



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

MATEUS ANTÔNIO ALVES PEREIRA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA
REDUÇÃO DO TEMPO DE SANITIZAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Recife

2021

MATEUS ANTÔNIO ALVES PEREIRA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA
REDUÇÃO DO TEMPO DE SANITIZAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. MSc. Luiz Adeildo da Silva Júnior.

Recife

2021

Catálogo na Fonte:
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 /1267

P436a Pereira, Mateus Antônio Alves.
Aplicação da Metodologia SMED para redução do tempo de sanitização
em uma indústria alimentícia / Mateus Antônio Alves Pereira. – 2021.
69 f.: il., figs., gráfs., quads, tabs.

Orientador: Prof. MSc. Luiz Adeildo da Silva Júnior.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia Mecânica, Recife, 2021.
Inclui referências.

1. Engenharia mecânica. 2. SMED. 3. Lean manufacturing. 4. Setup.
5. PDCA. I. Silva Júnior, Luiz Adeildo da (Orientador). II. Título.

UFPE

621 CDD (22. ed.)

BCTG/2021-250

MATEUS ANTÔNIO ALVES PEREIRA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA
REDUÇÃO DO TEMPO DE SANITIZAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovada em: 31/12/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. MSc. Luiz Adeildo da Silva Júnior (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. MSc. Antônio Marques da Costa Soares Júnior (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Justo Emílio Alvarez Jácomo (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Por trás deste trabalho de conclusão de curso, estão os apoios de pessoas sem o qual nada disto teria sido possível. Diante de um momento tão difícil no qual escrevi este trabalho, foi na família que encontrei forças para seguir em frente e, com isso, deixo ressaltado: Esta vitória é nossa.

Agradeço primeiramente a Deus e aos meus grandes amores, Bernadete Efigênia e Marcos Antônio. Mãe, Pai, espero um dia poder retribuir ao menos dez por cento de todo suporte, amor e carinho que vocês me proporcionam. Obrigado pelo incentivo nos momentos difíceis e compreensão por tudo o que passei. Vocês são exemplos.

A minha irmã Bárbara, segunda mãe Margarida e prima/irmã Ludmila por todos os momentos compartilhados e por acreditarem no meu potencial. A minhas avós, Irene e Efigênia, e avôs, Naércio e Odilon, que, tanto na terra como no céu, também se fazem presentes e são inspirações em minha vida. Aos meus tios, tias, primos e primas que também fazem parte desta jornada, além dos meus amigos e colegas de faculdade pela motivação durante o curso e a futura Defensora Pública Beatriz Claudino, que também foi uma pessoa muito importante durante esta caminhada.

Gostaria de agradecer a todos os meus professores, que desde o começo da graduação foram parte fundamental na minha trajetória. Em especial ao meu orientador Luiz Adeildo por todo apoio prestado durante o desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço também a empresa pesquisada, na qual tive a oportunidade de dar início a minha carreira profissional, representando assim, um marco na minha vida. Foi a partir dela que pude colocar em prática parte dos conhecimentos obtidos ao longo da graduação, gerando aprendizados que levarei para a vida.

Por fim, mas não menos importante, gostaria de agradecer a Thárcylla Negreiros pelo suporte dado durante o desenvolvimento desta pesquisa e aos meus colegas de trabalho, no qual tenho enorme admiração e respeito, sendo fundamentais para meu contínuo crescimento profissional.

RESUMO

Nas indústrias, o emprego de métodos que ampliam a capacidade produtiva e reduzem perdas geradas nos processos são fundamentais para a competitividade. O *Lean Manufacturing* tem se mostrado como uma boa alternativa para garantir a redução de desperdícios nos processos produtivos, promovendo melhorias na qualidade do produto, no tempo, no custo de produção e na segurança de processos. Sua filosofia abrange conceitos para impulsionar as organizações no alcance de resultados relevantes em termos qualitativos e quantitativos. Dentre estes conceitos, o SMED corresponde a um conjunto de técnicas que foca principalmente na redução do tempo de configuração (*setup*) das máquinas na linha de produção. O presente estudo tem como objetivo aplicar o SMED em um projeto para a redução do tempo de sanitização em uma indústria alimentícia. Serão abordados os principais conceitos da metodologia, suas origens, aplicações e impactos gerados nos resultados da empresa, sendo apresentadas análises qualitativas e quantitativas com o objetivo de mostrar todas as etapas do SMED no estudo do caso. Por fim, apresenta-se uma visão geral, avaliando suas limitações, inserção no ciclo PDCA, possíveis oportunidades de melhoria e sugestões para trabalhos futuros.

Palavras-chave: SMED; Lean Manufacturing; Setup; PDCA.

ABSTRACT

In industries, the use of methods that increase the productive capacity and reduce losses generated in the processes are fundamental for competitiveness. Lean Manufacturing has shown itself as a good alternative to ensure the reduction of waste in production processes, promoting improvements in product quality, time, production costs and process safety. Its philosophy covers concepts to drive organizations to achieve relevant results in qualitative and quantitative terms. Among these concepts, SMED (Single Minute Exchange of Die) corresponds to a set of techniques that focus mainly on reducing the setup time of machines in the production line. This study aims to apply SMED in a project to reduce the sanitation time in a food industry. The main concepts of the methodology, its origins, applications and impacts generated in the company's results will be addressed, being presented qualitative and quantitative analysis aiming to show all the steps of SMED in the case study. Finally, an overview is presented, evaluating its limitations, insertion in the PDCA cycle, possible opportunities for improvement and suggestions for future work.

Keywords: SMED; Lean Manufacturing; Setup; PDCA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Representação da Árvore de Perdas	23
Figura 2 –	Visão geral do tempo de setup no processo produtivo	24
Figura 3 –	Propósito da aplicação do SMED	27
Figura 4 –	Esquema dos estágios conceituais do SMED	31
Figura 5 –	Esquema do Método PDCA	35
Figura 6 –	Visão Geral das Etapas da Pesquisa	41
Figura 7 –	Esquema do sequenciamento correto das atividades	44
Figura 8 –	Resumo da simplificação das atividades	45
Figura 9 –	Modelo de um POP	46
Figura 10 –	Importância da padronização na melhoria	46
Figura 11 –	Comportamento das perdas a partir de melhorias	47
Figura 12 –	Mapeamento da linha Bombom pelo Diagrama de Blocos	50
Figura 13 –	Gráfico de Separação	57
Figura 14 –	Gráfico de separação com o sequenciamento correto das atividades	58
Figura 15 –	Gráfico de separação com a conversão das atividades	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Produção, consumo aparente, exportação e importação (incluindo achocolatados em pó) em volume (mil ton.)	18
Gráfico 2 –	Etapas do setup e seus impactos no tempo segundo Shigeo Shingo	28
Gráfico 3 –	Exemplo de um Diagrama de Pareto	36
Gráfico 4 –	Exemplo de um Diagrama de Sequência	43
Gráfico 5 –	Diagrama de Pareto da Árvore de Perdas por linha em horas	49
Gráfico 6 –	Diagrama de Pareto da Árvore de Perdas por linha em reais	50
Gráfico 7 –	Diagrama de Pareto da Árvore de Perdas por atividade de setup em horas	51
Gráfico 8 –	Diagrama de Pareto da Árvore de Perdas por atividade de setup em reais	51
Gráfico 9 –	Diagrama de Pareto da Árvore de Perdas por máquina em horas	53
Gráfico 10 –	Diagrama de sequência: parte 1	56
Gráfico 11 –	Diagrama de sequência: parte 2	56
Gráfico 12 –	Diagrama de sequência: parte 3	57
Gráfico 13 –	Diagrama de sequência com a conversão das atividades	60
Gráfico 14 –	Tempos de sanitização (horas) do Resfriador 1 antes e depois da melhoria	62
Gráfico 15 –	Tempo médio (horas) de sanitização estimado por equipamento da linha Bombom após a melhoria	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Lista de alguns dos símbolos utilizados para mapeamento de processos	39
Quadro 2 –	Custo da Hora Parada	49
Quadro 3 –	Máquinas que englobam o processo de sanitização na linha Bombom	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Exemplo de Estratificação da Árvore de Perdas	23
Tabela 2 –	Relação entre tempo de <i>setup</i> e tamanho de lote – I	25
Tabela 3 –	Relação entre tempo de <i>setup</i> e tamanho de lote – II	25
Tabela 4 –	Exemplo de uma folha de observação	42
Tabela 5 –	Informações das linhas da empresa	48
Tabela 6 –	Folha de observação do processo de limpeza no Resfriador 1 ..	54
Tabela 7 –	Plano de ação gerado pelo time	59
Tabela 8 –	Atividades adicionadas com a melhoria	60
Tabela 9 –	Cálculo do <i>saving</i> anual	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPM	<i>Business Process Management</i>
ECRS	Eliminar, Combinar, Reduzir, Simplificar
LOTO	<i>Lockout / Tagout</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
POP	Procedimento Operacional Padrão
SMED	<i>Single Minute Exchange of Dies</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.2	INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	15
1.2.1	Cenário Geral	15
1.2.2	Características do Setor	16
1.2.3	Limpeza e Sanitização para Controle da Qualidade	17
1.3	INDÚSTRIA DE CHOCOLATES NO BRASIL	17
1.4	OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	<i>LEAN MANUFACTURING</i> E O CONTEXTO HISTÓRICO	20
2.2	IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO	22
2.3	<i>SETUPS</i> EM SISTEMAS PRODUTIVOS	24
2.4	SURGIMENTO DO SMED	26
2.5	PRINCIPAIS CONCEITOS DO SMED	28
2.5.1	Técnicas para Aplicação	28
2.5.1.1	Padronizar a Função, não a Forma	29
2.5.1.2	Utilizar Dispositivos Intermediários	29
2.5.1.3	Adotar Operações Paralelas	29
2.5.1.4	Eliminar Ajustes	29
2.5.1.5	Mecanização	30
2.5.2	Estágios Conceituais do SMED	30
2.5.2.1	Estágio Preliminar: Análise de Tempo e Tarefas	31
2.5.2.2	Estágio 1: Separar <i>Setup</i> Interno e Externo	31
2.5.2.3	Estágio 2: Transformação do <i>Setup</i> Interno em Externo	32
2.5.2.4	Estágio 3: Racionalizar as Operações de <i>Setup</i> Interno e Externo	33
2.6	FERRAMENTAS DA QUALIDADE	34
2.6.1	Ciclo PDCA no Controle dos Processos	34
2.6.2	Folha de Verificação	35
2.6.3	Diagrama de Pareto	36
2.6.4	Fluxograma	37
3	METODOLOGIA	40

3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	40
3.2	DEFINIÇÃO E MAPEAMENTO DA LINHA DE PRODUÇÃO	40
3.3	ETAPAS DA PESQUISA	40
3.3.1	Identificação das Perdas na Linha e Definição do Tema	41
3.3.2	Análise do Método de Trabalho Atual	42
3.3.3	Separação das Tarefas e Definição da Sequência	43
3.3.4	Conversão das Atividades	44
3.3.5	Simplificação das Atividades	44
3.3.6	Sustentação do Novo Método e Padrão	45
3.3.7	Análise dos Resultados	47
3.3.8	Reinício do Ciclo até Atingir a Meta	47
4	ESTUDO DE CASO	48
4.1	DEFINIÇÃO E MAPEAMENTO DA LINHA DE PRODUÇÃO	48
4.2	IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS NA LINHA E DEFINIÇÃO DO TEMA	51
4.3	ANÁLISE DO MÉTODO DE TRABALHO ATUAL	53
4.4	SEPARAÇÃO DAS TAREFAS E DEFINIÇÃO DA SEQUÊNCIA	57
4.5	CONVERSÃO DAS ATIVIDADES	58
4.6	SIMPLIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES	61
4.7	SUSTENTAÇÃO DO NOVO MÉTODO E PADRÃO	61
4.8	ANÁLISE DOS RESULTADOS	62
4.9	REINÍCIO DO CICLO ATÉ ATINGIR A META	64
5	CONCLUSÕES	65
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	66
7	REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

O tempo é um aspecto que não pode ser desperdiçado, principalmente num cenário em que os antigos paradigmas empresariais são constantemente questionados e novos modos de enxergar a dinâmica do mercado mudam continuamente. Constata-se que períodos longos de espera na linha de produção e retrabalho se tornam evidentes em ambientes nos quais a eliminação do desperdício não prevalece (IOZZI; RODOLFO, 1998).

Os consumidores anseiam cada vez mais por uma ampla variedade de produtos personalizados, entregues com alta qualidade, com tempos de resposta rápidos e vendidos a preços razoáveis. A partir disso, torna-se necessário que as organizações adquiram versatilidade para que possam aumentar sua produção, sua flexibilidade e diminuir seus custos. A capacidade das empresas em realizar uma rápida transição de um produto para outro é um passo fundamental. Uma maneira de se alcançar esse objetivo é reduzir o tempo decorrido entre uma produção e outra, através de métodos para troca rápida de ferramentas, uma vez que a transição de um lote para outro é uma das atividades mais demoradas e sem valor agregado em grande parte dos ambientes de produção (EMERENCIANO; MARCOS, 2017).

O esforço por parte das empresas em realizar ações visando a redução do tempo de *setup* tornou-se um capacitador da produção em massa, sendo essencial que haja ferramental e conhecimento teórico necessário para auxiliar as empresas em seus esforços de redução de tempo de *setup* (GRIMMELPREZ; JULIEN, 2019).

Baseado nos princípios de Fayol e Taylor no início do século XX e, posteriormente, com a chegada do Lean Manufacturing, o Single Minute Exchange of Die (SMED), Traduzido em “Troca Rápida de Ferramenta em um Dígito de Minuto” e desenvolvido por Shigeo Shingo, tornou-se uma referência para reduções de tempos de mudanças em equipamentos, ferramentas, materiais ou configurações de *layout*. Shingo (1996) afirma que, com a aplicação do SMED, o tempo de *setup* em determinada linha de produção pode ser reduzido a tal ponto que não haverá vantagem alguma em aumentar o tamanho do lote de processamento. Seus estudos apresentam uma visão detalhada do SMED, contribuindo para uma prática mais efetiva em termos de definição e sequenciamento das atividades durante as trocas de ferramentas e trazendo diversos benefícios no ambiente produtivo como, por exemplo, na redução do custo e aumento da capacidade de produção, viabilidade de produzir

lotes menores, redução de estoques e melhoria do tempo de resposta a mudanças de demanda.

1.1 JUSTIFICATIVA

A motivação do trabalho está em avaliar técnico e economicamente a viabilidade da aplicação dos conceitos da metodologia SMED para reduzir o tempo de linha parada, trazendo benefícios em termos de flexibilidade de linha e capacidade em tempo de resposta nas mudanças de produto, em atendimento às demandas de mercado numa área de produção alimentícia, na qual são exigidos padrões elevados na qualidade do produto.

1.2 INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

A produção de alimentos em escala industrial é fator chave para manutenção do abastecimento da população com regularidade, assegurando a oferta dos mais variados alimentos em quantidade suficiente para a crescente demanda populacional (NUTRI CONNECTION, 2020).

1.2.1 Cenário Geral

Em 2020, com a decorrência da pandemia do Coronavírus, a produção, distribuição, comercialização e entrega de alimentos e bebidas despontaram como atividades essenciais. Isso mostra que a indústria de alimentos tem sua importância reconhecida pela sociedade (NUTRI CONNECTION, 2020).

Além de garantir o abastecimento, instalações industriais dentro de padrões tecnológicos recomendados apresentam vantagens no ponto de vista sanitário, contribuindo no controle da higiene e qualidade e dos riscos de contaminação. O processamento de alimentos no nível de controles e procedimentos existente nas indústrias, desde a seleção de matérias-primas até o transporte, também são questões da segurança alimentar (NUTRI CONNECTION, 2020).

No âmbito mundial, a indústria de alimentos também tem importância significativa em diferentes países, sendo líder em vendas entre as chamadas indústrias de bens de consumo rápido (*fast-moving consumer goods*). No Reino

Unido, por exemplo, a indústria de alimentos e bebidas é maior do que as indústrias automotiva e aeroespacial juntas. Apesar da força e da sua importância no mercado, a indústria de alimentos está enfrentando vários desafios regulatórios e de conformidade relacionados à composição, à comercialização e à rastreabilidade de alimentos, desde o fornecimento de ingredientes até a chegada ao consumidor final (VIANA; FERNANDO, 2019).

1.2.2 Características do Setor

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (ABIA), O faturamento da indústria brasileira de alimentos e bebidas em 2019 foi de 699,9 bilhões, valor 6,7% superior quando comparado com o ano anterior, somadas exportações e vendas para consumo interno e representando 9,7% do Produto Interno Bruto. O setor também foi responsável por criar 16 mil empregos diretos em 2019, três mil a mais quando comparado a 2018. O levantamento demonstra que o setor responde por quase um quarto dos postos gerados pela indústria de transformação do país, que equivale a 1,6 milhão (AGÊNCIA BRASIL, 2020).

Assim como em outros segmentos industriais, o setor de alimentício está sujeito a exigências específicas e segue tendências particulares, que podem determinar o sucesso ou o fracasso do negócio. Uma das características que o diferencia dos demais ramos industriais é a condição de sua matéria-prima e produto acabado. Como se trata de recursos perecíveis, é essencial que as rotinas de armazenagem obedeçam a critérios inteligentes e integrados, evitando erros que possam gerar prejuízos. Os processos, uma vez definidos e parametrizados, devem ser rigorosamente seguidos a cada lote produzido. Desta forma, são incluídos o controle de produtos adquiridos e acabados, relatórios de não-conformidade, domínio de lotes e rastreabilidade de itens (ARECO, 2021).

A legislação que regulamenta a atividade das indústrias de alimentos é bastante rígida, uma vez que certifica a liberação de consumo para determinado produto. Sendo assim, é necessário incorporar rotinas de emissão de laudos técnicos e de impressão de etiquetas nutricionais para garantir conformidade às regras legais, detalhando as especificações do produto e listando seus componentes, sendo indispensável a credibilidade dos dados obtidos durante o processo (ARECO, 2021).

1.2.3 Limpeza e Sanitização para Controle da Qualidade

A limpeza e sanitização na indústria alimentícia são de fundamental importância no controle sanitário dos alimentos, a fim de evitar perdas econômicas devido à deterioração e contaminação dos produtos por microrganismos, além de problemas relacionados à saúde pública. As operações de limpeza e sanitização contribuem de forma importante no controle sanitário dos alimentos e na qualidade do produto final (QUIMINAC, 2021).

A limpeza tem por objetivo primordial a remoção de resíduos orgânicos e minerais, sendo definida como o processo de remoção das contaminações visíveis da superfície e podendo ocorrer também uma diminuição considerável da carga microbiana contaminante. A remoção dos resíduos tem como objetivo principal poupar superfícies de substâncias que possam servir para fixação, abrigo e desenvolvimento de microrganismos e que podem interferir no desempenho dos equipamentos. Já a sanitização objetiva eliminar microrganismos patogênicos (organismos que podem provocar doenças) e reduzir o número de saprófitos (organismo que vive nas matérias orgânicas em decomposição) a níveis considerados seguros (QUIMINAC, 2021).

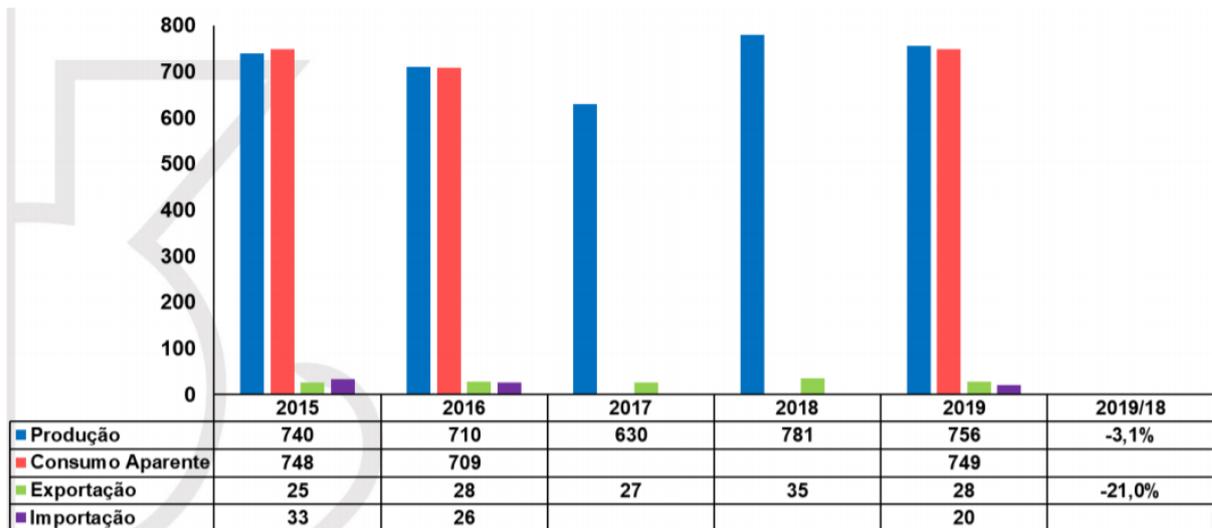
Quando se fala em limpeza e sanitização, refere-se primeiramente à água, pois representa o principal agente ou veículo responsável pelas atividades de higienização. Limpar significa, principalmente, lavar, remover toda e qualquer sujidade que possa estar presente nos recintos da indústria. Tratando-se de limpeza de instalações, equipamentos e utensílios deve-se considerar todos os elementos atuantes na limpeza como, por exemplo, água, detergentes, sanitizantes, características do material das superfícies, técnicas para limpeza e sanitização que serão utilizadas, entre outros fatores (QUIMINAC, 2021).

1.3 INDÚSTRIA DE CHOCOLATES NO BRASIL

Ainda que o mercado brasileiro apresente algumas particularidades quando comparado com os países desenvolvidos, bem como a heterogeneidade entre as diferentes regiões do País, considera-se que empresas que atuam no Brasil devam contemplar as tendências observadas no mercado internacional, principalmente pelo fato de diversas empresas multinacionais do setor alimentício virem de outros países atuarem no Brasil (VIANA; FERNANDO, 2019).

O Brasil está entre os cinco maiores mercados consumidores de chocolate no mundo. Mesmo com um consumo baixo em relação ao mercado europeu, a produção de chocolates no país é alta, tendo produzido, segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Chocolate, Amendoim e Balas (ABICAB), cerca de 756 mil toneladas de chocolate em 2019 (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Produção, consumo aparente, exportação e importação (incluindo achocolatados em pó) em volume (mil ton.)



Fonte: ABICAB, 2019.

No entanto, o setor de indústrias de chocolates no Brasil está passando por um período desafiador, sendo a umidade relativa do ar um aspecto que ameaça a lucratividade nos negócios. Alguns problemas podem acometer o chocolate, afetando a sua aparência e prejudicando o seu consumo. A umidade relativa do ar fora das suas especificações pode ocasionar vários problemas na qualidade do produto. Entre eles, estão o *Fat Bloom* e o *Sugar Bloom* (AGÊNCIA DINO, 2021).

O *Fat Bloom* consiste no surgimento de manchas esbranquiçadas no chocolate, que podem ser confundidas com o bolor, mas são apenas gorduras condensadas na superfície do produto. Apesar de não ser considerado prejudicial à saúde, o problema causa uma aparência desagradável, levando ao descarte dos produtos. Para evitar esse efeito, necessário o controle da umidade relativa do ar no intervalo entre 45% e 65%. Já o *Sugar Bloom* é um efeito que se trata da migração de açúcar na superfície em forma de cristais, facilmente reconhecido pelas manchas que surgem em função da umidade (THERMOMATIC, 2021).

Mesmo com os desafios citados que o setor da indústria de chocolates no Brasil está enfrentando, é importante citar que a disponibilidade das principais matérias-primas (cacau, açúcar e leite) no território é um fator que favorece bastante a produção de chocolates no país. Só com a produção de cacau, por exemplo, o país movimenta anualmente em torno de US\$ 12 bilhões, com cerca de 4 milhões de toneladas do fruto (AGÊNCIA DINO, 2021).

1.4 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

O objetivo desse trabalho consiste na avaliação técnico-econômica da viabilidade da aplicação dos conceitos da metodologia SMED para reduzir o tempo de linha parada na indústria alimentícia. Na parte final do trabalho, será feita uma análise geral do projeto, discutindo sua efetividade com relação ao objetivo apresentado e avaliando os resultados em termos de produtividade e economia. Também serão discutidos os pontos fortes e fracos na implementação da metodologia, além de verificar oportunidades na sua aplicação.

Foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisar todos os conceitos teóricos que serão abordados, embasando o estudo a ser feito;
- Identificar as principais perdas durante o *setup* das linhas de produção na empresa em questão e definir a linha na qual será realizado o estudo;
- Mapear as máquinas e etapas no processo de fabricação da linha definida;
- Definir metas para reduzir o tempo de *setup* da linha em questão;
- Efetuar análises técnicas com base em dados e testes práticos durante a aplicação que permita obter informações consistentes e auxiliar na identificação de oportunidades;
- Descrever as etapas do estudo de caso, através do emprego da metodologia SMED e suas ferramentas de análise;
- Avaliar os resultados previstos com as metas especificadas inicialmente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta parte, serão abordados os conceitos que serão utilizados no trabalho. Primeiramente, será apresentado todo o contexto acerca do *Lean Manufacturing* para, a partir daí, serem introduzidas ferramentas a serem utilizadas no trabalho.

2.1 LEAN MANUFACTURING E O CONTEXTO HISTÓRICO

A partir da evolução dos primeiros artesãos e formas de produção organizada, iniciou-se três sistemas característicos de produção: artesanal, fordista e toyotista (GONZALEZ; ALESSANDRA, 2008).

Na segunda metade do século XVIII, a produção artesanal começou a entrar em decadência, ocorrendo, a partir da descoberta da máquina, o início o processo de substituição da força humana. Os artesãos, então, começaram a se organizar em plantas fabris. Com a Revolução Industrial, foi exigida a padronização dos produtos e de seus processos de fabricação, surgindo, a partir dos trabalhos de Taylor e Fayol no fim do século XIX, a sistematização do conceito de produtividade (GONZALEZ; ALESSANDRA, 2008). No início, a preocupação deste sistema consistia em tentar eliminar as perdas sofridas pelas indústrias americanas e elevar os níveis de produtividade através de métodos e técnicas de engenharia. Eles utilizavam técnicas centradas da operação para a direção por meio do estudo de tempos e movimentos, da fragmentação das tarefas e na especialização do trabalhador, reestruturando os modos de fabricação e inserindo conceitos de gratificações por produção, incentivando o operador a produzir mais (CHIAVENATO; IDALBERTO, 2003). Partindo disso, a busca por melhores métodos de trabalho e processos de produção foi evidenciada, objetivando a melhoria da produtividade com o menor custo possível (GONZALEZ; ALESSANDRA, 2008).

Após o surgimento destes conceitos, Henry Ford cria a linha de montagem em série, revolucionando os métodos e processos produtivos até então existentes. Com isso, surge a ideia de produção em massa representada por grandes volumes de produtos padronizados. Neste sistema, o trabalhador é especialista em apenas um processo de montagem, não tendo o conhecimento como um todo. A produção em massa aumentou de maneira relevante a produtividade e a qualidade, sendo obtidos

produtos mais uniformes em virtude da padronização e da aplicação de técnicas de controle estatístico da qualidade (GONZALEZ; ALESSANDRA, 2008).

Fundador da Toyota Motor Co., Sakichi Toyoda, nascido em 1867, revolucionou os conceitos de produtividade no âmbito industrial com o focando no combate a fatores como tempos não produtivos, desorganização, produção descontrolada, falta de padrões de qualidade e excesso de produção, foi o que impulsionou a criação de ferramentas e conceitos que, até os dias atuais, são aplicados nas mais diversas organizações. (PEREIRA; CRISTINA, 2010).

Com o fim da Segunda Grande Guerra, a economia japonesa se encontrou em um cenário devastador. Mesmo assim, a Toyota definiu sete tipos de desperdícios e traçou uma estratégia para eliminá-los. Esse conceito de eliminação de desperdícios tornou-se a base do Sistema Toyota de Produção, trazido para o ocidente com o nome de *Lean Manufacturing* (PEREIRA; CRISTINA, 2010).

É importante ressaltar que durante o período da primeira crise do petróleo (1973), época marcada como ponto de inflexão negativo na curva de expansão dos mercados e crescimento industrial, a Toyota Motor Co. despontou com um desempenho inigualável, fazendo com que todas as atenções se voltassem à empresa no foco em identificar os fatores responsáveis pelos resultados excelentes. Revelou-se, então, a utilização de elementos inovadores que rompiam com algumas das mais básicas premissas do gerenciamento convencional (GHINATO; PAULO, 1995).

Princípios como o "*Just-in-Time*" (JIT) e o "*Kanban*" foram identificados como os elementos-chave da eficácia e sucesso do Sistema Toyota de Produção. No entanto, é importante notar que os resultados alcançados pela empresa não podiam ser atribuídos apenas pela aplicação de métodos ou alguma tecnologia em particular, e sim pela formação de algo que engloba todos os seus princípios, métodos e técnicas e da aplicação do conjunto como um todo (GHINATO; PAULO, 1995).

A produção de modelos mistos e em pequenos lotes foi integrada na Toyota com o propósito de competir à altura com os fabricantes americanos de automóveis. Inicialmente, o procedimento da Toyota consistiu em remover as ineficiências no processamento, na inspeção e no transporte. Feito isso, a empresa atuou no problema da estocagem com o propósito de eliminar a geração de estoques intermediários e produtos acabados ao longo de todo o processo produtivo (SHINGO; SHIGEO, 1996).

2.2 IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO

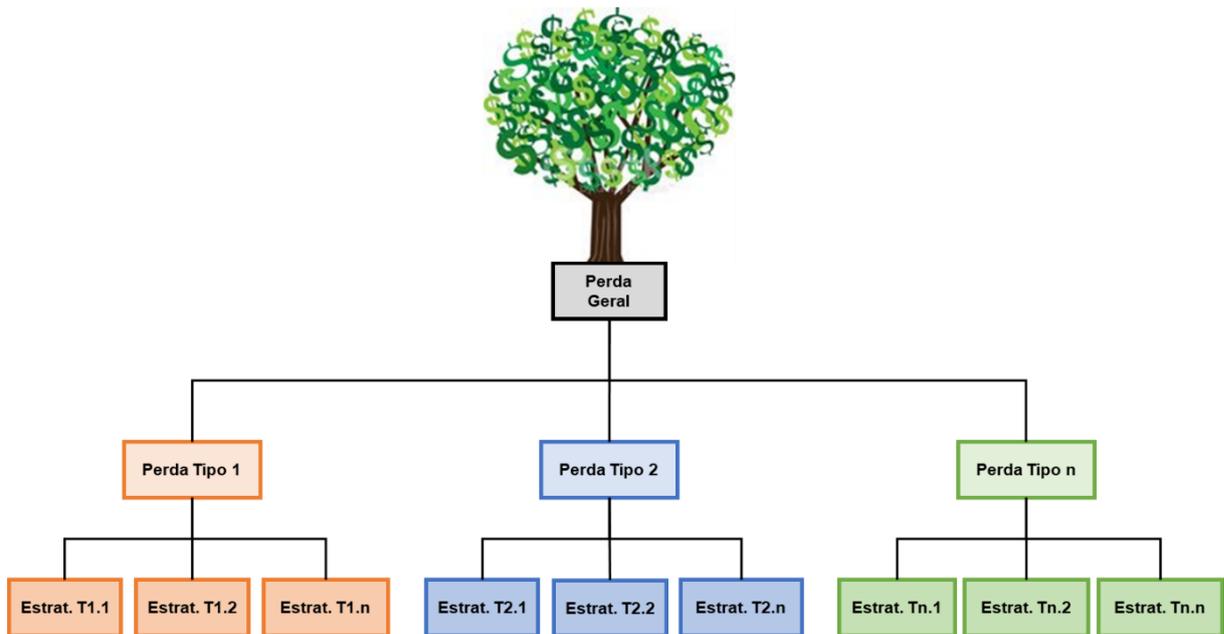
Antes de abordar o conceito propriamente dito de perda, Shingo (1996) faz uma abordagem a respeito de operação e a divide em dois grandes tipos:

- Operações que agregam valor: atividades que transformam realmente a matéria prima, modificando a forma ou a qualidade. Montagem, forjamento, estampagem e soldagem são alguns exemplos disso;
- Operações que não agregam valor: atividades que não contribuem com a transformação da matéria prima como, por exemplo, caminhar para obter peças e desembalar peças vindas de fornecedores.

Com essas definições especificadas, pode-se afirmar que perda é qualquer atividade que não agrega valor para as operações. A aplicação de metodologias que abrangem os pontos mais relevantes nos processos produtivos, desde a maximização da produtividade até a eliminação de perdas, tem sido uma das principais atividades das empresas com foco na produção em larga escala (DE ARAGÃO; IRLAM, 2007).

Com isso, é sugerida a utilização de uma sistemática que, com base na comparação dos resultados da empresa com algumas referências estabelecidas, possam ser estratificados e identificados os grandes grupos de perda do negócio, mostrados na Figura 1 e Tabela 1. A partir desta identificação, a organização como um todo deve tracionar ações para minimizar ou eliminar as perdas identificadas. Essa forma de identificar, priorizar e eliminar perdas é conhecida como “Árvore de Perdas” (DE ARAGÃO; IRLAM, 2007).

Figura 1 – Representação da Árvore de Perdas



Fonte: O autor, adaptado de BORGES; LEANDRO (2016).

Tabela 1 – Exemplo de Estratificação da Árvore de Perdas

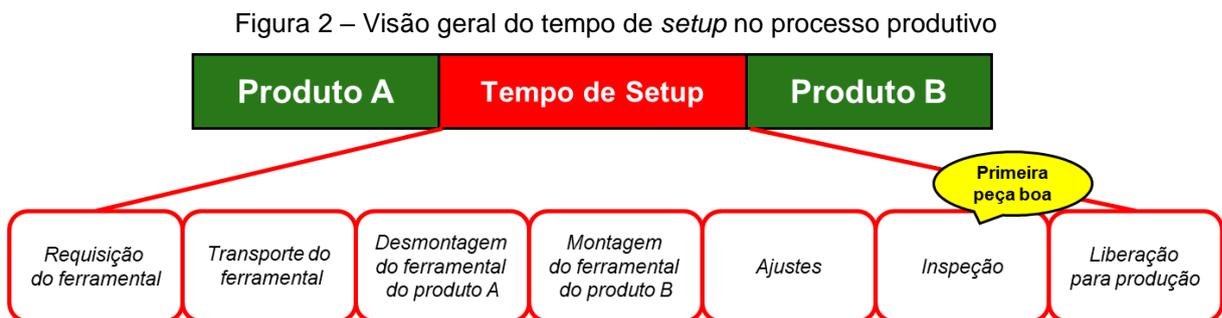
ID	Tipo da Perda	Estratificação da Perda	Seção	Linha	Valor Financeiro
1	Sanitização	Limpeza Geral: Paradas necessárias para limpezas semanais	Seção A	Linha A	R\$ 60.000,00
2	Manutenção planejada	Parada para Manutenção Preventiva	Seção A	Linha B	R\$ 55.000,00
3	Perdas de qualidade	Geração de defeitos durante a produção	Seção A	Linha C	R\$ 48.000,00
4	Início e fim de produção	Fim de Produção - Paradas relacionadas ao desligamento da linha	Seção A	Linha D	R\$ 41.000,00
5	Atrasos de linha	Parada devido problemas com a partida da máquina A	Seção B	Linha E	R\$ 34.000,00
6	Falta de material	Falta de Matéria Prima	Seção B	Linha F	R\$ 22.000,00
7	Pequenas paradas	Enrosco na máquina B	Seção B	Linha G	R\$ 12.000,00
8	Perda não apontada	Perda não apontada	Seção B	Linha H	R\$ 4.000,00

Fonte: O autor (2021)

A Árvore de Perdas é bastante utilizada nas tomadas de decisões e sua sistemática define de modo científico e ordenado um programa de redução de custos baseado na cooperação entre recursos de produção e finanças. Seu objetivo consiste em classificar, quantificar e priorizar os desperdícios e perdas da organização.

2.3 SETUPS EM SISTEMAS PRODUTIVOS

Setup é o conjunto de todas as operações a serem realizadas na máquina ou no processo produtivo, com a finalidade de mudar as especificações do produto a ser produzido (mudança ou troca de produto). Seu tempo é mensurado desde a produção do último produto (tipo A), até a produção do primeiro produto bom em termos de qualidade (tipo B), conforme mostrado na Figura 2.



Fonte: Autor.

Analogamente, em uma corrida de Fórmula 1, por exemplo, o *pit stop* pode ser entendido como um *setup*, no qual corresponde ao momento em que o carro de corrida é parado para realização de atividades como troca de pneus e abastecimento. Seu tempo deve ser sempre o mínimo possível para que o piloto retorne à corrida o quanto antes. Quando comparado a corridas antigas, é notório observar a redução do seu tempo a partir de técnicas e métodos ágeis, tornando possível alcançar tempos de mudança de equipamentos na ordem de segundos (FM2S CONSULTORIA, 2017).

As operações de *setup* podem ser divididas em duas:

- *Setup* interno: são atividades de *setup* que só podem ser realizadas com a máquina parada. Temos, por exemplo, procedimentos de montagem ou desmontagem, testes, ajustes de posição, altura, pressão, entre outras.
- *Setup* externo: são atividades de *setup* realizadas com a máquina funcionando. Alguns exemplos são: preparação ou deslocamento de estampo, limpeza, entre outras.

Sempre que produtos são processados em lotes, o lote inteiro, com exceção da parte sendo processada, encontra-se em estoque, tanto em forma de produto acabado quanto em matéria prima, até chegar ao ponto em que todas os produtos

presentes no lote tenham sido processados. Com isso, pode-se afirmar que existe um tempo de espera para tais produtos (SHINGO; SHIGEO, 1996).

Antes do surgimento do Sistema Toyota de Produção, pouca atenção era dada a tais esperas pelo fato de serem consideradas, em geral, como parte dos tempos de processamento. Esses tempos também não são percebidos quando é feita a análise das eficiências de produção em grandes lotes. O motivo para aumentar o tamanho do lote se baseava na hipótese de que isso compensaria as esperas causadas por *setups* altos. Quando são necessárias seis horas para efetuar uma troca de configuração do equipamento, por exemplo, e o tempo para produzir uma unidade de determinado produto é de dois minutos, o tempo aparente de processamento pode ser reduzido consideravelmente com o aumento do tamanho de lote de 100 peças para 1000 (Tabela 2). O fato principal nessa análise é que o tempo de *setup* prolonga o ciclo de produção de forma considerável, visto na Tabela 3 (SHINGO; SHIGEO, 1996).

Tabela 2 – Relação entre tempo de *setup* e tamanho de lote – I

Tempo de <i>Setup</i>	Tamanho do Lote	Tempo de operação principal por peças	Tempo de operação	Razão 1 (%)	Razão 2 (%)
6 horas	100	2 min.	$2 \text{ min.} + (6 \times 60)/100 = 5,6 \text{ min.}$	100	-
6 horas	1.000	2 min.	$2 \text{ min.} + (6 \times 60)/1.000 = 2,36 \text{ min.}$	42	100
6 horas	10.000	2 min.	$2 \text{ min.} + (6 \times 60)/10.000 = 2,036 \text{ min.}$	36	86

Fonte: Adaptado pelo autor de Shigeo Shingo (1996).

Tabela 3 – Relação entre tempo de *setup* e tamanho de lote – II

Tempo de <i>Setup</i>	Tamanho do Lote	Tempo de operação principal por peças	Tempo de operação	Razão 1 (%)	Razão 2 (%)
10 horas	100	2 min.	$2 \text{ min.} + (10 \times 60)/100 = 8 \text{ min.}$	100	-
10 horas	1.000	2 min.	$2 \text{ min.} + (10 \times 60)/1.000 = 2,6 \text{ min.}$	33	100
10 horas	10.000	2 min.	$2 \text{ min.} + (10 \times 60)/10.000 = 2,06 \text{ min.}$	26	79

Fonte: Adaptado pelo autor de Shigeo Shingo (1996).

A influência do *setup* no tempo de produção, mostrada anteriormente, é correta quando analisada em uma perspectiva de produção em larga escala. Adicionalmente, é importante levantar outro ponto, que consiste no impacto dos custos da organização com estoque gerado pela superprodução. Segundo Slack (1999), existem diversas formas de reduzir este tipo de perda no fluxo produtivo como, por exemplo, eliminar o tempo necessário para a busca de ferramentas e equipamentos, a preparação de tarefas que retardam as trocas e a constante prática de rotinas de *setup*. Geralmente, algumas simples mudanças mecânicas podem reduzir de maneira relevante os tempos de *setup*.

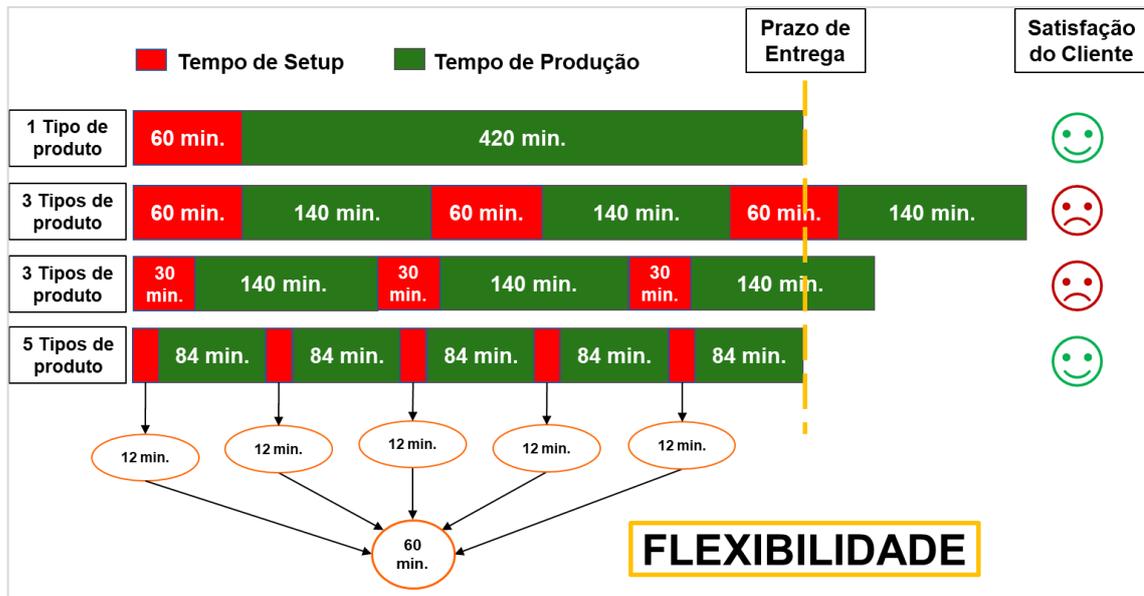
Outra abordagem comum para a redução dos tempos de *setup* é converter o trabalho que era anteriormente executado enquanto a máquina estava parada (*setup* interno), para ser executado enquanto a máquina está operando (*setup* externo). No *Lean Manufacturing*, a metodologia utilizada para redução deste tempo surgiu com o nome de SMED.

2.4 SURGIMENTO DO SMED

Dentre todas as metodologias pertencentes ao Sistema Toyota de Produção, segundo Womack & Jones (2004), o SMED pode ser considerado como a única que não foi desenvolvida internamente na Toyota Motors Company Ltd., pois teve a colaboração do consultor Shigeo Shingo para a sua elaboração. Embora a ideia de desenvolvimento de uma ferramenta que busque a redução do tempo de *setup* seja originada no Japão, a metodologia relacionada a *setup* rápido já havia sido desenvolvida nos Estados Unidos e Taiichi Ohno, tendo conhecimento sobre isso, contratou Shingo para desenvolver esta mesma metodologia na Toyota.

O contexto do seu surgimento está diretamente relacionado no aumento de concorrência na época, cenário em que a oferta passou a ser maior que a procura, incentivando a constante variação do produto e em sua substituição, de modo a suprir com mais eficiência as necessidades das pessoas no momento (Figura 3). Com isso, é importante ressaltar que a partir destes conceitos, a produção em massa vem sendo substituída por produção de baixo volume, com evoluções constantes nas características dos produtos e rápidas respostas às exigências dos mercados (PEREIRA; CRISTINA, 2010).

Figura 3 – Propósito da aplicação do SMED



Fonte: O autor (2021).

A metodologia propicia uma contribuição significativa para as organizações, fazendo com que as máquinas e equipamentos da área produtiva operem por um período maior, aumentando a capacidade de produção. Além do benefício citado anteriormente, o SMED também proporciona redução de custos, melhoria da qualidade de processos e produtos, redução de desperdício e retrabalho, redução do inventário e do *lead time* (tempo decorrido entre a chegada de um pedido efetuado por um cliente até a entrega do produto), aumento da flexibilidade do sistema e consequentemente na capacidade de resposta ao cliente, aumento da eficiência da máquina, melhora na qualidade de manutenção e redução dos tamanhos dos lotes de produção (EMERENCIANO; MARCOS, 2017).

O SMED, como todo conceito, necessita de comprometimento da organização como um todo. O fornecimento de infraestrutura apropriada, treinamento e conscientização da importância de reduzir o tempo de *setup* são fatores críticos para o sucesso de sua implementação (EVANGELISTA; GABRIELA, 2021).

No exemplo dos carros de Fórmula 1, os membros que compõem o pit stop gastam centenas de horas-homem projetando dispositivos, máquinas, e aperfeiçoando suas habilidades em perfeita sincronia para reduzir o tempo de transição. Além disso, todos os elementos do processo são cuidadosamente analisados, simplificados ou eliminados, se necessário. Ao dia de uma corrida, a execução de um processo padronizado e altamente otimizado é realizado com o maior

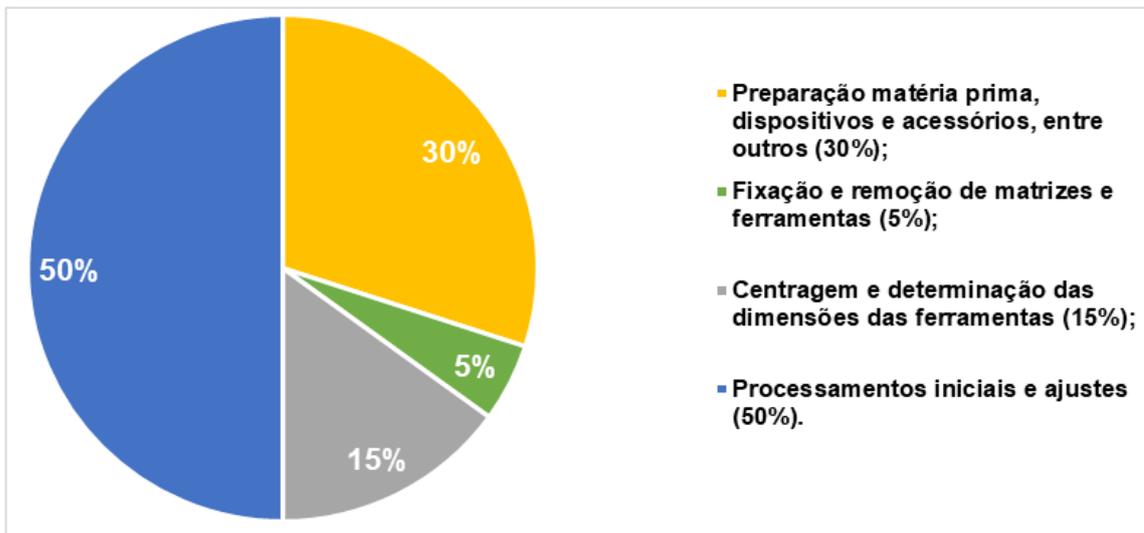
número possível de passos antes do início do *pit stop*. Para o mundo da Fórmula 1, a redução de até mesmo uma fração de segundo é um valor relevante, podendo ser decisivo no resultado de uma corrida (FM2S CONSULTORIA, 2017).

2.5 PRINCIPAIS CONCEITOS DO SMED

Antes de abordar os conceitos da metodologia, Shingo (1996) define quatro funções que compreendem o tempo de *setup*, além da faixa percentual que elas constituem no tempo como um todo (Gráfico 2):

- Preparação matéria prima, dispositivos e acessórios, entre outros (30%);
- Fixação e remoção de matrizes e ferramentas (5%);
- Centragem e determinação das dimensões das ferramentas (15%);
- Processamentos iniciais e ajustes (50%).
-

Gráfico 2 – Etapas do *setup* e seus impactos no tempo segundo Shigeo Shingo



Fonte: O autor (2021).

2.5.1 Técnicas para Aplicação

Após as definições das funções citadas anteriormente, Shingo (1996) cita as principais técnicas para redução do tempo de *setup*, sendo explicadas posteriormente.

2.5.1.1 Padronizar a Função, não a Forma

A padronização da forma e do tamanho das matrizes pode reduzir de maneira considerável os tempos de *setup*. No entanto, ao unificar a forma, a produção encarece devido ao fato de todas as peças terem que se adequar a maior. A solução então seria padronizar os locais de encaixe e engate.

A padronização da função requer apenas uniformidade nas peças necessárias à operação de *setup*. A partir do momento em que se acrescenta uma placa ou bloco à borda de fixação da matriz, por exemplo, é possível padronizar as dimensões somente daquela peça, tornando possível aplicar os mesmos grampos em diferentes *setups*.

2.5.1.2 Utilizar Dispositivos Intermediários

Certas esperas acontecem a partir de ajustes durante o *setup* interno e podem ser erradicadas com a aplicação de dispositivos padronizados. Com estes dispositivos, a centragem e o posicionamento levam menos tempo, reduzindo tanto o tempo de *setup* interno como externo. A utilização de grampos é muito frequente, de modo a instalar os dispositivos rápida e facilmente no local.

2.5.1.3 Adotar Operações Paralelas

Existem atividades que devem ser feitas de maneira repetitiva em vários pontos de determinado equipamento. Com isso, se apenas um operador executar essas operações, muito tempo e movimento são desperdiçados com seu deslocamento em torno da máquina. No entanto, quando duas ou mais pessoas realizam as operações paralelamente, o tempo de *setup* pode ser, segundo Shingo, reduzido em mais de 50% em virtude da economia de movimentos durante a atividade. Com a aplicação desta técnica, uma operação que leva 30 minutos para ser executada por um trabalhador, por exemplo, pode levar apenas 10 minutos com dois.

2.5.1.4 Eliminar Ajustes

A eliminação de ajustes, que traz economias relevantes para o processo, tem início com a diferenciação entre preparação e ajuste, nos quais correspondem a duas

funções distintas e separadas. Enquanto a preparação ocorre na mudança de posição de um interruptor de fim de curso, o ajuste é feito quando o interruptor de fim de curso é testado e repetidamente ajustado em uma nova posição.

A suposição de que ajustes são inevitáveis ocasiona a tempos desnecessariamente longos de *setup* interno, além de demandar alto nível de habilidade e experiência ao operador. Com isso, eliminar ajustes é o objetivo que sempre deve ter em mente. A substituição de ajustes por interruptores de curso ou gabaritos é uma boa opção para a eliminação estes pontos.

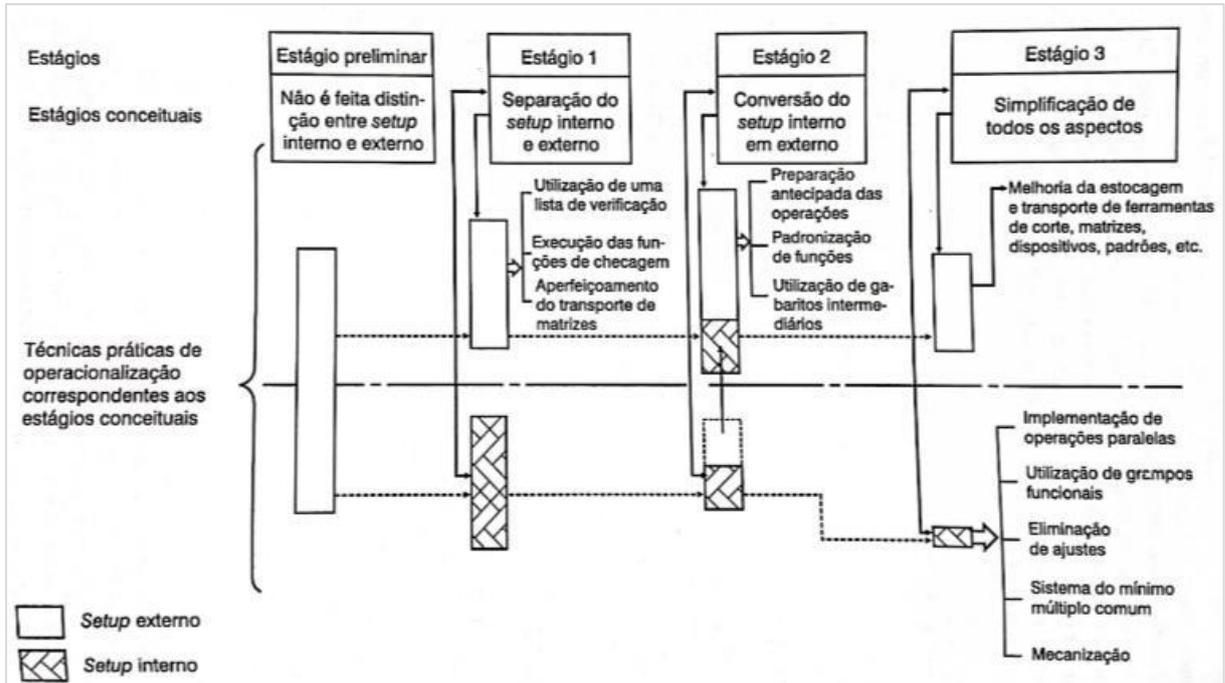
2.5.1.5 Mecanização

O investimento na mecanização deve ser pensado com cuidado, precisando ser analisada somente após serem feitos todo o esforço para melhorar o *setup* utilizando as técnicas anteriormente mostradas, pois o SMED é uma abordagem analítica para a melhoria do *setup*, no qual a mecanização pode reduzir o tempo em um primeiro momento, mas não irá remediar as ineficiências básicas de um processo mal planejado. Com isso, é mais eficaz aplicar a mecanização nos *setups* após o alinhamento de todas as outras sete técnicas do SMED.

2.5.2 Estágios Conceituais do SMED

O SMED conduz à melhoria do *setup* de forma progressiva. Dessa forma, Shingo (1996) divide a aplicação da metodologia em quatro estágios básicos, mostrados na esquematização abaixo (Figura 4).

Figura 4 – Esquema dos estágios conceituais do SMED



Fonte: SHINGO, SHIGEO (1996).

2.5.2.1 Estágio Preliminar: Análise de Tempo e Tarefas

Neste estágio preliminar, é feito o levantamento e análise dos parâmetros de tempo inicial das atividades realizadas no *setup*, e para se obter esses parâmetros de forma detalhada, uma análise contínua da produção realizada com um cronômetro, podendo ou não ser avaliado por filmagem. Todavia, uma análise cronometrada requer muito tempo e habilidade do executor, existindo outros métodos para a obtenção iniciais dos tempos como, por exemplo, o método de entrevistas com os operadores e o da filmagem de toda a operação de *setup*, mostrando o vídeo aos envolvidos no *setup* após a execução. Com a oportunidade de verem a si mesmos, podem ser geradas ideias efetivas e de aplicação imediata a partir daí. Além disso, por essa etapa é possível analisar as condições e o ambiente no qual se deseja implementar o SMED (DA SILVA; MATHEUS, 2015).

2.5.2.2 Estágio 1: Separar *Setup* Interno e Externo

Devem ser identificadas de maneira clara as operações a serem executadas quando a máquina está parada (*setup* interno) e as podem ser feitas com a máquina em funcionamento (*setup* externo). Como exemplo, tem-se a preparação e transporte

de matrizes, gabaritos, dispositivos de fixação, ferramentas e materiais, nos quais podem ser feitos durante o funcionamento da máquina. Com isso, é importante destacar que atividades de *setup* interno devem ser limitadas à remoção da ferramenta anterior e fixação da nova. A partir da separação e organização das operações internas e externas, o tempo de *setup*, segundo Shigeo Shingo, já pode ser reduzido em 30%.

Após o estágio preliminar, o estágio 1 refere-se a um passo extremamente importante do SMED, que é distinguir o que pode ser feito com a máquina ainda rodando e o que só pode ser feito com a máquina parada. Nesse primeiro estágio, as etapas da operação de regulagem já podem ser corretamente identificadas, e então, entendidas, distinguidas e organizadas (DA SILVA; MATHEUS, 2015).

É de extrema importância mapear todas as peças, condições e medidas a serem tomadas enquanto a máquina estiver operando a partir de uma lista de verificação. Posteriormente, deve-se checar o funcionamento de todos os componentes, evitando esperas durante o *setup* interno. Por fim, é fundamental a pesquisa e implementação da forma mais eficiente para deslocar matrizes e outros componentes enquanto a máquina estiver em funcionamento (SHINGO; SHIGEO, 1996).

Nesse estágio, também é possível fazer um *checklist* com os componentes e fases necessários para a operação, onde especificações de pressão e temperatura, números peças, matrizes, entre outros parâmetros são exemplos de componentes que podem ser listados no *checklist*. Aplicando esse estágio previamente, podem-se evitar erros que levam um tempo considerável para correção (DA SILVA; MATHEUS, 2015).

2.5.2.3 Estágio 2: Transformação do *Setup* Interno em Externo

Fazer a conversão de *setup* interno em externo exige a constante revisão das operações, verificando se alguma delas foi tomada como interna de maneira equivocada, encontrando maneiras de converter o máximo de atividades em externas.

Esse estágio conceitual explica que, com a conversão das operações que são internas para externas, é possível reduzir o tempo de *setup* (DA SILVA; MATHEUS, 2015). Shingo (1996) cita a atividade de pré-aquecimento de uma matriz de injeção como exemplo de possibilidade em transformar de *setup* interno para externo, no qual

ao mesmo tempo em que a máquina está operando, é eliminada a necessidade de pré-aquecimento com injeções preparatórias de metal líquido durante o *setup* interno.

Slack (1999) define três formas para transformar o *setup* interno em externo:

- Ferramentas pré-montadas de modo que uma unidade seja fixada à máquina, em vez de ter que montar vários componentes enquanto a máquina está parada. É preferível que todos os ajustes devam ser executados enquanto a máquina está operando, fazendo com que o *setup* interno compreenda apenas a operação de montagem;
- Montar as ferramentas ou matrizes em um dispositivo padrão. Isso permite que o *setup* interno consista em uma operação de montagem simples e padronizada.;
- Fazer com que a carga e descarga de novas ferramentas e matrizes seja fluida. O uso de dispositivos inteligentes de movimentação de materiais como, por exemplo, esteiras de roletes e mesas com superfície de esferas, podem ser muito úteis.

Estuda-se que antes de tomar alguma atitude para esse passo, são necessárias duas noções muito importantes, que é revisar as operações, de modo a verificar se alguma ação foi declarada erroneamente como interna, além de encontrar maneiras de converter essas ações para externas (DA SILVA; MATHEUS, 2015).

2.5.2.4 Estágio 3: Racionalizar as Operações de *Setup* Interno e Externo

O último estágio é relacionado à melhoria sistemática de cada operação básica do *setup* interno e externo. Essa etapa pode ser considerada como a fixação de métodos e procedimentos ao mesmo tempo em que é possível visualizar o SMED como melhoria contínua a partir deste ponto (DA SILVA; MATHEUS, 2015).

Para a parte funcional desse terceiro estágio, é necessário um vasto conhecimento na operação da empresa e em SMED. Além disso, é fundamental que a equipe esteja preparada para a mudança de métodos, padronizações e ações em partes da operação cujas funções são necessárias a troca de ferramentas. Algumas técnicas surgirão nessa etapa de acordo com as análises e dados levantados das etapas anteriores como, por exemplo, a utilização de dispositivos fixadores rápidos, padronização de ferramentas, utilização de gabaritos e elementos auxiliares a fim de

eliminar ajustes, mudanças nos métodos de movimentação, estocagem e condições operacionais (DA SILVA; MATHEUS, 2015).

2.6 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As Ferramentas da Qualidade são técnicas utilizadas com o objetivo de definir, mensurar, analisar e propor soluções para problemas encontrados que interferem no desempenho dos processos de trabalho. Para o presente trabalho, serão utilizadas quatro ferramentas, que são o ciclo PDCA, Folha de Verificação, Diagrama de Pareto e Fluxograma.

2.6.1 Ciclo PDCA no Controle dos Processos

O método PDCA é utilizado pelas organizações com o intuito de gerenciar seus processos internos, de forma a atingir as metas estabelecidas, baseando-se nas informações como fator de direcionamento nas decisões (MARIANI; CELSO, 2005). Os termos no ciclo PDCA, esquematizados na Figura 5, têm o seguinte significado (SOARES; FLÁVIA, 2010):

- *Plan* (Planejar): etapa que consiste em estabelecer metas sobre os itens a serem controlados, além de estabelecer o modo de atingir as metas que foram propostas;
- *Do* (Fazer): execução das tarefas de acordo com o plano previsto e coleta de dados para verificar o processo. Nesta etapa, é fundamental o treinamento no trabalho derivado da fase de planejamento;
- *Check* (Checar): com os dados coletados na etapa de execução, o resultado alcançado é comparado com a meta planejada;
- *Act* (Agir): etapa na qual o time detecta os desvios e, com isso, atuará no sentido de fazer correções definitivas, de modo que o problema não volte a ocorrer.

Figura 5 – Esquema do Método PDCA



Fonte: ROCHA; SAULO (2017).

De acordo com os resultados alcançados, dois caminhos distintos podem ser traçados. Caso a verificação mostrar que os resultados propostos não foram alcançados, deve-se partir para o estudo de ações corretivas e a seguir retomar o método PDCA. Contudo, se os resultados foram atingidos, é necessário padronizar o processo, assegurando sua continuidade (MARIANI; CELSO, 2005).

2.6.2 Folha de Verificação

Esta ferramenta consiste em uma planilha ou formulário para o registro de dados, no qual os itens a serem verificados estão definidos, de modo que os dados possam ser coletados de forma simples. O objetivo desta ferramenta é gerar uma base de dados clara, facilitando a análise e tratamento posterior (SOARES; FLÁVIA, 2010).

Para a coleta de dados, é importante ter um objetivo bem definido, além de obter e registrar os dados de forma clara e organizada. As folhas de verificação não possuem um padrão preestabelecido, podendo ser adaptado de acordo com as necessidades da empresa (SOARES; FLÁVIA, 2010). Outro fator fundamental para a correta execução da ferramenta é que os responsáveis tenham a capacitação necessária, evitando erros na elaboração do formulário como:

- Selecionar amostras tendenciosas;
- Falta de objetividade na definição dos dados a serem observados;
- Colher dados insuficientemente ou em excesso;
- Erros na transcrição;
- Em caso de apresentar os dados graficamente, colocar muitas informações no mesmo gráfico (poluição visual);

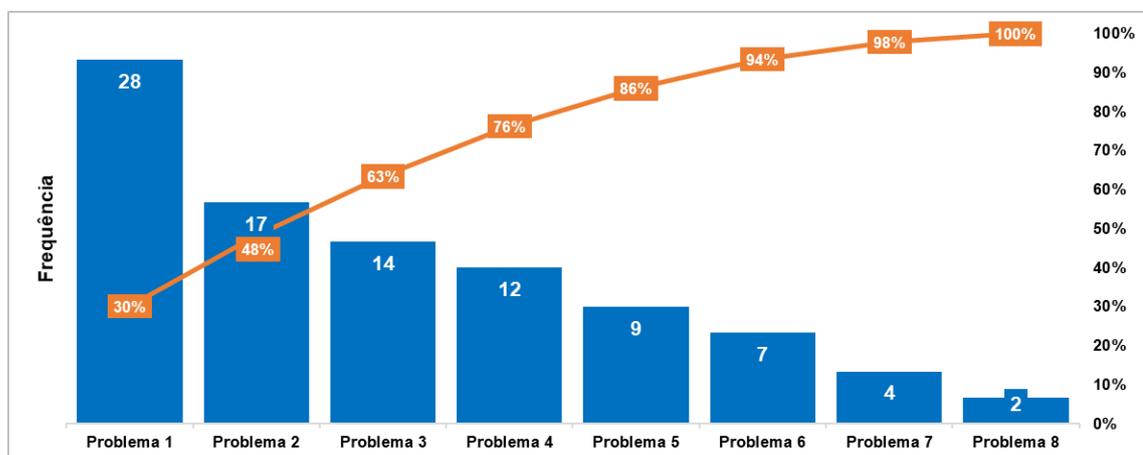
Os dados podem ser gerados através de questionários, folhas de verificação, checklists, entre outros. Dados como frequência das observações, local e responsável também não devem ser esquecidos (SOARES; FLÁVIA, 2010).

2.6.3 Diagrama de Pareto

O Princípio de Pareto afirma que, entre todas as causas do problema, algumas poucas são as grandes responsáveis pelos seus efeitos. Logo, identificando as causas vitais desses poucos problemas, será possível erradicar quase todas as perdas por meio de um pequeno número de ações (CARPINETTI; LUIZ, 2012).

Este princípio é representado por um gráfico de barras verticais (Gráfico 3) que mostra a informação de forma a evidenciar a ordem de importância dos problemas, causas ou temas que estão sendo analisados. Considerando que os recursos são limitados, eles devem ser aplicados onde a eliminação de problemas cause maior impacto. Com isso, o Diagrama de Pareto é uma ferramenta importante para priorização de ações (CARPINETTI; LUIZ, 2012).

Gráfico 3 – Exemplo de um Diagrama de Pareto



Fonte: O autor (2021).

2.6.4 Fluxograma

Esta ferramenta é utilizada para representar sequencialmente as etapas de um processo de produção, fornecendo um detalhamento das atividades e propiciando um entendimento global do fluxo produtivo, além de suas possíveis falhas e gargalos (SOARES; FLÁVIA, 2010).

Sua importância está presente tanto no planejamento como na análise crítica do processo, sendo bastante utilizado para seu conhecimento, além do uso para projetos de melhoria. Seus símbolos (Quadro 1) indicam quais são os materiais, serviços, recursos envolvidos nos processos e as decisões que devem ser tomadas, delimitando o caminho que deve ser seguido para entrega do resultado mais viável a partir da execução do processo (GRUPO FORLOGIC, 2016). Um fluxograma pode ser desenvolvido para:

- Padronizar a representação de métodos administrativos;
- Permitir maior rapidez da descrição de métodos administrativos;
- Facilitar leitura e entendimento de um processo;
- Melhorar a análise de um processo;
- Facilitar a localização e identificação dos pontos mais importantes de um processo ou método.

Um dos tipos desta ferramenta é o Diagrama de Blocos, também conhecido como fluxograma linear. Sua composição envolve blocos sem pontos de decisão, com a finalidade de mapear a sequência de determinado processo. Sua aplicação está presente em instruções de trabalho também em fluxos com uma visão macro dos processos (GRUPO FORLOGIC, 2016).

A notação adotada para a padronização da diagramação dos fluxos de trabalho vem do *Business Process Management* (BPM), que consiste em uma abordagem de gerenciamento adaptável, desenvolvido com a finalidade de sistematizar e facilitar processos organizacionais individuais complexos, dentro e fora das empresas. O BPM atua com o objetivo de definir uma linguagem comum, permitindo às organizações descrever seus fluxos de trabalho de forma a operacionalizar suas tarefas entre todos os stakeholders (SEGPLAN; GOIÁS, 2021).

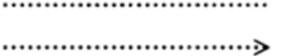
Dentre os diversos produtos exclusivos para criação de fluxogramas utilizando a notação do BPM, o *software Bizagi Process Modeler*, da empresa Bizagi

(<https://www.bizagi.com/pt>), é uma plataforma utilizada para modelagem descritiva, analítica e de execução de processos de negócio. Além de permitir a modelagem dos fluxos de trabalho, o programa suporta a elaboração de uma documentação robusta do processo e possibilita a publicação de toda ela em alguns formatos diferentes de arquivo, permitindo a simulação dos fluxos de trabalhos com o intuito de facilitar a análise de melhorias, tanto em termos de tempo quanto ao custo das atividades elaboradas (SEGPLAN; GOIÁS, 2021).

A partir da relação dos símbolos do *software*, se torna possível ter uma visão macro do processo produtivo que será analisado. No Quadro 1, são mostradas algumas das simbologias presentes no programa, sendo definidas abaixo (SEGPLAN; GOIÁS, 2021):

- Piscina/Pool: container que representa graficamente um participante de um processo. Geralmente um processo de negócio está contido dentro de uma única piscina, mas isso não é uma regra;
- Raia/Lane: é uma subpartição dentro de um processo usada para organizar e categorizar atividades dentro dele.
- Fluxo de Sequência: conectores de símbolos que mostram a direção que ocorre o processo;
- Fluxo de Mensagem: conectores usados para mostrar o fluxo de mensagens entre dois participantes que estão preparados para enviar e receber mensagens;
- Associação: conexão usada para ligar informações em artefatos com elementos gráficos do BPMN;
- Tarefa Abstrata: tarefa que não tem nenhuma especificidade;
- Eventos (Inicial, Intermediário e Final): é algo que ocorre durante o curso do processo, afetando o fluxo dele. Usualmente têm uma causa ou um impacto e em geral requer ou permite uma reação.
- Gateways (Exclusivo e Inclusivo): são usados para controlar o caminho do fluxo de sequência. Ele funciona como um mecanismo que permite ou não a passagem do processo por determinado caminho.

Quadro 1 – Lista de alguns dos símbolos utilizados para mapeamento de processos

Elemento	Símbolo
Piscina/Pool	
Raia/Lane	
Fluxo de Sequência	
Fluxo de Mensagem	
Associação	
Tarefa Abstrata	
Evento Inicial	
Evento Final	
Evento Intermediário	
Gateway Exclusivo	
Gateway Inclusivo	

Fonte: O autor, elaborado com o software Bizagi Process Modeler (2021).

3 METODOLOGIA

O trabalho trata da avaliação da aplicação de uma metodologia que irá contribuir com a resolução de um problema específico, consistindo na redução do tempo de sanitização em uma linha de produção com a aplicação do SMED.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O objetivo do trabalho corresponde a uma pesquisa descritiva, em que estuda e descreve um assunto teórico com abordagem, qualitativa e quantitativa, na qual será feita as análises dos dados a partir de métodos/ferramentas de uso geral na qualidade. O método de pesquisa é o dedutivo, no qual parte de um conceito geral e conclui que os casos específicos a obedecem.

Partindo dos conceitos gerais do SMED, projeta-se concluir que a aplicação da metodologia no caso específico irá trazer resultados consistentes e sustentáveis, quando implementados, não ocorrida até o presente momento, assim este trabalho consiste em um projeto de melhoria a ser executado em sequência.

3.2 DEFINIÇÃO E MAPEAMENTO DA LINHA DE PRODUÇÃO

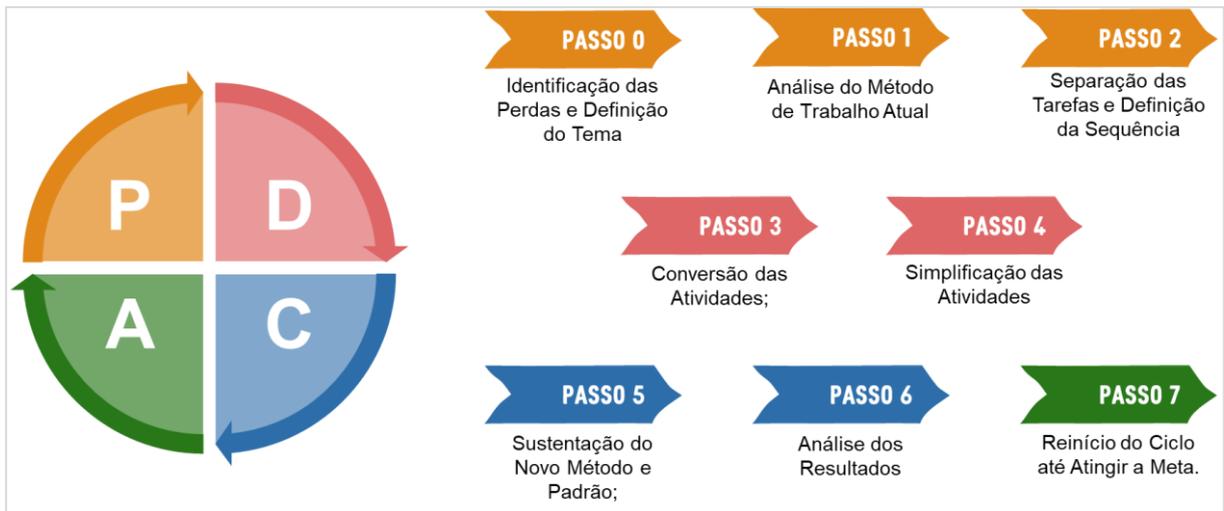
Serão listadas as linhas de produção presentes na empresa em questão e as informações que serão importantes para o projeto. A partir da visualização da Árvore de Perdas por linha pelo Diagrama de Pareto, a linha definida será a que apresentar maior impacto nas paradas originadas por *setup*.

O próximo passo consiste em mapear todo o processo de produção em forma de Diagrama de Blocos com o *software Bizagi Process Modeler*, utilizado com o intuito de fornecer uma visão macro de todos os processos e máquinas presentes na linha, auxiliando na análise da Árvore de Perdas por máquina e, posteriormente, aplicação do SMED para redução do tempo de *setup*.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

A aplicação da metodologia seguirá a lógica do PDCA, sendo dividida em oito passos, listados na Figura 6.

Figura 6 – Visão Geral das Etapas da Pesquisa



Fonte: O autor (2021).

3.3.1 Identificação das Perdas na Linha e Definição do Tema

Antes da aplicação da metodologia, será feita a análise das perdas envolvendo a linha que irá ser abordada com o Diagrama de Pareto para quantificar as perdas e priorizá-las. Além disso, é importante destacar que o método de identificação e priorização das perdas é a base de desenvolvimento deste trabalho para mapear, estimar e reduzir as perdas no processo.

Seleciona-se uma área que impacta significativamente o processo, levando em conta:

- Gargalo produtivo;
- Refugo e/ou retrabalho devido a processo de *setup* ineficaz;
- Reclamações de clientes relacionadas ao elevado tempo de resposta por variações nas ordens de serviço.

O processo e a(s) máquina(s) para aplicação do SMED são caracterizadas por um tempo de *setup* longo o suficiente para ter espaço de melhorias, grande variação no tempo de *setup* ou possibilidade de executar o *setup* várias vezes por semana. De qualquer forma, caso o *setup* represente um percentual significativo da perda na máquina (em torno de 20%), um projeto de SMED poderá ser feito de forma a trazer melhorias no *setup*.

3.3.2 Análise do Método de Trabalho Atual

Independentemente da existência de um procedimento para o processo, é crucial acompanhar, observar e registrar cada etapa do *setup*, envolvendo diferentes linhas de produção, turnos e até operadores.

O uso de *checklists*, fotos ou filmagens é uma ótima maneira de conhecer detalhadamente toda a operação de *setup* que está sendo feita (ESCOLA VOITTO, 2020). Durante esta etapa, é sugerido dividir o time em quatro funções:

- Observador: Observa e anota todas as atividades do operador em detalhes;
- Cronometrista: Dita as atividades que o operador está executando ao observador e cronometra os respectivos tempos;
- Sombra: Acompanha o operador onde for, contando os passos e anotando seu percurso. Ele elabora o Diagrama de *Spaghetti*;
- *Kaizen Man*: Identifica todas as oportunidades de melhoria durante a realização da troca / limpeza e as anota para discussão futura com a equipe. É o responsável pelo time que irá analisar o *setup*.

Com a atividade observada e mapeada, deve-se documentar todo o processo envolvido, utilizando a folha de observação e o diagrama de sequência.

A folha de observação (Tabela 4) baseia-se em um *checklist* para detalhar todos os procedimentos envolvidos no processo (sequência, tempo, ferramentas, movimentos envolvidos, entre outras grandezas). É a partir dela que são organizadas as atividades de *setup* interno e externo.

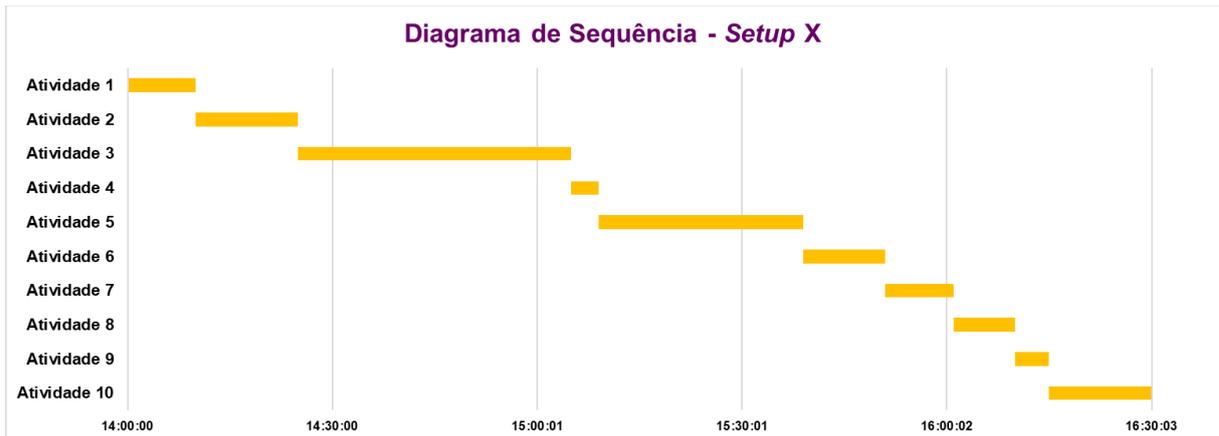
Tabela 4 – Exemplo de uma folha de observação

Folha de Observação						
Número da Atividade	Descrição da Atividade	Tempos Lidos		Tempo Total	E/I	Observações
		Início	Fim			
1	Pegar ferramentas no armário	00:00	02:02	122"	E	Várias ferramentas
2	Soltar e retirar dispositivo	02:02	02:32	30"	I	Chave de proteção
3	Ajustar tensão e corrente	02:32	05:52	200"	I	Presença do técnico
4	Aguardar liberação	05:52	10:00	248"	I	Liberação time segurança

Fonte: O autor (2021).

O diagrama de sequência é uma ferramenta utilizada para analisar o sequenciamento das atividades do processo de uma maneira mais visual e clara. No diagrama, é possível ver todas as etapas em função das respectivas durações, conforme mostrado no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Exemplo de um Diagrama de Sequência



Fonte: O autor (2021).

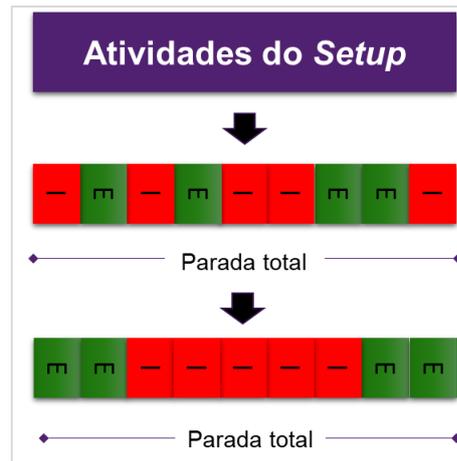
3.3.3 Separação das Tarefas e Definição da Sequência

Compreendida e detalhada na folha de observação todas as atividades de *setup* interno e externo, o objetivo dessa fase do SMED é otimizá-las, de modo que cada uma das tarefas conhecidas e executadas passem por uma sequência criteriosa de cumprimento: eliminar, combinar, reduzir ou simplificar (ECRS). É importante reforçar que, na pior das situações, atividades externas são mais interessantes que internas, pois a máquina pode estar operando durante a realização da tarefa. Ferramentas como *Brainstorming* e 5S são ótimas alternativas nesta fase (ESCOLA VOITTO, 2020). De modo a ficar mais claro, seguem exemplos de atividades típicas que podem ser mudadas de interna para externa:

- Transportar peças necessárias para o *setup* depois que a máquina está parada;
- Buscar ferramentas depois de parar a máquina;
- Descobrir defeitos nas ferramentas durante o *setup*;
- Descobrir a necessidade de restaurar peças da máquina depois da parada;
- Descobrir a falta de peças da máquina ou ferramenta durante o *setup*.

É importante ressaltar que, durante essa etapa, a organização das atividades deve estar na sequência correta (Figura 7), de modo a nunca iniciar um *setup* com uma atividade interna, não haver atividades externas depois que a máquina parou, além de não haver atividades externas entre as internas.

Figura 7 – Esquema do sequenciamento correto das atividades.



Fonte: O autor (2021).

3.3.4 Conversão das Atividades

É fundamental entender como mudar a tarefa de interno para externo. Muitas vezes podem ser utilizadas técnicas como o 5S, *Checklist*, *Gestão Visual*, *Kaizen* ou até mesmo projetos de engenharia, de modo a simplificar (podendo até eliminar) essas atividades.

Para esta etapa, é de extrema importância fazer uma análise ECRS, através do seguinte questionamento:

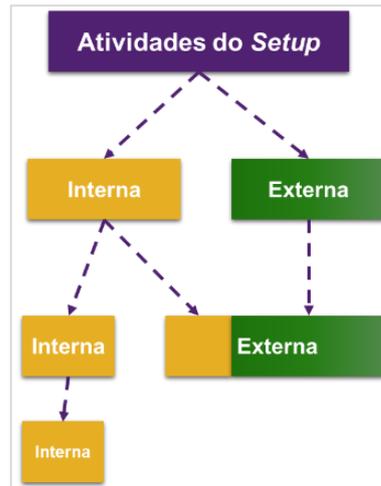
- Eliminar: Esta atividade poderia ser eliminada?
- Combinar: Esta atividade pode ser combinada com outra?
- Reduzir ou reorganizar: Esta atividade pode ser reduzida, para ser mais eficiente?
- Simplificar: Esta atividade pode ser simplificada?

3.3.5 Simplificação das Atividades

Depois de determinar um modo mais eficiente de executar o *setup* por meio da melhoria das atividades internas e externas, o próximo passo do SMED é ensaiar a

nova operação de *setup* em diferentes turnos, operadores, linhas de produção e produtos. Este exercício é realizado de modo que demais ajustes possam ser examinados, buscando a excelência no modo de operar (Figura 8). A utilização de *checklists* e controles visuais auxiliam bastante para especificação de itens e passos requeridos nas atividades (ESCOLA VOITTO, 2020).

Figura 8 – Resumo da simplificação das atividades.



Fonte: O autor (2021).

3.3.6 Sustentação do Novo Método e Padrão

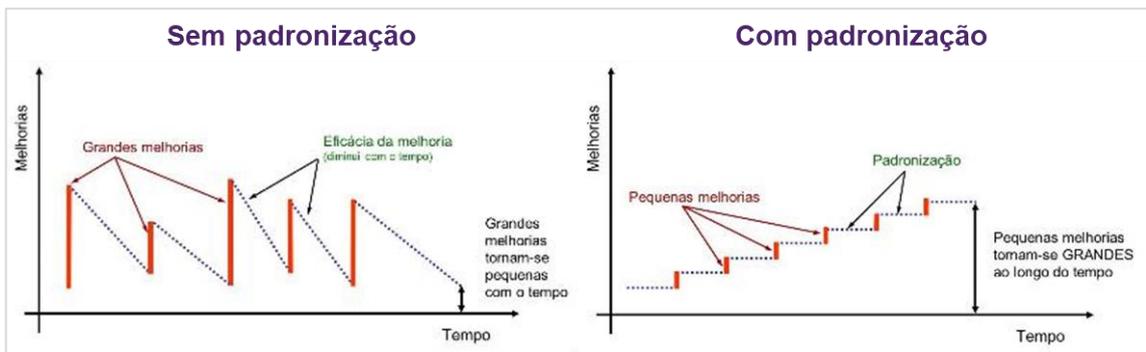
Com o tempo de *setup* já reduzido nos processos envolvidos, a tarefa é garantir que o cumprimento deste novo procedimento seja de fato mantido pelos operadores. Para isto, o emprego de um simples e objetivo POP, representado na Figura 9, em conjunto com a ilustração de um Fluxograma pode auxiliar neste passo. Alocar este documento em um local de fácil acesso e realizar a capacitação com todos os envolvidos também é fundamental para a manutenção da melhoria (ESCOLA VOITTO, 2020). A documentação deve ser um guia ao operador para execução do *setup* de maneira ágil, garantindo a padronização e sustentabilidade do novo método, conforme mostrado na Figura 10.

Figura 9 – Modelo de um POP

Procedimento Operacional Padrão		Padrão n°:
Local: Tarefa Responsável:	Data: Revisão: Número da Revisão:	
Material Necessário		
Procedimento		
Ações Corretivas		
Aprovação: _____		
Elaboração:	Revisão:	Anual:

Fonte: O autor (2021).

Figura 10 – Importância da padronização na melhoria

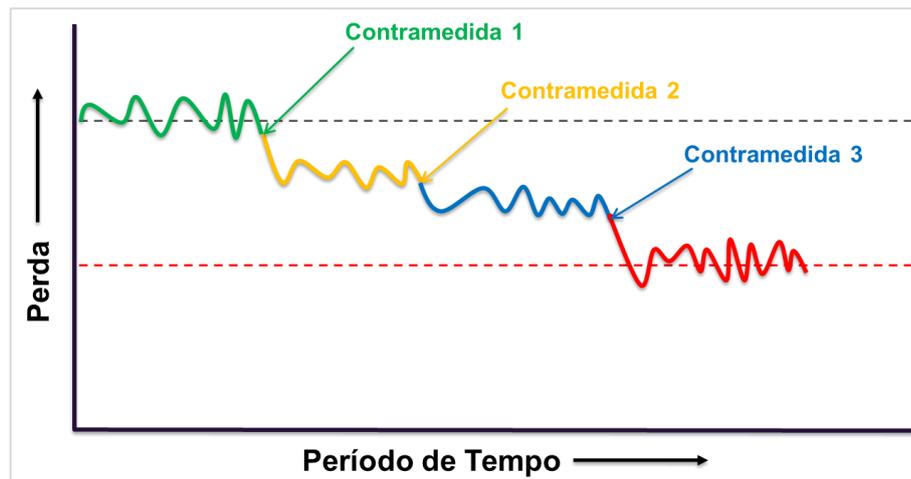


Fonte: O autor (2021).

3.3.7 Análise dos Resultados

Nesta etapa, será medida a eficácia da execução dos passos anteriores. Com isso, os principais pontos avaliados são se o tempo foi reduzido e se a meta estabelecida foi atingida. É esperado que, com a implementação da metodologia, a perda, representada pelo tempo de *setup*, seja reduzida (Figura 11):

Figura 11 – Comportamento das perdas a partir de melhorias



Fonte: O autor (2021).

É importante avaliar os resultados do antes e depois da melhoria, checando o tempo e número de atividades reduzidos, comparando a sequência e repassando as informações para o time envolvido. O emprego de um sistema de desempenho que revele e estimule as reduções de tempo de *setup* é importante para alcançar metas cada vez mais competitivas através do SMED (ESCOLA VOITTO, 2020).

3.3.8 Reinício do Ciclo até Atingir a Meta

Melhorado o tempo de *setup*, a busca por um desempenho melhor deve continuar. Em termos de projeto, essa etapa é crucial caso a meta não tenha sido atingida. Para a condição de não atingimento da meta, deve-se retornar ao passo 0 da figura 8, visto que o método de identificação e priorização das perdas é a base da metodologia, de modo revisar as perdas no processo e a meta a ser alcançada. Para cada repetição de processo, uma melhora de 40 a 50 por cento do tempo de *setup* deve ser esperada, podendo levar várias repetições para cruzar a linha dos 10 minutos.

4 ESTUDO DE CASO

Nesta parte, será apresentado o estudo de caso, sendo primeiramente definida a linha de produção na qual irá ser executada a melhoria para depois mostrar tudo que foi feito nela, de modo a atingir o objetivo proposto.

4.1 DEFINIÇÃO E MAPEAMENTO DA LINHA DE PRODUÇÃO

A empresa em estudo é uma indústria de alimentos que possui ao todo nove linhas de produção, sendo quatro linhas de chocolates e cinco de biscoitos, listadas na Tabela 5. Os horários de trabalho são divididos em três turnos, além do horário administrativo, de modo que a produção siga estável durante as 24 horas.

Tabela 5 – Informações das linhas da empresa

Área	Linha	Quantidade de Máquinas	Quantidade de Operadores por Turno	Número de Tipos de Produtos Produzidos
Chocolate	Wafer 1	22	20	2
Chocolate	Wafer 2	31	34	2
Chocolate	Wafer 3	26	20	4
Chocolate	Bombom	17	17	2
Biscoito	Cookies 1	30	33	13
Biscoito	Cookies 2	22	30	10
Biscoito	Crackers 1	40	35	9
Biscoito	Crackers 2	44	40	15
Biscoito	Flex	29	23	13

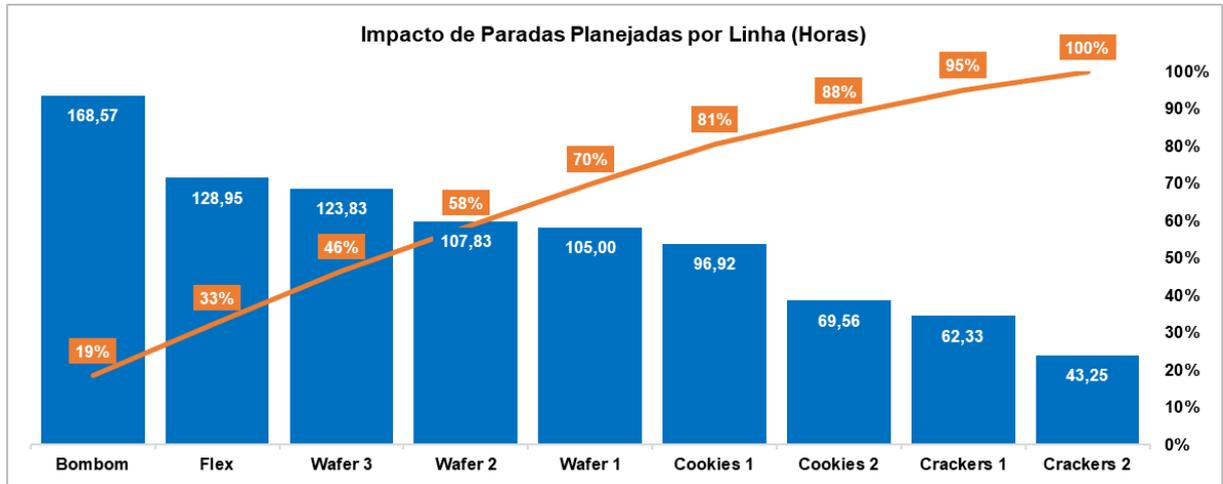
Fonte: O autor (2021).

Nesta primeira parte do estudo de caso, é necessário definir a linha na qual será aplicada a metodologia. Foi feita uma análise das paradas planejadas que envolvem o *setup* das linhas de produção, podendo ser classificadas em três tipos:

- **Changeover:** ações relacionadas a troca de configuração nas máquinas;
- **Início e Fim de Produção:** tempo correspondente da linha parada até a produção do primeiro produto com qualidade (início) ou da produção do último produto com qualidade até a linha parar;
- **Sanitização:** tempo relacionado à limpeza da linha.

A ferramenta de Árvore de Perdas foi utilizada, de modo a estratificar as perdas com base no último quarter de 2020 em duas perspectivas a partir do Diagrama de Pareto. A primeira consiste na visualização em horas, sendo mostrada no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Diagrama de Pareto da Árvore de Perdas por linha em horas



Fonte: O autor (2021).

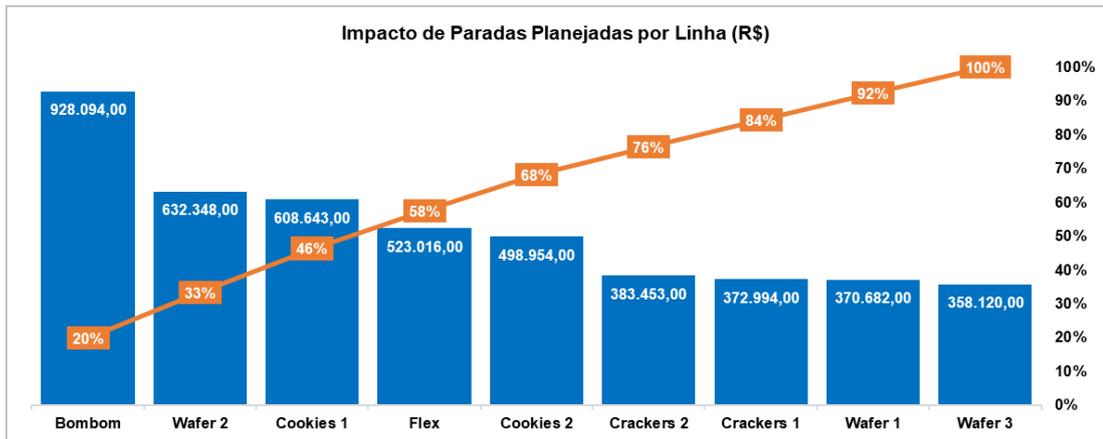
Para o segundo modo de estratificação, foi necessário mensurar o custo da hora parada de cada linha e, junto com as horas de paradas planejadas, obter o impacto financeiro causado por esses tempos. O Quadro 2 mostra o custo da hora parada no último quarter de 2020, enquanto o Gráfico 6 exibe o Diagrama de Pareto da Árvore de Perdas em termos financeiros, com a unidade em reais.

Quadro 2 – Custo da Hora Parada

Linha	Custo da Hora Parada (R\$)
Wafer 1	3.530,30
Wafer 2	5.864,12
Wafer 3	2.891,95
Bombom	5.505,80
Crackers 1	5.984,51
Crackers 2	8.866,22
Cookies 1	6.280,01
Cookies 2	7.173,42
Flex	4.055,85

Fonte: O autor (2021).

Gráfico 6 – Diagrama de Pareto da Árvore de Perdas por linha em reais

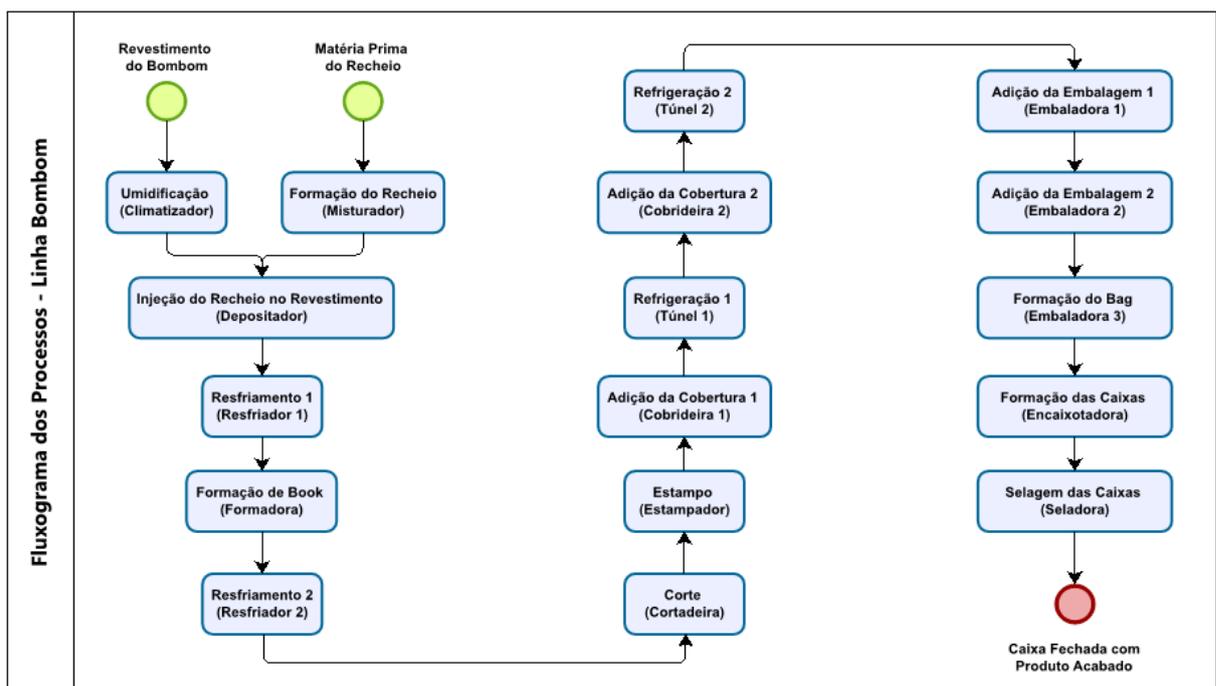


Fonte: O autor (2021).

A partir das duas visões mostradas nas Árvore de Perdas, pode-se observar que a linha Bombom foi a que causou o maior impacto em paradas planejadas no período especificado, definindo, assim, o local em que projeto de melhoria será feito.

Antes de começar a aplicar os passos da metodologia, será mapeada a linha Bombom a partir do Diagrama de Blocos, de modo a ter uma visão geral de todos os processos e máquinas presentes nela. Dito isso, a Figura 12 mostra de maneira macro todo o fluxo do processo produtivo na linha Bombom.

Figura 12 – Mapeamento da linha Bombom pelo Diagrama de Blocos

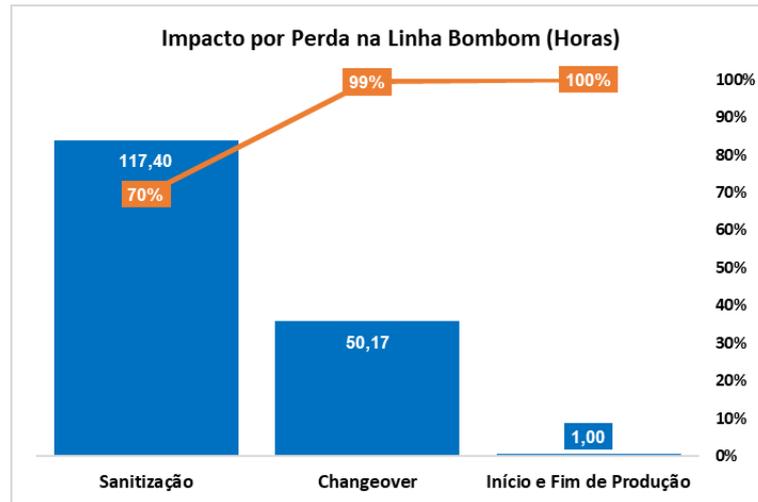


Fonte: O autor (2021).

4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS NA LINHA E DEFINIÇÃO DO TEMA

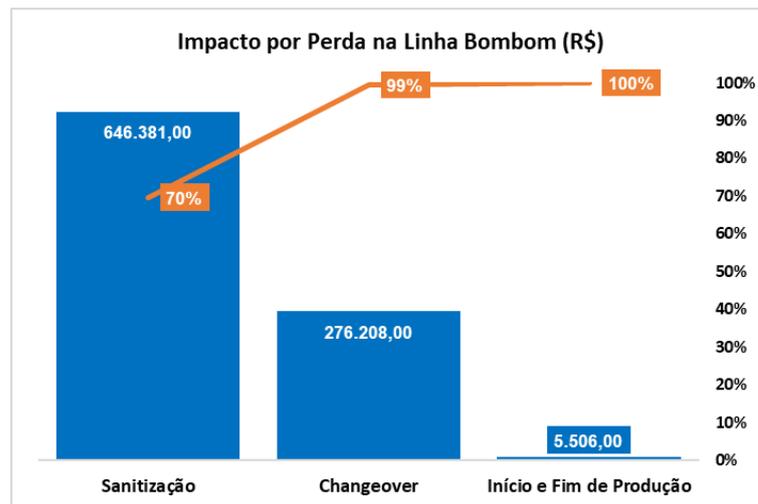
Com a linha definida e mapeada, foi necessário verificar os maiores impactos em termos de atividades durante o *setup*. Com isso, foi feita a estratificação, mostrada nos Gráficos 7 e 8 em termos de horas e financeiros, respectivamente.

Gráfico 7 – Diagrama de Pareto da Árvore de Perdas por atividade de *setup* em horas



Fonte: O autor (2021).

Gráfico 8 – Diagrama de Pareto da Árvore de Perdas por atividade de *setup* em reais



Fonte: O autor (2021).

Pela análise, foi decidido que a atividade a ser priorizada é a sanitização. A partir disso, foram listadas, no Quadro 3, as máquinas que precisam da intervenção operacional no momento da sanitização, de modo que seja obtida a informação da

Árvore de Perdas por máquina e especificando o ponto no qual o SMED será executado.

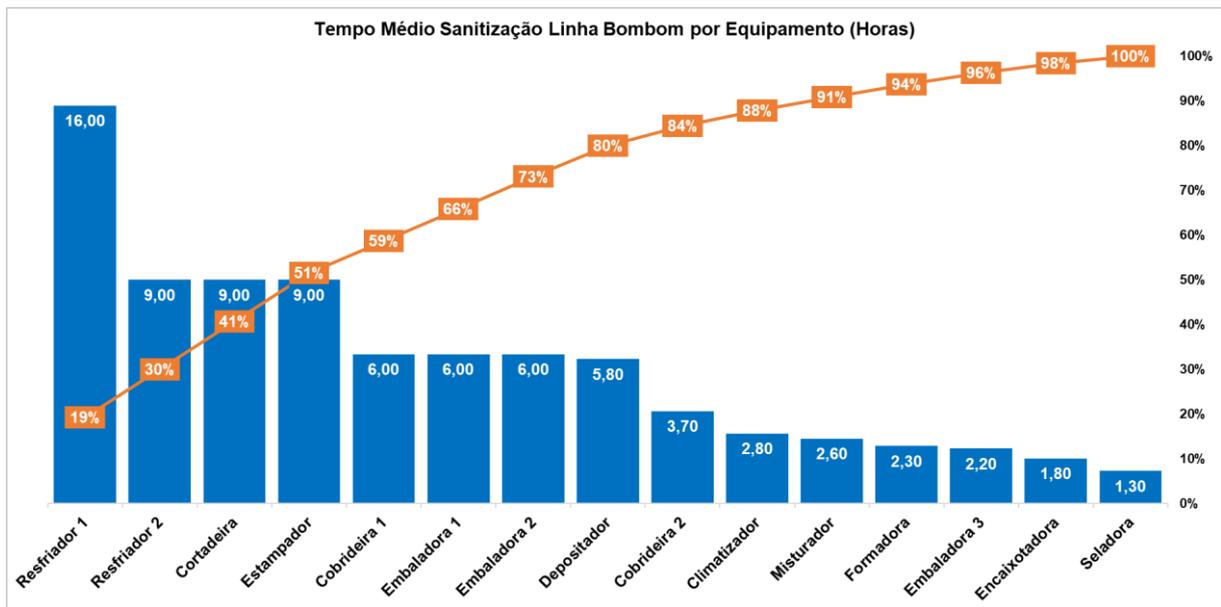
Quadro 3 – Máquinas que englobam o processo de sanitização na linha Bombom

Máquina	Sanitização é feita pelo time operacional?
Climatizador	Sim
Misturador	Sim
Depositador	Sim
Resfriador 1	Sim
Formadora	Sim
Resfriador 2	Sim
Cortadeira	Sim
Estampador	Sim
Cobrideira 1	Sim
Túnel 1	Não
Cobrideira 2	Sim
Túnel 2	Não
Embaladora 1	Sim
Embaladora 2	Sim
Embaladora 3	Sim
Encaixotadora	Sim
Seladora	Sim

Fonte: O autor (2021).

Seguindo a relação, a Árvore de Perdas por máquina foi construída (Gráfico 9), sendo considerado o tempo médio de sanitização no último quarter de 2020.

Gráfico 9 – Diagrama de Pareto da Árvore de Perdas por máquina em horas



Fonte: O autor (2021).

Com as informações obtidas, é chegado o momento de definir o tema do projeto. Conforme alinhado com o time, o escopo consiste em reduzir o tempo de sanitização da linha Bombom em 30%, saindo de 16 para 11 horas, com foco no Resfriador 1.

4.3 ANÁLISE DO MÉTODO DE TRABALHO ATUAL

Nesta etapa, todos os dados relevantes são coletados com o objetivo de alimentar a folha observação. Utilizando filmagens e fotografias, foi possível verificar todas as atividades e mensurar seus tempos durante a sanitização no Resfriador 1.

A partir da análise das filmagens, foi observado que a limpeza do Resfriador 1 é focada principalmente nas suas correntes, sendo feita em ciclos por quatro operadores, com cada pessoa responsável por um ponto específico da máquina. Antes do início de um ciclo de limpeza, o operador deve aplicar o LOTO, sendo um conjunto de procedimentos e dispositivos de bloqueio com etiquetas que contribui com a proteção dos funcionários durante a atividade de limpeza da máquina. Nos períodos de refeição e trocas de turno, é feito também o revezamento, garantindo a continuidade do processo. Além disso, é importante destacar que, pelo fato de serem executadas nas partes internas, as atividades de limpeza propriamente ditas devem ser feitas com a máquina parada.

Com isso, as atividades e seus respectivos tempos foram mapeados na folha de observação, representada na Tabela 6.

Tabela 6 – Folha de observação do processo de limpeza no Resfriador 1

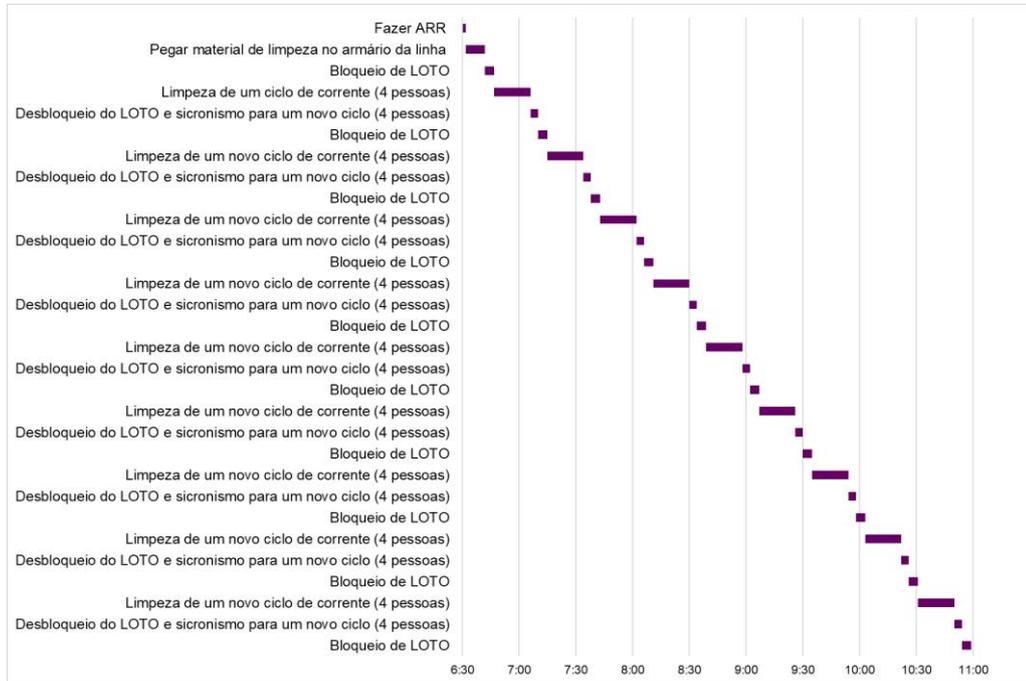
N° da Atividade	Descrição da atividade	Tempos Lidos		Tempo Total (min)	Tipo de Setup	
		Início	Fim		I	E
1	Fazer ARR	6:30	6:32	00:02:00		x
2	Buscar material de limpeza no armário da linha	6:32	6:42	00:10:00		x
3	Bloqueio de LOTO	6:42	6:47	00:05:00	x	
4	Limpeza de um ciclo de corrente (4 pessoas)	6:47	7:06	00:19:00	x	
5	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	7:06	7:10	00:04:00	x	
6	Bloqueio de LOTO	7:10	7:15	00:05:00	x	
7	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	7:15	7:34	00:19:00	x	
8	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	7:34	7:38	00:04:00	x	
9	Bloqueio de LOTO	7:38	7:43	00:05:00	x	
10	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	7:43	8:02	00:19:00	x	
11	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	8:02	8:06	00:04:00	x	
12	Bloqueio de LOTO	8:06	8:11	00:05:00	x	
13	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	8:11	8:30	00:19:00	x	
14	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	8:30	8:34	00:04:00	x	
15	Bloqueio de LOTO	8:34	8:39	00:05:00	x	
16	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	8:39	8:58	00:19:00	x	
17	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	8:58	9:02	00:04:00	x	
18	Bloqueio de LOTO	9:02	9:07	00:05:00	x	
19	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	9:07	9:26	00:19:00	x	
20	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	9:26	9:30	00:04:00	x	
21	Bloqueio de LOTO	9:30	9:35	00:05:00	x	
22	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	9:35	9:54	00:19:00	x	
23	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	9:54	9:58	00:04:00	x	
24	Bloqueio de LOTO	9:58	10:03	00:05:00	x	
25	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	10:03	10:22	00:19:00	x	
26	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	10:22	10:26	00:04:00	x	
27	Bloqueio de LOTO	10:26	10:31	00:05:00	x	
28	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	10:31	10:50	00:19:00	x	
29	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	10:50	10:54	00:04:00	x	
30	Bloqueio de LOTO	10:54	10:59	00:05:00	x	
31	Limpeza de um novo ciclo de corrente (2 pessoas)	10:59	11:41	00:42:00	x	
32	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (2 pessoas)	11:41	11:51	00:10:00	x	
33	Bloqueio de LOTO	11:51	11:56	00:05:00	x	
34	Limpeza de um novo ciclo de corrente (2 pessoas)	11:56	12:38	00:42:00	x	
35	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (2 pessoas)	12:38	12:48	00:10:00	x	
36	Bloqueio de LOTO	12:48	12:53	00:05:00	x	
37	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	12:53	13:12	00:19:00	x	
38	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	13:12	13:16	00:04:00	x	
39	Bloqueio de LOTO	13:16	13:21	00:05:00	x	
40	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	13:21	13:40	00:19:00	x	
41	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	13:40	13:44	00:04:00	x	
42	Bloqueio de LOTO	13:44	13:49	00:05:00	x	
43	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	13:49	14:08	00:19:00	x	

44	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	14:08	14:12	00:04:00	x	
45	Bloqueio de LOTO	14:12	14:17	00:05:00	x	
46	Troca de Turno	14:17	14:23	00:06:00	x	
47	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	14:23	14:42	00:19:00	x	
48	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	14:42	14:46	00:04:00	x	
49	Bloqueio de LOTO	14:46	14:51	00:05:00	x	
50	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	14:51	15:10	00:19:00	x	
51	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	15:10	15:14	00:04:00	x	
52	Bloqueio de LOTO	15:14	15:19	00:05:00	x	
53	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	15:19	15:38	00:19:00	x	
54	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	15:38	15:42	00:04:00	x	
55	Bloqueio de LOTO	15:42	15:47	00:05:00	x	
56	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	15:47	16:06	00:19:00	x	
57	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	16:06	16:10	00:04:00	x	
58	Bloqueio de LOTO	16:10	16:15	00:05:00	x	
59	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	16:15	16:34	00:19:00	x	
60	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	16:34	16:38	00:04:00	x	
61	Bloqueio de LOTO	16:38	16:43	00:05:00	x	
62	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	16:43	17:02	00:19:00	x	
63	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	17:02	17:06	00:04:00	x	
64	Bloqueio de LOTO	17:06	17:11	00:05:00	x	
65	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	17:11	17:30	00:19:00	x	
66	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	17:30	17:34	00:04:00	x	
67	Bloqueio de LOTO	17:34	17:39	00:05:00	x	
68	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	17:39	17:58	00:19:00	x	
69	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	17:58	18:02	00:04:00	x	
70	Bloqueio de LOTO	18:02	18:07	00:05:00	x	
71	Limpeza de um novo ciclo de corrente (2 pessoas)	18:07	18:49	00:42:00	x	
72	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (2 pessoas)	18:49	18:59	00:10:00	x	
73	Bloqueio de LOTO	18:59	19:04	00:05:00	x	
74	Limpeza de um novo ciclo de corrente (2 pessoas)	19:04	19:46	00:42:00	x	
75	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (2 pessoas)	19:46	19:56	00:10:00	x	
76	Bloqueio de LOTO	19:56	20:01	00:05:00	x	
77	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	20:01	20:20	00:19:00	x	
78	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	20:20	20:24	00:04:00	x	
79	Bloqueio de LOTO	20:24	20:29	00:05:00	x	
80	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	20:29	20:48	00:19:00	x	
81	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	20:48	20:52	00:04:00	x	
82	Bloqueio de LOTO	20:52	20:57	00:05:00	x	
83	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	20:57	21:16	00:19:00	x	
84	Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo (4 pessoas)	21:16	21:20	00:04:00	x	
85	Bloqueio de LOTO	21:20	21:25	00:05:00	x	
86	Limpeza de um novo ciclo de corrente (4 pessoas)	21:25	21:44	00:19:00	x	
87	Desbloqueio do LOTO	21:44	21:47	00:03:00	x	
88	Devolver material de limpeza no armário da linha	21:47	21:57	00:10:00		x
89	Remoção do refugo	21:57	22:17	00:20:00	x	
90	Limpeza nos arredores	22:17	22:37	00:20:00		x

Fonte: O autor (2021).

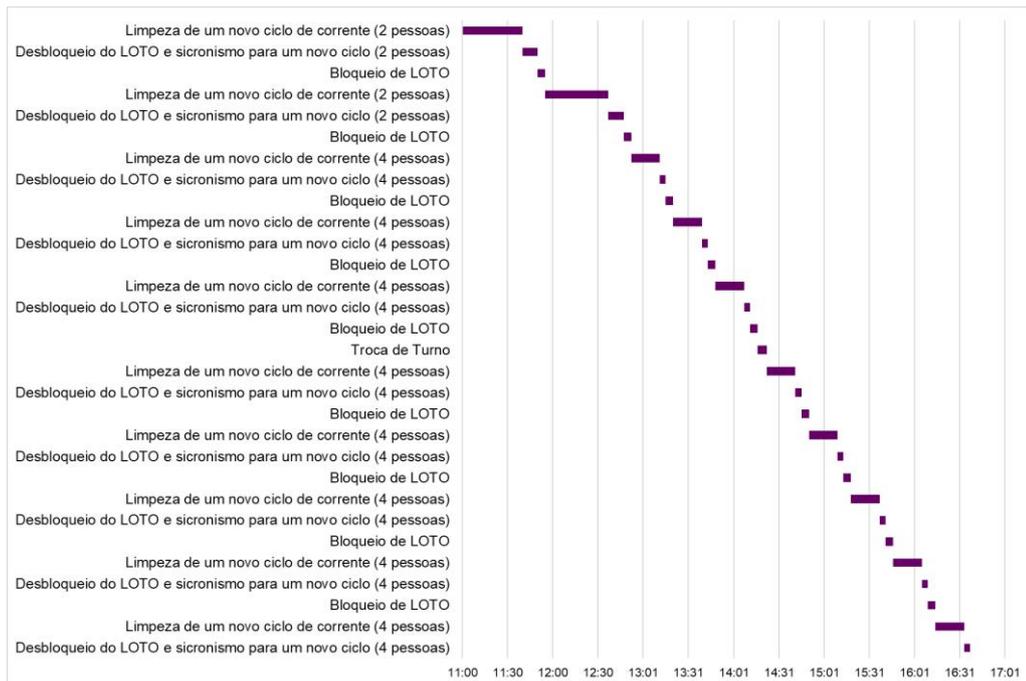
A partir da folha de observação, é possível criar o diagrama de sequência, auxiliando na análise do sequenciamento das atividades e sendo mostrado em três partes, nos Gráficos 10, 11 e 12.

Gráfico 10 – Diagrama de sequência: parte 1



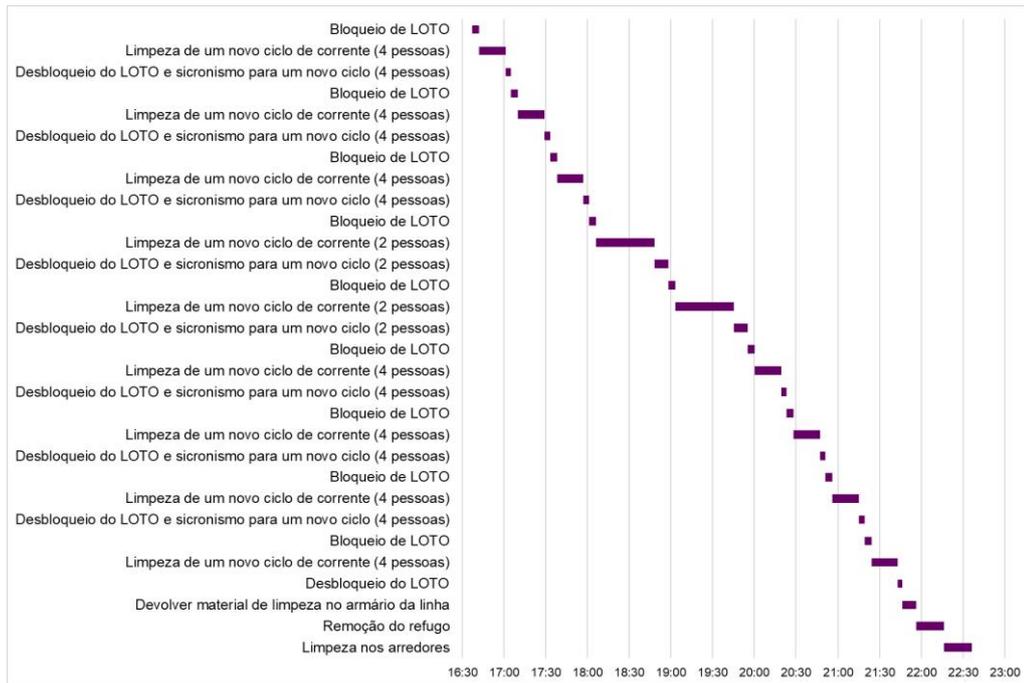
Fonte: O autor (2021).

Gráfico 11 – Diagrama de sequência: parte 2



Fonte: O autor (2021).

Gráfico 12 – Diagrama de sequência: parte 3



Fonte: O autor (2021).

4.4 SEPARAÇÃO DAS TAREFAS E DEFINIÇÃO DA SEQUÊNCIA

Com o detalhamento das atividades na folha de observação, chega o momento de otimizá-las. Para isso, o gráfico de separação, representado na Figura 13, organiza de forma que seja possível ter uma visualização macro das atividades.

Figura 13 – Gráfico de Separação

90 Atividades																													
(86 Internas e 4 Externas)																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90

Fonte: O autor (2021).

De acordo com o gráfico, as atividades internas e externas estão sequenciadas de maneira correta, sendo necessário apenas a inversão da atividade 88 com a 89, de modo a manter todas as atividades internas alinhadas. Com isso, a ordem das

atividades será de acordo com a Figura 14, no qual a remoção de refugo na máquina ficará antes da devolução do material de limpeza no armário da linha.

Figura 14 – Gráfico de separação com o sequenciamento correto das atividades

90 Atividades																													
(86 Internas e 4 Externas)																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90

Fonte: O autor (2021).

4.5 CONVERSÃO DAS ATIVIDADES

Durante a análise da folha de observação, verificou-se que o maior impacto no tempo está nos ciclos de limpeza, no qual os operadores passam a maior parte do tempo realizando as seguintes atividades:

- Bloqueio de LOTO;
- Limpeza de um ciclo de corrente;
- Desbloqueio do LOTO e sincronismo para um novo ciclo.

Com isso, foi feita uma análise ECRS para verificar maneiras em converter estas atividades internas.

- Eliminar: para eliminação, é necessário a automação do processo a partir da substituição da mão de obra por uma máquina de limpeza automática;
- Combinar: por serem atividades sequenciais e que devem ocorrer nesta ordem por motivos de segurança, não é possível combiná-las.
- Reduzir ou reorganizar: a partir de treinamentos, existe a possibilidade de reduzir o tempo. No entanto, não seria eficaz pelo grande número de ciclos.
- Simplificar: foi levantada uma opção, consistindo na aquisição de uma corrente reserva, precisando apenas trocar a corrente suja pela limpa.

Pela análise, um plano de ação foi desenvolvido (Tabela 7), com foco em duas soluções. A primeira consiste na aquisição de uma corrente reserva, sendo necessário

trocá-la pela que estava em operação. A outra, que foi a solução priorizada do projeto, corresponde à compra de uma máquina para limpeza automática.

Tabela 7 – Plano de ação gerado pelo time

Nº	Ação	Prazo	Status
1	Definir fornecedor para aquisição da máquina	26/02/2021	OK
2	Avaliar com o fornecedor a limpeza com gelo seco	02/03/2021	OK
3	Avaliar alternativa de corrente reserva	10/03/2021	OK
4	Solicitar orçamento da máquina	17/03/2021	OK
5	Apresentar proposta junto aos times de Qualidade e Manufatura	19/03/2021	OK
6	Visitar fornecedor para avaliar o equipamento em teste	25/04/2021	Em Andamento
7	Fazer aquisição da máquina	A Definir	Em Andamento

Fonte: O autor (2021).

Com as ações listadas, o time agiu de forma a executar as soluções propostas. Para a solução da corrente reserva, a ação número 2 buscou avaliar esta possibilidade. No entanto, devido à complexidade da máquina para remoção da corrente, além da comparação com a outra solução, esta alternativa foi descartada.

Para a opção da máquina de limpeza automática, a primeira ação feita foi definir o fornecedor para desenvolvê-la. A empresa escolhida foi a mesma que desenvolveu o Resfriador 1, pois eles já possuíam uma máquina condicionada a fazer este tipo de limpeza.

Com o fornecedor escolhido, o próximo passo foi avaliar a máquina em questão. O sistema é composto por dois dispositivos separados, sendo um aplicador e limpador com água acima de 60°C e um secador pressurizado com ar acima de 8 bar. Ambos os dispositivos vêm posicionados em um carrinho sobre rodas, fácil de manusear e sem a necessidade de levantamento manual, contribuindo na ergonomia dos operadores.

A partir das especificações e da solicitação do orçamento, a proposta foi apresentada aos times de Qualidade e Manufatura. Durante a apresentação, vários pontos foram levantados acerca da máquina de limpeza. Entre eles, a questão da utilização de água como fluido foi questionada pelo fato do risco gerado com o seu uso, podendo ocasionar problemas na qualidade do produto como, por exemplo, o *Fat Bloom* e o *Sugar Bloom*.

Após a reunião, foi concluído que a alternativa apresentada pelo fornecedor não atendeu às especificações de qualidade, pois o único fluido possível a ser usado na máquina seria a água. Com isso, foi necessário consultar outros provedores que desenvolvem máquinas semelhantes, de modo a executar a limpeza automática com outros tipos de fluidos como, por exemplo, álcool e gelo seco.

De maneira geral, a limpeza automática eliminará a necessidade da limpeza manual em ciclos, reduzindo consideravelmente o número de atividades. Conforme levantado com o time, a estimativa é que as atividades irão ser reduzidas de 90 para 12, nos quais 85 serão eliminadas e 7 adicionadas, sendo listadas na Tabela 8.

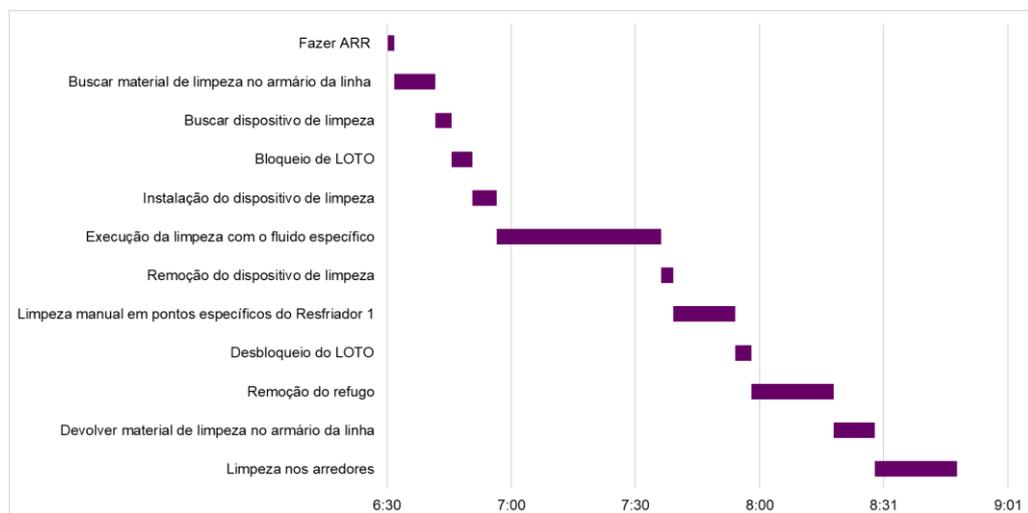
Tabela 8 – Atividades adicionadas com a melhoria

Nº	Descrição da atividade	Tempo total	Tipo
3	Buscar dispositivo de limpeza	00:04:00	Externa
4	Bloqueio de LOTO	00:05:00	Interna
5	Instalação do dispositivo de limpeza	00:06:00	Interna
6	Execução da limpeza com o fluido específico	00:40:00	Interna
7	Remoção do dispositivo de limpeza	00:03:00	Interna
8	Limpeza manual em pontos específicos do Resfriador 1	00:15:00	Interna
9	Desbloqueio do LOTO	00:04:00	Interna

Fonte: O autor (2021).

Com a conversão das atividades, o diagrama de sequência e o gráfico de separação ficam de acordo com o Gráfico 13 e Figura 15, respectivamente.

Gráfico 13 – Diagrama de sequência com a conversão das atividades



Fonte: O autor (2021).

Figura 15 – Gráfico de separação com a conversão das atividades.



Fonte: O autor (2021).

4.6 SIMPLIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES

Com as atividades convertidas, a próxima etapa é simplificá-las a partir da utilização de ferramentas, de modo a agilizar seus procedimentos. Após a implementação do dispositivo de limpeza automático, ações foram mapeadas para reduzir o tempo das atividades, sendo listadas a seguir:

- Capacitação do time para fazer a ARR antes da parada do Resfriador 1;
- Treinamento dos operadores para instalação do dispositivo de limpeza no Resfriador 1;
- Criar um *checklist* pré-sanitização com os materiais necessários para a realização da limpeza do Resfriador 1;
- Criar um *checklist* pós-sanitização para garantir ordenação dos materiais de limpeza

O objetivo do treinamento da instalação do dispositivo de limpeza está em introduzir ao time as novas atividades que foram geradas a partir da melhoria implementada. Já as outras ações têm como propósito auxiliar os operadores a obter maior domínio nas atividades que já existem. A utilização de *checklists* pré e pós sanitização, por exemplo, serão importantes para orientá-los a obter tudo o que é preciso para execução da sanitização, eliminando possíveis retrabalhos.

4.7 SUSTENTAÇÃO DO NOVO MÉTODO E PADRÃO

Neste passo, é importante garantir o cumprimento do novo procedimento. Para isto, o time será treinado, de modo a praticar as novas atividades e repetindo-as até terem o total domínio sobre elas. Além disso, será desenvolvido um POP para o processo auxiliando na sustentação e padronização do novo modo de executar a

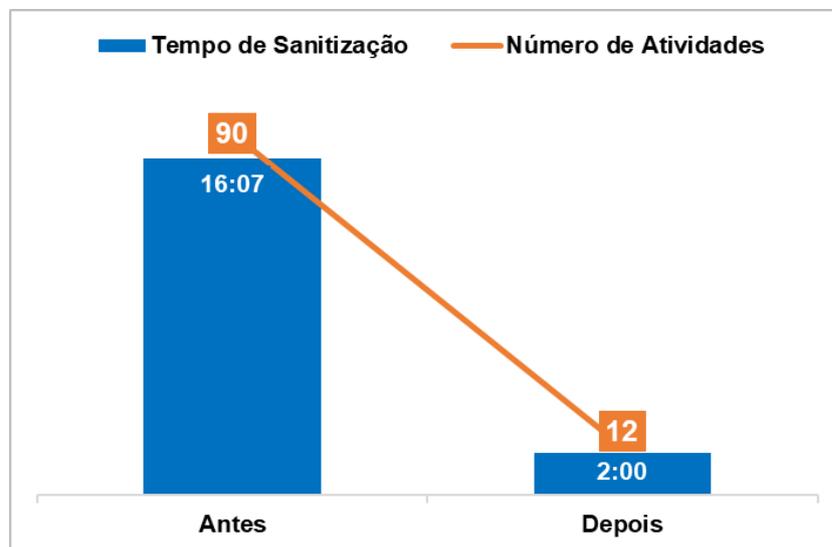
sanitização. Com o treinamento do time e padronização dos procedimentos, a expectativa é que o tempo de sanitização ainda seja no mínimo reduzido no em torno de 10%.

4.8 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para esta etapa, serão avaliados os resultados da melhoria em termos de tempo, número de atividades reduzidas e impacto financeiro gerado. Nas comparações, vão ser abordados os momentos do antes e depois da melhoria, sendo considerado o cenário com o time capacitado, no qual também é estimado redução do tempo a partir da simplificação das atividades.

O Gráfico 14 mostra o comparativo dos tempos de sanitização e número de atividades no Resfriador 1. Para o tempo, espera-se que seja reduzido em torno de 88%, saindo de 16 horas e 7 minutos para 2 horas. Já para as atividades, foi projetado uma diminuição de 78 procedimentos, indo de 90 para 12.

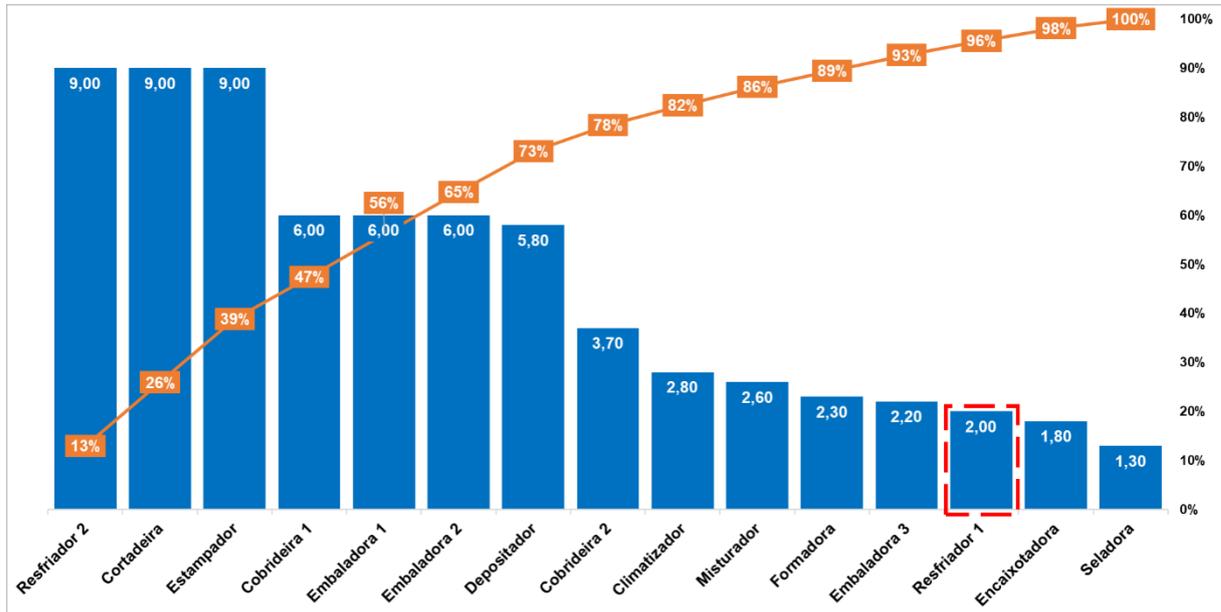
Gráfico 14 – Tempos de sanitização (horas) do Resfriador 1 antes e depois da melhoria



Fonte: O autor (2021).

Com isso, o Gráfico 15 mostra que o Resfriador 1 se torna o terceiro equipamento com menor tempo de limpeza, fazendo com que a sanitização da linha seja reduzida em 7 horas.

Gráfico 15 – Tempo médio (horas) de sanitização estimado por equipamento da linha Bombom após a melhoria



Fonte: O autor (2021).

No ponto de vista financeiro, a redução do tempo gera um ganho de R\$38.540,60 por *setup* realizado. Conforme alinhado com o time, é feito em média um *setup* por semana. Com isso, é possível projetar o *saving* (desperdício financeiro evitado) anual da melhoria. A Tabela 9 mostra o cálculo feito, sendo considerado o mês com quatro semanas e concluindo que a expectativa de *saving* do projeto gira em torno de R\$1.849.948,80 anuais.

Tabela 9 – Cálculo do *saving* anual

Variáveis	Antes	Depois	<i>Saving</i> Total
Tempo de Limpeza por Semana (h)	16	9	7
Tempo de Limpeza por Mês (h)	64	36	28
Tempo de Limpeza por Ano (h)	768	432	336
Custo da Hora Parada Linha Bombom (R\$)	5.505,80	5.505,80	-
Custo Anual (R\$)	4.228.454,40	2.378.505,60	1.849.948,80

Fonte: O autor (2021).

4.9 REINÍCIO DO CICLO ATÉ ATINGIR A META

Com relação à meta estabelecida, que busca reduzir o tempo de sanitização da linha Bombom de 16 para 11 horas com foco no Resfriador 1, a melhoria demonstra ser possível atender ao que foi definido, como sendo, chegar a 9 horas.

Pelas projeções realizadas, não será preciso retornar ao passo 0. No entanto, é indispensável que o ciclo seja reiniciado, de modo que as perdas no processo sejam revisadas, confirmando efetividade da melhoria, ou desenvolvendo alternativas para continuar reduzindo o tempo de sanitização das linhas. Conforme explicado, para cada ciclo, melhoras constantes do tempo de *setup* devem ser esperadas, podendo levar a várias repetições para atingir os 10 minutos.

5 CONCLUSÕES

Com a aplicação do SMED, foi possível analisar o método de trabalho atual, sendo coletados dados relevantes do processo de sanitização da máquina e armazenando na folha de observação. A partir daí, configurou-se o número excessivo de ciclos de limpeza feito pelos operadores e a necessidade de levantar alternativas para reduzi-los. Foram separadas e definidas a sequência correta das atividades para avaliar as formas de as converter de internas para externas através de uma análise ECRS.

Dentre as soluções encontradas na análise, a opção que envolveu a aquisição da máquina de limpeza automática foi a que gerou maior impacto, tendo sido possível prever a redução do número de atividades consideravelmente com a eliminação dos ciclos de limpeza. A redução de atividades e do tempo de sanitização aumenta as taxas de operações das máquinas da linha e reduz significativamente os estoques de produtos acabados durante a produção em pequenos lotes, além de reduzir estoques entre processos intermediários. É importante notar que a produção se torna capaz de responder com maior velocidade as variações do processo, adaptando-se a mudanças nas exigências de modelo e ao tempo de entrega.

Dado aos riscos na qualidade dos produtos envolvendo o fluido de trabalho do dispositivo de limpeza, não foi possível finalizar o projeto em tempo hábil, até então, na fase de validação e aquisição do dispositivo de limpeza devido aos fenômenos como *Fat Bloom* e *Sugar Bloom* poderem ser ocasionados quando o chocolate entra em contato com o vapor d'água, necessitando o uso de outros fluidos para limpeza em regiões que têm contato com o produto como, por exemplo, álcool e gelo seco.

Pelas projeções apresentadas no estudo, pode-se concluir que a utilização da metodologia para realização da melhoria contribui para redução do tempo de setup da linha definida no estudo, saindo de 16 para 9 horas. Em aspectos financeiros, foi estipulado uma redução de 56,25% dos custos ao ano, o que representa cerca de R\$1.849.948,80 no caso analisado, além de um investimento para implementação baixo quando comparado ao retorno gerado.

No entanto, é importante destacar que, devido ao projeto estar em andamento, os valores de *saving* apresentados neste trabalho podem ser alterados de acordo com a eficiência da melhoria.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Aplicação do SMED em atividades de manutenção preventiva nas linhas de produção;
- Análise dos processos produtivos em linhas de produção a partir da utilização do BPM.

REFERÊNCIAS

ABICAB, 2019. **Chocolates: Produção, Consumo Aparente, Exportação e Importação (Incluindo Achocolatados em Pó) em volume**. Disponível em: <<http://clientes.focoimg.com.br/abicab/storage/app/public/editor/15918875405ee246b4ac329.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

AGÊNCIA BRASIL, 2020. **Indústria de alimentos e bebidas faturou R\$ 699,9 bi em 2019**. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-02/industria-de-alimentos-e-bebidas-faturaram-r-6999-bi-em-2019>>. Acesso em: 31 ago. 2021.

AGÊNCIA DINO, 2021. **Indústria de chocolate: principais problemas enfrentados pelo segmento**. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/dino/industria-de-chocolate-principais-problemas-enfrentados-pelo-segmento,d70a56ef9dcb78d45397933e08219ac1amuvolav.html>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

ARECO, 2021. **INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS E BEBIDAS: PRINCIPAIS DESAFIOS**. Disponível em: <<http://www.areco.com.br/desafios-industrias-de-alimentos-e-bebidas/>>. Acesso em: 04 ago. 2021.

BORGES, L.V., 2016. **Árvore de Perdas: Medindo para gerenciar**. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/%C3%A1rvore-de-perdas-medindo-para-gerenciar-leandro-vieira-borges>>. Acesso em: 03 ago. 2021.

CARPINETTI, L.C.R. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas**. São Paulo: Atlas, 2012.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações**. 7ª Edição. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

DA SILVA, M. F. et al. **UTILIZAÇÃO DOS CONCEITOS DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS EM UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE FILTROS DE CIGARROS. XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Fortaleza, out. 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_227_27846.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2021.

DE ARAGÃO, I. R.; BORNIA, A. C. **A REDUÇÃO DE PERDAS NUM PROCESSO PRODUTIVO ATRAVÉS DA IMPLANTAÇÃO DA SISTEMÁTICA DA ÁRVORE DE PERDAS. Revista Produção Online**, Florianópolis, out. 2007. ISSN 16761901. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/74>>. Acesso em: 23 jun. 2021.

EMERENCIANO, M. A. M. J. et al. **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP EM UMA INDÚSTRIA DE BOBINAS PLÁSTICAS. In. Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Joinville, v.1,

n.3, p.1, out. 2017. Disponível em: <[10.14488/enegep2017_tn_sto_238_383_31345](https://doi.org/10.14488/enegep2017_tn_sto_238_383_31345)>. Acesso em: 23 jun. 2021.

ESCOLA VOITTO, 2020. **Aprenda como aplicar a ferramenta SMED na sua empresa**. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/smed>> Acesso em: 10/04/2021

EVANGELISTA, G. M. S. et al. Benefícios da aplicação da metodologia SMED para a redução de tempo de *setup* em células de manufatura de usinagem. **Exacta**, v.19, n.1, p.188-209, jan./mar. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.5585/exactaep.v19n1.10828>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

FM2S CONSULTORIA, 2017. **Como se Beneficiar da Implementação do SMED**. Disponível em <<https://www.fm2s.com.br/como-se-beneficiar-da-implementacao-do-smed/>> Acesso em: 17/07/2021

GHINATO, PAULO. Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. **Production [online]**, v.5, n.2, p.169-189, dez. 1995. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-65131995000200004>>. Acesso em: 23 jun. 2021.

GONZALEZ, A. P. **REVISÃO LITERÁRIA DA EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO, CULMINANDO NO LEAN MANUFACTURING**. 2008. Monografia (Bacharelado em Administração), Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, Marília. 2008. Disponível em: <<https://aberto.univem.edu.br/handle/11077/518>>. Acesso em: 01 jul. 2021.

GRIMMELPREZ, J. C. B. **Aplicação de SMED e Lean Manufacturing na redução do tempo de *setup* de máquina**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1998. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180840/tce-25032020-190027/>>. Acesso em: 23 jun. 2021.

GRUPO FORLOGIC, 2016. **Ferramentas da Qualidade – Fluxograma**. Disponível em: <<https://ferramentasdaqualidade.org/fluxograma/>>. Acesso em: 23 jun. 2021.

IOZZI, R. V. RAE - Revista de Administração de Empresas. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza**, v.38, n.3, p.79-80, jul./set. 1998. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rae/a/z5fRs85XRcZS5YHkjc8t7Zc/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

MARIANI, C. A. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. **INMR - Innovation & Management Review**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 110-126, 2007. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rai/article/view/79051>>. Acesso em: 23 jun. 2021.

NUTRI CONNECTION, 2020. **Uma reflexão sobre a importância da indústria de alimentos**. Disponível em: <<https://nutricconnection.com.br/a-importancia-da-industria-de-alimentos/>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

PEREIRA, CRISTINA. **Lean Manufacturing: aplicação do conceito a células de trabalho**. 2010. FE - DEE | Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado - Faculdade de Engenharia, Universidade da Beira Interior, Covilhã. 2010.

QUIMINAC, 2021. **LIMPEZA E SANITIZAÇÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**. Disponível em: <<http://www.quiminac.com.br/site/limpeza-e-sanitizacao-na-industria-de-alimentos/>>. Acesso em: 04 ago. 2021.

ROCHA, S. S. **APLICAÇÃO DO CICLO PDCA NO DESENVOLVIMENTO DE DISTRIBUIDORES DA CHOCOLATES GAROTO**. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2017. Disponível em: <https://mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/12._modelo-uenden-e-saulo-versao_final_1.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2021.

SEGPLAN GOIÁS, 2021. **MANUAL DE MODELAGEM DE PROCESSOS COM BIZAGI MODELER**. Disponível em: <<http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2017-04/manual-de-modelagem-de-processos-usando-bizagi.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2021.

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

SLACK, N. et al. Administração da Produção. São Paulo. Atlas. 1999.

SOARES, F.L., 2021. **Controle da Qualidade Total**. Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~processos/TAES3/Livro/00-LIVRO/06-TQC-v8_CORRIGIDO_Willame.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2021.

THERMOMATIC, 2021. **DANOS DA UMIDADE NO CHOCOLATE**. Disponível em: <<https://www.thermomatic.com.br/aplicacoes/desumidificadores-de-ar-auxiliam-na-prevencao-de-fat-bloom-e-sugar-bloom-nos-chocolates.html>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

VIANA, F.L.E. Caderno setorial ETENE. ETENE/BNB – Banco do Nordeste, 2019. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/80223/5014256/80_Alimentos.pdf/fa2aab46-f01a-84d3-40f4-e0afe50bef0d>. Acesso em: 21 jun. 2021.

WOMACK, J; JONES, D. A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.