.
3. Atualizar o plano eletrônico de limpeza, inspeção e lubrificação na Máquina 1 após o uso do ECRS, feito com as ações realizadas de estruturação e organização citadas no 5W2H.

5.5 Controlar

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. Nessa fase há o acompanhando da execução das atividades e a evolução com a entrega de resultados, sendo positivo ou com oportunidades.

5.5.1 Gestão do Plano de Ação

De forma simplificada o Plano de Ação conforme a Tabela 2 apresenta quais foram as ações realizadas para os principais problemas citados.

Tabela 2 - Plano de Ação

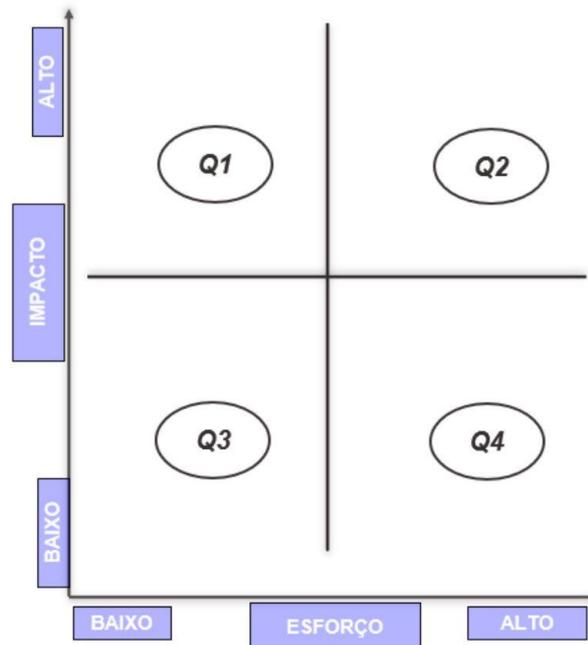
Plano de Ação					
Nº	Problema	Ações Mapeadas	Responsável	Data	Status
1	Falta de revisão frequente no plano de limpeza, inspeção e lubrificação na máquina 1 e 2.	Revisar plano de limpeza, inspeção e lubrificação junto com operadores, manutentores e supervisores, máquinas 1 e 2.	Responsável X	10/11/2020	Concluído
2	Falta de revisão frequente no plano de limpeza, inspeção e lubrificação na máquina 1 e 2.	Análise de ECRS (Pontos que podem ser Eliminados, Rearranjados e Simplificados) junto com operadores, manutentores e supervisores.	Responsável X	15/11/2020	Concluído
3	Falta de revisão frequente no plano de limpeza, inspeção e lubrificação na máquina 1 e 2.	Realizar resumo da implementação do ECRS, com os resultados obtidos.	Responsável X e Y	09/12/2020	Concluído
4	Falta de mão de obra dos operadores para a realização da revisão do plano de limpeza, inspeção e lubrificação	Atualizar o plano físico de limpeza, inspeção e lubrificação nas máquinas 1 e 2 após ECRS.	Responsável X e Y	13/12/2020	Concluído
5	Falta de mão de obra dos operadores para a realização da revisão do plano de limpeza, inspeção e lubrificação	Atualizar o plano eletrônico de limpeza, inspeção e lubrificação nas máquinas 1 e 2 após ECRS.	Responsável X	20/12/2020	Concluído
6	Falta de simplificação e controle visual no plano de limpeza, inspeção e lubrificação no sistema eletrônico.	Organizar e estruturar nova forma de controle visual para simplificação do plano.	Responsável Y	06/01/2021	Concluído
7	Falta de simplificação e controle visual no plano de limpeza, inspeção e lubrificação no sistema eletrônico.	Realizar controle visual, com fotos, imagens ilustrativas no sistema eletrônico do plano.	Responsável X	15/01/2021	Concluído

Fonte: Elaborada pelas autoras, 2022.

Para a priorização das ações foi feita uma classificação das ações de acordo com seu impacto, sendo indispensáveis, complexas e necessárias, ações rápidas a serem feitas e descartes a serem avaliados.

Dessa forma todas as ações mapeadas são relevantes, portanto, nenhuma delas foram descartadas. A matriz de priorização é uma ferramenta utilizada para priorizar ações mapeadas em um plano com critérios de quatro quadrantes (Q) considerando o impacto (resultado) e esforço (esforço), sendo o Q1 (ações de alto impacto e baixo esforço) as ações que devem ser realizadas imediatamente, o Q2 (ações de alto impacto e alto esforço) as ações que devem ser realizadas posteriormente pois também são importantes, o Q3 (ações de baixo impacto e baixo esforço) as ações devem ser realizadas por último e o Q4 são ações descartadas pois terá baixo impacto e alto esforço, não compensa gastar tempo com a execução sem qualquer tipo de resultado. Esse método é utilizado com a classificação das ações alocadas aos quadrantes da matriz conforme a Figura 17.

Figura 17- Matriz de priorização



Fonte: Elaborado pelas autoras (2022)

5.5.2 Controle de ações e melhorias

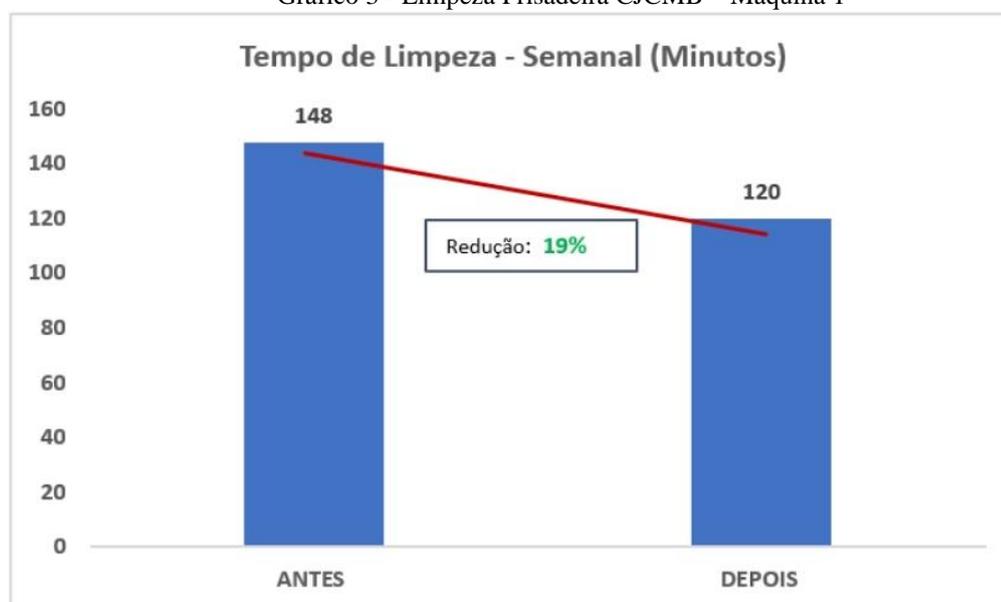
Após a implementação das ações mapeadas foi possível obter um resultado considerável com a redução do tempo de limpeza, inspeção e lubrificação da máquina prioritária iniciando a fase de controle a partir daí. Para isso, foram 1 (um mês) de coletas de dados na plataforma eletrônica, realizadas pelos operadores e seguindo o semelhante com o início do projeto para acompanhar a redução. Também, além dessas ações, foi feito a padronização do controle visual

criado para seguir com a replicação para outras máquinas de envase, sendo este trabalho de agora em diante realizados pelos membros da fábrica envolvidos no projeto, em busca da melhoria contínua, com o objetivo de encontrar as ferramentas que podem fornecer as instruções de como executar a atividade de maneira mais eficiente.

Como resultado, a média de redução de tempo foi de 28 minutos por semana - equivalente a 19%, antes com um tempo de 148 minutos e atualmente 120 minutos, no total anual uma redução de 24 horas. Dessa forma, as ações realizadas apresentaram como resultado em relação ao plano de limpeza, inspeção e lubrificação: 2 itens simplificados, 25 itens combinados, 17 itens reduzidos e 1 item eliminado.

Com objetivo final de otimizar o tempo de execução das atividades com maior facilidade de acesso às informações necessárias para a realização das etapas do DMAIC e deixando assim o conteúdo mais didático, efetivo e completo para o entendimento dos operadores na máquina 1. Foi possível verificar no Gráfico 3 abaixo que a maior voz (maior impacto) de antes das paradas planejadas, na qual a Limpeza Frisadeira CJCMB – Máquina 1, reduziu seu impacto perante as outras limpezas programadas da linha após implementação do ECRS representando uma redução de 18,9%.

Gráfico 3 - Limpeza Frisadeira CJCMB – Máquina 1



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2022.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Verificação dos objetivos

Com a implementação das ações do plano de ação e principalmente o impacto da ferramenta de ECRS foi possível alcançar uma redução total no tempo de limpeza e inspeção da máquina 1 de vinte e oito minutos na semana representado por: Um item eliminado; 25 itens combinados; 16 reduzidos; 2 itens simplificados, o que representa aproximadamente 2 horas mensal e anualmente uma redução de quase 24 horas, atendendo às expectativas do projeto DMAIC implementado na fábrica. Além disso, foi possível fornecer as instruções de como executar as atividades de maneira mais eficiente e didática para os operadores, contribuindo na rotina operacional e na gestão visual na plataforma digital através de fotos e links, por exemplo, ajudando a diminuir o tempo ao executar tal atividade. Já para os pontos analisados de lubrificação das máquinas, concluiu-se que não foi necessário fazer nenhuma modificação neste plano, visto que todos são fundamentais para o funcionamento básico da máquina.

Uma das maiores dificuldades encontradas na execução do trabalho foi a dependência do conhecimento dos operadores e manutentores para que a ferramenta ECRS fosse aplicada, a disponibilidade de mão de obra com o tempo reduzido para o estudo visto que a demanda diária deve ser cumprida, por isso o trabalho foi implementado somente na máquina prioritária 1. Essa limitação foi superada devido ao bom planejamento referente a um tempo maior para a implementação do projeto e à medida que foi conduzida possibilitando intermediar a execução sem impacto negativo na rotina dos colaboradores quanto nas atividades diárias.

6.2 Próximos Passos

Como próximo passo a fábrica, com consentimento da gestão, irá replicar o trabalho nas demais máquinas prioritárias do processo, começando pela máquina 2 na qual já possui o estudo e a validação da necessidade. O trabalho será liderado por colaboradores do grupo de trabalho autônomo (GTA) juntamente com o grupo de trabalho de manutenção (GTM). O trabalho foi apresentado para o corporativo da empresa como boas práticas para compartilhamento e *benchmarking* e divulgado na fábrica.

REFERÊNCIAS

- ABIA – Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação. **Relatório Anual 2020**. Disponível em: https://www.abia.org.br/downloads/relatorioAnual_2020.pdf. Acesso em: 28 de jul. de 2021.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462: confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 2004.
- ALMEIDA, Glauca Moreira de *et al.* **Aplicação da Metodologia DMAIC para aumentar a eficiência da máquina de envase em uma indústria de laticínios**. Mestrado profissional em Inovação Tecnológica. Universidade Federal do Triângulo Mineiro, 2022.
- ALMEIDA, Carlos Augusto *et al.* Aplicação de Ferramentas de Gestão de Estoque em uma Empresa de Comunicação Visual. **Revista H-TEC Humanidades e Tecnologia**. v.3.n.1.2019. Disponível em: <https://www.revista.fateccruzeiro.edu.br/index.php/htec/article/view/57/29>. Acesso em: 10 de novembro de 2021.
- ALVES, Gilmar Silveira. **Aplicação do sistema de custeio baseado em atividade em contrato de manutenção**. MBA em Gestão da manutenção da Faculdade de Tecnologia SENAI/CIMATEC, 2016.
- ARROMBA, Iara Franchi *et al.* Dificuldades observadas na implementação da Manutenção Produtiva Total (TPM): evidências empíricas do setor manufatureiro. **Revista Gestão & Produção**, v. 28, 2021.
- BAXTER, Mike. **Projeto de produto: Guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Editora Blucher, 2008.
- BASTOS, Bernardo Campbell. **Aplicação de lean manufacturing e uma linha de produção de uma empresa do setor automotivo**. 2012.
- BESTEIRO, Elen Nara Carpin *et al.* Metodologia seis sigma: aumento da qualidade aplicada a uma empresa de tecnologia. **Seis Sigma: Coletânea de Artigos**, Belo Horizonte, p. 152-162, 2017.
- BORNIA, A. C. **Mensuração das perdas dos processos produtivos: uma abordagem metodológica de controle interno**. Florianópolis. 1995 Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), PPGEP, UFSC.
- BHUIYAN, Nadia; BAGHEL, Amit. An overview of continuous improvement: from the past to the present. **Management decision**, 2005.
- BYRNE, George; LUBOWE, Dave; BLITZ, Amy. Using a Lean Six Sigma approach to drive innovation. **Strategy & Leadership**, 2007.
- CABRAL, Artur José Conceição *et al.* Proposta de aplicação da metodologia DMAIC e pensamentos sistêmicos para melhoria contínua em uma empresa de envase de água mineral do interior de Goiás: um estudo de caso. **Revista GeTeC**, v. 8, n. 21, 2019.
- CANADAS, Maria Inês Nazaré. **Implementação do Total Productive Maintenance na Indústria Alimentar: o Caso Nobre**. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra, 2018.
- CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- CARNEIRO, Vladinice Clemente de Azevedo. **Manutenção planejada: um estudo sobre a aplicabilidade da metodologia em uma fábrica de garrafas plásticas**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- COSTA, M. L. Como imitar os japoneses e crescer. Florianópolis: **EDEME**, 1991.
- COSTA, David; PEREIRA, Daniel Augusto de Moura; SANTOS, Marcos. Aplicação da Filosofia Six Sigma para Melhoria da Performance numa Indústria de Embalagens Metálicas para Bebidas. **Revista SIMEP**, v. 1, n. 1, 2021.
- DE SÁ FREIRE, Patrícia *et al.* Memória organizacional e seu papel na gestão do conhecimento. **Revista de ciências da administração**, v. 14, n. 33, p. 41-51, 2012.

DOMINGUES, João Pedro Diogo. **Aplicação de ferramentas *Lean* e seis *sigma* numa indústria de sistemas de fixação**. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2013.

FALCÃO, Mateus Moreira. **Aplicação da metodologia DMAIC para gestão da manutenção de equipamentos condicionadores de ar: estudo de caso nos prédios administrativos de uma usina sucroalcooleira**. TCC (Graduação) Curso de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2022.

GDP – Global Dairy Platform. **Annual Review**. Rosemont, 2016. Disponível em: <https://www.globaldairyplatform.com/wp-content/uploads/2018/04/2016-annual-review-final.pdf>. Acesso em: 28 de jul. 2021.

GODOY, Caroline. **Uma aplicação do planejamento de experimentos e carta de controle em uma indústria de cosméticos: ciclo DMAIC**. Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, Bauru, 2014.

GONÇALVES, H. D. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. São Paulo: Avercamp, 2005.

GUIMARÃES, Glendha de Oliveira. Análise no processo de manutenção de navios aplicando DMAIC e ferramentas de qualidade. **Revista Brasileira de Administração Científica**, v. 12, n. 3, p. 275-291, 2021.

IANKE, Vinicius Luiz. **Metodologia DMAIC para gestão de manutenção preventiva: estudo de caso aplicado na prestação de serviços**. Especialização em Lean Six Sigma. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

IKARI, Miki *et al.* Aplicação do *Lean Manufacturing* em conjunto com a manufatura aditiva na redução de desperdícios em processos. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 6, n. 1, p. 81-104, 2020.

JIMÉNEZ, Heriberto Felizzola; AMAYA, Carmenza Luna. *Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico*. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, v. 22, n. 2, p. 263-277, 2014.

JUNQUEIRA, Sirly Henrique Ferreira. **Proposta de um sistema de coordenação de ordens híbrido por meio do uso combinado de simulação e gestão de processos: Aplicação em uma empresa de serviços publicitários**. 2018. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2018.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção – Função Estratégica**. 4ª Edição: Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2013.

KARDEC, A.; NASCIF, J.A. **Manutenção: função estratégica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2019.

LAMIM FILHO, P. C. M. *et al.* Plano de manutenção preditiva para o maquinário da planta unidade. **Motor Fire**, p. 1-10, 2000.

LINDERMAN, Kevin *et al.* *Six Sigma: a goal-theoretic perspective*. *Journal of Operations Management*. Elsevier, 2003.

LIMA, Andressa Barreto; GALDAMEZ, Edwin Vladimir Cardoza. **Aplicação da metodologia dmaic para elaboração de um plano de manutenção em uma indústria moageira de trigo**. TCC (Graduação) em Engenharia de Produção. Universidade Estadual de Maringá - UEM, v. 13, n. 1, 2018.

LUCATELLI, Marcos Vinícius *et al.* **Proposta de aplicação da manutenção centrada em confiabilidade em equipamentos médico-hospitalares**. Universidade Federal de Santa Catarina. p. 17-18, 2002.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas S.a, 2003.

MARCORIN, Wilson Roberto; LIMA, Carlos Roberto Camello. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 11, n. 22, p. 35-42, 2003.

MARSHALL JÚNIOR, Isnard *et.al.* **Gestão da Qualidade**. 10 ed. Rio de Janeiro. Editora FGV,2010.

- MCKONE, Kathleen E.; SCHROEDER, Roger G.; CUA, Kristy O. *The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. Journal of operations management*, v. 19, n. 1, p. 39-58, 2001.
- MAGALHÃES, Moniely Assunção. **Aplicação do mapa de fluxo de valor: Estudo de caso em uma indústria.** 2018. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/22124>>.
- MELLO, M.F.D *et al.* **A importância da utilização de ferramentas da qualidade como suporte para a melhoria de processo em indústria metal mecânica- um estudo de caso.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. João Pessoa. Anais, 2016. Disponível em: http://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO-226_323_28620.pdf . Acesso em: 15 de novembro de 2021.
- MESQUITA, Keyla Samara de Jesus. **Aplicação do método DMAIC na gestão de manutenção de materiais rodantes: um estudo de caso em uma empresa do setor ferroviário.** TCC (Graduação) curso de Administração da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e contabilidade da Universidade Federal do Ceará, 2020.
- MOBLEY, R. Keith. *An Introduction to Predictive Maintenance*. 2.ed. New York: Butterworth-Heinemann, 2002.
- MOUBRAY, John. **RCM II – Manutenção Centrada em Confiabilidade** – Edição brasileira. Traduzido por: Kleber Siqueira, Aladon Ltd. Inglaterra, 2000.
- OAKLAND, **Gerenciamento da qualidade total** [tradução Adalberto Guedes Pereira]. São Paulo :Nobel,2003.
- OHNO, T. **O sistema Toyota de produção além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.
- OLIVEIRA, M. R. de; LIMA, C. R. C. **Integração da Manutenção na produção: Uma estratégia competitiva ou Utopia?.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. Curitiba. Anais, 2002. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR17_0369.pdf. Acesso em: 23 de jul. de 2021.
- OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, v. 4, n. 2, 2008.
- PAZETO, Ana Caroline *et al.* **Modelo de priorização da manutenção corretiva em ambientes hospitalares.** TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2016.
- PINTO, Jomerson Júnior Rodrigues. **Metodologia DMAIC para gestão de programação de manutenção: um estudo de caso em uma indústria metal-mecânica.** TCC (Graduação) Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.
- PRODANOV, C.C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** 2ª Edição: Rio Grande do Sul: Feevale Editora, 2013.
- RAMIREZ, Ernesto FF; CALIL, Saide J. **Classificação de critérios de priorização de equipamento médico-hospitalares em manutenções preventivas.** In: Anais do III Fórum Nacional de Ciência e Tecnologia em Saúde. p. 167-8, 1996.
- RIEZEBOS, J.; KLINGENBERG, W.; HICKS, C., 2009. **Lean Production and information technology: Connection or contradiction?.** Computers in Industry 60 237-247, 2009.
- RODEN, S.; DALE, B. G. *Quality costing in a small engineering company: issues and difficulties.* **The TQM Magazine**, 2001.
- ROTONDARO, Roberto G. 2002. **Seis Sigma - Estratégia Gerencial para a Melhoria de processos, Produtos e Serviços.** São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- SANTOS, A. B. **Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade Seis Sigma: proposta e avaliação.** Tese (Doutorado) Centro de Ciências Exatas e Tecnologia em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR, 2006.
- SHAFER, Scott M.; MOELLER, Sara B. *The effects of Six Sigma on corporate performance: An empirical investigation.* **Journal of Operations Management**, v. 30, n. 7-8, p. 521-532, 2012.

- SILVA, Ana Paula Mesquita. **Análise de implementação do TPM em uma indústria de alimentos do estado do Ceará**. TCC (Graduação) curso de Administração. Centro Universitário Christus, 2020.
- SILVA, E. L., MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC, 2005.
- SIQUEIRA, Kennya Beatriz. O mercado consumidor de leite e derivados. **Circular Técnica Embrapa**, v. 120, p. 1-17, 2019.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2000. 747p.
- 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>.
- TAPPING, D.; SHUKER, T. **Lean Office: gerenciamento do fluxo de valor para áreas administrativas**. São Paulo: Leopardo Editora, 2010.
- VENTURINI, Simone Ferigolo *et al.* O impacto das interrupções em uma empresa de ti—análise dos 7 desperdícios. **Cippus**, v. 7, n. 1, p. 11-23, 2019

APÊNDICE

Utilização da Ferramenta ECRS

ITEM	ILUSTRAÇÃO DOS PONTOS A SEREM LIMPOS	PARTE A SER LIMPA	PADRÃO (CONDIÇÃO IDEAL)	FREQUÊNCIA (Min)				ECR'S			
				Intermediária (Conforme Checklist)	2 Dias	Semanal	Mensal	Pode ser eliminado?	Pode ser combinado?	Pode ser rearranjado?	Pode ser simplificado?
1		Alimentador de Fio de Cobre (filtros)	Limpos, sem sujidades e poeira metálica	0,5				Não	não	não	Sim, Alterar padrão para apenas girar o filtro na limpeza intermediária, mudando a posição do filtro com relação ao Fio de Cobre.
2		Roldanas do Picador de Fio de Cobre	Limpos, sem sujidades de graxa e poeira metálica	0,5				Não	não	não	Não
3		Ventosas	Ventosas limpas, sem sujidade de poeira metálica.	0,5				Não	não	não	Não
4		Calandra	Limpa, sem sujidades ou poeira metálica	0,5				Não	Sim, unindo ao ponto "pista de rolos", os dois representam o mesmo local.	não	Não
5		Pista de Rolos	Rolos limpos, sem sujidades de poeira metálica que possam atrasar o corpo	0,5				Não	Sim, unindo ao ponto "Calandra", os dois representam o mesmo local.	não	Não
6		Plano de Solda - Gaiola	Limpa, sem sujidade de poeira metálica	0,5				Não	Sim, Ponto pode ser combinado com o ponto "Plano de solda - Roletes de soldagem"	não	Não
7		Plano de Solda - Roletes de soldagem	Limpos, sem sujidade de poeira metálica	0,5				Não	Sim, Ponto pode ser combinado com o ponto "Plano de solda - gaiola"	não	Não